



MEMORIAS

Congreso Internacional

Mexico - Colombia

CICOM 2019

Octubre 11 2019

Segunda Edición

Periodicidad Anual

Editor: Nelson Becerra

COMITÉ EDITORIAL

CONSEJO EDITORIAL

Dr. Oscar Talavera Mendoza

Dr. Juan Baltazar Cruz Ramírez

Dr. Edgar altamirano Caarmona

Dr. Jose Efren Marmolejo Valle

Mg. Jorge Adelmo Hernández Pardo

Mg. Tomas Antonio Vázquez Arrieta

Msc Hector fuquene ardila

MSc. José Vicente Reyes Mozo

MSc. Roberto Salas Ruiz

MSc. Mariluz Romero García

MSc. Miguel Ángel Leguizamón Páez

MSc. Jorge Enrique Rodríguez Rodríguez

EDITOR RESPONSABLE

Nelson Reynaldo Becerra Correa.

Editorial

FABBECOR.ONG

COMITÉ CIENTÍFICO CICOM 2018

Nombre	Universidad	País
PhD. José Alejandro López Pérez		
Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil. Artes Visuales. Docente de la Pontificia Universidad Javeriana	Pontificia Universidad Javeriana	Colombia
PhD. Marco Regalía		
Universidad de Milán, Italia. Biología Molecular, Genética y Bioinformática. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia Italia
PhD. Ricardo Castaño Tamara		
Universidad Pedagógica Nacional. Facultad De Ciencias Sociales. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
Mg. Tomas Vásquez Arrieta		
Universidad Pedagógica Nacional – U.P.N. Sociología Filosofía. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
Mg. Rosendo López		
Universidad Pedagógica Nacional. Docencia de la Química. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Universidad Distrital Francisco José de Caldas	Colombia
PhD. Gloria Castellazzi		
Universidad de Pavía, Italia. Bioingeniería y Bioinformática		Italia
PhD. Salvatore Cappadona		
Universidad de Milán, Italia. Bioingeniería. Post-doc Universidad de Utrecht, Holanda. Proteómica Computacional	Universidad de Utrecht	Holanda
PhD. Edgar Altamirano Carmona		
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del instituto Politécnico Nacional México. Docente Universidad Autónoma de Guerrero, México.	Universidad Autónoma de Guerrero	México
PhD. José Antonio Jerónimo Montes		
Universidad Nacional Autónoma de México Pedagogía, E-learning.	Universidad Nacional	México

Docente Universidad Nacional Autónoma de México.	Autónoma de México	
Mg. José Mario Martínez Castro Universidad Autónoma de Guerrero, México. Computación. Docente Instituto Tecnológico de Chilpancingo.	Universidad Autónoma de Guerrero	México
PhD. Juan Baltazar Cruz Ramírez Curriculum and Instruction .Southern Illinois University, USA. Jefe del área de Gestión de Proyectos a Distancia de la UAGro Virtual.	Universidad Autónoma de Guerrero	México
PhD. René Edmundo Cuevas Valencia Universidad Autónoma de Guerrero. Computación. Docente Universidad Autónoma de Guerrero. México.	Universidad Autónoma de Guerrero	México
PhD. Felicidad Bonilla Gómez Ciencias de la Información. Universidad de la Laguna. Tenerife, Islas Canarias, España. Coordinadora General de la UAGro Virtual.	Universidad Autónoma de Guerrero	México
Mg. Valentín Álvarez Hilario. Maestría en Computación. Universidad Autónoma de Guerrero. Docente Universidad Autónoma de Guerrero	Universidad Autónoma de Guerrero	México

	Pag
Aplicaciones de informática	
Código QR y su Aplicación en la Búsqueda y localización de Vehículos Usando Tecnología Móvil	8
La E comunicación: Paradigma del Siglo XXI	12
Sistema web de registro y control vehicular por medio de autenticación biométrica con acceso móvil	16
Herramienta de Supervisión y Gestión del Consumo de Energía	21
Aplicación de Realidad Aumentada para Fortalecer el Aprendizaje de Circuitos Electrónicos Básicos en la Protoboard	31
Plataforma web para apoyar la comercialización de productos agrícolas en la zona periférica de Bogotá.	37
Dinero Virtual: La Moneda Virtual Busca Espacio al Lado De Las Divisas Tradicionales	43
Sistema de información para gestión y automatización de procesos dentro del fondo financiero de proyectos de desarrollo fonade - ud	54
Ciudades inteligentes y servicios de emergencia médicos a través de redes VANET: una revisión	66
Ingeniería de Software	
• Caracterización Estadística de los Tiempos de Respuesta de un Algoritmo Complejo en RT-Linux	72
• Estudio de las arterias	79
• Fabricación de Discos Intervertebrales Personalizados mediante Análisis por Elementos Finitos	84
Inteligencia Artificial	
• Estudio del Estado del arte para el Control y Manipulación de Vehículos no Tripulados mediante el uso de Interfaces Naturales de Usuario	92
• Algoritmos genéticos aplicados a la envolvente acústica enmúsica	98
• Solving problems of chessboard using a parallel genetic algorithm and cuda	108
• Modelado y Simulación de Epidemias por Gusanos Informáticos con Autómatas Celulares de dos Dimensiones con Estados Susceptible-Infectado	113
• Clasificación de Mamografías con Anormalidades Empleando Redes Neuronales Convolucionales	119
• Biotecnología en alimentos: Ventajas, Desventajas y Restricciones	125
• Algoritmos para la selección de atributos bajo un esquema de preparación de datos	131
• Estimación de la cantidad semanal de productos comprados a partir de los datos de semanas anteriores, usando la técnica híbrida KMediasSOM	138
• Análisis y diseños de una instancia del problema control de tiempos de semáforos utilizando algoritmos colonia de abejas (ABC)	145

Robótica y comunicaciones	Pag
• Mobile Learning para Robótica a través de Aplicación Móvil usando Android-Java™-Matlab™	154
• Estudio sobre protocolos de comunicación para el diseño de proyectos iot	165
• Implementación de movimientos para robots con Arduino mediante el uso del planificador de tareas	174
• Buenas prácticas de seguridad del internet of things en smart house	179
• Aseguramiento en 4G: Aspectos relevantes	186
• Guía En Línea Para La Estandarización De Prácticas De La Materia Transmisión De Datos	201
• Detección y Reconocimiento de Objetos Mediante Visión Robótica	210
Software y Pedagogía	
• The Catastrophic Visit of the Schols'z Star at the Solar System	218
• Proyecto Interdisciplinario en Apoyo al Modelo Educativo de Enseñanza Basado en Competencias	224
• Metodología para el reconocimiento de una Lengua de Señas	229
• Apropiación y Aplicación a una Gestión sostenible en una Revisión general de respuesta a la demanda, sus implicaciones y Oportunidades en Colombia	234
• Aspectos fundamentales del Internet de las Cosas para las Ciudades Inteligentes: caso Colombia	254
• Modelo de proyección social universitario basado en innovación abierta	265
• GDevelop como una herramienta para el desarrollo de Juegos basados en plataformas para la apropiación de TIC	271
• Modelo de Articulación como Herramienta de Trabajo Cooperativo entre Dependencias Universitarias y los Centros ACACIA	276
• Los cursos MOOC en el marco de los Centros ACACIA, un aporte clave en la reducción de la deserción universitaria	284



Aplicaciones de informática

Código QR y su Aplicación en la Búsqueda y localización de Vehículos Usando Tecnología Móvil

Jorge David Torres Mendoza
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
jorgedtorres1@hotmail.com

Rocío Rodríguez Guerrero
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
rrodriguezg@udistrital.edu.co

Carlos Alberto Vanegas
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
cavanegas@udistrital.edu.co

RESUMEN

El avance tecnológico ha permitido la creación de dispositivos que cambien el estilo y la forma de vivir de las personas, desde que los dispositivos móviles y sus aplicaciones llegaron al mercado se han incrementado en calidad, variedad y uso (Rodríguez and Gómez, 2018), este artículo muestra el desarrollo de una aplicación móvil diseñada para la localización de un vehículo dentro de un parqueadero a través de lecturas de código QR.

ABSTRACT

The technological advance has allowed the creation of devices that change the style and way of living of people, since mobile devices and their applications reached the market have increased in quality, variety and use (Rodríguez and Gómez, 2018), this article shows the development of a mobile application designed to locate a vehicle inside a parking lot through QR code readings.

Categorías y Descriptores Temáticos

CCS Concepts: • **Applied computing**

Términos Generales

TIC, Aplicaciones móviles, vehículos,

Palabras clave

TIC, Aplicaciones móviles, vehículos, código QR, localización .

Keywords

TIC, Mobile applications, vehicles, QR code, location

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de un vehículo es muy común, en especial el parqueo del mismo en lugares destinados para tal fin ubicados en

grandes edificios, centro comercial o residenciales; el uso de zonas de gran tamaño, con diferentes niveles y de gran confluencia puede generar embotellamientos dentro del parqueadero y un problema si se olvida la ubicación del auto, además el tiempo de retiro en algunos estacionamientos es limitado lo que genera cobro adicional si no se ha salido en el tiempo indicado.

El periódico El Universal de Cartagena, realizó una investigación sobre el centro comercial Santa fe de Medellín, el cual en 2014 implemento unas pantallas táctiles que permite verificar el estado del vehículo y mostrar su ubicación, ya que una de las quejas más comunes del 24% de los usuarios del centro comercial era que no encontraban su vehículo al momento de salir, generando los problemas mencionados anteriormente, además solo se instalaron 28 pantallas por todo el centro comercial para aproximadamente 2585 vehículos, lo que implica que aún existe una congestión de usuarios al momento de encontrar su vehículo.

Por otro lado hay familias en las cuales alguno de sus miembros tiene alguna discapacidad y les resulta muy tedioso movilizarse hasta el monitor que indica el lugar donde se ubicó el auto, generando pérdida de tiempo.

OBJETIVOS

Analizar y desarrollar la efectividad de una aplicación móvil para la localización de un vehículo dentro de un parqueadero a través de lecturas de código QR

METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

Según Selwyn, refiriéndose a a la tecnología, “el ciudadano antes de usarla, debe conocerla”[2].

El Código QR

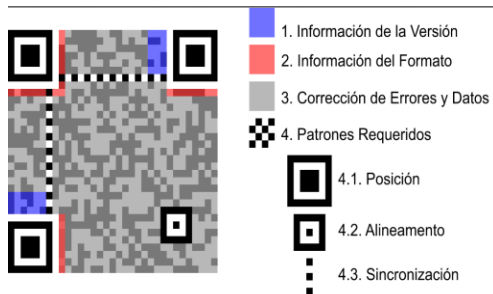
El Código QR (quick response code, por sus siglas en inglés), diseñado para ser decodificado a alta velocidad, es un código bidimensional, donde la información se encuentra codificada dentro de un cuadrado. Son fácilmente identificables por los tres cuadros ubicados en las esquinas superiores e inferior izquierda [3].

El Código QR es un sistema que permite almacenar información en una especie de código de barras de última generación. Establecido en 1994 por la compañía japonesa Denso Wave.

La inclusión de software que lee códigos QR en teléfonos móviles ha permitido nuevos usos orientados al consumidor, el código permite introducir datos de forma manual en los teléfonos móviles.

Los códigos QR pueden leerse desde computadores personales, teléfonos inteligentes o tabletas mediante dispositivos de captura de imagen como escáner o cámaras fotográficas, programas que lean los datos QR y una conexión a Internet para las direcciones web.

Figura 1. Forma código QR



Android

Es un sistema operativo inicialmente pensado para teléfonos móviles, al igual que iOS, Symbian y Blackberry OS. Lo que lo hace diferente es que está basado en Linux, un núcleo de sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma. El sistema permite programar aplicaciones en una variación de Java llamada Dalvik. El sistema operativo proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar aplicaciones que accedan a las funciones del teléfono (como el GPS, las llamadas, la agenda, entre otros.) de una forma muy sencilla en un lenguaje de programación muy conocido como es Java.

Aplicación móvil

Es un programa al que puede acceder directamente desde un dispositivo móvil que presenta diversas utilidades, generalmente estas aplicaciones están dirigidas a apoyar una tarea específica, sin embargo, no todas las aplicaciones funcionan en todos los dispositivos móviles, por lo cual el sistema operativo es importante a la hora de intentar usar una aplicación. Para descarga, instalar y usar las aplicaciones móviles se requiere una tienda virtual con la que cuenta cada dispositivo en los diferentes sistemas operativos como Android, Apple, Microsoft y BlackBerry.

Desarrollo de la aplicación para para la localización de un vehículo en el parqueadero

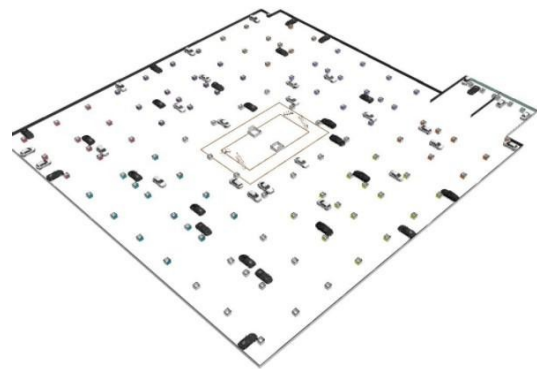
El desarrollo de la aplicación móvil se realizó utilizando la metodología Scrum, para ello se definieron los sprints mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Sprints definidos con la metodología Scrum

Sprints	Nombre	Descripción
Sprint1	Mapa	Desarrollo del mapa o digitalización.
Sprint2	Manual	Muestra un manual instructivo de la aplicación
Sprint3	Escanear	Escanea el código QR.
Sprint4	Localizar	Muestra la ubicación del auto.
Sprint5	Guardar	Guarda el código QR escaneado.
Sprint6	Historial	Muestra los códigos QR guardados.

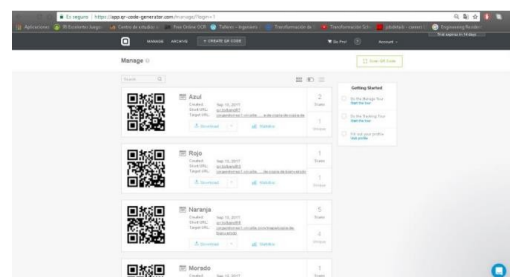
La digitalización del mapa del parqueadero se realizó en Homebyme, lo cual permitió utilizar distintas herramientas para el diseño del mapa, como texturas, paredes, pisos, escaleras, entre otros, que se utilizó para la ubicación de los autos dentro del parqueadero, siendo posible el uso del plano en 2d o 3d.

Figura 2. Digitalización del mapa del parqueadero



La asociación de imágenes o ubicaciones con los códigos QR se generaron con un programa online llamado qr-code-generator, este programa permitió asignar a cada código la información o ruta establecida en el mapa. En la figura 3 se evidencia la página utilizada para generar los códigos QR.

Figura 3. Generador de códigos QR.



Se diseñó las diferentes pantallas de la aplicación de tal manera que el aplicativo sea fácil de usar, teniendo en cuenta que las personas entre los 18 a 60 años la utilizaran.

Figura 3. Escaneo de código QR



La aplicación inicia con la bienvenida, presentando dos botones los cuales omitirán o continuarán con un manual instructivo según el botón seleccionado. El manual muestra dos botones los cuales direccionarán a la siguiente o anterior instrucción como se observa en la figura 4.

El botón “Escanear” permitirá registrar un código QR, ubicado estratégicamente en la columna más cercana del lugar de estacionamiento, este código fue previamente construido con un generador de código QR.

En la figura 5 se muestra el enlace generado donde se almacenó la información escaneada, que será guardada posteriormente.

Figura 5. Escaneo de código QR



La figura 6 muestra el funcionamiento del botón “Historial”, que permite observar la lista de ubicaciones almacenadas a las que se puede acceder en cualquier momento.

Figura 6. Historial de ubicaciones almacenadas



Una vez seleccionada la ubicación guardada anteriormente en el botón “Historial”, se podrá acceder a la ubicación del auto, seleccionando el botón “Localizar”; ya que el código escaneado y guardado tiene una referencia en el mapa digitalizado, que le muestra al usuario la ruta desde su ubicación hasta el lugar estacionado, como se evidencia en la figura 7.

Figura 7. Escaneo de código QR



La creación de estas pantallas fue realizada con el programa “App Inventor”, este es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. Mediante el cual, de forma visual se acoplan varios bloques para crear la aplicación. Los sistemas o programas utilizados son gratuitos y se pueden descargar fácilmente de la web.

CONCLUSIONES

- El software desarrollado tiene gran ampliación en el campo de servicio al ciudadano
- Se realizaron varias correcciones o versiones del aplicativo para cumplir con los requerimientos de los usuarios.
- Se tuvo que diseñar un mapa general en Hombebyme para realizar pruebas, predefinir rutas y definir los puntos de ubicación de los códigos QR.
- La utilización de conexiones inalámbricas como el wifi no fue posible por la interrupción de señal en el sótano del centro comercial, por lo cual no es posible utilizar la geolocalización.
- Colocar un router en el sótano no es una buena solución pues por las columnas existe mucha interferencia y no es factible utilizar repetidores, por lo que tendrían que ser muchos.
- Al ser un aplicativo que funciona con códigos QR que proporcionan la ubicación, es posible trabajar con diferentes mapas, esto quiere decir que al aplicativo es adaptable a cualquier parqueadero.

REFERENCIAS

- [1]. Rodríguez, R. and Gómez, M. (2018). Análisis de las Características de las Aplicaciones Móviles Educativas más Usadas. In: Tlamati, 9th ed. Mexico: Universidad Autónoma de Guerrero, p.55.
- [2] Selwyn, N. (2009). The digital native-myth and reality. In Aslib Proceedings, (61)4, 364-379.
- [3] SANCHEZ, M. Uso del dispositivo móvil como recurso digital. SF. p.2 <http://www.raco.cat/index.php/dim/article/viewFile/252453/338853> [Consulta: Miércoles, 01 de abril de 2015]
- [4] PEDROZO Gabriel. Monografía: Sistemas Operativos en Dispositivos Móviles. Universidad Nacional del Nordeste. 2012. p. 3 http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/Sistemas_Operativos_en_Dispositivos_Moviles.pdf. [Consulta: Miércoles, 01 de abril de 2015]
- [5] ALERTA EN LINEA.gov. Cómo funcionan las aplicaciones móviles: Preguntas y respuestas. 2011. https://www.alertaenlinea.gov/articles/pdf-s0004_0.pdf. [Consulta: Miércoles, 1 de abril de 2015].
- [6] Denso W. What is a QR Code? 2000. Disponible en: <http://www.qrcode.com/en/about>
- [7] HomeByMe 2019. Disponible en: <https://home.by.me/es/>
- [8] QR Code Generator CREE SU CODIGO QR GRATIS 2019. Disponible en: https://es.qr-code-generator.com/a1/?ut_source=google_c&ut_medium=cpc&ut_campaign=spanish_top_kw&ut_content=generador_de_códigos_qr_exact&ut_term=generador%20de%20códigos%20qr_e&gclid=CjwKCAjw8NfrBRA7EiwAfiVJpW_Tcx6kEAgvGyflW3YhTTD22-C1ULHH1HbOVbWFBPFnJj8OIq3AOxoC3OsQAvD_BwE
- [9] MIT APP INVENTOR 2019. Disponible en: <http://ai2.appinventor.mit.edu/#>

La E-comunicación: Paradigma del Siglo XXI

Wendy Rosero Rodríguez
Universidad Sergio Arboleda
wrosesor@usarboleda.edu.co

Rocío Rodríguez Guerrero
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
rrodriguez@udistrital.edu.co

RESUMEN

Internet, el acceso a la red más grande de conexiones del mundo, ha evolucionado en los últimos años a grandes pasos y cada año se duplican los usuarios que hacen uso de ella. El presente artículo versa sobre la e-comunicación, comprendida como una plataforma donde los medios de comunicación se integran para crear nuevas formas para difundir información que conduce a replantear la tradicional clasificación de los medios que conocemos. Para lograr su fin, se abordaran las características que posee la e-comunicación; y así mismo la evolución que ha tenido a lo largo del siglo XXI y como las tecnologías de la información la impactan innovando en este campo.

ABSTRACT

Internet, the access to the largest network of computers in the world, has evolved in recent years by leaps and every year the users who use it are duplicated. Due to the large amount of information we can get from the internet is also known as "The Information Superhighway" and is now as common as the press, television wave radio.

Categorías y Descriptores Temáticos

CCS Concepts: • **Applied computing** Communicattion

Términos Generales

TIC, internet, comunicación, paradigma

Palabras clave

E-comunicación, prensa, radio, televisión, evolución

Keywords

E-communication, press, radio, television, evolution.

INTRODUCCIÓN

Con el surgimiento de la e-comunicación en el siglo XXI, se empiezan a ver las primeras redes de conexiones a internet, cambiando la forma en que se producen, transmiten y consumen noticias, debido a que se generan con más eficacia y eficiencia, por otro lado, el problema de obtener mayor cantidad de información en tiempo casi inmediato, radica en que la abundancia de esta información podría no siempre ser verdadera, debido a que cada vez el análisis profesional de la misma es más escaso.

Este escrito se divide en tres piezas: se desglosaran de manera detallada y harán énfasis en la plataforma como el medio de comunicación más influyente de los últimos tiempos: en primera instancia, la e-comunicación como fenómeno social; en segundo lugar, la pérdida de identidad de los medios tradicionales con la plataforma internet; y finalmente cómo afectará esta tecnología en un futuro a los medios de comunicación.

OBJETIVOS

Estudio de las características que presenta la e-comunicación así como su evolución en el siglo XXI vista como una plataforma donde los medios de comunicación se integran

METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

La e-comunicación: Fenómeno Social [1]

El factor clave de la modernización está marcado por la sociedad la cual se presenta heterogénea, diversa y contradictoria. En este ámbito Internet es una de las herramientas más recurrida y con mayores potencialidades para el acceso, difusión y generación de información.

Si bien los énfasis están puestos en Internet como herramienta de desarrollo y crecimiento de los países, hay un aspecto en la red que hoy se constituye como uno de los mayores atractivos para las personas al momento de ingresar a Internet. Esta es la posibilidad de interacción y comunicación con personas de todo el mundo en tiempo real, donde las instancias más recurridas para estos intercambios son los e-mail, las listas de distribución, los foros de debate y los chats de conversación; haciendo de la co-

presencialidad tan solo otro dato en la realidad, donde las relaciones "Face to Face" ya no son limitante para que los sujetos formen y establezcan relaciones interpersonales.

De esta nueva tendencia nacen también las redes sociales, uno de los temas más concurridos en la emergencia de la e-comunicación, ya que son las más frecuentadas por los usuarios y con ellas, llega una nueva forma de comunicación, posiblemente la más usada por las nuevas generaciones principalmente, creando nuevas formas de interacción con más fácil acceso y rapidez que hace unos

Una nueva forma de comunicar

La teoría de la comunicación precisa que “El objetivo de un sistema de comunicación consiste en asegurar entre una fuente de información y un destinatario una relación mediante la cual la primera afecte la conducta del segundo.” [6]. El papel que juegan los medios de comunicación en el mundo moderno crece cada vez más, los nuevos modelos de tecnologías para los medios, tienen la alta responsabilidad, dado que permiten crear opiniones, generar controversia con sus notas, observar criterios, hasta crear conciencia colectiva con mayor facilidad a través de internet, ya que integra los diferentes medios de comunicación y crea una interacción directa con el usuario, el cual puede opinar directamente y declarar su posición sobre aquella información que se le proporciona.

La e-comunicación crea una nueva forma de interacción por ende de comunicación, dicha identidad no se pierde, solo se transforma en una plataforma más accesible para todo tipo de público, con mayor información disponible, con nuevas formas de generar opinión[2], con ella se crea un portal de fácil acceso haciendo evolucionar los medios de comunicación, la opinión pública, la forma de interacción, en pocas palabras, evoluciona el mundo.

Características principales de la e-comunicación

Para Orihuela gran parte de los paradigmas que hasta ahora ayudaban a comprender los procesos de comunicación pública en medios masivos han sido como él lo denomina trastocados por Internet dando lugar a la e-Comunicación, que va acompañada de características que crean cambios en los paradigmas tradicionales, a saber:

- El usuario como eje del proceso comunicativo, cuya base es un modelo de comunicación personalizado y a la medida, ya que la red permite responder a demandas de información específicas de cada usuario en particular.

Figura No 1 . Eje del proceso comunicativo



Fuente: autores

- El contenido como vector de identidad de los medios, ya que a través de este se generan servicios multiplataforma a los que el usuario accede desde múltiples dispositivos con una única identidad.

Figura No 2. contenido identidad de los medios



Fuente: autores

- La universalización del lenguaje multimedia. Bajo un nuevo medio como internet, los periódicos, revistas, emisoras, canales de televisión y hasta películas de cine se han integrado en una misma plataforma junto a nuevos servicios de información.
- La exigencia de tiempo real. Internet posibilita que la transmisión del minuto a minuto sea realidad, su velocidad y la inmediatez de la noticia no tiene precedentes, pero -en muchas ocasiones- los mecanismos de control, verificación y contraste de fuentes, son sacrificados en aras de llegar a ser los primeros. Corriendo el riesgo de ser manipulados multiplicándose los casos de falsas noticias.
- La gestión de la abundancia informativa. La red permite multiplicar los canales disponibles, transmitiendo mayor cantidad de información en menor tiempo y a escala universal. No hay límites a la cantidad de medios que pueden existir en la Red, no hay límites tampoco sobre el volumen de información que cada uno de ellos puede ofrecer al usuario, y además el costo de hacer pública la información en la Red es prácticamente equivalente para todos[9].
- La desintermediación de los procesos comunicativos, la red, permite el acceso directo del público a las fuentes de información sin la mediación de los comunicadores profesionales, lo que puede diluye su autoridad al haber fracturado el sistema de control editorial previo a la difusión pública de información[9].
- El acento en el acceso a los sistemas, las diversas dimensiones de la interactividad, permiten a los medios en línea convertirse en foros y generar comunidades, al tiempo que abren a los propios usuarios la posibilidad y las herramientas para acceder como productores a un espacio comunicativo universal.
- El hipertexto como gramática del mundo digital, el paradigma lineal desaparece, así como la también la unidad, la autonomía, la estructura y a veces hasta la coherencia y el sentido propios de los textos escritos y audiovisuales emergiendo la asociatividad, de forma analoga al pensamiento humano; y
- La revalorización del conocimiento por encima de la información. Es así como los medios de comunicación se convierten en gestores sociales del conocimiento, estratégicamente deben especializarse en la interpretación, filtrado y búsqueda eficaz de la información de la información (concreta, inteligente y oportuna), comunicados por medio de nuevas claves narrativas y apoyados de un amplia gama de soportes audiovisuales e hipermediales.

Como afectara la e-comunicación en un futuro a los medios de comunicación

“Empezamos a vivir una nueva era sin precedentes, muchos años atrás se predijo a nivel científico, las personas del común lo vieron como algo inalcanzable y los medios lo vendieron como ciencia ficción “. Revista Virtual Zootecnista UDCA. Jorge A. Patarroyo V (2008)

El estilo de vida hace cada vez más semejantes los unos a los otros, la sociedad exige un desarrollo tecnológico para poder desempeñar en las nuevas tendencias de la era electrónica. Las empresas, bancos, instituciones, y demás sectores deben dar un nuevo paso para acceder a las nuevas tendencias que ofrece estas tecnologías, para sus empresas y el acceso que facilita las actividades de sus usuarios y clientes.

Broncano expone la actitud distante y extrema de muchos intelectuales, que ven en la técnica la madre de todos los males o de todas las soluciones a los males que nos aquejan y lo precisa de la siguiente manera [3]: “Pertenece a esta actitud externalista la consideración de la tecnología como una caja negra de la que solo interesan los productos o las consecuencias de los productos, pero no los métodos de trabajo, la especial forma de su conocimiento, el modo en el que se articulan los factores sociológicos y económicos con los intereses estrictos de la investigación”[4].

Quintanilla introduce ciertos criterios de evaluación de las tecnologías; de acuerdo a este autor los factores que influyen en el desarrollo tecnológico pueden ser de un carácter ‘interno’ (mejora de la eficiencia de un proceso, de la duración de una máquina o de la fiabilidad de un dispositivo), o ‘externo’ (factores sociológicos, demográficos, económicos, culturales, etc). Estos criterios denominados externos se refieren al valor de la tecnología para la sociedad que pretende usarla o desarrollarla[3]. “La importancia actual de la evaluación externa de tecnologías está justificada. En primer lugar, porque las tecnologías de hoy afectan a toda la sociedad de múltiples formas y sobre todo a las posibilidades futuras de desarrollo económico, social y cultural de la humanidad. En segundo lugar, porque el cambio tecnológico es muy rápido y se hace cada vez más necesario prever las consecuencias que la implantación de una tecnología puede tener para el futuro. En tercer lugar, porque hemos llegado a convencernos de que el desarrollo tecnológico depende de decisiones humanas y de que tal desarrollo se puede orientar en múltiples direcciones, de acuerdo con nuestros intereses, o en contra de ellos”[5].

Según Selwyn, en relación con la tecnología, el ciudadano antes de usarla, debe conocerla[6]. En cuanto a la Sociedad Digital, esta representa un reto y al tiempo una oportunidad para los individuos, para los ciudadanos y para las colectividades. El aprovechamiento de sus potencialidades: requiere interpretar adecuadamente sus claves y explotar de forma activa las enormes posibilidades que las tecnologías digitales brindan para la comunicación, la formación, el ejercicio de la ciudadanía, la política, entre otros[7].

Esto viene de la mano con la e-comunicación, que es parte de la revolución del nuevo mundo, es imposible predecir cómo será el

mundo en unos años con el desarrollo de toda la tecnología en general, pero es probable que la necesitemos, “En el 2020, la gente será más proclive a compartir información personal, opiniones y emociones a través de Internet y la noción pública de privacidad habrá cambiado, si bien al mismo tiempo estará protegida y amenazada por las innovaciones emergentes. El seguimiento y las bases de datos serán ubicuos, por lo que las correcciones y clarificaciones sobre la reputación serán una tarea diaria para la mayoría de los sitios Web.” (2009. PCWorld México)

Cada vez más. Los medios de comunicación por tanto, se verán afectados de manera positiva, debido a que se abrirán cada vez más plataformas y nuevas formas de interacción entre sí, tendrán más portales para ser escuchados y vistos por cada vez más usuarios y seguirá la evolución de la comunicación cibernética.

Ecosistemas digitales para la e-comunicación

Definitivamente la e-comunicación requiere un ecosistema digital que

CONCLUSIONES

Sin lugar a duda, el Internet se insertó en la sociedad, cambiando los esquemas tradicionales de comportamiento. Observando desde sus principios, el grado de dificultad de su utilización, los cambios que surgen con ella, y las actitudes que toman las personas frente a esta red.

Internet básicamente desarrolló un nuevo concepto en comunicaciones que posibilita el estar en contacto permanente desde cualquier lugar del mundo fácilmente y a bajo costo. También la difusión de información sobre infinidad de temas. Aunque a estas características se le suman las dificultades técnicas y prácticas (la dificultad en la búsqueda, el contenido basura, la baja velocidad, etc.)

La plataforma ha generado un medio de comunicación totalmente diferente a los anteriores, su principal diferencia consiste en la Interactividad que lo caracteriza, lo que da a sus usuarios la posibilidad de elegir los contenidos que recibirán a través de medio y el momento en que los reciben, de ahí que sus usuarios hablen tanto de libertad, que también se relaciona con la capacidad de realizar actividades a través de Internet que de otra manera tomarían más tiempo y recursos.

REFERENCIAS

- [1]. Patarroyo V Jorge . Revista Virtual Zootecnista UDCA. (2008)
- [2]. Revista PC World México. El Futuro del Internet: Lo que nos queda por ver. 19 Agosto (2009)
- [3]. Calderón Gabriela (2006). El desarrollo tecnológico, una perspectiva social y humanista. Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS +I, pag 5 y 6.

[4]. Broncano, Fernando ed. (1995), "Nuevas Meditaciones sobre la técnica", Madrid, Trotta.

[5]. Quintanilla, Miguel Ángel. (2005) "Tecnología: Un Enfoque Filosófico" y otros ensayos de filosofía de la tecnología. México, FCE.

[6] GARRETÓN JAIME [1975]: "Una teoría cibernética de la ciudad y su sistema", Ediciones Nueva Visión S.A.I.C. Argentina. Pág. (11)

[7] Rivera Vargas, Pablo. (2018). Sociedad Digital y Ciudadanía: Un Nuevo Marco de Análisis.

[8] Selwyn, N. (2009). The digital native-myth and reality. In Aslib Proceedings, (61)4, 364-379.

[9] Orihuela, José , "eCommunication: the 10 paradigms of media in the digital age", in Salaverría. R. & Sádaba, Ch. (eds.): Towards New Media Paradigms. Content, Producers,

Organisations and Audiences. II COST A20 International Conference Proceedings, Ediciones EUNATE, Pamplona, 2004, pp. 129-135.

Sistema web de registro y control vehicular por medio de autenticación biométrica con acceso móvil

Julián Andrés Rincón López
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
Transversal 70 B No. 73 a 35 sur
jarinconl@correo.udistrital.edu.co

Cristian Alexander Laguna
Rodríguez
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
Transversal 70 B No. 73 a 35 sur
calagunar@correo.udistrital.edu.co

Sonia Alexandra Pinzón
Núñez
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Transversal 70 B No. 73 a 35 sur
spinzon@udistrital.edu.co

RESUMEN

AccesoVehicular es un sistema web que permite administrar el ingreso vehicular en un conjunto residencial o propiedad horizontal con apoyo de una aplicación móvil. En la cual se mostrarán los datos del usuario que vaya a ingresar a la unidad residencial, esto les facilitará el reconocimiento de los residentes a los guardas de seguridad en el momento que se vaya a ingresar.

El sistema fue desarrollado en Android Studio y este se apoya de servicios que ofrece Firebase como bases de datos en tiempo real, autenticación y almacenamiento en la nube.

La aplicación móvil implementa el sistema de reconocimiento dactilar para realizar el ingreso de los usuarios, además se puede autenticar con el teléfono de los usuarios brindando múltiples alternativas para su uso. La aplicación usa el sistema operativo Android 6.0, pudiendo ser instalada en versiones posteriores.

ABSTRACT

AccesoVehicular is a web system that allows manage how the owners perform access of their vehicles. This system is supported by a mobile app. Also the system is supported by Firebase services like: Real time database, authentication and Cloud storage. All previous without code on server side.

The mobile app implements the fingerprint API that API is used to perform the access of the owners. Also the app allows authenticate with SMS offering several ways to be used. The application use android lollipop 6.0 being able of be instaled in posterior versionsto access better job opportunities, in addition to improving their income.

Categorías ACM

C.1.3 [General]: Other Architecture Styles

Information systems~Global positioning systems

Términos Generales

Aplicaciones móviles, Diseño y Aplicación, Biometría.

Palabras clave

Arquitectura Móvil, Algoritmos, Aplicaciones Android, biométrica.

Keywords

Mobile Architecture, Algorithms, Android, biometry.

El permiso para hacer copias digitales o impresas en parte o en la totalidad de este artículo, se otorga sin tener que cubrir una contribución financiera, siempre y cuando sea para uso personal o en el aula, que las copias que se realicen o se distribuyan no sean con fines de lucro o ventaja comercial y que las copias conserven este aviso y los datos de la cita completa en la primera página. Para otro tipo de copias, o volver a publicar el artículo, para almacenarlos en servidores o redistribuirlo en listas de correo, se requiere una autorización previa de los autores y/o una posible cuota financiera.

9o. Congreso Internacional de Computación CICOM 2019, (17, 18 Y 19 DE OCTUBRE 2019 CARTAGENA, COLOMBIA)

1 INTRODUCCIÓN

La biometría es una metodología que se encarga de estudiar el reconocimiento de las características únicas que tiene cada persona para así poder verificar su identidad, para realizar una verificación se hace mediante reconocimiento fisiológico y comportamientos [10]. Los rasgos fisiológicos únicos son: la huella dactilar, reconocimiento facial, etcétera [15]. Y los de comportamiento se basan en: rasgos en la firma, los patrones de la voz, forma de caminar, etcétera. Entre las aplicaciones de esta metodología se encuentra el control de acceso, esta técnica brinda mayor seguridad y eficiencia en el acceso a instalaciones en las que el flujo de personas es constante. Uno de los métodos más utilizados actualmente en el control de acceso es la autenticación por medio de huella dactilar [7].

La aplicación de esta metodología en el ámbito de seguridad para cualquier urbanización o propiedad horizontal puede ser de gran ayuda para el control y registro de los propietarios, así mismo para las entidades que prestan el servicio de vigilancia.

Por lo anterior el presente proyecto corresponde al desarrollo de un sistema web junto con una aplicación que permita el registro y control vehicular haciendo uso de la biometría. Para ello se pretende hacer uso de tecnologías Cloud como Firebase[8] y servicios Google[12].

2 OBJETIVO

Desarrollar un sistema web de registro y control vehicular por medio de autenticación biométrica con apoyo de una aplicación móvil

3 METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

3.1 PROBLEMÁTICA

Uno de los aspectos más importantes en la administración de un conjunto residencial o una propiedad horizontal o urbanización es la seguridad al permitir el acceso de los propietarios y visitantes que ingresan de forma peatonal o vehicular, proceso que es realizado por los guardas de seguridad, los cuales verifican la identidad de la persona que desea ingresar o salir validando si es propietario o visitante para permitir el acceso al conjunto. Existen varios sistemas de control de acceso que pueden ser implementados, entre los que se encuentran registros manuales o virtuales [9]. En el primero de los casos pueden presentarse varias situaciones que pueden hacer fácil la identificación, ya que el vigilante memoriza la identidad de los propietarios, pero en otros se requiere una confirmación en los libros de registro o llamando al inmueble para confirmar, lo cual puede llevar varios minutos y hacer tedioso el proceso para los usuarios quienes deben esperar dicha confirmación y es más difícil cuando el vigilante es nuevo[9].

Por otra parte, el proceso suele complicarse cuando el control debe hacerse sobre los vehículos, ya que previamente cada vehículo debe tener una ficha para ingresar y si esta se pierde no se permitiría el ingreso del vehículo. Para ello se definen normas y procedimientos que facultan al servicio de vigilancia realizar un procedimiento de verificación [20].

Estos procesos suelen ser algo engorrosos ya que la información no se lleva de una manera organizada y puede darse el caso de que se permita el ingreso a personas inescrupulosas, haciendo que la seguridad sea inestable. Otra ineficacia en este sistema es que los propietarios pueden ingresar únicamente presentado la ficha de propiedad, de esta manera no se confirma si el usuario es en realidad propietario del conjunto.

Por lo anterior surge la necesidad de desarrollar un sistema que sirva de apoyo para el registro y control de los vehículos en un parqueadero de propiedad horizontal o conjunto residencial.

3.2 BIOMETRÍA

La biometría es la disciplina que se dedica a estudiar las características particulares que tiene la anatomía del cuerpo humano, las singularidades y patrones que se encuentran más fácil son en las siguientes partes del cuerpo [10][11][18]:

- Huellas dactilares
- La retina e iris de los ojos
- Forma de la cara humana

Con los rasgos que se encuentren en estos sectores del cuerpo humano, se pueden llegar a identificar a un individuo.

Gracias a los avances tecnológicos, la biometría a realizado grandes aportes a la seguridad de instalaciones, para así poder reconocer a su personal[16].

3.2.1 Lectura de huella digital

¿Cómo es el funcionamiento de los lectores de huella digital? [2].

Un lector de huella digital lleva a cabo dos tareas:

- Obtener una imagen de la huella digital
- Comparar el patrón de dicha imagen con los patrones de huellas que tiene almacenadas.

El algoritmo específico extrae puntos particulares de la imagen y convierte la información en un único modelo matemático, comparable a un password con 60 dígitos. Este modelo único se encripta y se archiva para representar a usuario[5].

Para la identificación, el usuario posiciona su dedo en el sensor sin informar su identidad (no introduce ninguna identificación del usuario). La reciente muestra extraída es comparada con muestras preexistentes. Si se encuentra correspondencia el usuario es identificado como ya registrado.

3.2.2. Aplicaciones de la Biometría

La biometría cumple un papel importante en la seguridad ya que en algunas áreas es necesaria para la identificación de los usuarios, esto ha llevado que el avance tecnológico de la biometría tenga un crecimiento acelerado, esto indica que la creación de las tecnologías de reconocimiento sea implementada en dispositivos portátiles, en computadoras y en periféricos. Algunas de las áreas que utilizan estos métodos son [15][19]:

- Seguridad en empresas: mantiene un control contaste de los empleados.
- Seguridad en ámbito financiero: se usan para cerrar préstamos, crear cuentas ETC.,.
- Seguridad al realizar transacciones comerciales, compras y la adquisición de planes de turismo y viajes.
- Seguridad en aeropuertos y terminales de transporte, para el reconocimiento de pasajeros.
- Seguridad en registro de documentos, para la validación de firma digital e identidad en sistemas de registro y notariado, sector sanitario e industrial.

3.2.3. Normatividad de los protocolos para biométrica

ANSI / INCITS 358 Estándar creado en 2002 por ANSI y BioApiConsortium, que presenta una interfaz de programación de aplicación que garantiza que los productos y sistemas que cumplen este estándar son interoperables entre sí [13][17].

En Colombia, a través de La ley 1341 del 2009 da a conocer las políticas que abarca el sector de las TIC (Tecnologías de la Información y las comunicaciones) en el las que encierra la cobertura, la calidad del servicio, las inversiones en el sector y el desarrollo de las tecnologías. La autoridad del estado sobre estas en cuanto a los proyectos a futuro, la gestión, la administración y el uso eficiente de los recursos [3].

3.3 PROPUESTA TECNOLÓGICA

3.3.1 Descripción Del Sistema

El sistema está conformado por dos componentes, el primero es un sistema web cuyo objeto es la administración del sistema en general, el segundo elemento corresponde a una aplicación móvil encargada de llevar a cabo el proceso de autenticación haciendo uso de los sensores dactilares con los que cuentan algunos dispositivos móviles, además de aplicar la metodología de desarrollo de software scrum[6].

Sistema web: El usuario administrador ingresará al sistema donde aparecerán los ingresos realizados por los usuarios, la lista de los usuarios registrados, la lista del personal de seguridad registrado. Adicionalmente, desde este se podrá realizar registros de usuarios.

Aplicación móvil: La aplicación móvil permitirá el ingreso a usuarios administradores para realizar búsquedas de usuarios, registros de usuarios, modificaciones de usuarios y registros de personal de seguridad. Por otra parte, permitirá el acceso al personal de seguridad para llevar a cabo el proceso de autenticación de los usuarios vehiculares.

Base de datos: La base de datos permitirá almacenar toda la información de los usuarios de forma segura, además llevará registro de los usuarios autenticados y otras estadísticas del sistema.

En la Figura 1, se presenta el diagrama de contexto que representa la funcionalidad propuesta en la aplicación.

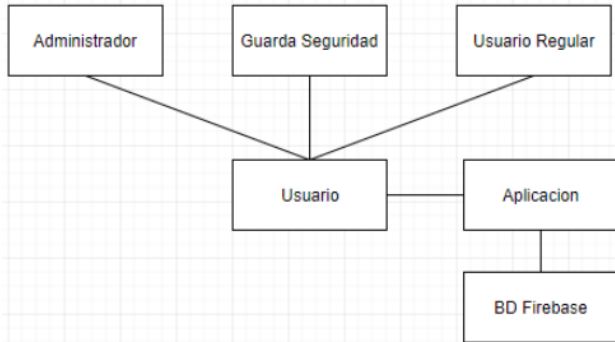


Figura 1. Diagrama de contexto del sistema.

3.3.2 Módulos de la aplicación móvil

La aplicación comprende los siguientes módulos:

- Módulo de ingreso de usuarios:
Desde este módulo se llevará a cabo el proceso de ingresar a la aplicación por parte de los usuarios administradores o el personal de seguridad, el cual pide email y contraseña, con la cual ingresará el Usuario.

El prototipo para realizar el proceso de ingreso se observa en la Figura 2.



Figura 2. Módulo de ingreso.

- Módulo de ingreso usuario administrador
En este módulo el administrador podrá llevar a procesos como registrar, buscar un usuario o un guardia de seguridad. La aplicación presentará estas opciones al usuario tal como se observa en la Figura 3.

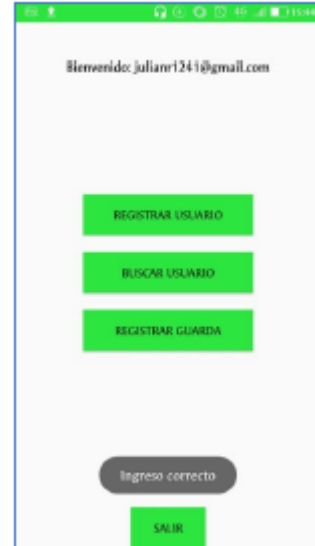


Figura 3. Ingreso administrador.

- Módulo ingreso personal de seguridad:
Desde este módulo el guarda de seguridad realiza el proceso de ingreso a los usuarios que ingresen al parqueadero. El proceso de autenticación se realiza a través de la huella dactilar del usuario, aunque permite también otro método de ingreso como digitar el número de celular que se encuentra registrado en el sistema, para que la aplicación envíe el PIN de ingreso mediante un mensaje de texto SMS.

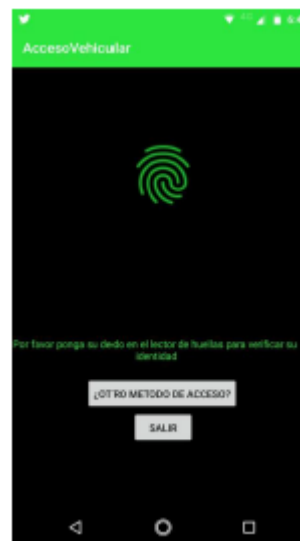


Figura 4. Ingreso personal de seguridad

3.3.3 Arquitectura tecnológica del Sistema

Para el desarrollo del sistema se han utilizado los estándares de desarrollo de software para aplicaciones web como HTML5, CSS3, además de los servicios de Google relacionadas con biometría como Fingerprint. Por su parte la base de datos que se utilizó para el desarrollo es Firebase[3][20].

Adicionalmente se ha utilizado para el desarrollo del aplicativo el IDE propio de google llamado Android Studio[4], para facilitar la configuración correcta de los servicios.

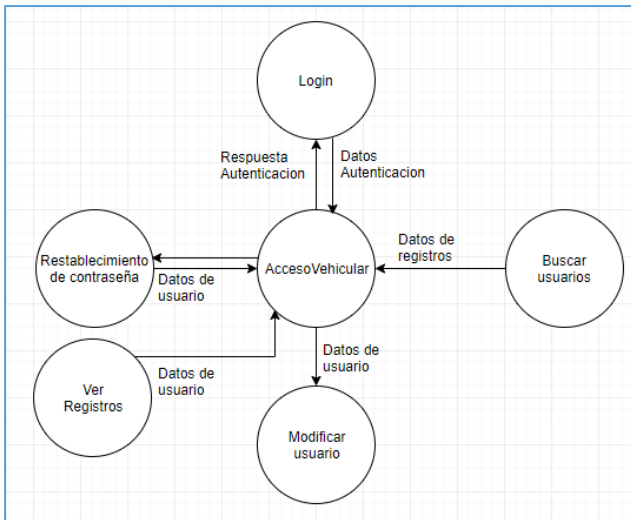


Figura 5. Arquitectura del Sistema

3.3.4 Gestión de datos

Para el almacenamiento de los datos Firebase [14] es una plataforma que brinda un servicio gratuito de 100 usuarios, la base de datos puede conceptualizarse como un árbol JSON alojado en la nube. A diferencia de una base de datos SQL, no hay tablas ni registros. Cuando los datos se agregan, estos se convierten en un nodo de la estructura JSON existente con una clave asociada. Al ser una base de datos descentralizada tendremos tres nodos principales tal como se observa en la figura [6]:

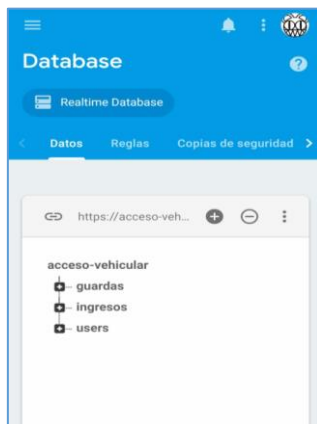


Figura 6. Gestión de Datos del Sistema

- Usuarios: Este nodo llevará todos los datos asociados a un usuario incluidos los datos de su vehículo.

- Guardas: Este nodo llevará todos los datos asociados a los guardas.

- Ingresos: Este nodo llevará todos los ingresos que se realizan en el sistema, como clave asociada llevará la placa del vehículo que realizó el ingreso, de esta forma se identificará el propietario del vehículo.

4 RESULTADOS

En el momento el sistema puede ser implementado gratuitamente en conjuntos residenciales con hasta 100 propietarios, si se quiere ampliar este margen es necesario adquirir planes acordes al uso que ofrece Firebase.

5 CONCLUSIONES

Se planteó este proyecto de Acceso Vehicular como una solución económica para mejorar la seguridad de conjunto residencial, propiedad horizontal o urbanización de estratos bajos que no tengan acceso o suficiente capital para una mejor tecnología, ya que su implementación es bastante económica.

La aplicación será de gran ayuda para mantener un control total de la cantidad de vehículos que se manejan dentro de estos lugares, y para llevar una breve anotación para los vehículos al momento de ingresar.

El uso de tecnologías como Android Studio y Firebase, permitieron desarrollar la persistencia de los datos en tiempo real y de manera más rápida.

REFERENCIAS

- [1] Castellote García, Marina. “Desarrollo de una aplicación Android de apuestas utilizando Firebase para la sincronización de datos”. 17 de julio del 2017.
- [2] CCU, Roberto. Así es como un lector de huellas reconoce la tuya. [en línea], 16 de julio de 2016, [revisado 10 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/07/como-funciona-lector-de-huellas.html>
- [3] Congreso de la República de Colombia. Ley 675 del 2001, [en línea], 17 de marzo de 2019, Disponible en internet: http://ulai.info/descargas/COL_ley675_2001.pdf
- [4] Contreras, Lidia. Android. [en línea], 14 de diciembre de 2012, [revisado 14 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://histinf.blogs.upv.es/2012/12/14/android/>
- [5] Cómo Funcionan los Lectores de Huella Digital, BIT Boletín Informativo TEC, “en línea” [revisado 06 de febrero de 2019]. Disponible en internet: <https://tec-mex.com.mx/promos/bit/bit0903-bio.htm>
- [6] Estrategia digital. Metodología Scrum en proyectos digitales. [en línea], 05 de abril de 2017, [revisado 15 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://www.ida.cl/blog/estrategia-digital/metodologia-scrum-en-proyectos-digitales/>
- [7] Fernández Muerza, Alex. Biometría: la tecnología nos vigila, EROSKI CONSUMER, “en línea” [revisado 07 de febrero de 2019]. Disponible en internet:

- <http://www.consumer.es/web/es/tecnologia/internet/2005/11/02/146607.php>
- [8] Firebase (2018), Firebase pricing, [en línea], Consultado febrero 5 de 2019. Disponible en: <https://firebase.google.com/pricing/?hl=es-419>
- [9] Garzón Loaiza Cesar Augusto. Los controles de Acceso Físico en el Sector Residencial de Colombia. pag. 14. Tesis . Universidad Militar. 2013. Consultado 5 de marzo de 2019. <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/11172/1/GarzonLoaizaCesarAugusto2013.pdf>
- [10] Gómez C. Jairo Alonso, “Historia de la Biometría”, [En línea], 16 de septiembre de 2009, [revisado 14 julio del 2019]. Disponible en internet: <https://inbiosys.wordpress.com/2009/09/16/historia-de-la-biometria/>
- [11] González, Carlos. ¿Cómo funciona el reconocimiento de iris en un Smartphone? [en línea], 04 de agosto de 2016, [revisado 15 de marzo de 2019]. Disponible en internet: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2016/08/04/smartphon/es/1470302874_123155.html
- [12] Google Developers. (2018), Android developers. Google Developers. Obtenido de: <https://developers.google.com/Fingerprint/documentation/>
- [13] Jinza, “Estándares biométricos”, [En línea], 16 de abril del 2013, [revisado 17 de julio del 2019], Disponible en internet: <http://www.firmavocal.com/2013/04/16/estandares-biometricos/>
- [14] Jesús conde [Jesús Conde],(2016 Diciembre 26). 08.- Curso Firebase. Convertir Schemas SQL a Estructuras NoSQL. [Archivo de video]. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=m--XzdVmGiM&feature=youtu.be>
- [15] León, S., & SUSAN, K. (2011). Avances en Técnicas Biométricas y sus aplicaciones en Seguridad. Universidad Nacional Abierta, Venezuela, Artículo. [en línea], Consultado Febrero 5 de 2019. Disponible en: <http://www.alfa-redi.org/sites/default/files/articles/files/leon.pdf>
- [16] Maya Vargas, Adriana, Sistema biométrico de reconocimiento de huella dactilar en control de acceso de entrada y salida, Especialización en administración de la seguridad.: Universidad Militar Nueva Granada Bogotá D.C.2013. [en línea], Consultado Febrero 5 de 2019. Disponible en: <http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/11168/1/MayaVargasAdriana2013.pdf>
- [17] Pró, M. L., Gonzáles, J. C., Contreras, W., & Yañez, C. (2009). Tecnologías Biométricas aplicadas a la seguridad en las organizaciones. Fac. Ing. Sist. e Informática Univ. Nac. Mayor San Marcos, 55-66.
- [18] Rouse Margaret, Biometria.[En Línea], Octubre del 2008, [revisado 14 de julio del 2018]. Disponible en internet: <https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Biometria>
- [19] Sánchez Ávila, Carmen (2012). Aplicaciones de la biometría en seguridad. En: "VIII Ciclo de Conferencias UPM TASSI (Temas Avanzados en Seguridad y Sociedad de la Información)", 22/02/2012 - 23/05/2012, EUITT - Campus Sur UPM, Madrid, España. pp. 1-78. [en línea], Consultado Febrero 5 de 2019. Disponible en: http://oa.upm.es/20071/1/INVE_MEM_2012_143061.pdf
- [20] Superintendencia de Vigilancia y Seguridad Privada. Protocolo de Operación servicios de vigilancia y seguridad privada para el Sector Residencial. pag.11. 2014. [en línea], Consultado febrero 5 de 2019. Disponible en: <https://www.supervigilancia.gov.co/publicaciones/5563/protocolo-de-operacion-servicios-de-vigilancia-y-seguridad-privada-para-el-sector-residencial/>.
- [21] Zamora, José. ¿Qué es Firebase? La mejorada plataforma de desarrollo de Google. [en línea], 19 de mayo de 2016, [revisado 10 de marzo de 2019]. Disponible en internet: <https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/05/firebase-plataforma-desarrollo-android-ios-web.html>

Nombre de la Red, Grupo, Semillero u Organización:

Corporación de Educación Tecnológica Colsubsidio -Airbus Group

TÍTULO EN ESPAÑOL:

Herramienta de Supervisión y Gestión del Consumo de Energía.

TÍTULO EN INGLES:

Tool for Supervision and Management of Energy Consumption.

Autor (es):

Libardo Gómez Díaz

Ingeniero Electrónico

Especialista en Gerencia de Proyectos

Estudiante de Maestría en Electrónica

Docente asistente tiempo Completo

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

Corporación de Educación Tecnológica Colsubsidio-Airbus Group

Resumen

En la actualidad, la sostenibilidad es un tema indispensable para encontrar un equilibrio entre el desarrollo material del ser humano y la eficiencia energética. Este trabajo muestra el diseño de un sistema electrónico que permite la automatización y gestión de energía en el hogar, en aras de disminuir su consumo. De igual manera, el dispositivo permite la gestión de la información del gasto de dichos servicios públicos por parte del usuario, lo cual, se espera, evite consumos excesivos y genere mayor eficiencia en su utilización. La herramienta busca, además del control del consumo y agua, fomentar una pedagogía de la sostenibilidad en el hogar, haciendo uso de tecnologías crecientes como el Internet de las Cosas, que ayudan a monitorear y limitar el consumo energía y de agua y, en consecuencia, aportar en el cuidado del medio ambiente.

El dispositivo funciona, con la ayuda de un sensor de corriente, el cual le permite medir la cantidad de corriente eléctrica que consume cualquier equipo al cual se conecte, Este con la ayuda de un modulo ESP 8266, permite la captura de los datos de dicha medida, y los envía directamente desde la comunicación WIFI, a un servidor externo (conectado a Internet). El sistema busca que con la construcción de graficas el usuario pueda conocer el comportamiento de la potencia del dispositivo al cual se conectó y de esta forma gestionar los consumos, y administrar su activación y desactivación.

Palabras Clave: Internet de las Cosas, Sostenibilidad, Casas inteligentes, Eficiencia energética, sistemas electrónicos.

Abstract: At present, sustainability is an indispensable issue to find a balance between the material development of the human being and energy efficiency. This work shows the design of an electronic system that allows automation and energy management in the home, in order to reduce its consumption. In the same way, the device allows the management of the information of the cost of said public services by the user, which, it is expected, avoids excessive consumption and generates greater efficiency in its use. The tool seeks, in addition to the control of consumption and water, to promote a pedagogy of sustainability in the home, making use of growing technologies such as the Internet of Things, which help to monitor and limit energy and water consumption and, consequently , contribute to the care of the environment.

The device works, with the help of a current sensor, which allows you to measure the amount of electrical current consumed by any equipment to which it is connected, This with the help of an ESP 8266 module, allows the capture of the data of said measure, and sends them directly from the WIFI communication, to an external server (connected to the Internet). The system seeks that with the construction of graphics the user can know the behavior of the power of the device to which it was connected and, in this way, manage consumption, and manage its activation and deactivation.

Keywords: Internet of Things, Sustainability, Smart homes, Energy efficiency, electronic systems.

Introducción

La automatización del hogar y las aplicaciones en IoT ahora han tomado mucha más fuerza, no solo para facilitar las tareas domésticas de los seres humanos o el control de sus diferentes dispositivos, sino también en todas las tareas que se realizan a diario. Los sistemas de IoT, buscan un entorno de mayor control para el ser humano y de igual manera que pueda facilitar la gestión de los dispositivos domésticos. Estas soluciones están ampliamente presentes, pero se centran en la seguridad, la comodidad, la activación remota de dispositivos y actualmente para aplicaciones médicas, pero muy pocas se centran en soluciones sostenibles para el hogar, que permitan educar al usuario en la gestión y el diagnóstico de los gastos de energía y agua.

Actualmente, los usuarios tienen herramientas que les permiten conocer la temperatura, la iluminación y muchas otras variables en su entorno con la ayuda de diferentes sensores conectados a sistemas Domóticos, que se encuentran fácilmente en industrias o también en hogares de altos niveles económicos. Pero no tienen herramientas que les permitan conocer los gastos en tiempo real del agua y la electricidad, lo que no permite al usuario conocer o administrar sus diferentes consumos, porque solo saben cuánto cuestan los servicios hasta que el proveedor los envía. la factura de cobro, y generalmente se conoce uno o dos meses después de que se consumen estos recursos.

Esto hace que los usuarios no puedan tomar medidas instantáneas, ni pueden saber cuánto han usado de sus servicios, lo que dificulta el ahorro correcto y la planificación de gastos en el hogar, para lo cual se requiere que el usuario pueda fácilmente diagnosticar y gestionar una mejor manera de utilizar el agua y la energía, no solo para obtener control sobre el dinero invertido, sino también para tener una mejor educación en el ahorro de agua y energía, para buscar soluciones prácticas de las herramientas de automatización del hogar y IoT, que facilitan que el usuario sepa y diagnostique por qué hay un alto desperdicio y tome medidas que permitan un mayor ahorro y una mayor conciencia en el cuidado de los recursos de la naturaleza a partir de la eficiencia energética.

Problema de Investigación

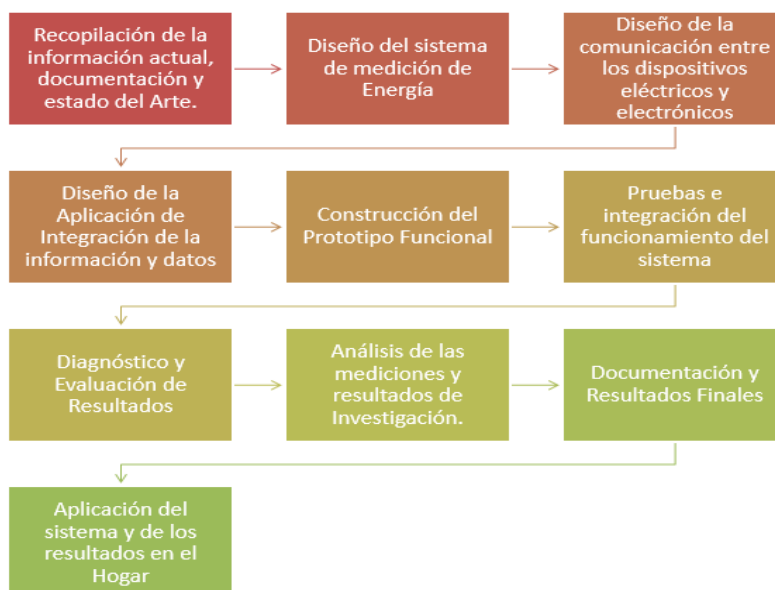
La Electrónica, la domótica y las aplicaciones en IoT, en la actualidad ha tomado mucha más fuerza, no solo en facilitar al ser humano las tareas del hogar o el control de sus diferentes dispositivos, sino en todas las tareas que realiza diariamente. Los sistemas de IoT, buscan un entorno de mayor control para el ser humano y así mismo que pueda facilitar el manejo de los dispositivos del hogar. Estas soluciones se encuentran en gran medida en la actualidad, pero en su mayoría se enfocan en seguridad, confort, activación remota de dispositivos y actualmente para aplicaciones médicas, pero muy pocas se enfocan en soluciones sostenibles para el hogar, que permitan educar al usuario en el manejo y diagnóstico de los gastos de energía y de agua.

Esto provoca que los usuarios no puedan tomar medidas instantáneas, ni puedan conocer cuánto ha utilizado de sus servicios, dificultando así un correcto ahorro, y una planeación de gastos en el hogar, por lo que se requiere que el usuario pueda fácilmente diagnosticar y gestionar de una mejor forma el uso del agua y de la energía, no solo para obtener un control en el dinero invertido, sino para poder tener una mejor educación en el ahorro de agua y energía, que busquen soluciones prácticas desde herramientas domóticas y de IoT, que faciliten al usuario conocer y diagnosticar, por qué se presentan altos desperdicios, y tomar medidas que le permitan un mayor ahorro y una mayor concientización en el cuidado de los recursos de la naturaleza desde la eficiencia energética. De igual forma uno de los mayores inconvenientes de los hogares, es el alto desperdicio de agua y energía sin ninguna supervisión, lo que causa que cada día, se desperdicie una mayor cantidad de los recursos naturales, además que se contaminen, por lo que el poder diagnosticar y medir los consumos en tiempo real, facilita a los usuarios tener mejores estrategias y educarse mejor, con respecto a los malos hábitos que se dan en las familias, ya que no existe una educación en el ahorro de agua ni de energía. La tecnología debe ser una solución hacia este tipo de problemas, ayudando a identificar soluciones que disminuyan los gastos en el hogar.

Por lo que la pregunta de investigación lleva a indagar:

¿Cómo los sistemas electrónicos, pueden diagnosticar y medir el consumo de energía y agua en el hogar, fomentando la Sostenibilidad y la educación en el cuidado de los recursos naturales y permitiendo al usuario conocer, controlar y reducir los gastos de sus servicios en tiempo real?

Metodología



Gráfica 1. Pasos de la Metodología. Fuente: Propia

En el presente trabajo, se desarrolla una metodología donde se estudiarán inicialmente y se propondrá la mejor alternativa tanto económica como de logro de los dispositivos, para su realización siguiendo los pasos que se describen a continuación:

a. Recopilación de información actual, documentación y estado del arte: inicialmente se leerán y recopilarán documentos y teorías del proyecto implementados en el área de domótica e Internet de las cosas. Del mismo modo, se requiere investigación sobre las diferentes tecnologías que existen en las comunicaciones en particular, Wifi, PLC y Bluetooth y sus principales ventajas.

Se requiere la revisión e investigación de sistemas eficientes de medición de energía y consumo de servicios. También de sistemas de medición y / o medidores electrónicos de energía, potencia, flujo y otros que pueden implementarse en el hogar.

b. Diseño del sistema de medición de energía: porque es necesario implementar un modelo en el hogar que permita la revisión de los parámetros básicos de medición y el equipo eficiente de medición de energía. De esta forma, se tomarán medidas de la señal eléctrica para garantizar la selección y caracterización del sensor apropiado.

c. Diseño de la comunicación entre dispositivos eléctricos y electrónicos: para el modelo de comunicación del sistema, es necesario evaluar los modelos de comunicación de los datos medidos y facilitar la comunicación entre los diferentes dispositivos, y ser seguros y adecuados de acuerdo con las necesidades de la casa. Por lo tanto, una integración debe llevarse a cabo mediante pruebas con diferentes tecnologías, como Bluetooth, Wifi y PLC, donde se analiza cada una de las señales, así como las ventajas y desventajas del sistema a integrar y la redundancia de los datos, garantizando una comunicación constante.

d. Diseño de la aplicación de información e integración de datos: el sistema final de monitoreo y diagnóstico debe tener una interfaz para el usuario, que le permita interactuar con el hardware y ahorrar en el consumo de energía, por lo que debe analizar y seleccionar el más adecuado software para la integración de los modelos de control realizados en la comunicación de dispositivos y la medición de Variables.

e. Construcción del prototipo funcional: para esta etapa se realiza la implementación de los circuitos y su conexión, así como el diseño estructural de la presentación final de la operación. Con esto para verificar y realizar pruebas finales del sistema y su revisión completa.

f. Prueba e integración del funcionamiento del sistema: para la puesta en marcha, se pretende realizar pruebas de campo reales que generen validación con los usuarios finales del sistema para garantizar la funcionalidad y la seguridad con el fin de ajustar el sistema.

g. Diagnóstico y evaluación de resultados: para validar las mediciones y, de la misma manera, verificar los resultados de ahorro, así como la efectividad del sistema, se analizará un hogar donde, en un tiempo determinado de 3 meses, las medidas conjuntas ser tomado. Agua y energía para demostrar cuáles son los niveles de ahorro para activar el sistema y compararlo con el sistema apagado.

h. Documentación y resultados finales: Para el paso final, se llevan a cabo la selección y explicación de las pruebas y las investigaciones realizadas, así como las recomendaciones y propuestas de mejora presentadas en este proyecto.

RESULTADOS

La solución se complementa con tecnologías IoT, por lo que el sistema se interconecta a través del módulo de comunicaciones ESP8266 para la conexión WIFI. Las pruebas se realizaron inicialmente dentro de un apartamento, que tiene 3 dormitorios, un comedor, 2 baños y la cocina, debe tenerse en cuenta que solo se realizaron mediciones en la placa de circuito principal y en la entrada principal de agua del apartamento, ya que estos dan el informe de los resultados totales presentados por el consumo en dicho departamento.

La conexión de los sistemas de hardware se realizó como se muestra en la Figura 1, donde se evidencia la conexión para la medición de la energía eléctrica consumida en el Hogar (dicho ensamblaje se encuentra actualmente en la medición del consumo de energía). La conexión para la medición del consumo de agua está en evaluación inicial, pero se implementará en nuevas investigaciones con el ensamblaje de la figura 2. Que presenta la conexión entre el Arduino y ESP8266, y el sensor de flujo de efecto Hall YF-S201.

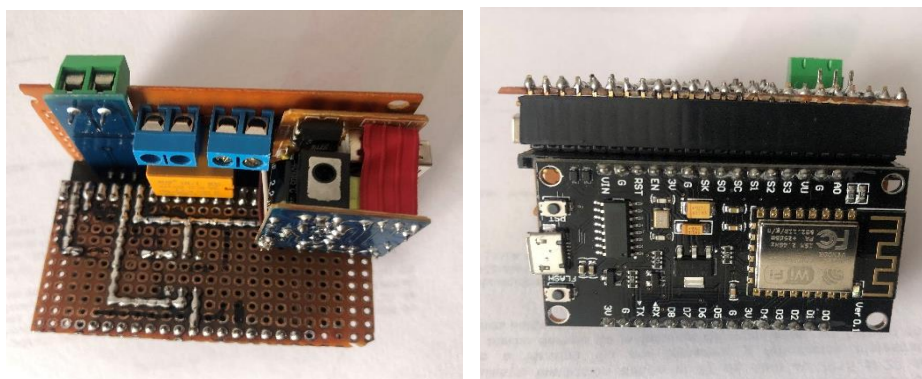
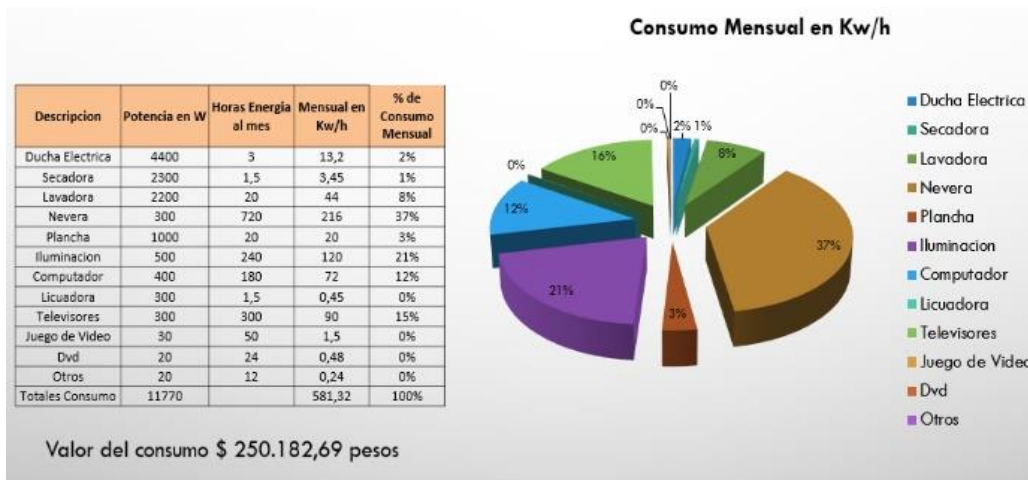


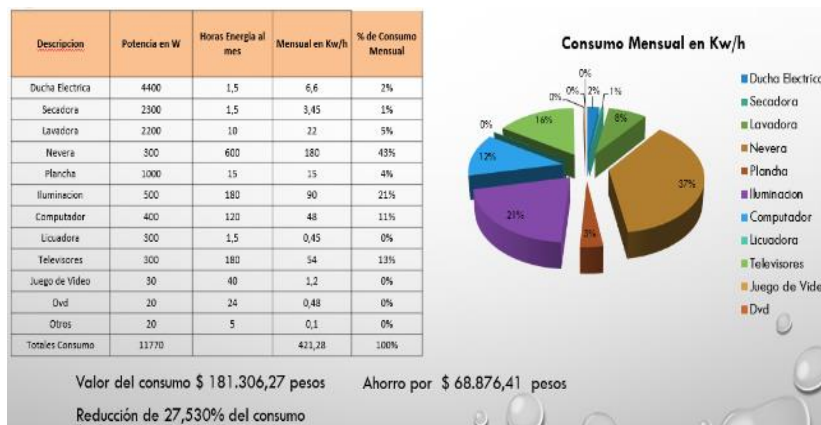
Figure 1. Circuit for measuring the Amount of Water Consumed. Fuente: Propia

Como se muestra en la Gráfica 2, antes de la implementación del sistema de medición de consumo, los diferentes dispositivos eléctricos del hogar presentan un consumo notable de energía, en donde el mayor consumo se da por la nevera en el hogar, y el valor del consumo en un hogar típico compuesto por una familia de 6 personas en un estrato 4, presentan un consumo de aproximadamente \$250.182,69 pesos.



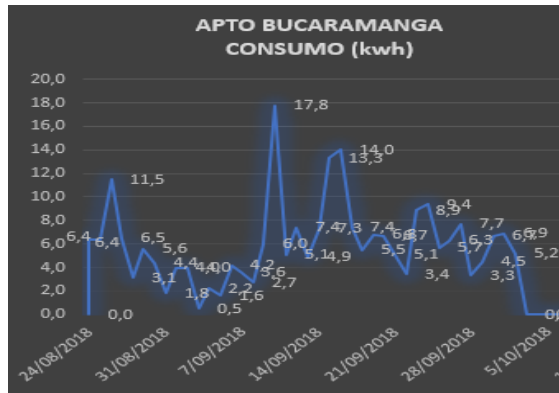
Gráfica 2. Resultados de Consumo Antes de la Implementación. Fuente: Propia

Luego que se realizó la implementación, se encontró que por medio de mensajes y de recomendaciones al usuario, por medio de la “Sostenibilidad Inductiva”, se ha logrado que se tome mayor conciencia del consumo, por lo que es importante, que por medio del sistema esto genere que el usuario pueda fácilmente producir la disminución del consumo en el hogar. En este caso se observó que influenciar al usuario, reduce el consumo en este caso, en un 27.53% del consumo generado en el mes anterior, como se muestra en la Gráfica 3.



Gráfica 3. Resultados de Consumo Después de la Implementación. Fuente: Propia

También, se reduce el consumo del agua en un porcentaje del 30% aproximadamente, lo que ayuda al medio ambiente.



Gráfica 4. Perfil de Consumo de una Familia de 6 Personas. Perfil de Energía. Fuente: Propia

Otro resultado obtenido, como se muestra en la Gráfica 4, es la medición de los consumos diarios que se presentan a razón de un mes y medio, lo que evidencia de forma directa que las familias no tienen un factor constante ni predecible en sus consumos, por lo que es importante generar límites y administrarlos, con el fin de poder generar una mayor consciencia en su uso, y así mismo en su ahorro.

Como se muestra en el Gráfico 5, los resultados después de la implementación del sistema de gestión permiten que el usuario sea más consciente de sus gastos e influyen directamente en la disminución del consumo con mensajes y alertas, evitando la generación de mayores gastos. en los recursos del hogar, en este caso disminuyendo los tiempos de activación de los diferentes elementos eléctricos y electrónicos producidos por los miembros de la familia, y de los consumos que se realizan todos los días en su hogar. De manera similar, el Gráfico 3 muestra el consumo obtenido después de la implementación del sistema, evidenciando los ahorros obtenidos en energía y el dinero ahorrado.

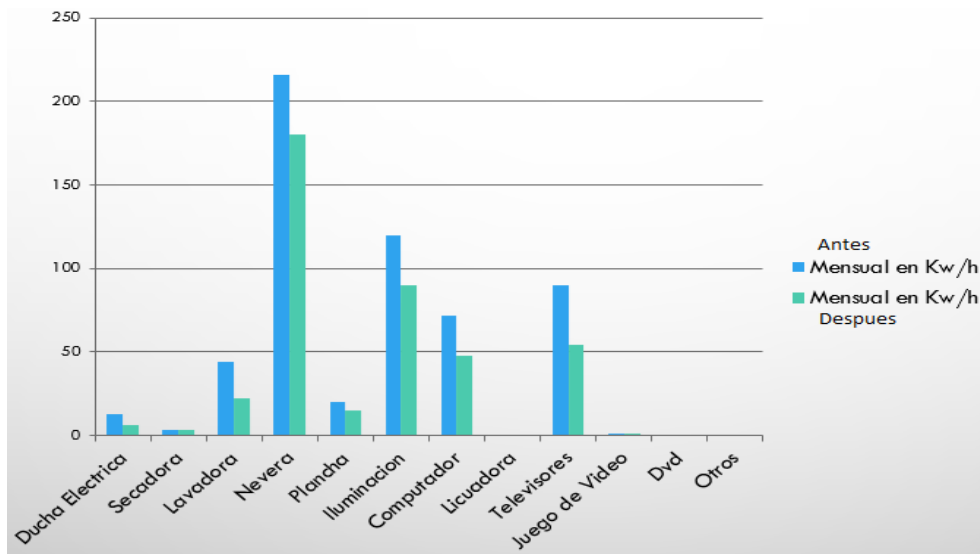


Gráfico 5. Consumo antes y Después de la Implementación. Fuente: Propia

CONCLUSIONES

Hay que tener en cuenta que "Sostenibilidad inductiva" es un nuevo concepto, que adopta este proyecto de investigación, y que también depende del usuario final, ya que busca dar pautas y una pedagogía al usuario para que se recomiende inductivamente mejor formas de ahorro, que poco a poco provoca en el usuario una mejor planificación de los gastos y concientiza de esta manera, para que pueda ser un participante activo del cuidado no solo de su presupuesto, sino también del cuidado de la naturaleza.

En cuanto a los resultados, es importante tener en cuenta que la aplicación de software utilizada para este proyecto puede mejorarse, de modo que el usuario final pueda agregar diferentes dispositivos, independientemente de las tecnologías, lo que ayudará a que este último tenga una mejor recepción, por lo que no solo debe diseñarse para herramientas informáticas, pero puede usarse desde el desarrollo web, lo que permite la implementación desde un sistema operativo diferente, que puede desarrollarse en compatibilidad con todos, tanto software como hardware.

Gracias a los resultados obtenidos, se puede evidenciar que el uso de hardware y software permite a los usuarios ser parte activa del cuidado de los recursos en el hogar, así como su planificación y educación en el ahorro de hábitos, permitiendo programas con idiomas de dominio específicos. , se implementan soluciones prácticas y ayudas ambientales y ahorro de energía en los hogares.

Referencias

- [1] Guacaneme Gerardo, Pardo Didier. "Diseño e Implementación de un sistema de medición de consumo de energía y agua potable remoto con interacción al usuario basado en el concepto "Internet de las Cosas". Universidad Distrital Francisco José de Caldas. 2016.
- [2] Salman L Salman S Jahangirian S Abraham M German F Blair C Krenz P. "Energy efficient IoT-based smart home", 2016 IEEE 3rd World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2016.
- [3] López Carlos, La Domótica como solución de Futuro, Ministerio de Industria, Energía y Minas. Madrid – España, 2007. Disponible: <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/la-domotica-como-solucion-de-futuro-fenercom.pdf> Revisado: 12/11/2017
- [4] Khajenasiri I EstebsariA Verhelst M Gielen G. "A Review on Internet of Things Solutions for Intelligent Energy Control in Buildings for Smart City Applications", Energy Procedia 2017.
- [5] Mbarek B Meddeb A Ben Jaballah W Mosbah M. "A secure electric energy management in smart home". International Journal of Communication Systems 2017.



Libardo Gómez Díaz was born in Bucaramanga, Colombia, on March 26, 1985, Electronic Engineer of the Universidad Pontificia Bolivariana Bucaramanga Section, Project Management Specialist, EAN University, Master of Electronic Engineering, National University of Colombia. Professional experience in Teaching, in the area of electronics, Systems and Engineering for more than 10 years. In addition, maintenance coordinator and Project Engineer in Mass Production Production Companies. Currently, Virtual Instructor of SENA – Centro Formación Cafetera de Manizales and Member of the Research Group GICEMET of SENA, Professor in the Colsubsidio CET Corporation in the Faculty of Engineering.

Aplicación de Realidad Aumentada para Fortalecer el Aprendizaje de Circuitos Electrónicos Básicos en una Protoboard.

Michael Alexander Mora Daza
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
Transversal 70 B No. 73 a 35 sur
mamorad@correo.udistrital.edu.co

Sonia Alexandra Pinzón Núñez
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
Transversal 70 B No. 73 a 35 sur
spinzon@udistrital.edu.co

Luis Felipe Wanumen Silva
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
Transversal 70 B No. 73 a 35 sur
lfwanumens@udistrital.edu.co

RESUMEN

Por lo general, quienes estudian electrónica o áreas relacionadas, en sus procesos iniciales de aprendizaje deben aplicar sus conocimientos de forma práctica al diseñar circuitos electrónicos básicos, en la mayoría de los casos se utiliza una placa de pruebas denominada protoboard, pero algunas veces este elemento se vuelve un poco complejo de entender y usar, de tal forma que es necesario conocer cómo se hace el montaje del prototipado de los circuitos electrónicos sobre este elemento. Por lo anterior, este artículo describe una propuesta tecnológica orientada al contexto educativo, en donde se incorpora el uso de la Realidad Aumentada para el diseño de una aplicación móvil que apoye el proceso de enseñanza de circuitos electrónicos básicos en una protoboard.

ABSTRACT

In general, those who study electronics or related area should apply their knowledge in a practical way when designing basic electronic circuits, in most cases a breadboard called a protoboard. This makes it easy to use, but sometimes this element becomes a bit complex to understand in such a way that it is necessary to know how the prototyping of electronic circuits in this element. Therefore, this article describes a technological proposal oriented to the educational context, where we try to incorporate the use of Augmented Reality for the design of a mobile application that supports the teaching process of basic electronic circuits in a test plate.

Categorías ACM

C.1.3 [General]: Other Architecture Styles, Applied computing in Education.

Términos Generales

Aplicaciones móviles, Augmented Reality, Education.

Palabras clave

Arquitectura Móvil, Algoritmos, Aplicaciones Android, Realidad Aumentada, Tecnologías en Educación.

Keywords

Mobile Architecture, Algorithms, Android, Augmented Reality, Education Technologies.

El permiso para hacer copias digitales o impresas en parte o en la totalidad de este artículo, se otorga sin tener que cubrir una contribución financiera, siempre y cuando sea para uso personal o en el aula, que las copias que se realicen o se distribuyan no sean con fines de lucro o ventaja comercial y que las copias conserven este aviso y los datos de la cita completa en la primera página. Para otro tipo de copias, o volver a publicar el artículo, para almacenarlos en servidores o redistribuir en listas de correo, se requiere una autorización previa de los autores y/o una posible cuota financiera.

9o. Congreso Internacional de Computación CICOM 2019, (17, 18 Y 19 DE OCTUBRE 2019 CARTAGENA, COLOMBIA)

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de los dispositivos tecnológicos, en especial los móviles han hecho que los programadores de software se enfoquen en el desarrollo de aplicaciones móviles que den solución a las necesidades de cada usuario. Los dispositivos móviles al ser herramientas mono-usuario, adquieren gran importancia, dado que son empleados por cualquier individuo en su cotidianidad con fines personales, laborales, educativos y de entretenimiento, entre otros; pero su relevancia radica en el uso que se le puede dar en el ámbito educativo, debido a que pueden ser utilizados para realizar actividades susceptibles a convertirse en conocimiento, además cualquier dispositivo puede fácilmente ser conectado a un espacio virtual de forma instantánea por medio de sistemas telemáticos[12][13].

Por otra parte, los avances tecnológicos y los nuevos servicios orientados resolver las necesidades de la sociedad del conocimiento [9] a través del uso de los dispositivos móviles han hecho que tecnologías como la geolocalización, blogging, videostreaming y las aplicaciones sociales, hayan incrementado de forma exponencial el uso de los dispositivos móviles en la era digital [4]. La Realidad Aumentada y la Realidad Virtual no son ajenas a este desarrollo vertiginoso, como lo muestra el estudio realizado por Statista, se tiene una proyección para el 2022 de un amplio crecimiento en el mercado de estas tecnologías [28].

En Colombia, según el estudio hecho por Deloitte el 96 % de los colombianos cuenta con un teléfono inteligente, el 25 % posee una tableta y un 9% cuenta con dispositivos de vestir (reloj inteligente, pulseras deportivas [11], esto significa que las aplicaciones móviles son un gran nicho de desarrollo y que pueden ser utilizadas por la gran mayoría de los ciudadanos tal como se observa en la Figura 1, donde se observa que en su mayoría las personas utilizan las redes sociales y aplicaciones para escuchar música y que en un 16% las utilizan para realizar cursos en línea.



Figura 1. Uso de apps móviles en Colombia por categorías [19].

La incorporación de estas tendencias y tecnologías emergentes en el ámbito educativo desde una perspectiva innovadora, se convierte en una oportunidad para mejorar los procesos de enseñanza - aprendizaje, permitiendo a los formadores crear contenidos digitales que posibiliten una interacción asociada a un conocimiento cuyo objetivo es incrementar el interés del estudiante hacia una temática[16], en este aspecto la integración de tecnologías como la realidad aumentada, la gamificación y el m-learning son alternativas que deben ser incorporadas en el diseño de actividades en el ámbito de la enseñanza [13].

Por lo anterior, la propuesta de diseñar una aplicación móvil con Realidad Aumentada (RA) permitirá tanto al estudiante como al docente tener una interacción virtual relacionada con el funcionamiento de la placa de prueba Protoboard, para el diseño de circuitos electrónicos básicos. De esta forma se busca que a futuro los jóvenes estudiantes encuentren la motivación y el conocimiento necesario para usar esta herramienta con el fin de generar prototipos de circuitos electrónicos a ser implementados. Adicionalmente, se pretende que el sistema apoye los procesos de aprendizaje en estudios que traten los temas de electrónica haciendo más interactiva la apropiación del conocimiento.

2. OBJETIVO

Desarrollar una aplicación móvil con realidad aumentada para fortalecer el aprendizaje de circuitos electrónicos básicos en una protoboard.

3. METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

3.1. PROBLEMÁTICA

En ambientes de estudio en donde tratan el tema de la electrónica, la apropiación del uso de la placa de prueba (Protoboard) es esencial para el montaje de circuitos electrónicos, por lo tanto, hacer que el estudiante conozca este elemento es muy importante, pero en algunos casos se les complica a los estudiantes tomar estas instrucciones para aplicarlos a su proceso académico, esto hace que el docente tome más tiempo para explicar cómo se usa y cuáles son sus funciones.

Por otra parte, el tiempo extra que debe utilizarse para explicar el uso de la protoboard, se convierte en un problema porque el docente tiene que invertir el tiempo de un tema de la asignatura en hacer esta retroalimentación, de tal forma que se afecta el cronograma planteado para el desarrollo de los temas.

Adicionalmente, cuando los estudiantes deben hacer los montajes de los circuitos electrónicos en los laboratorios o extra clase, deben invertir en la compra de los dispositivos y en algunos casos en la compra de la protoboard, lo que afecta su parte económica.

Por lo anterior surge la necesidad de desarrollar una aplicación que sirva de apoyo para el proceso de enseñanza de circuitos electrónicos con protoboard.

3.2. CONTEXTO

Para contextualizar el enfoque de la propuesta, a continuación se describen las temáticas generales del mismo.

3.2.1. Tecnologías móviles en la educación

En el campo de la educación virtual e-learning, existe un amplio espectro donde la tecnología provee gran variedad de recursos, medios y formatos para el aprendizaje tales como: sistemas de gestión de aprendizaje (LMS), ambientes virtuales de aprendizaje AVA, objetos virtuales de aprendizaje OVA, entre otros. En Colombia se han hecho grandes avances en este aspecto, ya que se cuenta con varias universidades virtuales a nivel nacional que ofrecen un portafolio de carreras acreditadas por el Ministerio de Educación [15][2].

Por otra parte, con la Web 2.0 se han añadido características como interactividad, colaboración y acceso al conocimiento, entre otros, se han desarrollado un sin número de apps gratuitas, que, por su usabilidad, accesibilidad, disponibilidad, diseño atractivo, diversidad de temáticas y adaptabilidad a las necesidades del usuario, pueden ser complementadas con aspectos pedagógicos y didácticos para desarrollar actividades educativas [25]. El auge del Aprendizaje Móvil, también conocido como m-learning, interpretado como la concurrencia del aprendizaje electrónico con dispositivos móviles [18], debe ser aprovechado por los docentes para ofrecer nuevas herramientas que faciliten los procesos de enseñanza – aprendizaje.

Aunque el uso de los dispositivos móviles y tecnologías como la RA crecen vertiginosamente, constituyendo un papel importante en la educación actual, tal como lo argumentan investigaciones que han recopilado Barba y Fombona [6] y características como la ubicuidad que ofrecen estas tecnologías implica una transformación la enseñanza tradicional que debe incorporar el uso de nuevas metodologías que concuerden con las nuevas habilidades de las personas en la era digital. Sin embargo, el desarrollo de aplicaciones y contenidos móviles con tecnología en la educación no ha sido lo suficientemente explorado tal como lo indica Ramiro Aponte, CEO de la compañía colombiana Latined [22]

La RA es una alternativa importante en la creación de aplicaciones orientadas a la educación, en las que puede ser utilizada para realizar diversas actividades [7], pero para el desarrollo de este documento destacamos la importancia en los siguientes aspectos:

- Prácticas de Laboratorios: por lo general los estudiantes deben realizar prácticas en las que es necesario utilizar elementos, instrumentos o materiales que requieren un grado de manipulación, de tal forma que a estos se puede agregar información multimedia (texto, imagen o video), que puede facilitar o aclarar conceptos concernientes al uso y manipulación de los mismos.
- Material complementario: a través de libros o guías, se pueden incorporar textos con metadatos relacionados con referencias bibliográficas, vídeos e imágenes que facilitan la comprensión de los temas y motivan el aprendizaje.

3.2.2. Realidad Aumentada

Esta tecnología ha sido diseñada para agregar información o elementos virtuales a elementos reales, que un usuario a simple vista no podría percibir, mediante dispositivos tecnológicos provistos de una cámara. Por otra parte, se puede describir como un sistema de interacción en donde se tiene por entrada la información del mundo real a la que se superpone una nueva información digital en tiempo real, donde la información virtual puede estar conformada por imágenes, objetos en 3D, texto o videos, entre otros [10].

La evolución que ha tenido la RA, se puede categorizar en varios niveles tal como se observa en la Figura 2, donde el nivel 0, corresponde al uso de marcadores de una dimensión como los códigos de barra y en dos dimensiones como los códigos QR, estos han sido utilizados ampliamente en el comercio para categorizar los productos y facturación. En el nivel 1 se aplica el reconocimiento de patrones en 2D y 3D, muy utilizados en sistemas de turismo y libros interactivos. El nivel 3 hace un giro y se enfoca en la Geolocalización, permitiendo agregar información a ubicaciones específicas generadas por el GPS de los Smartphone. El nivel 3 aunque no se puede establecer que es el último nivel de la Realidad Aumentada, se encuentra lo que se conoce como Visión Aumentada, en la que el uso de lentes o gafas como Google Glasses, permite al usuario visualizar un espacio virtual con el cual puede interactuar.



Figura 2. Niveles de la Realidad Aumentada, Basado en Prendes Espinosa [17].

3.2.3. ¿Cómo se hace Realidad Aumentada?

Para implementar la RA se requiere una serie de procesos y elementos que se describen a continuación y cuya interacción se observa en la Figura 3 [8] [21]:

- Capturar la imagen del escenario real, por medio de una cámara o dispositivo móvil.
- Un Software de RA, con el que se combinan los elementos reales y los virtuales y se diseñará la escena RA.
- Un activador de realidad aumentada, que puede ser una plantilla que contiene los marcadores o códigos que serán captados por la cámara del dispositivo e interpretados por el software para generar la imagen aumentada.

- Una pantalla para visualizar en el mismo plano tanto la imagen real como los elementos virtuales en tiempo real.

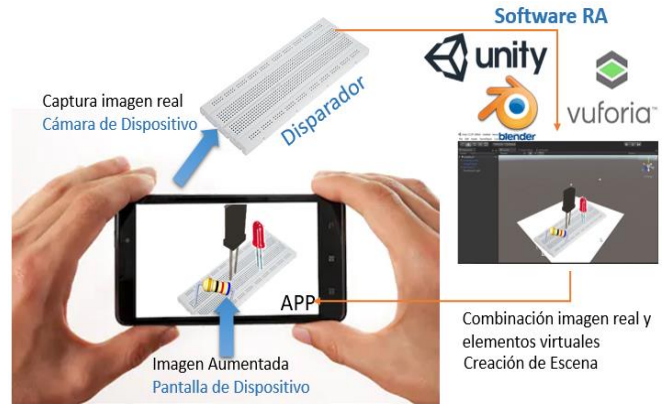


Figura 3. Proceso y elementos para hacer realidad aumentada

3.2.4. Aplicaciones de RA en educación

Dadas las ventajas que provee el uso de este tipo de aplicaciones en la educación, han sido varios los proyectos que integran la RA en temáticas relacionadas con anatomía, biología e historia, en la siguiente tabla se resumen las características de algunas aplicaciones:

- Anatomy 4D: es una aplicación que permite visualizar la anatomía del cuerpo humano, representada en todos sus sistemas, permite activar o desactivar la visualización de cada uno de los sistemas requeridos. <https://anatomy-4d.uptodown.com/android>
- Solar Simulator: Es una aplicación que utiliza el proyecto Tango Google para brindar una experiencia dentro del sistema solar. <http://solarsimulator.tech/>
- Star Walk 2: Aplicación que permite identificar estrellas, planetas y constelaciones fácilmente en el cielo estrellado en tiempo real. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.vitotechnology.StarWalk2Free&hl=es>
- The Brain App: aplicación le permite explorar las capas de la cabeza de la piel, los músculos y cráneo hasta las zonas interiores del cerebro. <https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.co.harmony.brainapp&hl=es> 419
- WallaMe: Aplicación que permite dejar o esconder mensajes en y compartirlos usando RA. <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.wallame&hl=es>

Aplicaciones desarrolladas en la Universidad Distrital en el proyecto curricular de tecnología en sistematización de datos.

- Aplicación móvil de realidad aumentada para la enseñanza de la clasificación de los seres vivos a niños de tercer grado. Realizado por los estudiantes Cesar Solano y Johan Casas Díaz, bajo la dirección del Ingeniero Juan Carlos Guevara Bolaños, integrantes del Grupo de Investigación Metis [23].
- Aplicativo Para Ubicación De Sitios Turísticos En Bogotá A Través De Dispositivos Tablet (Samsung Galaxy Tab 10.1, Touchpad Y Xyboard 10.1) Implementando Realidad Aumentada Y Geolocalización Por Proximidad. Realizado por

las estudiantes Leidy Dayana Martínez Lara y Mery Helen Barreto Perdomo bajo la dirección del Ingeniero Luis Felipe Wanumen Silva, integrantes del Grupo de investigación Metis [30].

- Aplicación Para Dispositivos Móviles Que Ayude A Fortalecer Los Conocimientos De Astronomía En Niños De 8 años. Realizado por los estudiantes Yesenia Sierra Sáenz, John Fredy León, bajo la dirección de la Ingeniera Rocío Rodríguez Guerrero, integrantes del Grupo de Investigación Imaginet [29].

Actualmente existe un simulador de la placa de prueba (Protoboard) que muestra en 2D el uso de esta y emula algunos dispositivos electrónicos en él, pero aun así no describe el funcionamiento de este elemento para luego aplicarlo en este simulador. Para ello se definen normas y procedimientos que facultan al servicio de vigilancia realizar un procedimiento de verificación 2.

3.3. PROPUESTA TECNOLÓGICA

Los siguientes son los aspectos que enmarcan la propuesta a desarrollar.

3.3.1. Descripción Del Sistema

La aplicación que esta propuesta en este artículo, inicialmente permitirá identificar el uso de la Protoboard, posteriormente se agregaran niveles, en los que el usuario podrá observar el montaje de circuitos electrónicos básicos.

3.3.2. Herramientas de desarrollo

Para llevar a cabo la implementación del sistema propuesto, se ha realizado un análisis previo de los lenguajes y herramientas que se pueden usar. Dado que se pretende desarrollar es una aplicación móvil se han analizado herramientas que funcionan tanto para IOS como para Android, en este caso el lenguaje de programación más utilizado para tal fin es Java.

Características	Kit de Desarrollo -SDK					
	Vuforia Qualcomm	ARToolKit DAQRI	Kudan Kudan Limited	Wikitude Wikitude GmbH	LayAR BlippAR Group	ViroAR Viro Media
Licencia	Libre y Comercial	Libre y Comercial	Libre y Comercial	Libre y Comercial	Libre y Comercial	Libre
Detección de varios tipos de etiquetas(objetos, imágenes y textos)	SI	-	-	SI	SI	SI
Rastreo de objetivos	SI	SI	Sin objetivo, basado en bordes, esquinas y texturas	SI	SI	SI
Mapeamiento de elementos adicionales via OpenGL	SI	SI	SI	-	SI	SI
Reconocimiento de imagen	2D y 3D	2D	SI	2D y 3D	SI	2D y 3D
Compatibilidad con Unity	SI	-	SI	-	-	-
Compatibilidad con Android	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Compatibilidad con IOS	SI	SI	SI	SI	SI	-

Tabla 1 Características SDK para RA.

Por otra parte, se han encontrado varios Kit de Desarrollo de Software SDK que facilitan herramientas para la implementación de aplicaciones con RA [1]. En la Tabla 1, se presenta un paralelo entre los SDK más utilizados respecto a sus características.

Para implementar la RA se requiere una serie de elementos y procesos, que se han adelantado con Vuforia y Unity, los cuales se describen a continuación:

- Captura de imágenes: este proceso permite obtener las imágenes reales observadas por los usuarios, con el objeto de crear el escenario inicial o marcador. Por lo general esta captura suele hacerse con un celular o Tablet y almacenar la imagen en formato JPG. Para la aplicación la imagen propuesta que corresponde al protoboard se observa en la Figura 4.



Figura 4. Imagen protoboard.

- Diseño de modelos 3D: para este proceso se puede recurrir a modelo ya diseñados en internet, por ejemplo, en la Galería Google SketchUP o diseñarlos con herramientas de software libre como Blender. Los modelos diseñados para la aplicación se muestran en la Figura 5.

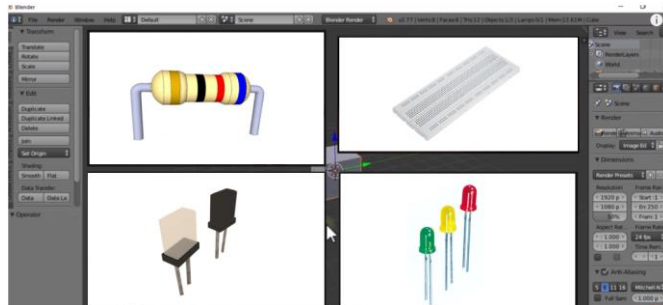


Figura 5. Modelos 3D elementos protoboard con Blender.

- Combinación de las imágenes reales con elementos virtuales: para ello se puede utilizar software libre como Vuforia [18] o Aumentaty, en los cuales se importan los modelos 3D y las imágenes que se usarán como marcadores. Para crear las escenas virtuales se puede utilizar Unity [24], con el cual se puede agregar el contenido virtual. La Figura 6 presenta la creación de la escena.

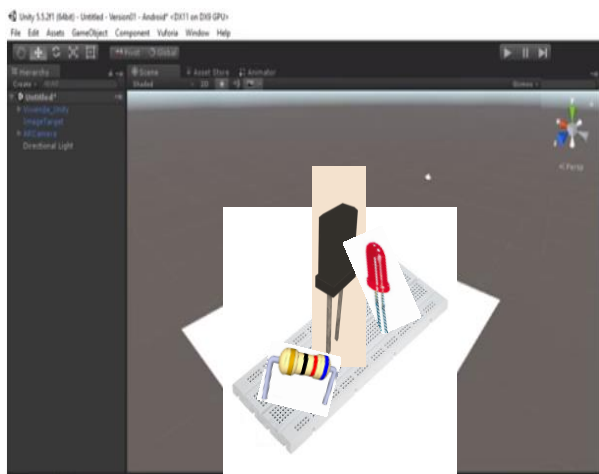


Figura 6. Escena RA con Unity.

4. RESULTADOS

Hasta el momento se han elaborado los modelos básicos, a los cuales se desea agregar componentes multimediales como texto y video. Además, se está trabajando en la implementación de los escenarios virtuales, los cuales se pretenden desarrollar en la segunda etapa del proyecto.

De acuerdo a lo planteado en la propuesta se espera que:

Complementar la aplicación agregando los componentes multimediales y diseñar los niveles definidos en la propuesta.

La aplicación sea una herramienta educativa que permita apoyar los procesos de enseñanza en áreas relacionadas con la electrónica, especialmente dirigidos a quienes deben realizar prácticas con circuitos electrónicos.

Medir la funcionalidad de la aplicación frente a los objetivos propuestos y al grado de aceptación de los usuarios a partir de la aplicación de un instrumento para evaluar la usabilidad de aplicaciones móviles.

5. CONCLUSIONES

Esta aplicación será de gran ayuda para apoyar el proceso de aprendizaje en estudios que traten los temas de electrónica haciéndola más interactiva y por sobre todo ayudando al estudiante encontrar la forma de apropiarse del conocimiento de una manera más rápida y fácil.

De acuerdo con las herramientas encontradas en el mercado, Vuforia es una buena alternativa, ya que proporciona en su versión libre los elementos básicos que permiten la implementación de aplicaciones RA con Unity.

Aunque no existe muchos manuales relacionados con el uso de estas herramientas, los SDK son de fácil uso e interacción.

REFERENCIAS

[1] A. De la Hoz, J. Sepúlveda, R. Sarmiento, “Augmented reality mobile prototype for public transport system in the city of Barranquilla”, Prospect, Vol 13, N° 2, 96-109, 2015. .

[Fecha de consulta: 12 de julio de 2019] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v13n2/v13n2a12.pdf>

[2] Arboleda Toro, N. y Rama Vitale, C. (eds.) (2013). La educación superior a distancia y virtual en Colombia: nuevas realidades. Bogotá: Virtual Educa. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2019] Disponible en: https://virtualeduca.org/documentos/observatorio/la_educacion_superior_a_distancia_y_virtual_en_colombia_nuevas_realidades.pdf

[3] ARTToolkit. Sitio WebARTToolkit. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019] Disponible en: <http://sourceforge.net/projects/artoolkit/>

[4] Aguado, Juan & Martínez, Inmaculada. (2009). De la Web social al Móvil 2.0: El paradigma 2.0 en el proceso de convergencia mediática de la comunicación móvil. Profesional De La Informacion - PROF INF. 18. 155-161. 10.3145/epi.2009.mar.05. [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2019] Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/250197279_De_la_Web_social_al_Movil_20_El_paradigma_20_en_el_proceso_de_convergencia_mediatica_de_la_comunicacion_movil

[5] Balaguera, Yohn Daniel. Metodologías ágiles en el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles. Estado actual. Revista de Tecnología.2013, 111-124. [Fecha de consulta: 8 de junio de 2019]. Disponible en: <https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/1291>

[6] Barba vera, R., Yasaca Pucuna, S. & Manosalvas Vaca, C. (2015). Impacto de la realidad aumentada móvil en el proceso enseñanza-aprendizaje de estudiantes universitarios del área de medicina. En AIDIPE (Ed.), Investigar con y para la sociedad (Vol. 3, pp. 1421-1429). Cádiz, España. [Fecha de consulta: 8 de junio de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/295857540_IMPACTO_DE_LA_REALIDAD_AUMENTADA_MOVIL_EN_EL_PROCESO_ENSEANZA-APRENDIZAJE_DE_ESTUDIANTES_UNIVERSITARIOS_DEL_aREA_DE_MEDICINA_1

[7] Blázquez Sevilla, Alegría. Realidad aumentada en educación. Universidad Politécnica de Madrid. GATE. 2017. pág. 23-24. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2019] Disponible en: http://oa.upm.es/45985/1/Realidad_Aumentada_Educacion.pdf

[8] Carrasco, Luisa. ¿Qué es la realidad aumentada y para qué se utiliza en las aulas? 2016. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2019] Disponible en: <http://blog.infoempleo.com/a/la-realidad-aumentada-se-utiliza-las-aulas/>

[9] Castells, Manuel, Fernández-Ardévol, Mireia, Linchuan Qiu, Jack, Sey, Araba. Comunicación móvil y sociedad. Una perspectiva global. Barcelona: Ariel, 2006, ISBN: 8434453274. [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2019] Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/316358470/CASTELLS-Manuel-Comunicacion-Movil-Y-Sociedad-Una-Perspectiva-Global-pdf>

[10] Cubillo Arribas, Joaquín, Martín Gutiérrez, Sergio, Castro Gil, Manuel, Colmenar Santos, Antonio, Recursos Digitales Autónomos Mediante Realidad Aumentada. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia [en línea] 2014, 17

- [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=331431248012>
- [11] Deloitte. Colombia una visión general de la organización. Bogotá. 2018. [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2019]. Disponible en: [https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/technology-mediatelecommunications/Consumo%20movil\(VF1\).pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/co/Documents/technology-mediatelecommunications/Consumo%20movil(VF1).pdf)
- [12] Di Ionno, M. y Mandel, M. Seguimiento de la Economía de las Aplicaciones en Colombia. Octubre. 2016. [Fecha de consulta: 4 de mayo de 2019] Disponible en: <https://www.progressivepolicy.org/wpcontent/uploads/2016/10/Colombia-SPANISH.pdf>
- [13] Fombona Cadavieco, Javier, Pascual Sevillano, María Ángeles, Ferreira Amador, María Filomena Madeira, Realidad Aumentada, Una Evolución De Las Aplicaciones De Los Dispositivos Móviles. Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación [en línea] 2012, [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=36828247015>
- [14] Layar. Sitio Web Layar. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019] Disponible en: www.layar.com
- [15] MINEDU. Ministerio de Educación Nacional. Lineamientos Para La Educación Virtual En La Educación Superior. Bogotá. 2010. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2019] Disponible en: http://aprende.colombiaaprende.edu.co/ckfinder/userfiles/files/Lineamientos_para_la_educacion_Virtual_dic_29.pdf
- [16] Moreno Martínez, N. M., Leiva Olivencia, J. J., & Matas Terrón, A. Mobile learning, Gamificación y Realidad Aumentada para la enseñanza-aprendizaje de idiomas. IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation, (6), 16-34. [En línea] 2016. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2019] Disponible en: <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/1709>
- [17] Prendes, C. Realidad Aumentada y Educación: análisis de experiencias prácticas, en PixelBit. Revista de Medios y Educación, 46 (1), pp. 187-203. 2015. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019] Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/368/36832959008.pdf>
- [18] PTC Inc. Sitio Vuforia. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019] Disponible en: <https://library.vuforia.com/getting-started/overview.html>
- [19] Ramírez-Montoya, M. S., & García-Peñalvo, F. J. (2017). La integración efectiva del dispositivo móvil en la educación y en el aprendizaje. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia, 20(2), 29-47. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2019] Disponible en: <https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/904/1/18884-37170-1-PB.pdf>
- [20] Revista M2M. Las aplicaciones móviles cada vez juegan un rol más preponderante en Colombia. Octubre. 2018. [Fecha de consulta: 5 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://m2m.com.co/movilidad/las-aplicaciones-moviles-cada-vez-juegan-un-rol-mas-preponderante-en-colombia/>
- [21] Rigueros, C. (2017). La realidad aumentada: lo que debemos conocer. TIA, 5(2), pp. 257-261. 2017. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2019] Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tia/article/download/11278/pdf/>
- [22] SCOPEO (2011). M-learning en España, Portugal y América Latina, noviembre de 2011. Monográfico SCOPEO, nº 3. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2019] Disponible en: <http://cmap.javeriana.edu.co/servlet/SBReadResourceServlet?rid=1KRS0DVFT-19DP017-3D1>
- [23] Solano, Cesar A. Casas Díaz, Johan. Guevara Bolaños, Juan Carlos. Aplicación móvil de realidad aumentada para la enseñanza de la clasificación de los seres vivos a niños de tercer grado. Ingeniería. 2015. 20(1), 79-93. [Fecha de consulta: 8 de junio de 2019]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/reving/article/view/8190/10150>
- [24] Unity Technologies. Sitio Web Unity. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019] Disponible en: <https://unity.com/es>
- [25] Villalonga Gómez, C. y Marta Lazo, C. (2015). Modelo de integración educocomunicativa de 'apps' móviles para la enseñanza y aprendizaje. Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación, 46, 137-153. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2019] Disponible en: <https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/45408/MODELO+DE+INTEGRACI%C3%93N+EDUCOMUNICATIVA+DE+%27APPS%27.pdf?sequence%3D1&isAllowed=y>
- [26] Viro Media Inc. Viro SDK para realidad aumentada y virtual. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019] Disponible en: <https://emiliusvgs.com/viro-sdk-realidad-aumentada-virtual/>
- [27] Wikitude. Sitio Wikitude. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2019] Disponible en: <http://www.wikitude.com>
- [28] YeePLY. Tendencias en el Desarrollo de Apps Móviles para 2019. Enero 2019. [Fecha de consulta: 12 de julio de 2019] Disponible en: <https://www.yeeply.com/blog/tendencias-desarrollo-apps-moviles-2019/>
- [29] Yesenia Sierra Saenz, John Fredy León. Roco Rodríguez Guerrero. APLICACIÓN PARA DISPOSITIVOS MÓVILES QUE AYUDE A FORTALECER LOS CONOCIMIENTOS DE ASTRONOMÍA EN NIÑOS DE 8 AÑOS. 2015. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2019] Disponible en: <http://repositorio.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3225/1/SierraS%C3%A1enzYesenia2016.pdf>
- [30] Wanumen, Luis Felipe. Martínez, Leidy Dayana. Barreto, Mery Helen. Aplicativo Para Ubicación De Sitios Turísticos En Bogotá A Través De Dispositivos Tablet (Samsung Galaxy Tab 10.1, Touchpad Y Xyboard 10.1) Implementando Realidad Aumentada Y Geolocalización Por Proximidad. [Fecha de consulta: 22 de junio de 2019] Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tekhne/article/view/8946/10320>

Plataforma web para apoyar la comercialización de productos agrícolas en la zona periférica de Bogotá.

July Tatiana Jiménez Rozo
Universidad Distrital Francisco José
de Caldas
Transversal 70 B No. 73 a 35 sur
jtjimenezr@correo.udistrital.edu.co

Brain Alejandro Tribaldos Valero
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
Transversal 70 B No. 73 a 35 sur
batribaldosv@correo.udistrital.edu.co

Sonia Alexandra Pinzón Núñez
Universidad Distrital Francisco José
de Caldas
Transversal 70 B No. 73 a 35 sur
spinzon@udistrital.edu.co

RESUMEN

En este artículo se presenta el resultado del desarrollo de una alternativa para la comercialización de productos de los sectores periféricos de Bogotá, en la cual se abordaron diferentes aspectos de la comercialización como lo son el transporte, los aportes de los usuarios, entre otros. La planificación del sistema permitió identificar diferentes aspectos que se pudieron abordar desde el proyecto, con el objeto de contribuir a que el proceso de comercialización de las zonas periféricas de Bogotá permitiera a los productores tener un mayor beneficio y al mismo tiempo los consumidores puedan acceder a productos a un menor costo, todo ello mediante el uso de las TIC.

ABSTRACT

This article presents the result of the development of an alternative for the commercialization of products from the peripheral sectors of Bogotá, in which different aspects of the commercialization were discuss, such as transport, user contributions, among others. The planning of the system allowed to identify different aspects that could be address from the project, in order to contribute to the process of commercialization of the peripheral areas of Bogotá allowing producers to have a greater benefit and at the same time consumers can access products at a lower cost, all through the use of ICT.

Categorías ACM

C.1.3 [General]: Computing

Information systems~Applied computing

Palabras clave

Sistema de Información, Arquitectura de Software, Algoritmos, Angular.

Keywords

Information System, Software Architecture, Algorithms, Angular.

El permiso para hacer copias digitales o impresas en parte o en la totalidad de este artículo, se otorga sin tener que cubrir una contribución financiera, siempre y cuando sea para uso personal o en el aula, que las copias que se realicen o se distribuyan no sean con fines de lucro o ventaja comercial y que las copias conserven este aviso y los datos de la cita completa en la primera página. Para otro tipo de copias, o volver a publicar el artículo, para almacenarlos en servidores o redistribuirlo en listas de correo, se requiere una autorización previa de los autores y/o una posible cuota financiera. 9o. Congreso Internacional de Computación CICOM 2019, (17, 18 Y 19 DE OCTUBRE 2019 CARTAGENA, COLOMBIA)

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad y en el diario vivir la tecnología está tomando un papel muy importante ya que facilita el desarrollo de múltiples actividades y mejora la manera en cómo estas se realizan. Por ello la importancia de aplicar estas herramientas tecnológicas en ámbitos que permitan el desarrollo de las comunidades y aporten al bienestar de estas. Ahora bien, si se tiene en cuenta que la agricultura es parte fundamental para el desarrollo de un país y aún más en Colombia, que por tener una ubicación privilegiada en el continente posee una diversidad de pisos térmicos gracias a su relieve conformado por tres cordilleras, lo que hace del territorio una plataforma agrícola para la producción de una gran variedad de productos [17]. En este aspecto existen políticas nacionales para el fomento agropecuario, como la Política Pública de Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria (ACFC), bajo la Resolución 464 del 29 de diciembre de 2017 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, en la cual se definen los lineamientos estratégicos para la producción y comercialización agropecuaria [12][13]. Adicionalmente, en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2020 (PND), denominado “Pacto por Colombia”, se han definido varias estrategias con el objeto de mejorar la calidad, la cobertura de la conectividad y comercialización en las zonas rurales, además de fortalecer el servicio público de adecuación de tierras con lo cual se pretende fortalecer el campo y la producción agropecuaria nacional. [6].

Por otra parte, Bogotá posee zonas destinadas al trabajo agrícola y ciudad bolívar [16] es una de las localidades que contiene comunidades rurales cuyo sustento se basa en este tipo de trabajo, la alcaldía de Bogotá [15], junto con la gobernación han creado programas que permitan comercializar a los productos a los habitantes de estas zonas, creando espacios para vender directamente sin intermediarios, pero estos programas aún tienen muchas falencias respecto al proceso de contacto y transporte de dichos productos [5].

Desde la perspectiva tecnológica se desarrolló este proyecto con el objetivo de proveer una plataforma para facilitar la comercialización agrícola que se realiza especialmente en los sectores periféricos de Bogotá, permitiendo a los agricultores de estas zonas realizar la oferta de productos directamente a sus clientes o consumidores y sin la necesidad de recurrir a negociar con terceros para así poder vender sus productos. La solución tecnológica combina el uso de herramientas como Angular para el desarrollo web, y Firebase para la gestión de los datos.

2. OBJETIVO

Desarrollar una plataforma web para apoyar la comercialización de productos agrícolas que se ofrecen en sectores periféricos de la ciudad de Bogotá.

3. METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

PROBLEMÁTICA

La comercialización agrícola de los sectores periféricos de Bogotá muestra un panorama negativo en relación con la adaptación a las nuevas tecnologías y la forma en la cual comercializan sus productos [3]; llegando a estar en situación de desventaja al intentar competir con diversas empresas a nivel nacional [15].

En la parte de comercialización se ven problemas dada la expansión urbana por la cual se ha visto afectado el sector agrícola [10], dada la mala ubicación del sector si hablamos en el sentido de comercializar sus productos, dados antecedentes en los cuales han fracasado los sectores que buscaban la comercialización de sus productos como lo fue llanoabastos que no funcionó por este factor en específico. Se necesita que la comercialización de sus productos se mejore para que los recursos correspondientes a este sector no les sean arrebatados a los campesinos por el hecho de que sus productos no pueden ser comercializados fácilmente y requieren de intermediarios lo cual no garantiza el sustento suficiente para mantener sus tierras y así mismos.

Aunque existen muchos proyectos enfocados hacia este sector como lo son el parque Minero Industrial [16]. Se requiere que el sector sea reconocido a nivel nacional por sus productos agrícolas para que estos proyectos se lleven a cabo en otro lugar para que la zona permanezca como sector de agricultura, ganadería, entre otros [1].

3.1. COMERCIALIZACIÓN AGRÍCOLA

La comercialización agrícola se puede entender como el conjunto de servicios que intervienen para lograr que un producto agrícola salga del medio en el que se produce y llegue al consumidor. Lo que implica la ejecución de varias actividades que permiten a los agricultores ofrecer y vender sus productos obteniendo un beneficio económico que nuevamente es utilizado para la siembra y producción.

Por lo general en la comercialización agrícola interviene el sector privado, el cual se encarga de transportar y poner los productos a la mano de los consumidores, en esta cadena se realizan varios pasos que generan un beneficio económico a los participantes[8][2].

3.2. PROPUESTA TECNOLÓGICA

Descripción Del Sistema

Para el desarrollo de la plataforma web que permita a los habitantes de sectores periféricos de Bogotá la

comercialización de sus productos agrícolas, se pretende implementar los siguientes servicios:

- Módulo de catálogo de productos: En este módulo se les permitirá a los usuarios ver los productos disponibles por medio de un catálogo.
- Módulo de gestión de usuarios: Este módulo permitirá el registro de las personas que desean ofrecer sus productos y también de quienes desean comprar, además se puede agregar otros usuarios que deseen prestar sus servicios de transporte.
- Módulo de gestión de comercialización: En este módulo se generará los reportes de comercialización y consultas sobre los productos que van a ofrecer y si está disponible el servicio de transporte.

Para el diseño y desarrollo de la base de datos se utilizará la plataforma de desarrollo móvil Firebase [7] que permitirá el almacenamiento y consulta de los datos. En cuanto a la estructura de la plataforma utilizaremos el Framework Angular que utiliza la estructura de modelo, vista y controlador, la cual nos facilita el desarrollo de la plataforma y su mantenimiento, en cuando al diseño web utilizaremos el lenguaje de programación PHP combinado con HTML y para el diseño gráfico utilizaremos CSS, tal como visualizamos en la Figura 1.

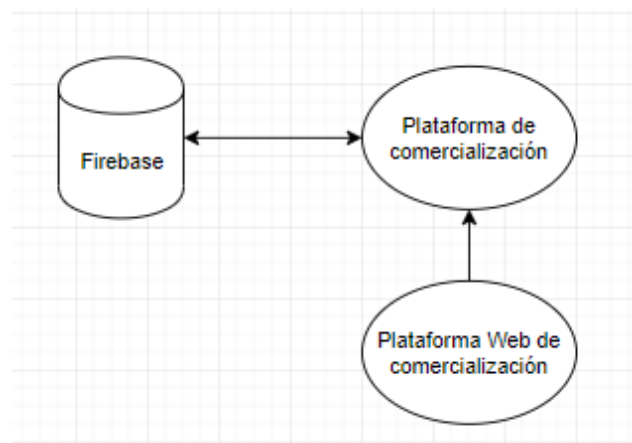


Figura 1. Diagrama de contexto del sistema.

Módulos de la Plataforma web

La plataforma comprende los siguientes módulos:

- Módulo de ingreso de usuarios: Desde este módulo se llevará a cabo el proceso de ingresar a la aplicación por parte de los usuarios administradores o los clientes.

El prototipo para realizar el proceso de ingreso se observa en la Figura 2.

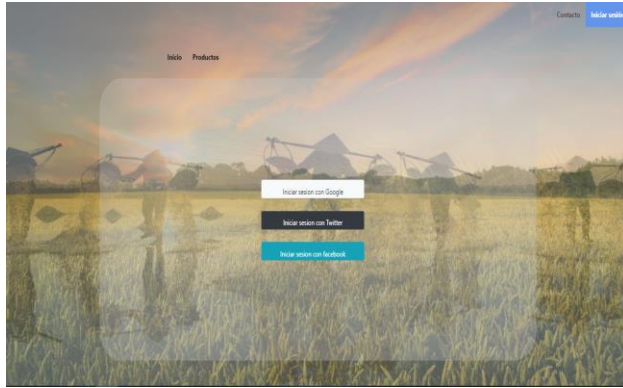


Figura 2. Módulo de ingreso.

- Módulo de usuario administrador: En este módulo el administrador podrá acceder a los dos servicios disponibles: productos, transportes e inquietudes.

El prototipo para realizar el proceso de usuario administrador se observa en la Figura 3.

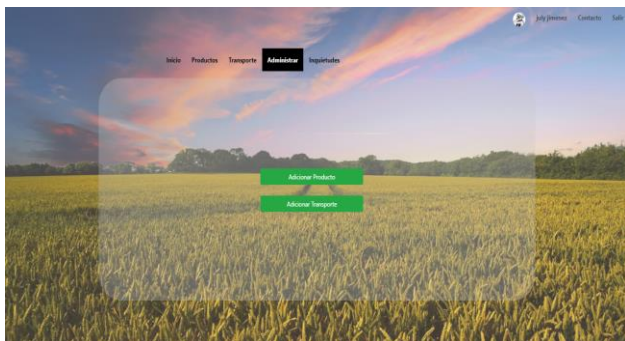


Figura 3. Modulo administrador.

- Módulo de producto administrador: En este módulo el administrador podrá crear, modificar y eliminar productos.

El prototipo para realizar el proceso de producto administrador se observa en la Figura 4.

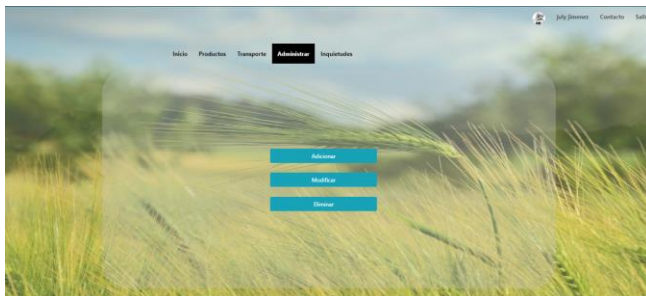


Figura 4. Modulo producto administrador.

- Módulo de transporte administrador: En este módulo el administrador podrá crear, modificar y eliminar transporte.

El prototipo para realizar el proceso de transporte administrador se observa en la siguiente Figura 5.

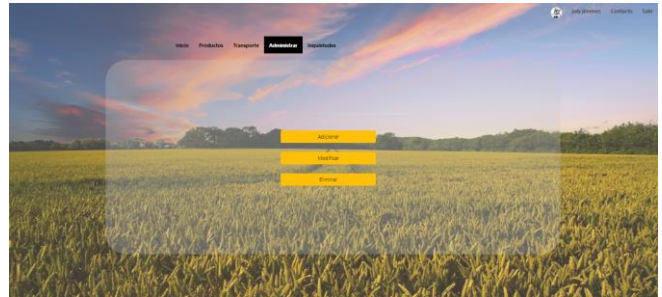


Figura 5. Modulo transporte administrador.

- Módulo de usuario cliente: En este módulo el cliente podrá acceder a los dos servicios disponibles: productos, transportes, postular servicio e inquietudes.

El prototipo para realizar el proceso de usuario cliente se observa en la Figura 6.



Figura 6. Modulo cliente.

- Módulo de productos cliente: En este módulo el cliente podrá ver los productos disponibles.

El prototipo para realizar el proceso de producto cliente se observa en la Figura 7.

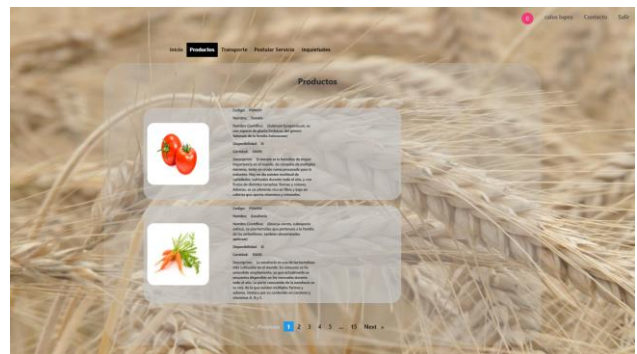


Figura 7. Modulo productos cliente.

- Módulo de transporte cliente: En este módulo el cliente podrá ver los transportes disponibles.

El prototipo para realizar el proceso de transporte cliente se observa en la Figura 8.

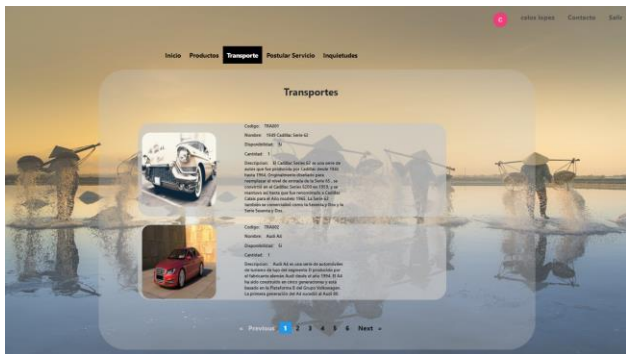


Figura 8. Modulo transporte cliente.

- Módulo de postular servicio cliente: En este módulo el cliente podrá postular los servicios de productos y transporte.

El prototipo para realizar el proceso de postular servicio cliente se observa en la Figura 9.

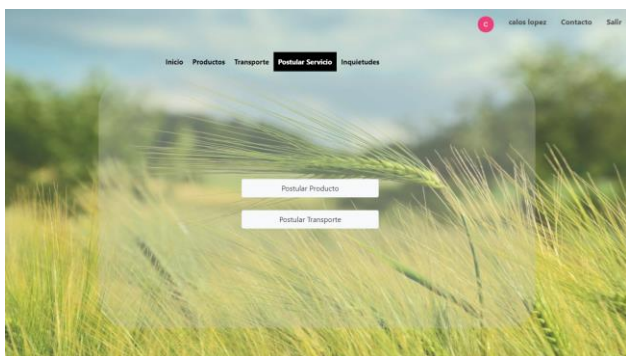


Figura 9. Modulo producto cliente.

- Módulo de inquietudes: En este módulo los usuarios se podrán comunicar entre sí para resolver cualquier pregunta o problema.

El prototipo para realizar el proceso de inquietudes se observa en la Figura 10.

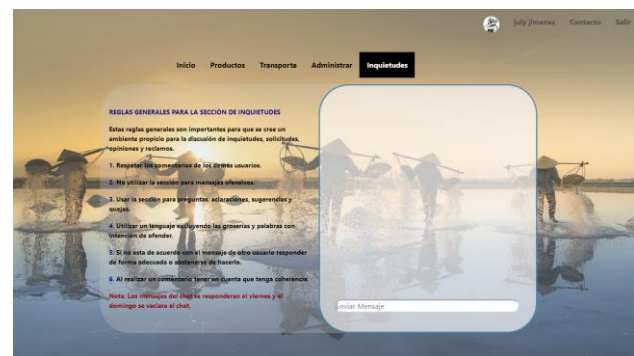


Figura 10. Modulo inquietudes.

Arquitectura tecnológica del sistema

Para el desarrollo de la plataforma web se han utilizado los estándares de desarrollo de software para aplicaciones web como lo son HTML CSS y TypeScript [11], además de los servicios de Google relacionados con almacenamiento de información como lo es Firebase donde se utilizó una base de datos no relacional, autenticación de usuarios y almacenamiento en la nube. Adicionalmente se ha utilizado para el desarrollo del aplicativo el Framework de Google llamado Angular [8].

El Diagrama de contexto del sistema se observa en la Figura 11.

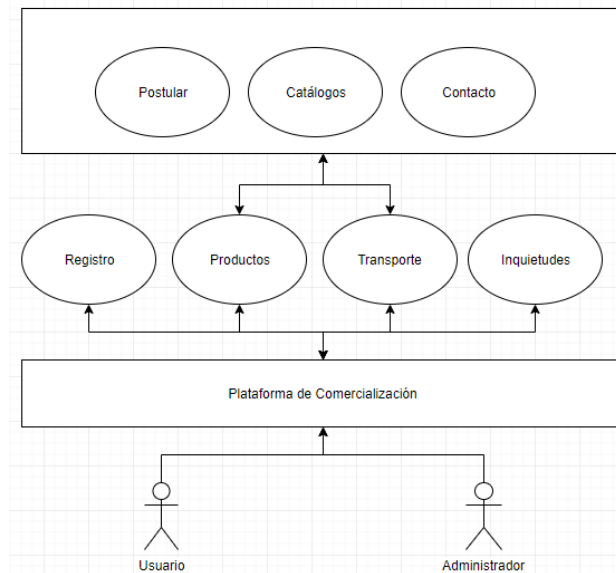


Figura 11. Diagrama de arquitectura del sistema.

Gestión de Datos

Todos los datos de Firebase Realtime Database se almacenan como objetos JSON. La base de datos puede conceptualizarse como un árbol JSON alojado en la nube. A diferencia de una base de datos de SQL, no hay tablas ni registros. Cuando le agregas datos al árbol JSON, estos se convierten en un nodo de la estructura JSON existente con una clave asociada [7].

- Productos: En este nodo se registrará los datos de los productos tal como se observa en la Tabla 1.
- Transportes: En este nodo se registrará los datos de los transportes tal como se observa en la Tabla 2.
- Productos Postulados: En este nodo se registrarán los productos postulados por los clientes tal como se observa en la Tabla 3.
- Transportes Postulados: En este nodo se registrarán los transportes postulados por los clientes tal como se observa en la Tabla 4.

Productos
Id: String
Codigo: String
NombreCientifico: String
Nombre: String
Foto: String
Disponibilidad: String

Descripcion: String
Cantidad: String
Proveedor: String
Correo: String
Telefono: Number

Tabla 1. Datos de los Productos

En la Tabla 2 observamos los datos que llevarán los transportes.

Transportes
Id: String
Codigo: String
Nombre: String
Foto: String
Disponibilidad: String
Descripcion: String
Cantidad: String
Proveedor: String
Correo: String
Telefono: Number

Tabla 2. Datos de los Transportes

En la Tabla 3 observamos los datos que llevarán los productos postulados.

Productos
Id: String
Uid: String
Nombre: String
Foto: String
Disponibilidad: String
Descripcion: String
Cantidad: String
Proveedor: String
Correo: String
Telefono: Number
Fecha: Number

Tabla 3. Datos de los Productos Postulados

En la Tabla 4 observamos los datos que llevarán los productos postulados.

Productos
Id: String
Uid: String
Nombre: String
Foto: String
Disponibilidad: String
Descripcion: String
Cantidad: String
Proveedor: String
Correo: String
Telefono: Number
Fecha: Number

Tabla 4. Datos de los Transportes Postulados

Al ser una base de datos descentralizada tendremos 4 nodos principales tal como se observa en la Tabla 1, la Tabla 2, la Tabla 3 y la Tabla 4.

4. RESULTADOS

Este proyecto se ideó con el fin de realizar una plataforma web para los sectores periféricos de Bogotá con el fin de que se permita una comercialización de los productos agrícolas que beneficie a los habitantes del sector como lo son los campesinos y se realice una negociación directa entre el proveedor, quien es el que cultiva los productos y el consumidor sin la intervención de terceras personas. Se espera alcanzar con este proyecto:

- Crear, modificar y eliminar los productos agrícolas que hay en los sectores periféricos de Bogotá.
- Brindar el servicio de transporte si está disponible.
- Por medio de un catálogo mostrar los productos disponibles.
- Generar un reporte de los productos agrícolas vendidos mediante la plataforma.

5. CONCLUSIONES

Este proyecto se realizó con el fin de brindarle a la oportunidad a las personas de las zonas periféricas de Bogotá que trabajan en la rama de la agricultura de poder competir con las grandes empresas de productos agrícolas, por medio de una plataforma web que facilite la comercialización de productos agrícolas sin intermediarios, contribuyendo de esta forma a mejorar la calidad de vida de los agricultores.

En cuanto a la plataforma se diseñó de una manera amigable para los usuarios de fácil acceso, que permita validar los usuarios de manera más cómoda sin necesidad de registrarse, mostrar los servicios que se ofrecen y los productos disponibles para cada uno de los usuarios. También se generó un espacio que permita a los administradores resolver cualquier inconveniente o duda de los clientes y una mejor comunicación entre los mismos para poder ofrecer un mejor servicio.

El uso de tecnologías basadas en software libre tales como Visual Studio Code y las herramientas como Angular, CSS, JavaScript, Node.js y para el almacenamiento de los datos un motor no relacional como lo es Firebase, permitió que el desarrollo no consumiera muchos recursos tanto económicos como técnicos, de tal forma que se aconseja el uso de estos en cualquier tipo de desarrollo.

6. REFERENCIAS

- [1] Alcaldía Local de Ciudad Bolívar. (2013-2016). PLAN AMBIENTAL LOCAL LOCALIDAD 19 CIUDAD BOLÍVAR. 2017, de Alcaldía Local de Ciudad Bolívar [en línea]. [revisado 15 de febrero 2019]. Disponible en: <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/10157/2883179/PAL+CBol%C3%ADvar+2013-2016.pdf>
- [2] Arias Vargas, Francisco Javier, & Rendón Sierra, Sebastián. (2015). Modelos descentralizados de comercialización agropecuaria como estrategia para la inclusión social en

- Colombia: el caso Exofruit SAS. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 201-209. <https://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2015.03.06>
- [3] Cámara de comercio de Bogotá. Canales de comercialización de alimentos frescos - Estudio de Marketing 2016. Septiembre, 2017. [en línea]. [revisado 15 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/handle/11520/19377>
- [4] Ciudad & Territorio. Pasquilla, una vereda de Bogotá, presionada por crecimiento urbano. 2016. [en línea]. [revisado mayo 23, 2019], de Agencia de Noticias UN Disponible en: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/pasquilla-una-vereda-de-bogota-presionada-por-crecimiento-urbano.html>
- [5] Congreso de la República de Colombia. Ley 675 del 2001, [en línea], 17 de marzo de 2018. [en línea]. [revisado 15 de febrero 2019]. Disponible en: http://ulai.info/descargas/COL_ley675_2001.pdf
- [6] Departamento Nacional de Planeación. Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia, pacto por la equidad. [en línea]. [revisado mayo 23, 2019]. Disponible en: <https://id.presidencia.gov.co/especiales/190523-PlanNacionalDesarrollo/documentos/BasesPND2018-2022.pdf>
- [7] Firebase. (2019) *Estructura tu base de datos / Firebase Realtime Database / Base de fuego*. [en línea]. [revisado 25 de marzo de 2018]. Disponible en: <https://firebase.google.com/docs/database/web/structure-data?hl=es-419>
- [8] Google. Sitio Web Angular. [en línea]. [revisado 22 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://angular.io/>
- [9] Mendoza, G. (2002). Diagnóstico del mercadeo agrícola y agroindustrial en Colombia. Bogotá: U. Jorge Tadeo Lozano.
- [10] Secretaria Distrital de Ambiente. (2018). Sistema Agropecuario Distrital (SISADI). [en línea]. [revisado septiembre 30, 2018], de Secretaria Distrital de Ambiente Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/bg/sistema-agropecuario-distrital-sisadi>
- [11] Microsoft. Sitio Web TypeScript. [en línea]. [revisado 22 de febrero de 2019]. Disponible en: <https://www.typescriptlang.org/>
- [12] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Resolución 464 de 2017. Lineamientos estratégicos de la Política Pública de Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria. [en línea]. [revisado 15 de febrero 2019]. Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000464%20de%202017.pdf>
- [13] Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Resolución 464 de 2017. Plan de acción institucional Vigencia 2019. [en línea]. [revisado 15 de febrero 2019]. Disponible en: [https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/PLANEACION/Plan_de_Accion_\(Plan_Gasto_Publico\)/2019/PLAN_DE_ACCION_INSTITUCIONAL_VIGENCIA_2019_DOCUMENTO_PARA_COMENTARIOS.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/planeacion-control-gestion/Gestin/PLANEACION/Plan_de_Accion_(Plan_Gasto_Publico)/2019/PLAN_DE_ACCION_INSTITUCIONAL_VIGENCIA_2019_DOCUMENTO_PARA_COMENTARIOS.pdf)
- [14] Perletti, J; Botero, J; Oviedo, S; Forero, F; Higuera, S; Correa, M; García, J. (2017). Política comercial agrícola: nivel, costos y efectos de la protección en Colombia. Septiembre 21, 2018. [En línea]. [revisado 15 de mayo de 2019]. Disponible en: https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/3443/Repor_Agosto_2017_Perfetti_et_al.pdf?sequence=3
- [15] Secretaria de ciencia y tecnología. (2017). Proyectos de la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación. [en línea]. [revisado septiembre 30, 2018], de Secretaria de ciencia y tecnología . [en línea]. [revisado 15 de febrero 2019]. Disponible en: http://www.cundinamarca.gov.co/Home/SecretariasEntidades.gc/SecdeCienyTec/SecdeCienyTecDespliegue/asprogrmasyproyectos_contenidos/proyectos
- [16] Secretaria distrital de ambiente. (2018). Parque-minero-industrial. [en línea]. [revisado septiembre 26, 2018], de Secretaria distrital de ambiente. Disponible en: <http://ambientebogota.gov.co/nb/parque-minero-industrial>
- [17] Villanueva Diego Estudio sobre Bioeconomía. Universidad EAFIT. Medellín- Colombia. 2018. [En línea], [revisado 17 de julio del 201], Disponible en: https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/Informe%20/ANEXO%201_An%C3%A1lisis%20sector%20agr%C3%ADcola.pdf.
- [18] Yesica Lizeth. ¿Qué es Scrum y los roles en Scrum? [en línea]. [revisado septiembre 21, 2018], de Platzi Sitio web: <https://platzi.com/blog/que-es-scrum-y-los-roles-en-scrum>

Blockchain pone a competir el dinero virtual con las monedas tradicionales

Blockchain puts virtual money to compete with traditional currencies

Héctor Julio Fúquene Ardila*

hfuquene@udistrital.edu.co

Universidad Distrital Francisco José de Caldas – Colombia

Resumen

El presente artículo describe las características principales del dinero virtual, resaltando que está soportado en la tecnología de bloques conocida como Blockchain mediante la cual se garantizan aspectos relevantes de seguridad, privacidad, almacenamiento y gestión. El Bitcoin es descentralizado, es virtual, es considerado como dinero privado y una criptomoneda que no utiliza intermediarios. Lo anteriormente descrito contrasta con algunas características del dinero tradicional el cual es regulado siempre por el estado.

Adicionalmente se identifican aspectos que hacen que el dinero virtual se posiciona día tras día con mayor frecuencia como alternativa fiable y segura para realizar operaciones cotidianas y operaciones bursátiles de toda índole.

Palabras clave

Blockchain, wallet, nonce, Activos, Bitcoin, seguridad.

Abstract

This article describes the main characteristics of virtual money, highlighting that it is supported in the block technology known as Blockchain through which they are guaranteed relevant aspects of security, privacy, storage and management. Bitcoin is decentralized, it is virtual, it is considered as private money and a crypto currency that does not use intermediaries. The above described contrasts with some characteristics of traditional money which is always regulated by the state.

Additionally, aspects are identified that make virtual money more frequently positioned day after day as a reliable and secure alternative to carry out daily operations and stock trades of all kinds.

Keywords

Blockchain, Wallet, Nonce, Assets, Bitcoin, Security.

Ingeniero de Sistemas, magister en Teleinformática, docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. hfuquene@udistrital.edu.co

Introducción

La situación económica en el orden mundial pasa por un momento crítico(Rickards, 2015. pp 19 a 53), las guerras comerciales emprendidas por las principales economías del mundo y la inestabilidad en el precio de productos como el petróleo colocan a las monedas que son referentes para la gran mayoría de países, como lo son el dólar y el euro y por qué no incluir también el referente universal y primario como lo es el oro; en un estado de volatilidad que genera que las monedas débiles se devalúen respecto a estos referentes(Rickards, 2015. p. 141). Uno de los aspectos que se tratan aquí; es la naturaleza y control de lo que podríamos llamar dinero tradicional contrastándolo con lo que en la última década se conoce como dinero virtual, sobre los cuales se pueden identificar diferencias notorias.

En la antigüedad, en las diferentes culturas no conocían ni poseían el concepto dinero, era a través del intercambio o trueque que se realizaban las transacciones de bienes y servicios; y aquellos bienes que eran más escasos o más necesitados como eran elementos como la sal tenían un mayor valor sobre los demás. La historia nos relata como en algunos pueblos utilizaban productos de consumo cotidiano y animales domésticos como referencia para comerciar con pueblos y culturas vecinas; sin embargo, estos elemento presentaban el problema que se descomponían o simplemente se deterioraban, perdían su valor y además, eran difíciles de transportar (Clavero, 2018).

En la era moderna, las sociedades han creado el dinero teniendo como referencia el oro, metal precioso que entre otras cualidades está la de no degradarse con el tiempo. Con el advenimiento de las guerras mundiales este referente se perdió y a partir de la de los 70s del siglo anterior se dio libertad casi que generalizada en la impresión del dinero, generando con esto el aumento del precio de los bienes y servicios en todo el mundo(Rickards, 2015). El dinero como *producto de la imaginación e invención humana*, bien sea dinero tradicional o virtual, tiende a cambiar su valor de acuerdo a los aspectos que afectan la economía de un país o como sucede en nuestros tiempos de una única economía global.

Origen del uso del dinero.

La historia nos muestra que el hombre no siempre ha utilizado dinero tal como lo conocemos hoy en día, es así como se ha valido de los animales(Vacas, caballos) como referente de intercambio, de productos agrícolas como el arroz y el cacao; este último utilizado en américa y de minerales como la sal. Fue por allá en 680 A.C., que en Lidia(pueblo de Asia menor) donde se acuñaron las primeras monedas utilizando principalmente oro y plata para su creación (Weatherford, 1997).

Criptodivisas

Ingeniero de Sistemas, magister en Teleinformática, docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. hfuquene@udistrital.edu.co

Se diferencian del dinero electrónico porque incluyen la criptografía como garante de seguridad. Posee características como el de carecer de representación física, no están reguladas por alguna entidad reconocida, tienen carácter internacional, son anónimas y no se necesita de intermediarios lo que abarata los costos en las transacciones (Pacheco, 2016). La primera en surgir fue el Bitcoin en 2009.

Para garantizar la privacidad y autenticación de los datos las criptomonedas como el Bitcoin utilizan algoritmos o funciones como lo son las funciones resumen o funciones Hash, veamos brevemente algunos aspectos de dichas funciones.

Funciones Hash

A las funciones resumen también se les llama funciones hash o funciones digest. Una función hash H es una función computable mediante un algoritmo tal que: Tiene como entrada un conjunto de elementos, que suelen ser cadenas, y los convierte en un rango de salida finito, normalmente cadenas de longitud fija. Función Hash (s.f). Recuperado de Internet el 19 de agosto de 2019 de https://es.wikipedia.org/wiki/Funci%C3%B3n_hash. Las funciones Hash son empleadas para genera certificados digitales, firmas digitales y generación de claves.

Algunas de las características de las funciones Hash van desde ser unidireccionales lo que indica que no es posible llegar al mensaje origen por medio del Hash. La compresión que indica que no importa la longitud del mensaje siempre el tamaño del Hash será el mismo. La 'facilidad' de cálculo es decir que sea computable. Otra es la difusión que indica que si se altera en una mínima parte el mensaje el resultado de hash será totalmente diferente y la condición simple que indica que no es posible generar dos Hash iguales en su totalidad. Entre los algoritmos Hash más conocidos tenemos el MD5 y SHA(Blain, 2011).

Firmas digitales: Las firmas son la garantía de autenticidad en Internet. Es también un conjunto de datos o resumen cifrado asociado a un mensaje que garantizan la identidad del firmante y la integridad del mensaje. Para realizar el proceso se utilizan un par de claves, una privada y una pública y de ellas se genera un certificado digital.

Blockchain

Blockchain es en esencia una base de datos distribuida de registros, o lo podríamos asimilar como un libro contable (ledger) en donde se registran todas las transacciones o eventos que pueden ser ejecutados y compartidos entre los integrantes de la red. Cada transacción en ese libro público es verificado en consenso por los participantes en el sistema. Una vez entrados los datos nunca pueden ser borrados. Blockchain contiene el registro exacto y verificable de cada transacción realizada. Bitcoin, es la moneda digital descentralizada de igual a igual (peer to peer) más popular que utiliza la tecnología Blockchain(Crosby et al, 2016).

Ingeniero de Sistemas, magister en Teleinformática, docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. hfuquene@udistrital.edu.co

Cada transacción es protegida a través de una firma digital, en donde se envía la "clave pública" del receptor, y está firmada digitalmente usando la "clave privada" del remitente. Para gastar dinero, el dueño de la criptomoneda necesita probar que en realidad es el propietario de la "clave privada" (Crosby et al, 2016)..

El sistema Bitcoin ordena transacciones al colocarlas en grupos llamados bloques y luego vincula estos bloques a través de lo que se llama Blockchain. Se considera que las transacciones en un bloque no tienen que darse al mismo tiempo. Estos bloques están vinculados entre sí (como una cadena) en un orden lineal y cronológico adecuado, cada bloque contiene el hash del bloque anterior (Crosby et al, 2016).

Para evitar que un bloque falso haga parte de la red, esto debido a que se pueden generar múltiples bloques de manera simultánea en varios nodos, se utiliza un acertijo o rompecabezas matemático y para aceptar dicho nodo tiene que contener la respuesta el acertijo matemático correspondiente; a esto se le conoce como prueba de trabajo.

A continuación se describe brevemente el proceso para enviar dinero de un nodo emisor A a un nodo receptor B.

Paso 1. A quiere enviar dinero a B

Paso 2. La transacción se representa en línea en la red como un bloque

Paso 3. Este bloque es enviado a todos los nodos que conforman la red

Paso 4. Todos los nodos en consenso aprueban o desaprueban la transacción

Paso 5. Si el bloque es aceptado entonces se agrega a la cadena la cual posee un registro transparente de todas las transacciones.

Paso 6. El dinero es transferido del nodo A al nodo B

De acuerdo a la descripción anterior, surgen varios interrogantes acerca del funcionamiento de una cadena de bloques, veamos algunos de ellos.

Se asume entonces que todo está representado por bloques, pero qué es en realidad un bloque, qué constituye un bloque, quién y cómo se puede crear un bloque y cómo se garantiza su autenticidad e integridad. Otro interrogante surge acerca del costoso proceso de minería, es decir qué ganan los mineros?

Como ya se dijo en una aparte anterior Blockchain es una base de datos distribuida y cada transacción se representa como un bloque que en teoría debe contener:

Una cabecera

Datos de la transacción y

La respuesta a un enigma(un problema matemático)

Cabecera
Transacción
Respuesta

Un bloque puede ser creado mediante el proceso de minería, normalmente en su cabecera posee la identificación del bloque anterior que corresponde a un Hash SHA256, como cada hash es único se garantiza la integridad de cada bloque y por ende de la cadena completa. Como para poder crear un nuevo bloque se necesita del Hash del bloque anterior y de un número arbitrario el cual no es conocido y se debe calcular; dando esto origen al proceso de minería o prueba de trabajo; se asume que cada hash debe contener 256 bits (si usa SHA256) de los cuales un número determinado bits al inicio son cero y se debe emplear la fuerza bruta para su descubrimiento; entre mayor es el número de ceros del Hash mayor es el grado de dificultad para hallarlo; en teoría cada diez minutos se está generando un nuevo bloque. De este proceso el minero recibe una recompensa que corresponde a un valor en Bitcoins; que es un valor aproximado a doce Bitcoins. En la figura No. 1 se muestra a grandes rasgos la constitución de una cadena de bloques.

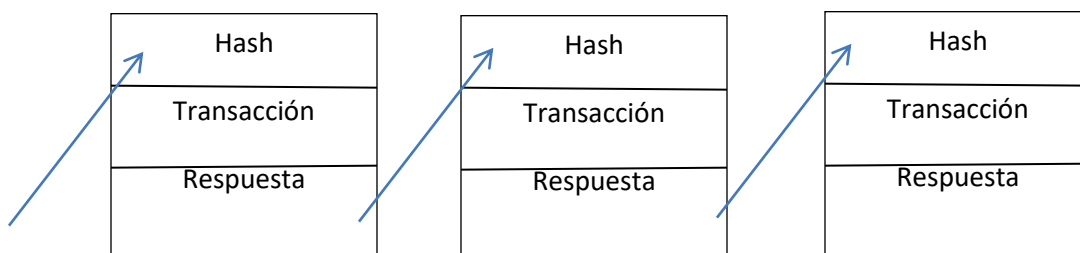


Figura No. 1. Ilustración de Blockchain

Fuente: Elaboración propia

Como sucede con cualquier especie o tipo de dinero se debe contar con los mecanismos que me permitan realizar operaciones o transacciones, para ello es necesario poseer un monedero digital. A continuación se describen algunas características de los monederos virtuales.

Wallets o carteras electrónicas

Ingeniero de Sistemas, magister en Teleinformática, docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. hfquene@udistrital.edu.co

Una Wallet o monedero es una aplicación software con la cual se puede tener acceso al sistema Bitcoin, es decir, nos permite hacer transacciones de dinero según las necesidades particulares que se posean. La Wallet interactúa con el sistema gracias al uso de un par de claves las cuales son una clave pública y una clave privada. Su seguridad radica en la forma como se almacena la clave privada y es con esta que se realizan las transacciones y con la que se realiza el proceso de autenticación en el sistema. Existen diversos tipos de monederos; como por ejemplo, monederos online, para dispositivos móviles, para equipos de escritorio y monederos físicos que vienen acompañados de un hardware por lo que son los más seguros al no estar expuestos de forma permanente a la red. Lo anterior permite suponer que los datos del monedero son indispensables para que cada bloque garantice su integridad y la seguridad en las transacciones.

La seguridad en las transacciones está garantizada con el uso de claves y firmas digitales, pero los riesgos con las criptomonedas pueden ser de diferente naturaleza; a continuación se describe lo que se conoce como un 'fork'.

Hard Forks, un riesgo?

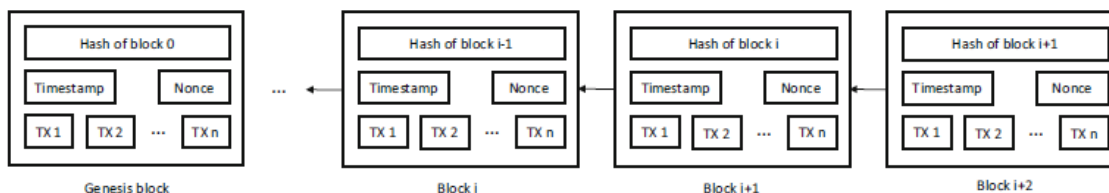
En un ecosistema Blockchain podemos identificar varios actores interviniendo de manera simultánea, por un lado podemos imaginar un enorme número de equipos informáticos conectado en una red de igual a igual (peer to peer ó P2P) en donde se almacenan todos los bloques y desde los cuales se realiza el proceso de minería; por otro lado se encontrarán todos los cuentahabientes que interactúan con el sistema a través de sus monederos; pero hay un tercer grupo que son los desarrolladores de software que utilizan software libre y son encargados de trazar las políticas del sistema en conjunto y en teoría en *conceso*. Pues resulta que esta armonía es susceptible de romperse, es decir que no haya *conceso* sobre un tema en particular acerca del funcionamiento del sistema y se genere una bifurcación, generando así dos cadenas de bloques diferentes, a este hecho en particular se le conoce con el nombre *fork*. Lo anterior implica poner en riesgo la integridad del sistema y que se pierda la confianza entre los usuarios.

Bitcoin

Bitcoin es reconocida como la primer criptomoneda virtual, fue creada en el 2009 con el fin de poder realizar pagos en línea. El Bitcoin utiliza algoritmos criptográficos para garantizar la integridad y privacidad de todos los datos que son necesarios en una transacción. Es conocido también como dinero privado y que no tiene respaldo conocido, que su gestión es distribuida entre todos los que conforman la red y además, para su utilización no se requiere de intermediarios.

Desde un punto de vista un poco más técnico lo podemos definir como una cadena de firmas digitales. Como se muestra en la figura No. 2 el Bitcoin está constituido o soportado por una cadena de bloques que contienen o almacenan las transacciones realizadas por un Ingeniero de Sistemas, magister en Teleinformática, docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. hfuquene@udistrital.edu.co

propietario determinado; contiene además, una marca de tiempo que es indispensable para garantizar integridad y veracidad de los datos, también contiene un número arbitrario que es único y es conocido como 'Nonce' y adicionalmente, cada bloque tiene el Hash que corresponde al bloque anterior y el suyo propio. En este sistema de bloques, el usuario se autentica a través de un par de claves; una que es pública y otra que es privada la cual solo la conoce el propietario del Bitcoin..



Gráfica No. 2. Ejemplo de Blockchain

Fuente: Nofer M. et al. Blockchain

La dificultad que presenta la prueba de trabajo o proceso de minería es directamente proporcional a la naturaleza y tamaño del *nonce*, entre mayor es el número de ceros que deben aparecer al inicio del Hash de cada bloque, mayor será la dificultad para hallarlo; sin este hallazgo es imposible la creación del siguiente bloque debido a que es parte de su constitución. En la figura No. 3 se explicita un poco más los campos que componen un bloque. Cabe destacar que en un bloque solo se puede insertar datos, el borrado o modificación no son permitidos.

Número Consecutivo
Hash del Bloque Previo
Datos de Transacciones
Marca de Tiempo
Nonce
Hash Propio

Figura No. 3. Bloque Blockchain

Fuente: Elaboración propia

En la actualidad existen alrededor de 2.500 criptomonedas, siendo el Bitcoin la de mayor reconocimiento en el mundo, todas están soportadas por la tecnología blockchain.

Dinero público Vs dinero privado

Históricamente, el hombre ha usado diferentes objetos para intercambiar mercancías con las demás personas; con la invención del dinero como se conoce hoy en día, este problema se resolvió porque existen divisas que son referencia universales como lo son el oro, el dólar y el euro; los cuales son aceptados por la mayoría de países en el mundo (Weatherford, 1997). Con la aparición y el desarrollo de la tecnología y el uso de Internet, se ha creado un nuevo modelo de dinero con el que las personas, al hacerse miembros de una comunidad o una cadena, pueden crear, usar y administrar el nuevo dinero virtual que actualmente tiene varios nombres; siendo el más conocido el de Bitcoin. Con el anterior contexto, tratamos de determinar si el dinero virtual es realmente una alternativa real para intercambiar bienes y servicios y competir con las monedas tradicionales. Los estudios realizados al respecto sugieren que actualmente cada moneda se consolida en un nicho de mercado específico, como lo muestra Anne Haubo "El modelo inicial mostró varias similitudes con el oro y el dólar, lo que indica capacidades y ventajas de cobertura como medio de intercambio, y el Bitcoin tiene un lugar en el mercado y es atractivo para el inversor que previene shocks negativos en el mercado". (Whelan, 2013) (Haubo, 2015, párr. 1). De lo anterior se puede notar que el dinero virtual en este caso el Bitcoin es una alternativa válida en el mundo bursátil y que cada vez logra mayor aceptación y gana un espacio propio en dicho ecosistema de negocios y valores.

El dinero tradicional, en todos los países es generado y regulado por el estado a través de los bancos centrales; siendo estos los únicos que tiene el poder de emitir nuevos billetes y son quienes controlan el sistema financiero, esto con la ayuda de los bancos que son los que "administran" los tesoros convirtiéndose en intermediarios y tomando para sí, parte de ese dinero administrado; todo ello en función de una estabilidad nacional y mundial. Si en el mundo hay estabilidad económica, el dinero independiente su naturaleza goza también de estabilidad, pero si en el mundo hay problemas financieros, el dinero se puede perder o se corre el riesgo de no poderse utilizar. Lo anterior contrasta con lo que sucede con el dinero virtual, porque en este caso carece de una entidad emisora y reguladora como tal, es decir, no tiene un intermediario que nos cobre por administrarlo, ya que su administración es una tarea compartida por todos los propietarios de esta moneda; también vale la pena resaltar que este tipo de dinero no tiene respaldo financiero de ningún tipo, pues esta función la cumplen los algoritmos y las aplicaciones que se utilizan para realizar todas las transacciones. En este sentido, como muestra el informe de Regulación de la Criptomoneda en todo el Mundo, este tipo de dinero no se considera legal y, por lo tanto, no tiene ningún tipo de apoyo o respaldo (Regulación de la Criptomoneda en todo el mundo, 2018).

En 2008 se produjo la última crisis financiera mundial, muchas personas y empresas perdieron enormes cantidades de dinero, una de las causas asociadas con este inconveniente fue la falta de control y vigilancia; es decir, el exceso de confianza en el sistema. En el caso particular de la gente del común, también está expuesta al fraude pues puede ser objeto de robo o que se presente la adulteración en la fabricación del dinero, de esta manera las personas también pueden verse afectadas por esta causa. La de 2008 es la peor crisis financiera desde la gran depresión de los años 30 y es la última fase de la evolución de los mercados financieros una vez comenzó su desregulación en la década de los setenta. Esta evolución, acompañada de una rápida innovación financiera, estimuló los auges financieros que llevaron a la crisis (Crotty, 2009). Lo anterior ocurrió cuando la interacción era entre personas, pero qué sucede si las máquinas y las comunicaciones son las que interactúan. Ya hay estrategias definidas para el fraude con moneda virtual y se pasa de la suplantación de identidad, el engaño al intentar realizar una transacción de compra o venta, entre otras.

Es notorio que la creación de Bitcoin ocurrió justo cuando se produjo la última gran crisis financiera en 2008, dando la impresión de que para el mundo no es suficiente con las monedas actuales o al menos no es notorio el apoyo de los estados a favor del sistema establecido. Además, en la actualidad las monedas fuertes como el oro, el dólar y el Bitcoin se especializan en segmentos de mercado bien diferenciados, según se explica en el análisis y simulaciones realizadas con aplicaciones informáticas y modelos especializados para cada uno de los casos (Haubo, 2015).

Todos los sistemas financieros existentes tienen un riesgo inherente a su naturaleza, el tener que depender de terceros siempre dará la probabilidad de fraude. Es importante tener presente a la hora de invertir que la verdadera riqueza se mantiene es con propiedades tales como bienes raíces, oro u obras de arte; que siempre mantendrán su valor o incluso puede aumentarlo con el tiempo. En el caso del dinero virtual, existe un máximo o límite máximo de producción, que aumenta exageradamente su precio; a la inversa, no es el caso del dinero tradicional que, si no hay un control estricto por parte de los estados, puede generar un exceso de oferta llevando consigo una gran inflación donde habrá una gran cantidad de dinero en circulación y pocos bienes que comprar. Además, debe tenerse en cuenta que en la actualidad, no todos quieren y aceptan la moneda virtual como medio de pago.

Algunas tendencias actuales acerca del dinero

Es importante resaltar que la tecnología blockchain puso en funcionamiento una arquitectura bastante novedosa que propende por establecer conexiones y transacciones seguras y que su aplicación en la creación de criptomonedas hace que estas sean atractivas para diversos públicos, siendo el más seducido el correspondiente a personas jóvenes que prefieren este tipo de inversión a invertir y gastar en las divisas tradicionales.

Las tendencias alrededor del mundo muestran que la utilización de dinero plástico o virtual es cada vez más usual. El aumento en el uso de plataformas como PSE para el pago en línea, el aumento de la bancarización de usuarios y procesos, el aumento en la creación de aplicaciones para dispositivos móviles y el amplio uso de tarjetas débito y crédito alejan cada vez más a las personas de las monedas y billetes tradicionales. De acuerdo a la anterior tendencia, no es aventurado imaginarnos en el futuro la abolición total del dinero como hoy lo conocemos; pues este será reemplazado o por las criptomonedas o por las tarjetas de banco o por nuevas invenciones que entren a reemplazarlo.

Conclusiones

Algunas de las cosas que hacen parte de la invención del hombre es el dinero, la historia nos muestra que este no ha sido siempre el mismo y que su modificación ha sido originada porque sus necesidades cambian, porque cada vez se aspira a que su manejo sea más ágil, y a la necesidad de tenerlo en lugares fiables y seguros.

La tecnología Blockchain realmente le brinda un gran respaldo a todas las criptomonedas, con su modelo innovador de creación, de seguridad y de gestión cada día logra mayor aceptación de más personas e incluso es utilizada en operaciones bursátiles y financieras; con lo cual realmente las criptomonedas como el Bitcoin entran a ser una real alternativa para inversores y gente del común que la quiera utilizar.

En la actualidad la eliminación del uso de efectivo es cada vez más evidente, con el uso de tarjetas de banco, de aplicaciones para móviles y de criptomonedas probablemente llegará el día en que los billetes y las monedas como las conocemos en la actualidad sean solo parte de esos recuerdos que reposan en la memoria colectiva de la humanidad. Así como se pasó de las semillas de cacao, a las monedas acuñadas en oro y a los billetes hechos en papel moneda seguramente se pasará al dinero virtual. Igual todo lo anterior hace parte de la imaginación humana y siempre el dinero fue es y será “una ilusión”.

References

Whelan, K. (2013). “How is Bitcoin different from the dollar?” Forbes. URL: <http://www.forbes.com/sites/karlwhelan/2013/11/19/how-is-Bitcoin-different-from-the-dollar/>

Haubo, A. (2015). *Bitcoin, gold and the dollar – A GARCH volatility analysis*. Elsevier. Finance Research Letters, 16, 85 – 92.

Ingeniero de Sistemas, magister en Teleinformática, docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. hfuquene@udistrital.edu.co

Regulation of Cryptocurrency Around the World, 2018. The Law Library of Congress, U.S.A., Global Legal Research Center.

Crotty, J. (2009). *Structural causes of the global financial crisis: a critical assessment of the new financial architecture*. Cambridge Journal of Economics, 33, 563-580. doi: 10.1093/cje/bep023

Weatherford J, La historia del dinero: De la piedra arenisca al ciberespacio. Editorial Andrés Bello. 1997

Rickards J. La gran Caída. Como hacer crecer su riqueza durante el colapso que se aproxima. Uno Editorial. España 2015

Rickards J. La Muerte del Dinero. Uno Editorial. España. 2015

Rickards J. Guerra de Monedas. Uno Editorial. España. 2015

Pacheco M. Nieves. Criptodivisas del Bitcoin al MUFJ: el potencial de la tecnología Blockchain. Revista CESCO de derecho de consumo. 19. 2016.

Crosby M., Pattanayak P. et al, 2016. AIR: Applied Innovation Review. 2 (2016). Berkeley

Clavero A, La otra cara de la moneda. El dinero en el reino de Lidia. Contribuciones a la economía. Octubre-diciembre 2018.

Blain S., Vásquez L. (2011). Funciones resúmenes o Hash. Telemática 10 (1) 2011.

SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA GESTIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS DENTRO DEL FONDO FINANCIERO DE PROYECTOS DE DESARROLLO FONADE - UD

Eduar Fabián Murillo Rodríguez
Estudiante de la Universidad Distrital Francisco
José de Caldas, Bogotá, Colombia,
fabianmurillo.01@gmail.com

José Vicente Reyes Mozo
Docente de la Universidad Distrital Francisco
José de Caldas, Bogotá, Colombia,
jvreyesm@udistrital.edu.co

RESUMEN

En este documento, se describe el desarrollo de una aplicación con capacidad de mejorar los procesos internos de interventoría y seguimiento a emprendedores de la interventora de la Universidad Distrital a los proyectos del FONADE¹ haciendo uso de tecnologías ligeras y ágiles que garanticen la disponibilidad del aplicativo en cualquier lugar desde cualquier dispositivo con acceso a internet. Para este fin, se hace uso de la metodología de desarrollo ágil SCRUM².

ABSTRACT

This document describes the development of an application capable of improving internal processes of supervision and monitoring of entrepreneurs into the District University's intervener to FONADE projects, all this using light and agile technologies that guarantee the availability of the application in any place from any device with internet access. For this purpose, the SCRUM agile development methodology was used.

Términos Generales

El permiso para hacer copias digitales o impresas en parte o en la totalidad de este artículo, se otorga

¹ El FONADE ahora llamado EnTerritorio (Empresa Nacional Promotora del Desarrollo Territorial) es el organismo técnico del Sector Planeación para acompañar a los municipios y los departamentos en la construcción de proyectos estratégicos y de alto impacto social, como vías, acueductos, viviendas, edificaciones, colegios, emprendimientos y otras obras que permitirán generar más desarrollo y empleo.

sin tener que cubrir una contribución financiera, siempre y cuando sea para uso personal o en el aula, que las copias que se realicen o se distribuyan no sean con fines de lucro o ventaja comercial y que las copias conserven este aviso y los datos de la cita completa en la primera página. Para otro tipo de copias, o volver a publicar el artículo, para almacenarlos en servidores o redistribuirlo en listas de correo, se requiere una autorización previa de los autores y/o una posible cuota financiera.

9o. Congreso Internacional de Computación CICOM 2019, (17 al 19 de octubre del 2019), Cartagena, Colombia. Copyright 2019 Universidad de Cartagena.

Palabras clave

Sistema de información, programación móvil, FONADE, emprendimiento, desarrollo a la medida, software, SCRUM.

Keywords

Information system, mobile programming, FONADE, entrepreneurship, custom development, software, SCRUM.

² Scrum es un método para trabajar en equipo a partir de iteraciones o Sprints. Así pues, Scrum es una metodología ágil, por lo que su objetivo será controlar y planificar proyectos con un gran volumen de cambios de última hora, en donde la incertidumbre sea elevada. Se suele planificar por semanas.

INTRODUCCIÓN

El Fondo Financiero de Proyectos de Desarrollo - FONADE- es una Empresa Industrial y Comercial del Estado, de carácter financiero, adscrita al Departamento Nacional de Planeación (DNP). La entidad está comprometida con el desarrollo del país a través de alianzas con entidades públicas o privadas, orientadas a estructurar y ejecutar con calidad y transparencia, proyectos estratégicos dirigidos a transformar vidas en beneficio de la población colombiana.

FONADE fomenta proyectos de emprendimiento avalados por el SENA, los cuales tienen como requerimiento llevar un proceso de interventoría. Este proceso de interventoría lo realiza la Universidad Distrital (Fondo financiero de proyectos de desarrollo FONADE – UD), encargada de realizar el seguimiento y control a estos emprendedores. Para efectos del presente documento la interventoría de la Universidad Distrital será llamada *Interventora*.

La interventora realiza seguimiento a estos proyectos desde su aprobación por FONADE hasta su finalización (proceso que dura un año), durante este seguimiento la interventora por medio de diferentes actores genera visitas, documentos y compromisos al emprendedor.

El presente documento es la teoría del desarrollo de una aplicación que permitirá un registro y búsqueda automatizado de documentos técnicos que se generan durante el seguimiento a los emprendedores. Así como también una agenda de seguimiento contribuya a recordar a los actores del proceso sobre los compromisos, próximas visitas, tiempos y demás información relevante para un mejor y más eficaz seguimiento.

El desarrollo del software se realizó haciendo uso de la metodología de desarrollo *SCRUM* por lo que los capítulos del presente documento se encuentran organizados por las tareas realizadas en cada *sprint*.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema de información para administrar los documentos e información generada por los procesos de seguimiento a proyectos de emprendimiento presentados por el SENA ante FONADE.

Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos del sistema, mediante entrevistas con el usuario.
- Definir usuarios y roles de cada uno dentro del sistema.
- Plantear el diseño lógico del sistema de información.
- Desarrollar la interfaz del sistema de información.
- Elaborar un manual de usuario para el manejo del sistema.
- Realizar pruebas de concurrencia y estrés de revisión del sistema.

FASE DE DESARROLLO

Levantamiento de información

La metodología de desarrollo SCRUM tiene como paso inicial la conformación e identificación de todo el equipo de desarrollo con el que se interactuará en el transcurso del desarrollo. Hay roles que se deben definir manifiestamente para efectos de claridad del proyecto pues en el momento de requerir de cualquier cosa se sabe a qué figurante dirigirse. El *product owner*³ es uno de estos miembros del equipo, y tiene un rol importante: Tener claridad de lo que se espera y se quiere del software pues es la persona encargada de visualizar y aterrizar todo el concepto en requerimientos de software, es decir que el product owner se encargará de dirigir el proyecto puesto que es la persona que tiene más claridad sobre lo que se espera del mismo.

Se inicia por identificar al profesor José Vicente Reyes de la Universidad Distrital como nuestro tutor y product owner junto con el profesor Pablo

visión de lo que desea construir, y transmitir esa visión a todo el equipo.

³El product owner es un actor clave en el desarrollo de un proyecto. Una de sus responsabilidades es tener una

Garzón miembro de la interventora de la Universidad Distrital. Ellos dos son los encargados de llevar el concepto del proyecto que traduciré en una solución de software real.

Se realizan un par de reuniones de levantamiento en las que por medio de grabaciones y diseños de diagramas se recolectó toda la información de los procesos que la interventoría llevaba y los problemas de tiempo que cada uno de estos le costaba, todo esto con el fin de organizar la información y establecer un panorama general de la solución de software.

La interventora manifiesta que cada uno de sus trabajadores documenta toda la información de sus procesos en hojas de Excel, lo cual genera dos problemas principalmente: Por un lado, está la descentralización de la información y la poca disponibilidad de la misma ya que cada trabajador aloja la información en su equipo o nube personales, esto impide que otras personas puedan ver el estado de sus procesos y sufran de constantes pérdidas de información por daño en los equipos y, por otro lado, la alta cantidad de información causa fallas en el seguimiento de los procesos ya que cada persona maneja mucha información y se complica al momento de encontrarla.

Con estos problemas generales se parte para empezar la conceptualización de una solución de software que beneficie al personal de la interventoría.

La solución

Una vez analizado el problema se inicia una etapa creativa buscando encontrar varias alternativas de solución de software, este proceso de recopilación dura dos semanas aproximadamente en donde de la mano de nuestros product owner se empiezan a descartar ideas hasta llegar a inclinarnos por una solución rápida, ligera y multiplataforma con la cual cualquier miembro de la interventora pudiese acceder sin complicaciones a la herramienta.

Esto nos llevó a generar funcionalidades claras y sobre todo a identificar los roles claves dentro del sistema, cada rol conforma un Sprint dentro del desarrollo cada uno con funcionalidades, alcances y tiempos particulares: Administrador, interventor, lae y emprendedor.

Estos cuatro roles se basan en los roles reales que existen en la interventora y conforman los alcances en el sistema, estos serán explicados más adelante en su debido Sprint, por ahora abordan para explicar de una manera general su funcionamiento y la solución que dan dentro del software:

- **Emprendedor:** Es necesario empezar por decir que el emprendedor es el núcleo de la empresa, ya que todos los procesos nacen con él. El emprendedor presenta su propuesta de emprendimiento ante el FONADE, ahora llamado *ENTerritorio* y estos despliegan todo un protocolo de seguimiento al proyecto del emprendedor por medio de la interventora de la Universidad Distrital. Este emprendedor puede tener cuantos proyectos de emprendimiento desee.
- **Interventor:** La interventora delega a una persona interventora por cada proyecto para realizar seguimiento al mismo, este se encarga de trazarle metas, requerimientos y objetivos al emprendedor para que en el término de un tiempo los cumpla. El interventor realiza visitas de seguimiento periódicas al emprendedor para inspeccionar el estado de desarrollo del proyecto.
- **LAE:** Adicional al interventor, la interventora delega a otra persona de un grupo llamado “LAE” para hacerle seguimiento tanto al emprendedor como al interventor. Es la persona que le asigna interventores a los emprendedores y concilia entre los dos.
- **Administrador general:** Por último, tenemos al administrador de la plataforma, es la persona que podrá manipular y visualizar absolutamente toda la información del sistema, teniendo acceso a todas las acciones posibles, puede crear, borrar y actualizar cualquier visita, usuario, relaciones, documentos, entre otras cosas.

Sprint I: Funcionalidades generales

Se parte el desarrollo de la aplicación por crear las funcionalidades generales del aplicativo, estas son aquellos accesos a los que sin importar el rol que se tenga cualquier tipo de usuario va a poder ingresar:

- Inicio de sesión: Se trata de un formulario con la capacidad de capturar correo y clave para validar dentro del sistema si se encuentran en la base de datos y con la información ingresada correcta. Generará una sesión dentro del sistema con la que el usuario navegará según el rol al que esté adscrito el usuario.

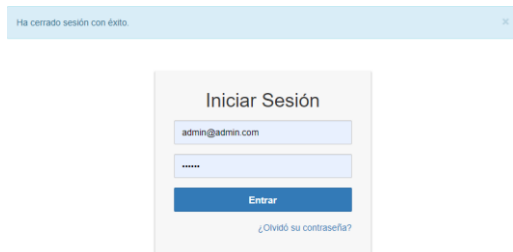


Ilustración 1: Inicio de sesión del aplicativo

- Olvido de contraseña: Aquí cualquier usuario podrá recuperar su contraseña en caso de haberla olvidado. El sistema valida que el correo existe dentro de la base de datos y envía un correo automático al usuario en donde tendrá una nueva contraseña asignada con la cual podrá ingresar al sistema para cambiarla por la clave que desee.



Ilustración 2: Olvido de contraseña

- Cargador de roles: Este módulo se encarga de identificar el rol que tiene la sesión generada por el módulo de inicio de sesión para cargar los respectivos accesos del usuario y mostrárselos en pantalla. Creará un

menú personalizado dependiendo del rol con el que usuario podrá navegar.

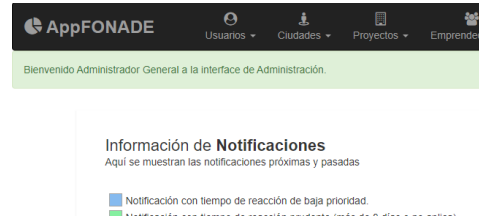


Ilustración 3: Menú personalizado según el rol parte 1

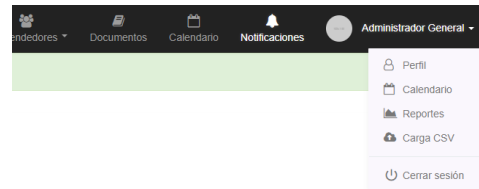


Ilustración 4: Menú personalizado según el rol parte 2

- Cerrar sesión: Finaliza la sesión existente en el aplicativo.

Sprint II: Rol de administrador

El desarrollo de los roles empieza por el módulo de administración pensado para que usuarios con este tipo puedan manipular toda la información del sistema. Cuenta con todos los permisos a los que otro tipo de usuario no tiene acceso, por lo que se convierte en el perfil con mayor responsabilidad dentro del sistema. Dentro del proceso de la compañía este usuario lo administrará únicamente el coordinador de la interventora dado el alto nivel de acceso con el que cuenta.



Ilustración 5: Pantalla de notificaciones del administrador de la aplicación

El administrador general cuenta con acceso a los siguientes módulos/controladores del aplicativo con el CRUD⁴ allí definido:

- Usuarios: Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo con su información personal y respectivo rol dentro del sistema.
Nivel de acceso: CRUD
- Emprendedores: Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo emprendedor con su información personal.
Nivel de acceso: CRUD
- Interventores: Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo interventor con su información personal.
Nivel de acceso: CRUD
- LAEs: Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo LAE con su información personal.
Nivel de acceso: CRUD
- Emprendedores: Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo emprendedor con su información personal.
Nivel de acceso: CRUD
- Administradores: Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo administrador con su información personal. Puede eliminar cualquiera de ellos excepto el que viene por defecto en sistema.
Nivel de acceso: CRUD
- Roles: Contiene el listado de roles existentes dentro del aplicativo, solo podrá

visualizarlos, cualquier adición que quiera hacerse debe consultarse con el DBA⁵.
Nivel de acceso: R

- Ciudades: Contiene el listado de ciudades del sistema cargado con las bases de datos actualizadas del DANE⁶.
Nivel de acceso: CRUD
- Departamentos: Contiene el listado de departamentos del sistema cargado con las bases de datos actualizadas del DANE.
Nivel de acceso: CRUD
- Regiones: Contiene el listado de regiones del sistema cargado con las bases de datos actualizadas del DANE.
Nivel de acceso: CRUD
- Proyectos: Este módulo contiene el listado de todos los proyectos de emprendimiento existentes en el sistema.
Nivel de acceso: CRUD
- Visitas: Este módulo contiene el listado de todas las visitas habidas por un interventor hacia un emprendimiento. Se pueden aquí crear visitas que llaman a un algoritmo que calcula los días hábiles sin contar sábados y domingos para asignar visitas a un interventor por un año entero. Esto quiere decir que está en la capacidad de asignar las visitas a un interventor por un año haciendo cálculos automáticos de disponibilidad.
Nivel de acceso: CRUD

⁴ CRUD es el acrónimo de "Crear, Leer, Actualizar y Borrar" (del original en inglés: Create, Read, Update and Delete), que se usa para referirse a las funciones básicas en bases de datos o la capa de persistencia en un software.

⁵ Es aquel profesional que administra las tecnologías de la información y la comunicación, siendo responsable

de los aspectos técnicos, tecnológicos, científicos, inteligencia de negocios y legales de bases de datos, y de la calidad de datos.

⁶ Entidad responsable de la planeación, levantamiento, procesamiento, análisis y difusión de las estadísticas oficiales de Colombia.

visitas

mento de crear una nueva visita, tiene marcada la casilla "¿Es la primer visita?", se crearán pr por un año.

Nombre de visita	Fecha de visita	Descripción de visita	Documento de vis
Visita Número 1	2017-02-11 22:00:11	Descripción de visita Número 1	11111 - 1/user_1_file_156
Visita de prueba ni	<input type="text"/>	<input type="text"/>	Falta por asigna

September 2019						
Su	Mo	Tu	We	Th	Fr	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30					

Ilustración 6: Módulo de visitas del aplicativo

- **Centros de negocio:** Contiene el listado de centros de negocio existentes por el FONADE, esta información se usará a la hora de crear un proyecto, puesto que cualquier emprendimiento debe venir de un centro de negocio.
Nivel de acceso: CRUD
- **Convocatorias:** Contiene el listado de convocatorias creadas por el FONADE, esta información se usará a la hora de crear un proyecto, puesto que cualquier emprendimiento debe venir de una fecha de convocatoria.
Nivel de acceso: CRUD
- **Documentos del emprendedor:** Aquí irán cargados los documentos que por obligación el interventor le solicita a los emprendedores en sus visitas: El interventor genera un requerimiento con una fecha de caducidad hacia el emprendedor y este está en la obligación de cargar dentro de ese plazo, de lo contrario el aplicativo le generará alertas de incumplimiento.
Nivel de acceso: CRUD
- **Documentos:** Aquí se encuentran alojados todos los documentos cargados en el sistema por el usuario y sus colaboradores.
Nivel de acceso: CRUD
- **Calendario:** Este módulo muestra en un calendario dispuesto todas las visitas del usuario y sus colaboradores con los datos necesarios para realizarle seguimiento a la visita. En este módulo es un panorama

general del aplicativo por lo que sólo se podrán visualizar las visitas.

Nivel de acceso: R

- **Notificaciones:** Este módulo muestra en dos tablas distintas las notificaciones: pasadas y las próximas. Allí se podrá estar pendiente de las tareas que han pasado y las que se vienen acercando para generar acciones sobre las mismas.

Dependiendo de la prioridad de la notificación se generan cuatro alertas diferentes distinguidas por colores: Rojo las que tienen un día de vigencia, las amarillas que tienen menos de ocho días de vigencia, las verdes que tienen más de una semana de vigencia y las azules que no tienen vigencia. En este módulo es un panorama general del aplicativo por lo que sólo se podrán visualizar las notificaciones.

Nivel de acceso: R

- **Perfil:** Aquí el usuario puede administrar su información personal como nombres, apellidos, correo, clave y cargar foto de perfil.
Nivel de acceso: CRUD
- **Reportes:** Aquí se pueden generar reportes de la información en la plataforma haciendo uso de distintos tipos de filtros por emprendedor, ciudades, proyectos fechas de visitas, entre otros. El sistema genera un archivo de tipo CSV que el usuario podrá descargar.
Nivel de acceso: CR
- **Carga CSV:** Aquí el usuario podrá cargar nueva información dentro del sistema haciendo uso de un formato CSV que se podrá descargar para llenarse y luego subirse a la plataforma. Este módulo genera un reporte del estado de la carga mostrando errores cuando no ha podido subir alguna fila.
Nivel de acceso: CRU

El resto de roles del sistema (interventor, LAE y emprendedor) se reparten estos mismos anteriores módulos, quiere decir que unos tienen más que otros y varían en los accesos CRUD, pero en esencia su comportamiento es el mismo.

Sprint III: Rol de interventor

Una vez finalizadas todas las funcionalidades del rol del administrador, se debían tomar unas cuantas de estas funcionalidades y ajustarlas para tener los accesos que el rol de interventor demandaba, no se incluían dentro de este tipo de perfil todas las funcionalidades sino unas particulares de la siguiente forma:

- **LAEs:** Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo LAE con su información personal.
Nivel de acceso: CRUD
- **Roles:** Contiene el listado de roles existentes dentro del aplicativo, solo podrá visualizarlos, cualquier adición que quiera hacerse debe consultarse con el DBA.
Nivel de acceso: R
- **Proyectos:** Este módulo contiene el listado de todos los proyectos de emprendimiento existentes en el sistema.
Nivel de acceso: CRUD
- **Visitas:** Este módulo contiene el listado de todas las visitas habidas por un interventor hacia un emprendimiento. Se pueden aquí crear visitas que llaman a un algoritmo que calcula los días hábiles sin contar sábados y domingos para asignar visitas a un interventor por un año entero. Esto quiere decir que está en la capacidad de asignar las visitas a un interventor por un año haciendo cálculos automáticos de disponibilidad.
Nivel de acceso: CRUD
- **Emprendedores:** Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo emprendedor con su información personal.
Nivel de acceso: CRUD
- **Documentos del emprendedor:** Aquí irán cargados los documentos que por obligación el interventor le solicita a los emprendedores en sus visitas: El interventor genera un requerimiento con una fecha de caducidad hacia el emprendedor y este está en la obligación de cargar dentro de ese plazo, de

lo contrario el aplicativo le generará alertas de incumplimiento.

Nivel de acceso: CRUD

- **Documentos:** Aquí se encuentran alojados todos los documentos cargados en el sistema por el usuario y sus colaboradores.
Nivel de acceso: CRUD
- **Calendario:** Este módulo muestra en un calendario dispuesto todas las visitas del usuario y sus colaboradores con los datos necesarios para realizarle seguimiento a la visita. En este módulo es un panorama general del aplicativo por lo que sólo se podrán visualizar las visitas.
Nivel de acceso: R
- **Notificaciones:** Este módulo muestra en dos tablas distintas las notificaciones: pasadas y las próximas. Allí se podrá estar pendiente de las tareas que han pasado y las que se vienen acercando para generar acciones sobre las mismas.
Dependiendo de la prioridad de la notificación se generan cuatro alertas diferentes distinguidas por colores: Rojo las que tienen un día de vigencia, las amarillas que tienen menos de ocho días de vigencia, las verdes que tienen más de una semana de vigencia y las azules que no tienen vigencia. En este módulo es un panorama general del aplicativo por lo que sólo se podrán visualizar las notificaciones.
Nivel de acceso: R
- **Perfil:** Aquí el usuario puede administrar su información personal como nombres, apellidos, correo, clave y cargar foto de perfil.
Nivel de acceso: CRUD

Sprint IV: Rol de LAE

Al igual que el rol de interventor el LAE cuenta con acceso a ciertos módulos y bajo ciertos permisos de CRUD:

- **Interventores:** Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo interventor con su información personal.
Nivel de acceso: CRUD
- **Roles:** Contiene el listado de roles existentes dentro del aplicativo, solo podrá visualizarlos, cualquier adición que quiera hacerse debe consultarse con el DBA.
Nivel de acceso: R
- **Proyectos:** Este módulo contiene el listado de todos los proyectos de emprendimiento existentes en el sistema.
Nivel de acceso: CRUD
- **Visitas:** Este módulo contiene el listado de todas las visitas habidas por un interventor hacia un emprendimiento. Se pueden aquí crear visitas que llaman a un algoritmo que calcula los días hábiles sin contar sábados y domingos para asignar visitas a un interventor por un año entero. Esto quiere decir que está en la capacidad de asignar las visitas a un interventor por un año haciendo cálculos automáticos de disponibilidad.
Nivel de acceso: CRUD
- **Emprendedores:** Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo emprendedor con su información personal.
Nivel de acceso: CRUD
- **Documentos del emprendedor:** Aquí irán cargados los documentos que por obligación el interventor le solicita a los emprendedores en sus visitas: El interventor genera un requerimiento con una fecha de caducidad hacia el emprendedor y este está en la obligación de cargar dentro de ese plazo, de lo contrario el aplicativo le generará alertas de incumplimiento.
Nivel de acceso: CRUD
- **Documentos:** Aquí se encuentran alojados todos los documentos cargados en el sistema por el usuario y sus colaboradores.
Nivel de acceso: CRUD
- **Calendario:** Este módulo muestra en un calendario dispuesto todas las visitas del usuario y sus colaboradores con los datos necesarios para realizarle seguimiento a la visita. En este módulo es un panorama general del aplicativo por lo que sólo se podrán visualizar las visitas.
Nivel de acceso: R
- **Notificaciones:** Este módulo muestra en dos tablas distintas las notificaciones: pasadas y las próximas. Allí se podrá estar pendiente de las tareas que han pasado y las que se vienen acercando para generar acciones sobre las mismas.
Dependiendo de la prioridad de la notificación se generan cuatro alertas diferentes distinguidas por colores: Rojo las que tienen un día de vigencia, las amarillas que tienen menos de ocho días de vigencia, las verdes que tienen más de una semana de vigencia y las azules que no tienen vigencia. En este módulo es un panorama general del aplicativo por lo que sólo se podrán visualizar las notificaciones.
Nivel de acceso: R
- **Perfil:** Aquí el usuario puede administrar su información personal como nombres, apellidos, correo, clave y cargar foto de perfil.
Nivel de acceso: CRUD

Sprint V: Rol de emprendedor

Al igual que el rol de LAE el emprendedor cuenta con acceso a ciertos módulos y bajo ciertos permisos de CRUD:

- **Interventores:** Este módulo contiene el listado de todos los usuarios del aplicativo de tipo interventor con su información personal.
Nivel de acceso: CRUD

- Roles: Contiene el listado de roles existentes dentro del aplicativo, solo podrá visualizarlos, cualquier adición que quiera hacerse debe consultarse con el DBA.
Nivel de acceso: R
- Proyectos: Este módulo contiene el listado de todos los proyectos de emprendimiento existentes en el sistema.
Nivel de acceso: CRUD
- Visitas: Este módulo contiene el listado de todas las visitas habidas por un interventor hacia un emprendimiento. Se pueden aquí crear visitas que llaman a un algoritmo que calcula los días hábiles sin contar sábados y domingos para asignar visitas a un interventor por un año entero. Esto quiere decir que está en la capacidad de asignar las visitas a un interventor por un año haciendo cálculos automáticos de disponibilidad.
Nivel de acceso: CRUD
- Documentos del emprendedor: Aquí irán cargados los documentos que por obligación el interventor le solicita a los emprendedores en sus visitas: El interventor genera un requerimiento con una fecha de caducidad hacia el emprendedor y este está en la obligación de cargar dentro de ese plazo, de lo contrario el aplicativo le generará alertas de incumplimiento.
Nivel de acceso: CRUD
- Documentos: Aquí se encuentran alojados todos los documentos cargados en el sistema por el usuario y sus colaboradores.
Nivel de acceso: CRUD
- Calendario: Este módulo muestra en un calendario dispuesto todas las visitas del usuario y sus colaboradores con los datos necesarios para realizarle seguimiento a la visita. En este módulo es un panorama general del aplicativo por lo que sólo se podrán visualizar las visitas.
Nivel de acceso: R
- Notificaciones: Este módulo muestra en dos tablas distintas las notificaciones: pasadas y las próximas. Allí se podrá estar pendiente de las tareas que han pasado y las que se

vienen acercando para generar acciones sobre las mismas.

Dependiendo de la prioridad de la notificación se generan cuatro alertas diferentes distinguidas por colores: Rojo las que tienen un día de vigencia, las amarillas que tienen menos de ocho días de vigencia, las verdes que tienen más de una semana de vigencia y las azules que no tienen vigencia. En este módulo es un panorama general del aplicativo por lo que sólo se podrán visualizar las notificaciones.

Nivel de acceso: R

- Perfil: Aquí el usuario puede administrar su información personal como nombres, apellidos, correo, clave y cargar foto de perfil.
Nivel de acceso: CRUD

PUBLICACIÓN Y PRUEBAS

Una de las ventajas que tiene el desarrollo de software es que se puede jugar con tantos ambientes de desarrollo como se guste. Muchas empresas dedicadas a la creación de software no montan directamente en el servidor final la aplicación que se está desarrollando, sino que hacen uso de servidores locales que simulen de cierta manera el servidor de producción mientras se está programando, a esto se le llama ambiente local.

Una vez se finaliza el software, este comienza un proceso de migración hacia un servidor real de producción en el cual se alojará permanentemente la aplicación. Este mismo sistema de uso de servidores se usó para el desarrollo de nuestra aplicación que una vez se finalizó de codificar tomó por nombre AppFONADE.

En ese orden de ideas, se contempló un quinto Sprint para realizar todas estas tareas de migración de la máquina que montamos localmente mientras se desarrollaba, hacia el servidor de producción real en el que ya se alojaría la aplicación permanentemente. Se decide entonces alojar el software dentro de los servidores de la Universidad Distrital por lo que a través de citas y reuniones con los laboratorios de informática de la facultad tecnológica se logra apartar un espacio para este fin.

Se hace solicitud precisa de un servidor con estos requerimientos:

- RAM: 8GB.
- Procesador: 4-6 cores.
- Disco duro: 20-30GB.
- Sistema operativo: Ubuntu server 16.04 o superior.
- Motor de base de datos: Mysql/MariaDb 10 o superior.
- Servidor HTTP: Apache2
- Versión de PHP 5.6

Es aquí donde se inicia el proceso de montaje y después de varios días de pruebas al servidor se dan las garantías para realizar la descarga del software de nuestro GIT hacia el servidor. Desde ese momento se encuentra publicado y corriendo bajo la IP <http://10.28.0.209/>.

El paso seguido de la migración fueron las pruebas de usabilidad que se le hicieron al aplicativo directamente desde las oficinas de la interventora. Se acuerda la reunión con nuestros product owner, los profesores Vicente y Pablo, quienes estuvieron desde la fase inicial de levantamiento de información con nosotros, en la fase de desarrollo con reuniones de cierres en cada script y ahora en la fase de pruebas teniendo en su cabeza siempre el estado y calidad del producto.

Para estas pruebas de usabilidad se hizo una minuciosa introducción al uso y características de la aplicación brindándoles un panorama claro sobre su concepto, las problemáticas que empezaría a atacar y sobre todo para familiarizarlos con la que sería ahora una de sus principales herramientas de trabajo. De allí se recogen una serie de recomendaciones y ajustes a la plataforma para hacerla más intuitiva en las funcionalidades con las que cuenta.

La segunda fase de las pruebas fueron las pruebas de concurrencia y estrés. Por un lado, las pruebas de concurrencia o carga son pruebas de rendimiento que se usan para evaluar cómo actúa el sistema con una carga variable de usuarios dentro de los niveles esperados por la aplicación. Esta prueba da una idea al product owner de cómo responderá la aplicación bajo una concurrencia⁷ normal. Mientras que, las pruebas de estrés, se usan para evaluar la resistencia del sistema

⁷ Concurrencia se refiere a la habilidad de distintas partes de un programa, algoritmo, o problema de ser

sometiéndolo a una carga de concurrencia creciente y exponencial hasta que este empiece a generar alertas de fallos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Sin lugar a dudas las nuevas tecnologías han venido para quedarse y las empresas no pueden ni deben ser ajenas a esta tendencia, el uso de software es clave para la gestión del día a día en las empresas. El uso de software en las empresas es actualmente imprescindible como herramienta para el desarrollo de los diferentes procesos: llámense suits de ofimática o aplicaciones a la medida, todos tienen un enfoque dirigido propiamente al negocio de la compañía.

El valor agregado del software en las oficinas radica sobre todo en la reducción de las tareas mecánicas, evitando que los empleados o trabajadores hagan una y otra vez la misma labor, esto no es más que la automatización de los procesos corporativos que incrementa la eficiencia de los proyectos y permite reducir costos altos en la gestión de los mismos.

La interventora de la Universidad Distrital tal como como muchas empresas, nota en algún punto de madurez de sus procesos la necesidad del uso de software para potenciarlos y hacerlos mucho más eficaces. Razón por la que appFONADE nace y soluciona gran parte de sus problemáticas.

Por medio de la aplicación desarrollada muchos colaboradores de la empresa cuentan con una herramienta que no solo les ayuda en el control y seguimiento de sus procesos, sino que también centraliza la información en un solo lugar: el servidor. Antes de esto cada uno se encargaba de almacenar la información a su medida, sin contar siquiera con una política definida de almacenamiento y seguridad.

Como es de esperarse en todo software su crecimiento y actualizaciones no se hace esperar, al terminar la fase de entrega del software a la compañía se manifestaron muchas más funcionalidades y características que podrían ayudarles en otros de sus procesos, por lo que

ejecutado en desorden o en orden parcial, sin afectar el resultado final.

AppFONADE tiene enormes ventajas de crecimiento rápido.

El ritmo de vida actual de las personas es muy acelerado por lo que el uso de software se ha vuelto indispensable en muchas labores por lo que debe estar en constante cambio y adaptación a los estilos de vida, así como AppFONADE supo adaptarse a las formas de trabajo de la interventora haciendo uso de tecnologías responsivas y multiplataforma que le permiten a cualquiera de sus usuarios conectarse desde cualquier lugar y dispositivo haciendo uso del internet.

De esta forma, se da por finalizado el concepto, desarrollo, testeo y entrega de un aplicativo a la medida que tiene por objetivo facilitarle el trabajo a la interventora y al que recomendamos realizarle los respectivos backups de información a nivel de servidor con tareas programadas para garantizar todavía más la perdurabilidad de los datos.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] ApSer, «Equipo de Redacción de apser.es.» ¿Qué es la disponibilidad informática?, [En línea]. Available: <https://blog.apsr.es/2015/08/19/que-es-la-disponibilidad-informatica-y-cual-es-su-importancia>. [Último acceso: 9 9 2019].
- [2] Colaboradores de Wikipedia. Software [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2019]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Software&oldid=119088179>>.
- [3] Colaboradores de Wikipedia. Sistema de información [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 10 de septiembre del 2019]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_informaci%C3%B3n&oldid=118912061>.
- [4] BBVA, «Equipo de Redacción de bbva.com.» Qué es SCRUM, [En línea]. Available: <https://www.bbva.com/es/metodologia-scrum-que-es-un-sprint/>. [Último acceso: 12 9 2019].
- [5] ProyectosÁgiles, «Equipo de Redacción de proyectosagiles.org.» Metodología 'scrum': ¿Qué es un 'sprint'?, [En línea]. Available: <https://proyectosagiles.org/que-es-scrum/>. [Último acceso: 12 9 2019].
- [6] EUDE, «Equipo de Redacción de eude.es.» ¿Cuáles son las responsabilidades de un Product Owner?, [En línea]. Available: <https://www.eude.es/blog/responsabilidades-product-owner/>. [Último acceso: 12 9 2019].
- [7] ENTerritorio, «Equipo de Redacción de emterritorio.gov.co.» Quiénes somos, [En línea]. Available: <https://www.enterritorio.gov.co/portal/page/portal/WebSite/Inicio>. [Último acceso: 12 9 2019].
- [8] Colaboradores de Wikipedia. Navegador web [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2019]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Navegador_web&oldid=119252762>.
- [9] 40defiebre, «Equipo de Redacción de 40defiebre.com.» ¿Qué es el diseño responsive?, [En línea]. Available: <https://www.40defiebre.com/que-es/diseno-responsive>. [Último acceso: 13 9 2019].
- [10] Colaboradores de Wikipedia. Ubuntu [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2019]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ubuntu&oldid=118754122>>.
- [11] Colaboradores de Wikipedia. Servidor HTTP Apache [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2019]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Servidor_HTTP_Apache&oldid=117818792>.
- [12] Colaboradores de Wikipedia. Git [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2019]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Git&oldid=118320768>>.
- [13] Bitbucket, «Desarrolladores del software,» Cuenta de Bitbucket del proyecto, [En línea]. Available: bitbucket.org/fabiangothman/appfonade/src/develop/. [Ultimo acceso: 14 9 2019]
- [14] Colaboradores de Wikipedia. PHP [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2019]. Disponible en

<<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=PHP&oldid=118773698>>.

[15] Colaboradores de Wikipedia. MariaDB [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2019]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=MariaDB&oldid=119254942>>.

[16] Colaboradores de Wikipedia. JQuery [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2019]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=JQuery&oldid=116525847>>.

[17] Colaboradores de Wikipedia. HTML5 [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2019]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=HTML5&oldid=118746704>>.

[18] Colaboradores de Wikipedia. Bootstrap (framework) [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 13 de septiembre del 2019]. Disponible en <[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bootstrap_\(framework\)&oldid=119041632](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bootstrap_(framework)&oldid=119041632)>.

[19] Universidad de Alicante, «Equipo de Redacción de si.ua.es,» Modelo Vista Controlador (MVC), [En línea]. Available: <https://si.ua.es/es/documentacion/asp-net-mvc-3/1-dia/modelo-vista-controlador-mvc.html>. [Último acceso: 13 9 2019].

[20] Colaboradores de Wikipedia. CRUD [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 14 de septiembre del 2019]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=CRUD&oldid=113487688>>.

[21] Colaboradores de Wikipedia. Administrador de base de datos [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 14 de septiembre del 2019]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Administrador_de_base_de_datos&oldid=118285374>.

[22] DANE, «Equipo de Redacción de dane.gov.co,» Acerca del DANE – Reseña histórica, [En línea]. Available: <https://www.dane.gov.co/index.php/acerca-del-dane/informacion-institucional/generalidades>. [Último acceso: 14 9 2019].

[23] Colaboradores de Wikipedia. Concurrencia (informática) [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 14 de septiembre del 2019]. Disponible en <[https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Concurrencia_\(inform%C3%A1tica\)&oldid=118087181](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Concurrencia_(inform%C3%A1tica)&oldid=118087181)>.

[24] Colaboradores de Wikipedia. JMeter [en línea]. Wikipedia, La enciclopedia libre, 2019 [fecha de consulta: 14 de septiembre del 2019]. Disponible en <<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=JMeter&oldid=117978275>>.

Ciudades inteligentes y servicios de emergencia médicos a través de redes VANET: una revisión

José Vicente Reyes Mozo

Docente

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia

jvreyesm@udistrital.edu.co

Giovanny Mauricio Tarazona Bermúdez

Docente

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia

gtarazona@udistrital.edu.co

RESUMEN

El avance de las tecnologías de la información y las comunicaciones, ciudades inteligentes y sistemas de información de tránsito, facilita el uso de nuevos elementos como VANET en tráfico vehicular, además de poder facilitar y controlar el flujo a través de las diferentes vías que constituyen una ciudad. Es importante tener en cuenta que gracias a estos avances debe haber modelos de circulación, que faciliten el tráfico vehicular además de ayudar con la solución de problemas que acarrear el uso de vehículos en una ciudad. Una de las necesidades importantes en una ciudad es el acceso a la salud y bienestar de los ciudadanos, el cual con la ayuda de un modelo adecuado permitirá reducir los tiempos de acceso a las necesidades primarias en salud que un paciente debe tener en momentos de urgencia. El presente documento se presenta un modelo para el tráfico de vehículos de emergencia con características de las redes VANET, mejorado a través de herramientas computacionales las cuales ayudan con la reducción de tiempos de procesamiento y optimización en las llegadas a los sitios de emergencia en zonas urbanas.

PALABRAS CLAVES

Ciudades inteligentes, redes vehiculares, prestación de servicios de emergencia, enrutamiento vehicular

ABSTRACT

The advancement of information and communication technologies, intelligent cities and transit information systems, facilitates the use of new elements such as VANET in vehicular traffic, in addition to facilitating and controlling the flow through the different roads that constitute a city. It is important to bear in mind that thanks to these advances, there must be circulation models that facilitate vehicular traffic as well as helping with the solution of problems that involve the use of vehicles in a city. One of the important needs in a city is access to the health and welfare of citizens, which with the help of an appropriate model will reduce the time of access to primary health needs that a patient must have in times of emergency. This document presents a model for emergency vehicle traffic with VANET network features, improved through computer tools that help reduce processing times and optimize arrivals to emergency sites in urban areas.

KEYWORDS

Smart cities, vehicle networks, provision of emergency services, vehicle routing

1 INTRODUCCIÓN

Las grandes ciudades y principalmente las ciudades capitales cada día se enfrentan a la exigencia del sistema de vial; [1] el ingreso a las autopistas por parte de los auto-móviles cada vez mayor, aumentando el tráfico vehicular, y generando demasiada congestión; dicho ingreso de los vehículos al sistema vehicular se hace de forma des-controlada o simplemente de acuerdo a la decisión del “conductor”, de igual forma a la salida, no se tienen en cuenta las normas de tránsito o las recomendaciones establecidos por los organismos de tránsito y transporte de la ciudad; todo esto ocasiona problemas como colisiones o confrontaciones entre los conductores al momento de decidir su entrada o salida, generando más congestión vehicular[2]. Otro de los problemas es la migración a la ciudad de cada día de más población; sumado a esto actualmente el costo de tener un vehículo es económico, dando la posibilidad de que muchos tengan la oportunidad de adquirirlo la cual ayuda a incrementar la cantidad de vehículos.

Aunque se han diseñado estrategias para reducir la cantidad de vehículos en las vías, restricciones por tiempo y hasta el cambio de la hora de la jornada laboral, han hecho que se genere un malestar en la ciudadanía. En algunos casos, se presenta congestión de usuario por falta de transporte público, lo cual han ha generado protestas, las cuales pueden terminar en bloqueos en las vías perjudicando tanto a trabaja-dores como al mismo comercio en general. Haciendo necesario la presencia de entes de control que ayuden a solucionar el problema [3].

2 Ciudades Inteligentes

El concepto de ciudades inteligentes se ha difundido en diversas investigaciones de carácter científico y de política pública; [4][5][6][7] la utilización de las TIC como herramientas de gestión (Inteligente) y por último, su fin debe ser el desarrollo sostenible [8]. El Sistema de gestión de tráfico avanzado, Integra la tecnología

principalmente para mejorar el flujo de tráfico de vehículos y la seguridad. Los datos de tráfico son tomados en tiempo real de cámaras, sensores de velocidad, etc. y son enviados un centro de gestión de transporte donde se integran y procesan dando lugar a acciones como enrutamiento de tráfico o mensajes DMS. [9] Teniendo en cuenta las políticas definidas para el control del tránsito de la ciudad, se definirán estrategias que permitan monitorear, administrar y controlar el buen funcionamiento de estas, además de definir personal encargado de tomar decisiones en tiempo real en el buen uso de esta.[10] El uso de ITS, que se desarrolló durante las últimas dos décadas, ha tenido un papel importante en la reducción contaminantes ambientales al proporcionar una mayor flexibilidad en el tráfico [11]. ITS ayuda a optimizar los viajes, eliminar millas de viaje innecesarias y reducir el tiempo que pasa atrapado en el tráfico con la ayuda de aplicaciones desarrolladas en este sentido.

El incremento gradual de la población en las ciudades y los continuos cambios debido a los requerimientos tecnológicos, hacen que se requieran de soluciones que faciliten y resuelvan las diferentes problemáticas generadas; es por eso que, con el uso políticas, TIC, IoT y Ciudades Inteligentes se piensan en una solución a una problemática que tienen las grandes urbes actualmente. Por lo tanto, con la las redes vehiculares, MANET o redes Ad-hoc [12][13], es necesario generar un modelo de flujo vehicular, que le permita a un vehículo poder en el momento seleccionar una ruta [14][15], disminuyendo el tiempo de tránsito en la ciudad y ayudando con la movilidad,[16][17] además esto permite que vehículos como ambulancias puedan llegar en un menor tiempo al lugar del accidente u hospitales aumentado el tiempo de vida de las personas. Adicionalmente con la ayuda de herramientas de inteligencia artificial para la implementación de este tipos de soluciones, [18] teniendo en cuenta los algoritmos genéticos los cuales permitirán optimizar el enrutamiento, o redes neuronales en la toma de decisión de los enrutamientos, todo esto va a permitir predecir la cantidad de flujo vehicular,[19] así como tomar una ruta alterna en un tiempo prudente permitiendo mejorar el tráfico, adelantar, salir o entrar a una vía principal de la ciudad. Esto no solo implicaría el uso del vehículo, sino además de visualizar y monitorear el tráfico en tiempo real [20], mejora el transporte y la seguridad [21], y ayuda a que otro tipo de vehículos como bicicletas como medio de transporte [22], con lo cual ayudaría a la protección del medio ambiente.

3 Redes VANET

Las redes vehiculares “VANET” (Vehicular Ad hoc NETWORK) se consideran derivación de las redes móviles Ad-hoc (MANET, Mobile Ad hoc Network); cada vehículo se comporta como un nodo de la red y está equipado con una unidad de comunicación a bordo OBU (OnBoard Unit), puede intercambiar información con otros vehículos o con puntos de acceso ubicados en las vías de circulación, denominado RSU (Road Side Units) [23] [24].

El monitoreo de datos sobre la red y las condiciones del entorno es llevado a cabo por sensores [25], que conforman una red denominada red de sensores vehiculares (VSN, Vehicular Sensor Network); esta registra información en tiempo real, relacionada con el tráfico entre otras, posteriormente las aplicaciones vehiculares procesan los datos y generan los mensajes que serán difundidos por la VANET [26][27].

Características de las redes vehiculares (VANET)

Se han definido dos (2) tipos de comunicación en las redes vehiculares: La comunicación inter vehicular o vehículo a vehículo (V2V), donde los automóviles intercambian mensajes directamente, y la comunicación vehículo-a-infraestructura (V2I) donde el intercambio se realiza con dispositivos fijos, como peajes y puntos de acceso a Internet [28] [29].

- **Topología variable:** Debido a las altas velocidades y al continuo desplazamiento de los automóviles la topología de la red es altamente variable. Red sin infraestructura fija: En las comunicaciones V2V la arquitectura de la red es ad hoc y no existe una autoridad central que administre los nodos.
- **Red frecuentemente desconectada:** La topología dinámica de la red ocasiona desconexiones frecuentes de los nodos; el enlace entre los vehículos puede perder-se fácilmente ocasionando la pérdida de paquetes en la comunicación.
- **Nodos autoconfigurables:** No existe un coordinador para las comunicaciones, por lo que los nodos deben auto organizarse y auto administrarse.
- **Suministro de energía ilimitado:** Los nodos no tienen restricciones en el consumo de energía, dado que la batería de los vehículos proporciona una cantidad suficiente para la operación de la OBU.
- **Autonomía:** Cada terminal tiene autonomía, con capacidad para procesar la información proveniente de otros nodos de la misma red.
- **Control distribuido de la red:** Sin infraestructura para el control de la red, este se debe hacer de forma distribuida en cada nodo.
- **Topología de red variable:** En una VANET el movimiento en los nodos se da de forma arbitraria, aunque generalmente lo hagan siguiendo ciertos patrones de movimiento. Debido a esto, la red se puede subdividir en varias y producir importantes pérdidas de paquetes.

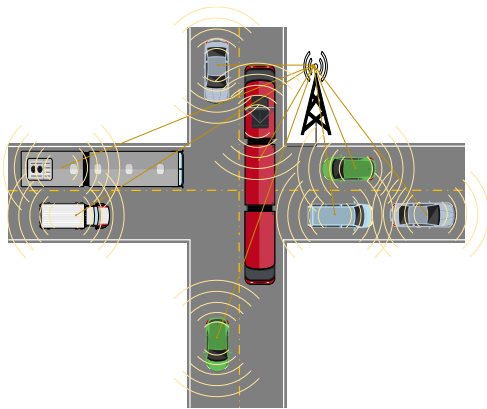


Figura. 1. Comunicaciones V2X.

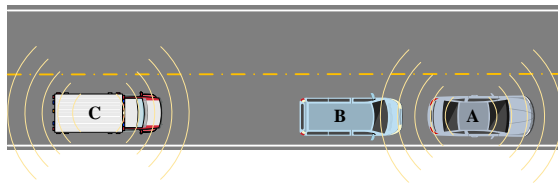


Figura. 2. Comunicaciones V2V

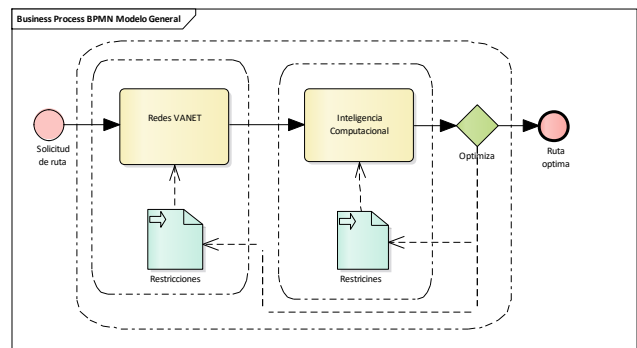
4 Análisis del propuesto

El modelo propuesto está constituido por dos paquetes fundamentales los cuales son la base general del Proyecto, en la descripción anterior se mencionan las redes VANET con sus características, Figura 3.

4.1 Beneficios al utilizar red VANET para la prestación del servicio

Unos de los principales beneficios que se pueden encontrar al hacer uso de redes VANET son los siguientes:

- Información en tiempo real acerca de lugares comerciales o de establecimientos de seguridad como policías, hospitales o bomberos.
- Búsqueda y rescate de personas atrapadas en lugares de alto riesgo y de las cuales no se logra determinar su ubicación.
- Para los grupos de salvamento, las redes VANET contribuyen a mejorar sus sistemas de comunicación, ayuda a usuarios y grupos a coordinar mejor las tareas de salvamento [30]



➤ Figura. 3. Modelo general propuesto

Las VANET tienen un valor importante en el desarrollo de aplicaciones que permitan mejorar las condiciones de transporte y tráfico vehicular mediante sistemas colaborativos basados en comunicaciones V2X [31]. Adicionalmente pueden ser aplicadas en diferentes ámbitos.

1. Aplicaciones en seguridad vial. Su objetivo es reducir la probabilidad de accidentes de tránsito y disminuir los daños y lesiones causadas por siniestros de tráfico. Se envía un mensaje de alarma a los conductores cada vez que ocurra una posible eventualidad en las carreteras, además de información sobre vehículos cercanos y manejo de incidentes [32]

- Prevención de colisiones (Collision Avoidance): Permite detectar un posible riesgo de colisión entre dos vehículos y advierte a los conductores.
- Notificación de señales de tránsito (RSN, Road Sign Notifications): Advierte sobre la señalización vial, para brindar asistencia a los conductores, durante el recorrido
- Gestión de incidentes (Incident Management): Se emplean en situaciones de emergencias ante un accidente de tránsito.
- 2. Aplicaciones de eficiencia vial. Su objetivo es mejorar las condiciones del tráfico, mediante la gestión y el monitoreo del tránsito de vehículos y el estado de las vías.
- Gestión del tráfico: Procesamiento de información sobre el flujo vehicular y control desde las RSU elementos del sistema de transporte como las luces de los semáforos y el cobro de peajes.
- Monitoreo del tráfico: monitoreo de vehículos y condiciones viales.

El contexto general de las ciudades inteligentes son las personas como eje central; permitirá que a través de las TIC se faciliten la solución de problemas de forma in-mediata, con la tecnología como factor indispensable para que las ciudades acompañen el ritmo de la transformación de la sociedad, adicionalmente, deben propender por el mejoramiento de las vidas, además debe permitir la integración de diferentes tecnologías, para así dar una mejor atención a través de procedimientos comunes las cuales deben estar construida para que los ciudadanos a través de ella generen riqueza, en una sana protección del medio ambiente y los recursos naturales.

Además el sistema de gestión de tráfico avanzado, integra la tecnología principalmente para mejorar el flujo de tráfico de vehículos y la seguridad; los datos son tomados en tiempo real de cámaras, sensores de velocidad, etc. y son enviados un centro de gestión de transporte donde se integran y procesan dando lugar a acciones como enrutamiento de tráfico o mensajes DMS; y el uso de herramientas computacionales que le permiten analizar, filtrar y agilizar el proceso de transferencia y toma de decisiones. En la figura 4 el diagrama de paquetes en donde se encuentran los diferentes paquetes y clases que luego del análisis surgen en respuesta a la necesidad del Proyecto.

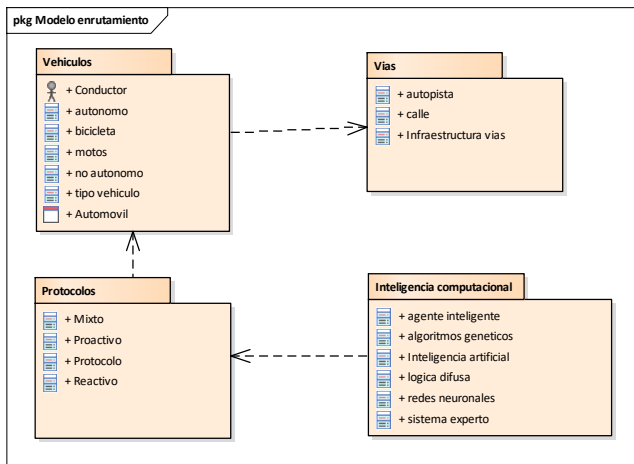


Figura. 4. Diagrama de paquetes de la investigación propuesta

Con la información anterior se realiza un análisis y se extrajeron las actividades que son relevantes dentro del modelo, además del flujo que pueden tener en el modelo planteado. Esto permite definir las actividades que tendrá el modelo propuesto (Figura 5.), el cual, a través del uso de herramientas tecnológicas además de las restricciones propuesta, hacer un análisis con la ayuda de la inteligencia computacional y poder dirigir un vehículo que use tecnología VANET y a través de ciudades inteligentes con sensores y sistemas de gestión de tráfico, poder atender un requerimiento de servicio de emergencia médica de una forma oportuna y segura.

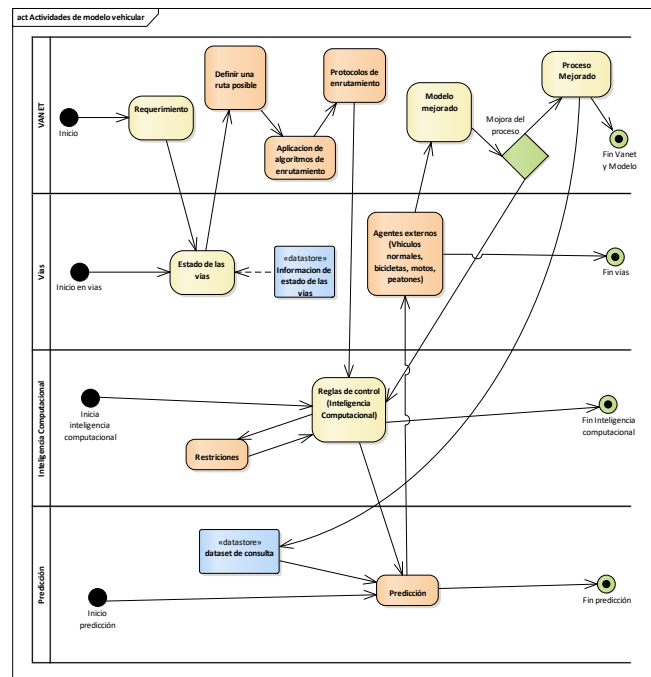


Figura. 5. Actividades detalladas del modelo general propuesto

4.2 El proceso de enrutamiento en redes VANET

Se deben tener en cuenta algunos objetivos para satisfacer las necesidades de conexión en este tipo de redes[33].

- Costos mínimos: Reducción de mensajes de intercambio debido a la escasez de recursos energéticos y ancho de banda.
- Capacidad multisalto: asegurarse el reenvío de paquetes a través de los nodos de la red.
- Mantenimiento dinámico de topología: Debido a las características cambiantes de la red, las rutas establecidas deberán ser actualizadas constantemente.
- Eliminación de bucles: Evitar que un nodo sea visitado más de una vez por un paquete en su trayecto hacia el destino.
- Clasificación de los algoritmos de enrutamiento de acuerdo al descubrimiento de la ruta a establecer y su mantenimiento:
- Proactivos: basan su funcionamiento en tablas, creadas a partir de una fase original de descubrimiento de ruta, que albergan la información referente a los caminos en la red con base a distintos criterios. Esta información es de ámbito global y por tanto, todos los nodos conservan caminos posibles hacia el resto.
- Reactivos. las rutas se construyen únicamente en el momento en que un nodo necesita establecer una comunicación. Es en ese preciso instante cuando se desencadena una fase de descubrimiento de ruta que concluye una vez que la fuente recibe la respuesta del destino.
- Híbridos. incluye los dos procedimientos anteriores en distintos niveles del enrutamiento. Así, se consigue reducir la

sobrecarga de la red con mensajes de control presentada por los algoritmos proactivos, mientras que se disminuye la latencia de las operaciones de búsqueda mostrada entre los reactivos.

5 Conclusiones

- El uso de herramientas computacionales en el análisis de información facilita la creación de un modelo a través de variables identificadas.
- Para el desarrollo de una investigación, es importante hacer los diagramas que se van a incluir en la investigación, esto facilita el proceso, y además ayuda a aclarar los elementos que hacen parte de la investigación; es importante tener los diagramas de paquetes, así como los de clases.
- La ingeniería de software es una herramienta fundamental en una investigación, ya que a través de ella se tienen múltiples elementos que un investigador se puede valer para hacer análisis, diseño, desarrollo, validación o simulación de un proyecto.

REFERENCES

[1] D. J. Lee, "A multi-criteria approach for prioritizing advanced public transport modes (APTM) considering urban types in Korea", *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 111, núm. March, pp. 148–161, 2018.

[2] C. de Pablos Heredero, L. J. Perez Bermejo, y J. L. Montes Botella, "Impacto de los sistemas de apoyo a la explotación (SAE) en la mejora de los servicios de transporte público urbano", *Cuad. Econ. y Dir. la Empres.*, vol. 15, núm. 1, pp. 12–24, 2012.

[3] M. Bisogno, "Corporate Social Responsibility and Supply Chains: Contribution to the Sustainability of Well-being", *Agric. Agric. Sci. Procedia*, vol. 8, pp. 441–448, 2016.

[4] B. N. Silva, M. Khan, y K. Han, "Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities", *Sustain. Cities Soc.*, vol. 38, núm. February, pp. 697–713, 2018.

[5] J. Parada, "Social Innovation for 'Smart' Territories: Fiction or Reality? [Innovaciones Sociales Para Territorios 'Inteligentes': ¿Ficción O Realidad?]", *Probl. Desarro.*, vol. 48, núm. 190, pp. 11–35, 2017.

[6] D. Van Den Buuse y A. Kolk, "An exploration of smart city approaches by international ICT firms", *An Explor. smart city approaches by Int. ICT firms*, núm. July, pp. 1–15, 2018.

[7] H. Kumar, M. K. Singh, M. P. Gupta, y J. Madaan, "Moving towards smart cities: Solutions that lead to the Smart City Transformation Framework", *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, núm. April, pp. 1–16, 2018.

[8] N. Odendaal, "Information and communication technology and local governance: Understanding the difference between cities in developed and emerging economies", *Comput. Environ. Urban Syst.*, vol. 27, núm. 6, pp. 585–607, 2003.

[9] H. Malik y W. Zatar, "Software Agents to Support Structural Health Monitoring (SHM)-Informed Intelligent Transportation System (ITS) for Bridge Condition Assessment", *Procedia Comput. Sci.*, vol. 130, pp. 675–682, 2018.

[10] A. Caragliu y C. F. Del, "Smart innovative cities: The impact of Smart City policies on urban innovation", *Technol. Forecast. Soc. Chang.*, núm. May, pp. 1–11, 2018.

[11] F. Alrawi, "The importance of intelligent transport systems in the preservation of the environment and reduction of harmful gases", *Transp. Res. Procedia*, vol. 24, pp. 197–203, 2017.

[12] S. K. Bhoi y P. M. Khilar, "A secure routing protocol for Vehicular Ad Hoc Network to provide ITS services", *Int. Conf. Commun. Signal Process. ICCSP 2013 - Proc.*, pp. 1170–1174, 2013.

[13] A. Kumar y M. Sinha, "Overview on vehicular ad hoc network and its security issues", *2014 Int. Conf. Comput. Sustain. Glob. Dev. INDIACOM 2014*, vol. 1, pp. 792–797, 2014.

[14] M. Vondra, Z. Becvar, y P. Mach, "Vehicular Network-Aware Route Selection Considering Communication Requirements of Users for ITS", *IEEE Syst. J.*, vol. 12, núm. 2, pp. 1239–1250, 2018.

[15] C. Liu, G. Zhang, W. Guo, y R. He, "Kalman Prediction-Based Neighbor Discovery and Its Effect on Routing Protocol in Vehicular Ad Hoc Networks", *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. PP, pp. 1–11, 2019.

[16] J. Parbo, O. A. Nielsen, y C. G. Prato, "Reducing passengers' travel time by optimising stopping patterns in a large-scale network: A case-study in the Copenhagen Region", *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 113, núm. November 2016, pp. 197–212, 2018.

[17] T. Thomas, A. Mondschein, T. Osman, y B. D. Taylor, "Not so fast? Examining neighborhood-level effects of traffic congestion on job access", *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 113, núm. January 2017, pp. 529–541, 2018.

[18] M. Fogue, J. A. Sanguesa, F. J. Martínez, y J. M. Marquez-Barja, "When vehicular networks meet artificial intelligence", *Proc. - Int. Conf. Tools with Artif. Intell. ICTAI*, vol. 2017-Novem, pp. 1304–1311, 2018.

[19] L. T. Tan, R. Q. Hu, y L. Hanzo, "Twin-Timescale Artificial Intelligence Aided Mobility-Aware Edge Caching and Computing in Vehicular Networks", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. PP, núm. c, pp. 1–1, 2019.

[20] M. Bommers, A. Fazekas, T. Volkenhoff, y M. Oeser, "Video Based Intelligent Transportation Systems - State of the Art and Future Development", *Transp. Res. Procedia*, vol. 14, pp. 4495–4504, 2016.

[21] L. Janušová y S. Čičmancová, "Improving Safety of Transportation by Using Intelligent Transport Systems", *Procedia Eng.*, vol. 134, pp. 14–22, 2016.

[22] K. Iwińska, M. Blicharska, L. Pierotti, M. Tainio, y A. de Nazelle, "Cycling in Warsaw, Poland – Perceived enablers and barriers according to cyclists and non-cyclists", *Transp. Res. Part A Policy Pract.*, vol. 113, núm. April, pp. 291–301, 2018.

[23] A. M. Orozco, G. Llano, y R. Michoud, "Redes vehiculares Ad-hoc: aplicaciones basadas en simulación", *Ingenium*, vol. 6, núm. 12, p. 11, 2012.

[24] G. Karagiannis et al., "Vehicular networking: A survey and tutorial on requirements, architectures, challenges, standards and solutions", *IEEE Commun. Surv. Tutorials*, vol. 13, núm. 4, pp. 584–616, 2011.

[25] L. Zhang, D. Gao, L. Liang, y S. Zhang, "Requirement, Architecture, and Performance for DSRC in Vehicular Sensor Network", en *2011 7th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 2011, pp. 1–4.

[26] Z. Huang, M. Li, R. Tian, Y. Zhang, y W. Wang, "Dynamic Compressive Data Acquisition in Vehicular Sensor Network", en *2018 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, 2018, pp. 1–7.

[27] A. Jain, R. Dubey, y V. Richariya, "Vehicular Adhoc Network- Architecture and Operations", vol. 5, núm. 9, pp. 323–326, 2016.

[28] J. A. Guerrero-Ibáñez, C. Flores-Cortés, y S. Zeadally, "Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs): Architecture, Protocols and Applications", 2013, pp. 49–70.

[29] M. Alam, J. Ferreira, y J. Fonseca, "Introduction to Intelligent Transportation Systems", Springer, Cham, 2016, pp. 1–17.

[30] B. Boukenadil y M. Feham, "Mobility Models for VANET simulation", núm. March, pp. 1–5, 2015.

[31] T. Kosch, I. Kulp, M. Bechler, M. Strassberger, B. Weyl, y R. Lasowski, "Communication architecture for cooperative systems in Europe", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 47, núm. 5, pp. 116–125, may 2009.

[32] K. Dar, M. Bakhouya, J. Gaber, M. Wack, y P. Lorenz, "Wireless communication technologies for ITS applications [Topics in Automotive Networking]", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 48, núm. 5, pp. 156–162, may 2010.

[33] R. Kasana y S. Kumar, "Multimetric Next Hop Vehicle Selection for Geocasting in Vehicular Ad-hoc Networks", en *2015 IEEE International Conference on Computational Intelligence & Communication Technology*, 2015, pp. 400–405.



Ingeniería de Software

Caracterización Estadística de los Tiempos de Respuesta de un Algoritmo Complejo en RT-Linux

Diana Lizet González Baldovinos
IPN SEPI ESIME Culhuacan
Ciudad de México
glez_lizet@hotmail.com

Jose Luis Cano Rosas
IPN SEPI ESIME Culhuacan
Ciudad de México
lucskyr@gmail.com

Carlos Esparza Medel
IPN SEPI ESIME Culhuacan
Ciudad de México
carlosesparza1997@hotmail.com

Pedro Guevara López
IPN SEPI ESIME Culhuacan
Ciudad de México
pguevara@real-time.com.mx

ABSTRACT

In this paper, the statistical characterization of the response times of a high temporal computational load process in the RT-Linux Real-Time Operating System is performed. The objective is to consider the input variables that directly influence the behavior of the response times. The experimental test bench is integrated by a single board computer (SBC) Raspberry Pi 3, a task or process of high temporal computational complexity generated through a matrix inversion algorithm by Gauss-Jordan method, as well as the implementation of scheduler and priority of real-time. The experiments were made with matrix inversions of dimensions 32×32 , 64×64 and 128×128 , each one with 1000 instances.

KEYWORDS

Response times, real-time, scheduler, priority, characterization.

RESUMEN

En este trabajo se realiza la caracterización estadística de los tiempos de respuesta de un proceso de alta carga computacional temporal en el Sistema Operativo de Tiempo Real RT-Linux, se tiene como objetivo considerar las variables de entrada que influyen directamente sobre el comportamiento de los tiempos de respuesta. El banco de pruebas experimentales está integrado por una computadora de placa reducida (SBC) Raspberry Pi 3, una tarea o proceso de alta complejidad computacional temporal generada a través de un algoritmo de inversión de matrices por Gauss-Jordan, además de la implementación de planificador y prioridad de tiempo real. Los experimentos se realizaron con inversiones de matriz de dimensiones 32×32 , 64×64 y 128×128 , cada uno con 1000 instancias.

PALABRAS CLAVE

Tiempos de respuesta, tiempo real, planificador, prioridad, caracterización.

1 INTRODUCCIÓN

Uno de los principales problemas de rendimiento en los sistemas de computación en tiempo real es determinar si un conjunto de tareas se puede procesar sin exceder sus plazos. De acuerdo a [1], los Sistemas en Tiempo Real (STR) se clasifican en Críticos (Hard Real-time) y No Críticos (Soft Real-time). En los sistemas Críticos se busca que el tiempo de finalizado $f_{i,k}$ sea menor al plazo establecido $d_{i,k}$ por el mundo real, es decir:

$$f_{i,k} < d_{i,k} \forall i, k \in \mathbb{Z}^+ \quad (1)$$

Por ello, mientras $d_{i,k}$ depende del mundo real y de su dinámica calculada por criterios como los de Nyquist, Shannon, entre otros, el tiempo de ejecución $c_{i,k}$ y el tiempo de respuesta $R_{i,k}$ dependen de la computadora, hardware y software.

El tiempo de respuesta $R_{i,k}$ en un sistema operativo de tiempo real tiene un comportamiento aleatorio, pues la fluctuación de estos tiempos puede deberse a factores como caching, pipeline, búsqueda de la ruta de ejecución, entre otros. Para conocer la dinámica de éstos tiempos y representarla a través de un modelo, la caracterización de los tiempos de respuesta tiene gran importancia, pues a través de ella puede generarse un modelo que represente la dinámica de los mismos bajo diferentes condiciones de operación.

En la literatura existen diversos trabajos que abordan el estudio de los tiempos de respuesta con diferentes enfoques, a continuación, se presenta un compendio de trabajos relacionados con esta temática:

En el trabajo [2] se propone un modelo de programa de tiempo real que toma en cuenta diversas consideraciones para un sistema de tiempo real formado por un conjunto conocido de tareas: 1) Cada tarea está formada por series de segmentos que se ejecutan en orden, uno a la vez, 2) las tareas pueden usar dispositivos, 3) las tareas pueden tener secciones críticas para usar áreas de datos o dispositivo durante un segmento, 4) una tarea puede ser iniciada o reiniciada por señales externas o por la terminación de una tarea y 5) Cada tarea debe completarse garantizando su tiempo de respuesta. Estas condiciones son importantes ya que dan las bases para caracterizar los tiempos de respuesta desde un punto de vista cualitativo. Los autores de [3], describen como encontrar los peores tiempos de respuesta de un

sistema en tiempo real, discuten el uso de múltiples procesadores para un sistema en tiempo real y toman en cuenta situaciones donde se proponen soluciones para sistemas computacionalmente enlazados. Afirman que el tiempo de respuesta es la suma de los requerimientos computacionales de todas las entradas de alto nivel que ocurren en el intervalo $[0, RT_i]$ más el tiempo de ejecución C_i . En [4], los autores dicen que el análisis de planificabilidad con prioridades fijas puede llevarse a cabo a través del cálculo de los tiempos de respuesta de los procesos involucrados. El sistema es planificable si el tiempo de respuesta calculado por cada proceso es menor a su plazo; por ello es importante el análisis de tiempos de respuesta, donde el objetivo es disminuir su magnitud. En [5], se presenta una solución para el cálculo exacto del mejor caso de tiempos de respuesta para tareas periódicas con prioridades fijas; su solución se basa en identificar el mejor caso de la fase y la tarea de menor prioridad comparándola con las tareas de prioridades altas. Caracterizan la dualidad entre mejor caso y peor caso de tiempos de respuesta y analizan la respuesta del jitter. De acuerdo a [6], se especifica que, dependiendo del nivel de prioridad, las tareas pueden tener mayor o menor tiempo de respuesta, considerando que la respuesta para el peor caso no deba exceder el plazo máximo. De igual manera influye la complejidad computacional del algoritmo, otro factor es la continuidad en el algoritmo procesado, cuando el incremento de tiempo es muy pequeño se tendrán que hacer más operaciones por periodo; además, si se busca una buena aproximación a un sistema continuo se deben considerar tiempos de muestreo muy pequeños. En [7] y [8] se dice que el análisis de tiempos de respuesta debe hacerse con un enfoque estadístico (no es suficiente un enfoque determinístico) para calcular los peores tiempos de respuesta. Después de analizar la serie de trabajos relacionados, se puede observar que la mayoría de la investigación desarrollada es obsoleta y recientemente hay pocos artículos. Por otro lado, es notable que los trabajos son parcialmente teóricos, pues no presentan un banco de pruebas y no se muestra qué técnicas de medición fueron utilizadas para evaluar los tiempos de respuesta. Por ello en este trabajo se presenta una técnica estadística para su análisis, que los estudia como una caja negra enfocado a sistemas de tiempo real complejos. El trabajo se basa principalmente en la función de densidad de probabilidad de las tareas utilizando el enfoque estadístico para el peor caso del tiempo de respuesta llamado RapidRT.

2 DESARROLLO

La metodología de este trabajo se fundamenta bajo la siguiente hipótesis: Los tiempos de respuesta de una tarea de tiempo real (TTR) tienen comportamiento aleatorio y dependen de los siguientes elementos:

- Planificador $S(k)$
- Prioridad $P(k)$
- Tiempo de ejecución $C(k)$
- Desajustes de la tarea en el procesador $N(k)$
- Frecuencia de reloj del procesador $F(k)$
- Temperatura del procesador $T(k)$
- Ruido interno $V(k)$

2.1 Banco de pruebas

El banco de pruebas se conforma por una Computadora de Placa Reducida (SBC) Raspberry Pi 3, un Sistema Operativo de Tiempo Real basado en el kernel de Linux, como objeto de prueba se utiliza un proceso que genere alta carga computacional temporal basado en inversión de matrices por el método de Gauss-Jordan, se implementa mecanismo de planificación para el proceso indicando su prioridad de ejecución, finalmente se miden los tiempos de respuesta y se guardan para posteriormente realizar la caracterización estadística de los tiempos de respuesta (ver Figura 1).

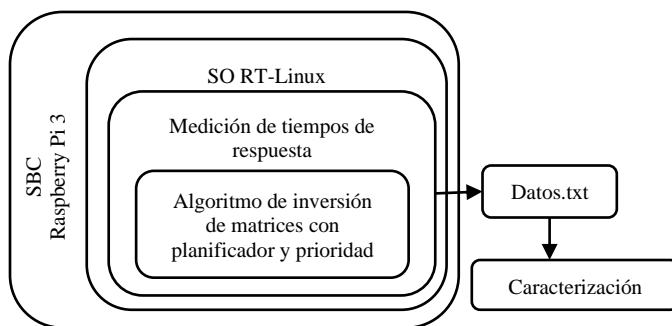


Figura 1: Banco de pruebas.

2.2 Algoritmo de Inversión de Matrices

Para fundamentar esta investigación experimental, se tomó como objeto de prueba el proceso de inversión de matrices apoyado en [9], [10], [11] y [12]. En la Figura 2 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo.

En la Figura 2 puede observarse también que se realiza la medición del tiempo antes de llamar a la función `matriz_inversa()`, en esta sección del algoritmo se utiliza la función `clock_gettime()`, la cual tiene amplia resolución en el orden de nanosegundos y por ende entrega mediciones con alta precisión.

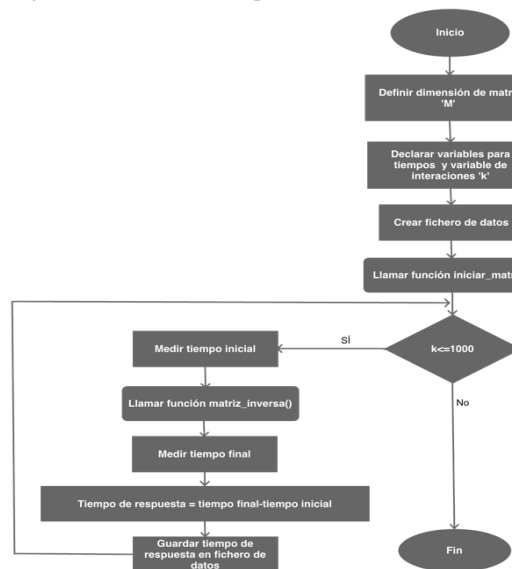


Figura 2: Diagrama de flujo del algoritmo de Inversión de matrices.

2.3 Implementación de Planificador y Prioridad

De acuerdo al trabajo presentado en [13], para implementar mecanismo de planificación de tiempo real se utiliza `sched_setscheduler()` de la biblioteca `<sched.h>`, esta llamada establece tanto el mecanismo de planificación, como los parámetros para el hilo cuyo ID se especifica en el pid, este mecanismo de planificación requiere permisos de superusuario, en la Figura 3 se muestra la sintaxis de esta llamada al sistema. Pid es el ID de proceso al que se asignará la prioridad, puede establecerse con valor 0 para indicar que la prioridad se asignará al proceso actual. Policy es la política de planificación, con base en [13] y [15] `SCHED_RR` es una política de planificación Round Robin similar a `SCHED_FIFO`, a excepción de que los procesos que tienen el mismo nivel de prioridad se les asigna un `timeslice` cada 4 veces el periodo de reloj. Finalmente, `param` es un puntero a la estructura `sched_param` el cual contiene la prioridad que se requiere asignar al proceso, en este argumento se especifica si se requiere la prioridad máxima o mínima del planificador en cuestión, esto se hace mediante las funciones a) y b) las cuales retornan el valor entero de 1 y 99 respectivamente.

- a) `sched_get_priority_min(policy)`
- b) `sched_get_priority_max(policy)`

En este trabajo se utiliza el planificador `SCHED_RR()` y prioridad de tiempo real 99, ya que en un estudio anterior [13] pudo observarse en el análisis experimental, que los tiempos de respuesta tenían menores fluctuaciones y el proceso no era desalojado por otras tareas. Razón por la cual se emplea sólo este planificador y prioridad de tiempo real 99 para el proceso de alta carga computacional temporal.

```
#include <sched.h>

int sched_setscheduler(
    pid_t pid, int policy,
    const struct sched_param *param);
```

Figura 3: Sintaxis de la llamada al Sistema `sched_setscheduler()` [15].

2.4 Caracterización estadística

Para caracterizar los tiempos de respuesta R_k es necesario determinar variables de entrada y de salida. Por ello, partiendo de la hipótesis, se esquematiza en la Figura 4 las variables que intervienen en los mismos.

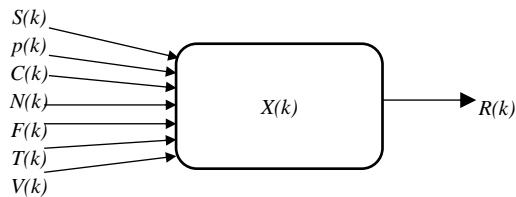


Figura 4: Variables de entrada que intervienen en los tiempos de respuesta $R(k)$.

Donde:

- $S(k)$ = Planificador
- $P(k)$ = Prioridad
- $C(k)$ = Tiempo de Ejecución
- $P(k)$ = Desalojo de la tarea en el procesador
- $F(k)$ = Frecuencia
- $T(k)$ = Temperatura
- $V(k)$ = Ruido interno
- $R(k)$ = Tiempo de Respuesta

La caracterización estadística permite tener conocimiento de la dinámica del sistema o fenómeno que se esté analizando, por ello el primer paso para caracterizar es calcular los momentos de probabilidad, es decir calcular media y varianza recursiva [12].

El primer momento de probabilidad es la media o valor esperado de una variable aleatoria x , denotada por μ . Por lo tanto, la media de una variable aleatoria se considera como una cantidad numérica alrededor de la cual los valores de la variable aleatoria tienden a agruparse [12] [16]. Para calcular la media recursiva se parte de la ecuación (2) y se aplica diferencias finitas para obtener la ecuación de la media recursiva, como se representa en (3):

$$\mu(R_k) = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k R_k \quad (2)$$

$$\mu(R_k) = \frac{(k-1)\mu(R_{k-1}) + R_k}{k} \quad (3)$$

El segundo momento de probabilidad o varianza de una variable aleatoria X es una medida de la dispersión de sus valores alrededor de la media μ y se denota por σ^2 [12] [16]. El cálculo de la varianza recursiva se realiza a partir de la ecuación (4) y de igual forma se aplica diferencias finitas, quedando finalmente la ecuación (5):

$$\sigma^2(R_k) = \frac{1}{k} \sum_{k=1}^k (R_k - \mu)^2 \quad (4)$$

$$Var(R_k) = \frac{(k-1)Var(R_{k-1}) + (R_k - \mu(R_k))^2}{k} \quad (5)$$

Los momentos de probabilidad indican la dinámica de los tiempos de respuesta conforme a la evolución del experimento y la dispersión que existe de los datos alrededor de la media recursiva. También, proporciona información sobre la naturaleza de los tiempos, es decir, si son homogéneos (estacionarios) o heterogéneos (No estacionarios), dando pauta a su análisis con un mejor enfoque para que en el futuro sea posible su modelado y reconstrucción.

La Función de Densidad de Probabilidad (FDP) junto con los momentos de probabilidad presentan información de la estacionariedad del proceso; se espera que sea gaussiana y simétrica para aplicar técnicas de reconstrucción como mínimos cuadrados o filtro de kalman, de otra manera deberá normalizarse.

La probabilidad de que los tiempos de respuesta se encuentren en una región acotada del espacio de posibilidades estará dada por la integral de la densidad de esta variable entre uno y otro límite de dicha región.

La función de densidad de probabilidad es positiva a lo largo de todo su dominio y su integral sobre todo el espacio es de valor unitario.

3 RESULTADOS EXPERIMENTALES

En esta sección se presenta un compendio de gráficas que ilustran los tiempos de respuesta medidos con experimentos de inversión de matrices de 32×32 , 64×64 y 128×128 , cada uno con 1000 instancias. Así mismo, se muestran los primeros momentos de probabilidad y la función de densidad de probabilidad de cada experimento. Las condiciones iniciales para llevar a cabo estos experimentos se especifican en la Tabla 1.

Tabla 1: Condiciones iniciales de prueba

Condiciones iniciales	Característica
SBC	Raspberry Pi 3
Sistema Operativo	RT-Linux
Frecuencia	Default (700MHz)
Temperatura Ambiente	Constante
Planificador	SCHED_RR
Prioridad	99
Algoritmo	Inversión de matrices

En la Figura 5 se muestran los tiempos de respuesta en un espacio estadístico para inversión de matrices de 32×32 , se observa que los tiempos oscilan entre 4.31ms y 4.32ms, su media recursiva tiene fluctuaciones en las primeras 100 instancias, pero en el resto de su evolución se mantiene casi constante. En la misma gráfica se muestra la desviación estándar superior e inferior, donde se representa una región acotada de la mayor concentración de tiempos de respuesta, en la cota superior el tiempo es alrededor de 4.318ms y la cota inferior aproximadamente 4.312ms. En la varianza recursiva existen altas fluctuaciones en los tiempos alcanzando un máximo de $8 \times 10^{-4} \text{ ms}^2$.

En las Figuras 6, 8 y 10 se muestran las gráficas de los tiempos de respuesta normalizados, considerando su medida máxima 1 para

3.1 Experimento para inversión de matrices de 32×32

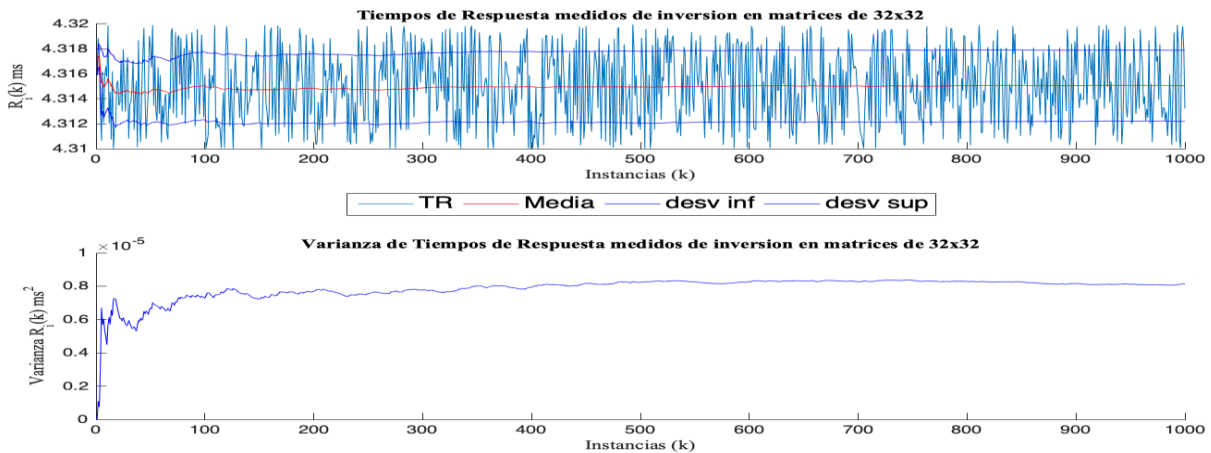


Figura 5: Gráfica de tiempos de respuesta para inversión de matrices de 32×32 con media recursiva, desviación estándar inferior y superior y varianza recursiva.

posteriormente definir un espacio de probabilidad con el objetivo de reconstruir la dinámica de tiempos de respuesta y elegir la mejor técnica a través de estimadores e identificadores estocásticos.

En la Figura 7 se muestran los tiempos de respuesta en un espacio estadístico para inversión de matrices de 64×64 , se observa que los tiempos oscilan entre 34.23ms y 34.27ms, su media recursiva tiene un comportamiento fluctuante durante las primeras 100 instancias, pero en el progreso del experimento tiende a mantenerse constante. En la misma gráfica se muestra la desviación estándar superior e inferior, donde se representa una región acotada de la mayor concentración de tiempos de respuesta, en la cota superior el tiempo es alrededor de 34.265ms y la cota inferior aproximadamente 34.240ms. En la varianza recursiva se observan vastas fluctuaciones durante todo el experimento llegando hasta $1.5 \times 10^{-4} \text{ ms}^2$.

En la Figura 8 se ilustran los tiempos de respuesta en un espacio probabilístico para inversión de matrices de 64×64

En la Figura 9 se observan los tiempos de respuesta en un espacio estadístico para inversión de matrices de 128×128 , se observa que los tiempos oscilan entre 268.2ms y 268.4ms, su media recursiva tiene un comportamiento fluctuante durante las primeras 100 instancias, pero en el progreso del experimento tiende a mantenerse constante. En la misma gráfica se muestra la desviación estándar superior e inferior, donde se representa una región acotada de la mayor concentración de tiempos de respuesta, en la cota superior el tiempo es alrededor de 268.34ms y la cota inferior aproximadamente 268.24ms. En la varianza recursiva se observan fluctuaciones durante las primeras 400 instancias, pero en el progreso del experimento se mantiene casi constante manteniendo un valor aproximado de $2.4 \times 10^{-3} \text{ ms}^2$.

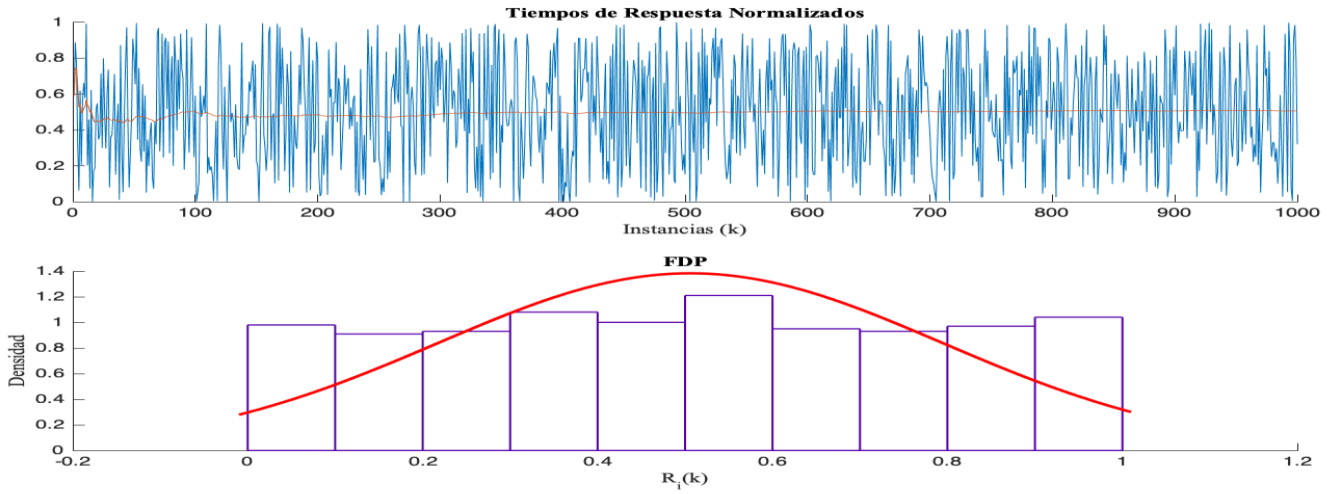


Figura 6: Gráfica de tiempos de respuesta normalizados para inversión de matrices de 32x32 con su función de densidad de probabilidad.

3.2 Experimento para inversión de matrices de 64x64

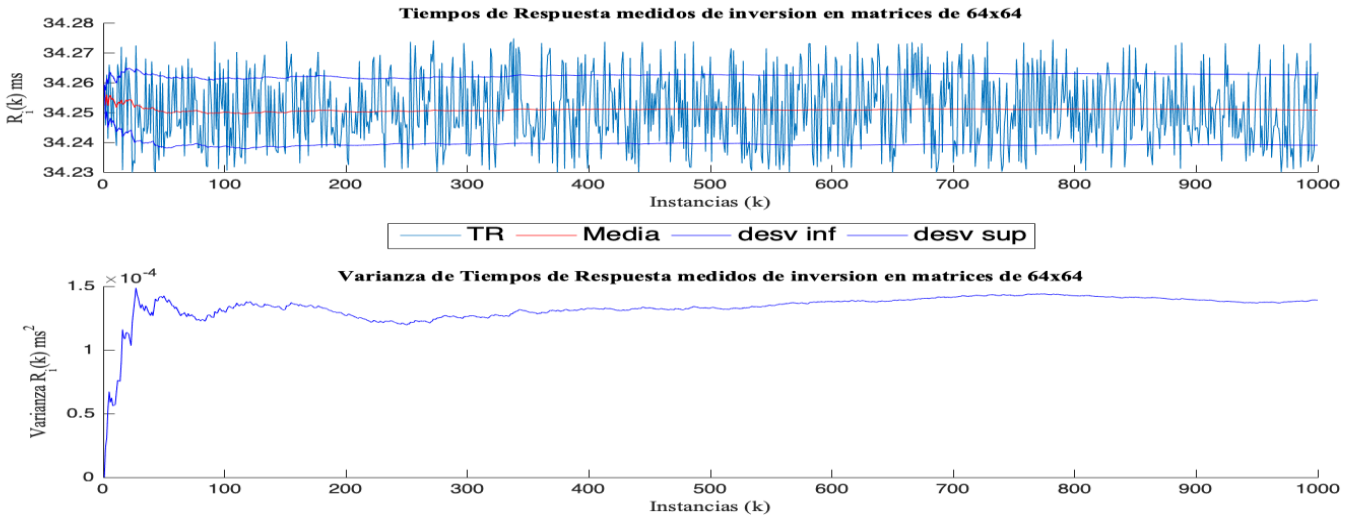


Figura 7: Gráfica de tiempos de respuesta para inversión de matrices de 64x64 con media recursiva, desviación estándar inferior y superior y varianza recursiva.

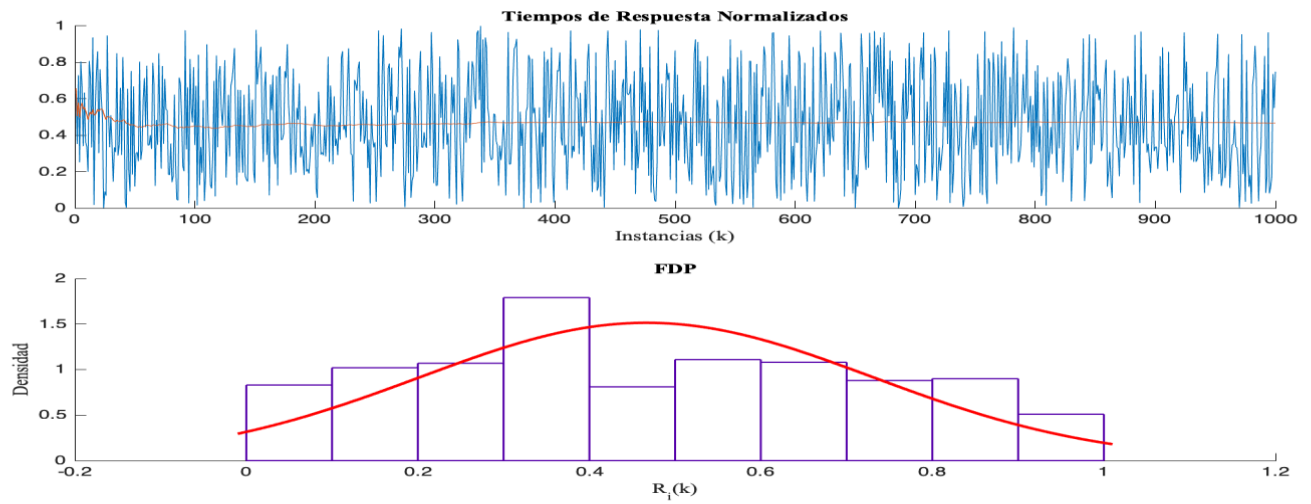


Figura 8: Gráfica de tiempos de respuesta normalizados para inversión de matrices de 64x64 con su función de densidad de probabilidad.

3.3 Experimento para inversión de matrices de 128x128

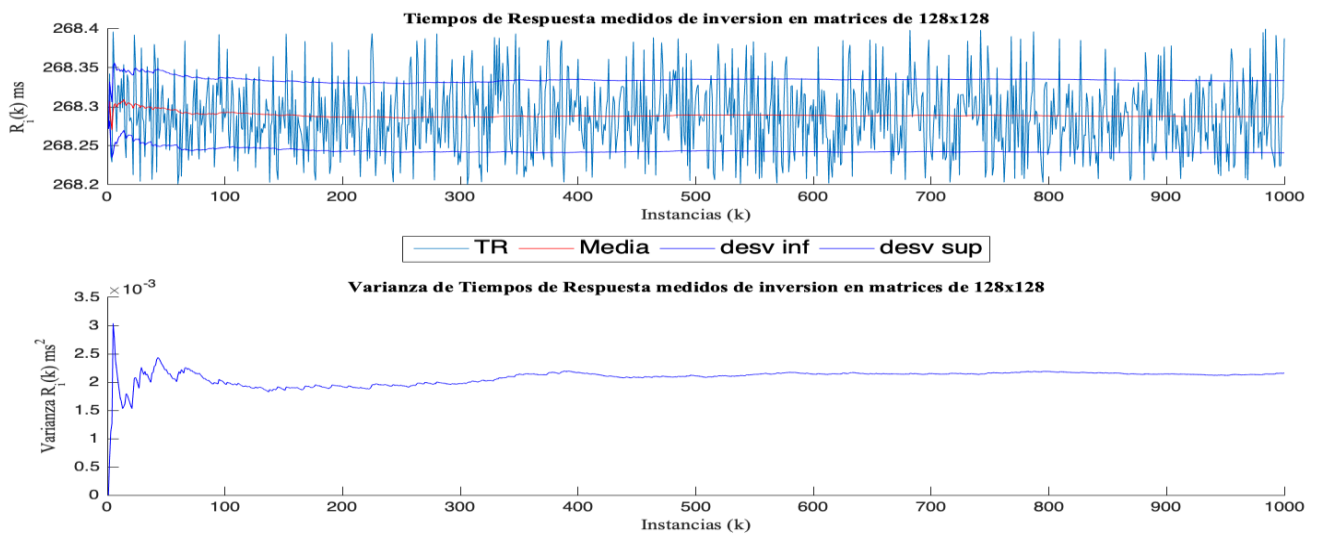


Figura 9: Gráfica de tiempos de respuesta para inversión de matrices de 128x128 con media recursiva, desviación estándar inferior y superior y varianza recursiva.

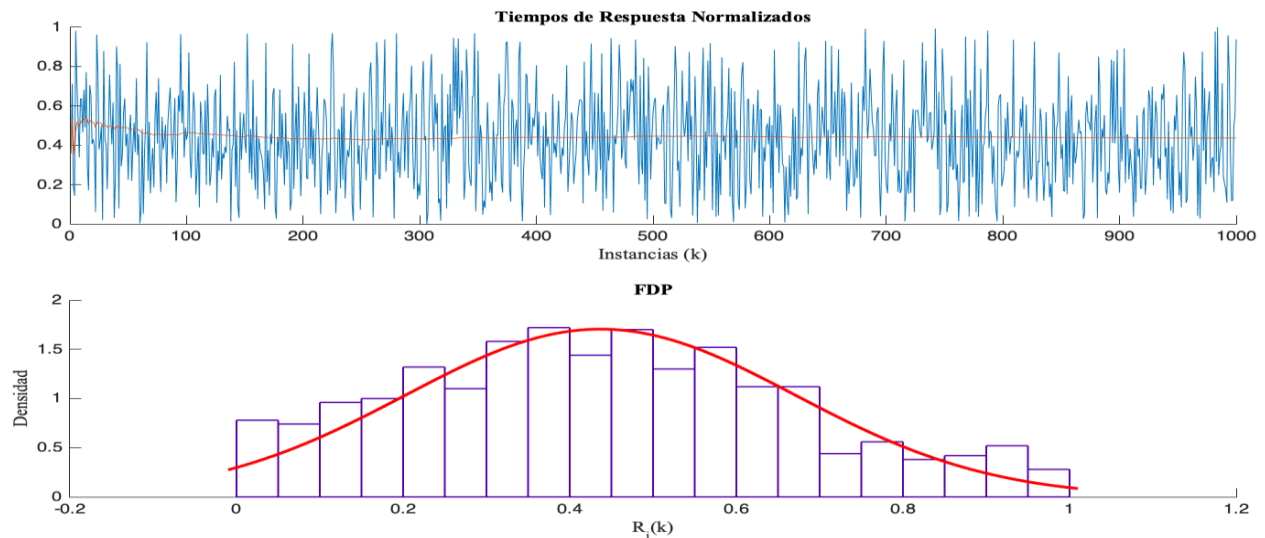


Figura 10: Gráfica de tiempos de respuesta normalizados para inversión de matrices de 128x128 con su función de densidad de probabilidad.

4 CONCLUSIONES

Todos los procesos en sistemas de computación de tiempo real generan tiempos de respuesta, estos tiempos tienen naturaleza aleatoria, por ello en este trabajo se realizaron diversos experimentos con condiciones de prueba iniciales, para analizar su comportamiento y efectuar su caracterización mediante el primer y segundo momentos de probabilidad, así como su función de densidad de probabilidad. En la sección de resultados pudo observarse que, en los tres experimentos realizados, la media recursiva tuvo un comportamiento similar durante las primeras 100 instancias y después los tiempos se mantuvieron constantes. De acuerdo a las gráficas de varianza recursiva se observa de manera general que difícilmente llega a converger a un valor, los datos son fluctuantes parcialmente en la evolución de los experimentos. En suma, la caracterización muestra que los tiempos de respuesta son estocásticos con estabilidad en media [16], este es un dato muy importante ya que con este antecedente se puede proponer alguna herramienta de modelado para representar la dinámica de los tiempos y posteriormente realizar la reconstrucción de los mismos.

REFERENCIAS

- [1] Medel Juárez J.J, Guevara López P. & Cruz Pérez D. (2007). *Temas Selectos de Sistemas en Tiempo Real*, Instituto Politécnico Nacional, México, Dirección de Publicaciones IPN.
- [2] Leinbaugh, D. W. (1980). Guaranteed response times in a hard-real-time environment. *IEEE Transactions on Software Engineering*, (1), 85-91.
- [3] Joseph, M., & Pandya, P. (1986). Finding response times in a real-time system. *The Computer Journal*, 29(5), 390-395.
- [4] Sjodin, M., & Hansson, H. (1998, December). Improved response-time analysis calculations. In *Proceedings 19th IEEE Real-Time Systems Symposium* (Cat. No. 98CB36279) (pp. 399-408). IEEE.
- [5] Redell, O., & Sanfridson, M. (2002). Exact best-case response time analysis of fixed priority scheduled tasks. In *Proceedings 14th Euromicro Conference on Real-Time Systems*. Euromicro RTS 2002 (pp. 165-172). IEEE.
- [6] Bini, E., Nguyen, T. H. C., Richard, P., & Baruah, S. K. (2009). A response-time bound in fixed-priority scheduling with arbitrary deadlines. *IEEE Transactions on Computers*, 58(2), 279-286.
- [7] Lu, Y., Nolte, T., Kraft, J., & Norstrom, C. (2010, August). A statistical approach to response-time analysis of complex embedded real-time systems. In *2010 IEEE 16th international conference on embedded and real-time computing systems and applications* (pp. 153-160). IEEE.
- [8] Lu, Y., Nolte, T., Bate, I., & Cucu-Grosjean, L. (2012, December). A statistical response-time analysis of real-time embedded systems. In *2012 IEEE 33rd Real-Time Systems Symposium* (pp. 351-362). IEEE.
- [9] Nogueira, P. E., & Matias, R. (2015, December). A quantitative study on execution time variability in computing experiments
- [10] Guevara López, P. (2004). "Filtrado Digital en Tiempo Real: Análisis Computacional para Estimación de Parámetros en Sistemas Estocásticos Lineales Estacionarios". Tesis Doctoral. Centro de Investigación en Computación, IPN.
- [11] Valdez, J. S. (2015). "Medición, Caracterización y Reconstrucción de los Tiempos de Ejecución y Tiempos de Transporte para Sistemas de Telecontrol en Tiempo Real". Tesis Doctoral. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. ESIME Culhuacan. IPN.
- [12] Cano, J.L. (2015). "Efecto del Overclocking sobre los tiempos de ejecución generados por inversión de matrices en una computadora embebida". Tesis de Maestría. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. ESIME Culhuacan. IPN.
- [13] González D.L. (2018). "Análisis Experimental de los Tiempos de Respuesta en RT-Linux para una SBC". Tesis de Maestría. Sección de Estudios de Posgrado e Investigación. ESIME Culhuacan. IPN.
- [14] González Baldovinos, D., Cano Rosas, J.L., Erosa García, E., Guevara López, P. "Impacto de dos mecanismos de planificación de Tiempo Real con RT-Linux sobre una Computadora Embebida". V Congreso de Computación y Robótica. (2018).
- [15] QNX Neutrino Real-Time Operating System. *Library Reference*. (2007). Published under License by: QNX Software Systems International Corporation. Electronic edition. Kanata, Ontario, Canadá.
- [16] John Villavicencio. *Introducción a Series de Tiempo*.

Estudio de las Arterias con Arterioesclerosis mediante Análisis por Elementos Finitos

Hugo Maldonado Pita
Tecnología Mecánica

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
hugompita@gmail.com

Jhon Sebastián Hernández Báez
Tecnología Mecánica

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
jshb1997@hotmail.com

Miller Gómez Mora
Ingeniería Telemática

Universidad Distrital Francisco José de Caldas
mgomez@m@udistrital.edu.co

RESUMEN

Uno de los trastornos más comunes que pueden llegar a sufrir las arterias es la arterioesclerosis que suele ser causada por la acumulación de grasa, colesterol u otras sustancias en las paredes arteriales. Esta placa de grasa puede causar daños en las paredes de la arteria y disminuir el flujo sanguíneo. Recientemente el estudio del flujo de sangre a través de arterias con arterioesclerosis ha atraído la atención de los investigadores debido a que la placa también puede romperse en partículas o émbolos, lo que puede provocar síntomas neurológicos o un accidente cerebrovascular [1]. El presente artículo presenta el estudio de la dinámica del fluido vascular en las arterias con arterioesclerosis mediante el análisis por elementos finitos utilizando el software FEBio.

PALABRAS CLAVES

Arterias, arteriosclerosis, simulación, elementos finitos.

ABSTRACT

One of the most common disorders that arteries can suffer is arteriosclerosis, which is usually caused by the accumulation of fat, cholesterol or other substances in the arterial walls. This fat plate can cause damage to the walls of the artery and decrease blood flow. Recently, the study of blood flow in arteries with arteriosclerosis has attracted the attention of researchers because the plate can also be broken into particles or emboli which can cause neurological symptoms or stroke [1]. The present article presents the study of the dynamics of the vascular fluid in the arteries with atherosclerosis through the analysis by finite elements using the FEBio software.

KEY WORDS

Arteries, arteriosclerosis, simulation, finite elements

INTRODUCCIÓN

Las arterias son cada uno de los vasos que llevan la sangre desde el corazón a las distintas partes del cuerpo haciendo parte del sistema circulatorio [2]. Las paredes arteriales están compuestas por tejidos biológicos blandos que tienen una alta flexibilidad y están conformadas por elastina, colágeno y células musculares.

Las arterias constan de 3 capas (ver Figura 1): La capa íntima es la capa interna de la arteria y está compuesta por una lámina base, un endotelio y una capa conjuntiva. Esta capa está sometida a la tensión tangencial provocada por el flujo sanguíneo, tiene como función mantener la sangre en estado líquido. La capa Media es la capa con mayor espesor de las tres y presenta la mayor capacidad de soporte estructural, posee mayor rigidez en comparación con las otras capas y soporta mayores tensiones. La capa Adventicia es la capa exterior de las arterias y tiene pocas o nulas propiedades mecánicas, su principal función es fijar los vasos sanguíneos a los tejidos circundantes.

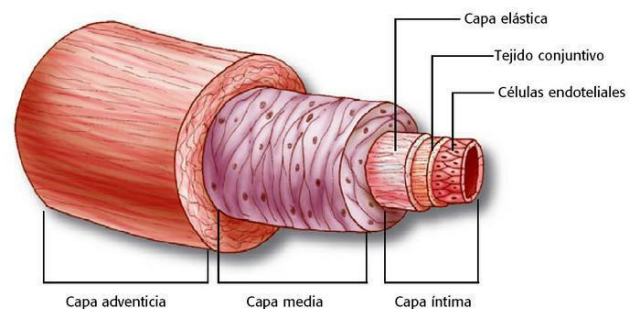


Figura 1. Conformación de una arteria. Tomado de <https://yomedicoblasto.com/aterosclerosis-formacion-evolucion-y-riesgos/>

La arteriosclerosis, es una enfermedad exclusivamente de las arterias, en la cual se produce un engrosamiento, endurecimiento y disminución de elasticidad de la pared arterial, permitiendo la acumulación de lípidos (lipoproteínas) a nivel de la capa íntima de la arteria formándose de esta manera placas constituidas por leucocitos mononucleares, células espumosas y células musculares lisas que se acumulan en el lugar de lesión, ocasionando así una disminución del riego sanguíneo normal a diferentes partes del organismo, siendo las arterias de mediano y pequeño calibre como las arterias cerebrales, renales y coronarias afectadas con mayor frecuencia.

La hemodinámica juega un papel crítico en el desarrollo de la aterosclerosis y los procesos de envejecimiento, así como en muchas otras enfermedades. La mecánica de biofluidos desempeña un papel importante en el sistema cardiovascular y permite comprender las fuerzas y el movimiento de la sangre, así

como la interacción entre las células sanguíneas y la pared vascular [3].

Teniendo en cuenta que el sistema circulatorio está conformado principalmente por el corazón, las arterias, las venas y la sangre; se puede analizar el comportamiento de la arteria mediante la mecánica de biofluidos, viendo al corazón como una bomba, a las arterias como tuberías y a la sangre como el fluido de trabajo.

En este artículo se estudia la dinámica del fluido vascular en las arterias con arterioesclerosis mediante el análisis por elementos finitos. El método de elementos finitos se basa en dividir el objeto bajo estudio, sobre el que están definidas ciertas ecuaciones que caracterizan el comportamiento físico del mismo, en una serie de subdominios que no se intersectan entre sí denominados elementos finitos y son la base de la simulación. La idea es comparar dos arterias una con arterioesclerosis y otra sin arterioesclerosis.

1. MÉTODOS

El método propuesto en este trabajo comienza con el modelado geométrico de la arteria carótida común izquierda. Con base en el modelo geométrico se realiza un análisis por elementos finitos para evaluar el comportamiento de la arteria con arterioesclerosis.

1.1 Modelado geométrico de la arteria

Para el modelado de la arteria se recurre a una tomografía computarizada (TC), mediante la cual, y con ayuda del programa itk se logra la segmentación de la arteria que se quiere analizar (ver Figura 2-a.). Se decide recortar y utilizar la sección ubicada a la altura del cuello, debido a que, en esta sección se presenta una bifurcación con arterioesclerosis (ver Figura 2-b.).

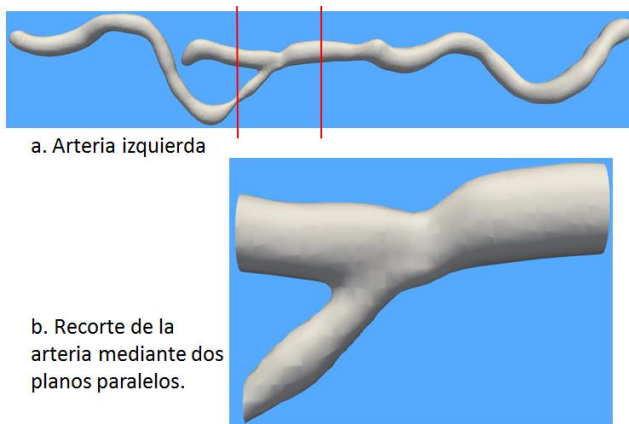


Figura 2. Segmentación y recorte de la arteria izquierda. Fuente: elaboración propia.

1.2 Análisis por elementos finitos

El análisis por elementos finitos requiere de software especializado para las etapas de pre procesamiento, procesamiento y post procesamiento de los datos. Para este fin se utilizó la suite de herramientas de software de FEBio (<https://febio.org/>). FEBio es un software para el análisis de elementos finitos diseñado específicamente para aplicaciones en biomecánica y bioingeniería.

Los modelos geométricos producidos por el método RAM fueron importados a Preview (<https://febio.org/preview/>) para la especificación de materiales, condiciones de frontera y opciones de análisis para FEBio (ver Figura 3).

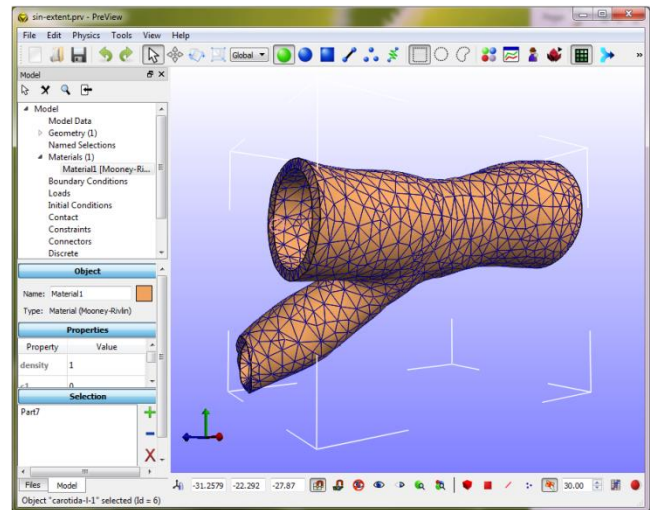


Figura 3. Etapa de pre procesamiento de la arteria utilizando Preview.

Material

El material utilizado se llama Mooney-Rivlin, el cual, es considerado un material hiperelástico modelizable mediante una función densidad de energía de deformación. El modelo de Mooney-Rivlin fue propuesto inicialmente por Melvin Money en 1940 y se reformulo en términos de invariantes algebraicos por Ronald Rivlin en 1948.

Para objetos de este artículo, se decide utilizar este material, debido a que, es la capa íntima de la arteria la que se desea analizar, la cual, es la que soporta las mayores cargas generadas por el flujo sanguíneo, y además este material se usa para simular materiales incompresibles como el caucho y se usa a menudo para simular los vasos sanguíneos en los programas de métodos de elementos finitos.

Name:	arteria
Type:	Material (Mooney-Rivlin)
Properties	
Property	Value
density	1,02e-06
c1	0,165
c2	0
bulk modulus	16,39

Figura 4. Parámetros del material en el software Preview.

En la figura 4 se evidencian los parámetros definidos para el material seleccionado. Estos parámetros se obtienen de la web, pues, al ser el análisis de una arteria, estos ya están definidos.

Cargas

Se aplica una carga en la superficie interna de la arteria correspondiente a la presión arterial, que en condiciones normales se toma como 120 mmHg (milímetros de mercurio), El programa PreView no acepta estos valores de presión, por lo cual, se debe hacer la conversión a Mega pascales (MPa)

Como se realiza un análisis de la capa íntima de la arteria, se opta por realizarlo mediante el método estructural, el cual, aplica esta carga previamente establecida de manera normal a la superficie, lo que al momento de la visualización de los resultados, genera el efecto del paso de la sangre sobre la arteria.

La sangre no se comporta exactamente como un fluido newtoniano, sino como un fluido pseudoplástico, es decir su viscosidad aumenta cuando la velocidad disminuye; para fines de nuestro estudio vamos a trabajar la sangre como un fluido newtoniano (viscosidad constante) para poder aplicar de mejor manera los conceptos físicos necesarios.

La sangre es el fluido fundamental del aparato circulatorio, tiene una densidad que oscila entre 1,046 g/ml y 1,066 g/ml; la cantidad de sangre que hay en un adulto es de 4,5 L a 6 L, viaja a una velocidad promedio de 2 Km/h; se considera que posee una viscosidad entre 0,03 poise y 0,04 poise.

El flujo sanguíneo se puede analizar mediante la ecuación de Reynolds y de esta manera saber si el flujo es de tipo laminar o turbulento

$$R_e = \frac{\rho * D * v}{\mu} \quad (1)$$

Dónde:

ρ = Densidad del fluido

v = Velocidad del fluido

μ = Viscosidad del fluido

D = Diámetro interno de la arteria

La malla

Al momento de importar la geometría de la arteria, obtenida luego de la segmentación, esta viene con una malla definida, la cual, es únicamente para generar dicha geometría, por lo tanto, se debe generar una malla al elemento importado en PreView, esta, se hace directamente con este programa y luego se pueden aplicar el material, las cargas y se fijan los bordes de la arteria para luego generar la simulación.

La simulación

La salida principal del software PreView es un archivo de entrada para FEBio, el cual se encarga de hacer el análisis de los elementos finitos en que fue subdividida la geometría de la arteria.

2. RESULTADOS

Los resultados fueron visualizados utilizando el software de post procesamiento Postview (<https://febio.org/postview/>).

Se han examinado las expresiones de velocidad, impedancia de resistencia, tensión de cizallamiento de la pared y tensión de cizallamiento en la garganta por estenosis. El comportamiento gráfico de diferentes tipos de arterias cónicas ha sido examinado para diferentes parámetros de interés.

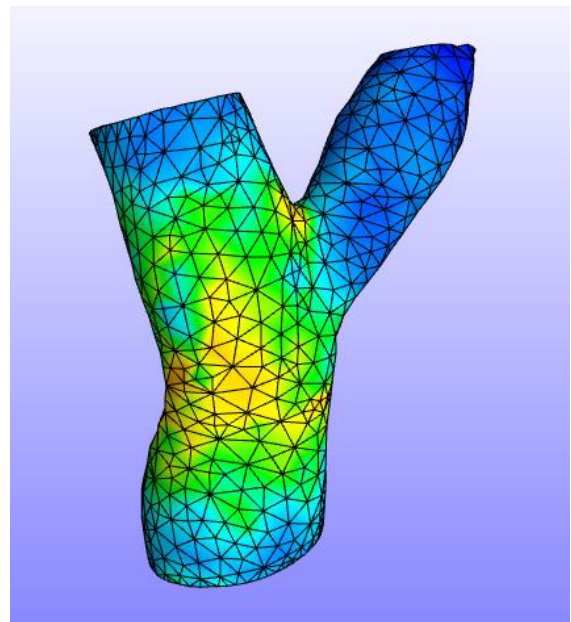


Figura 5. Visualización de la arteria con el flujo de sangre normal.

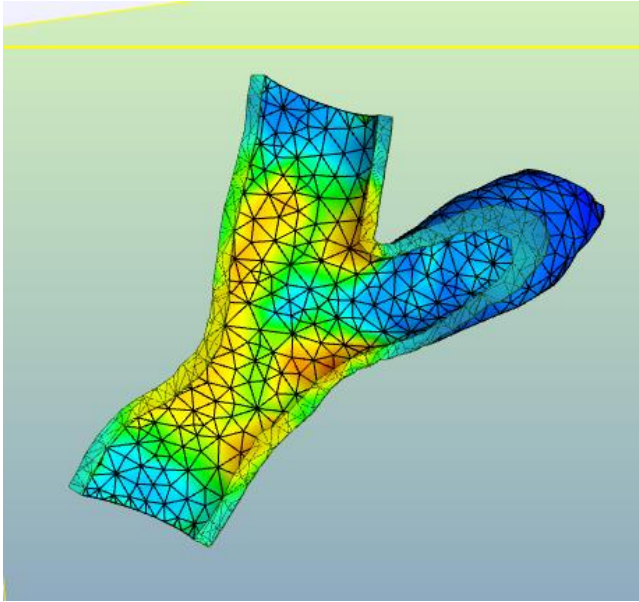


Figura 6. Corte de la arteria.

En las figuras 5 y 6 se evidencia como el flujo normal de la sangre afecta las paredes de la arteria, pero considerada de forma normal, se observa además como la presión afecta algunas zonas de la arteria más que otra y es en estos puntos, en donde se empieza a generar la placa.

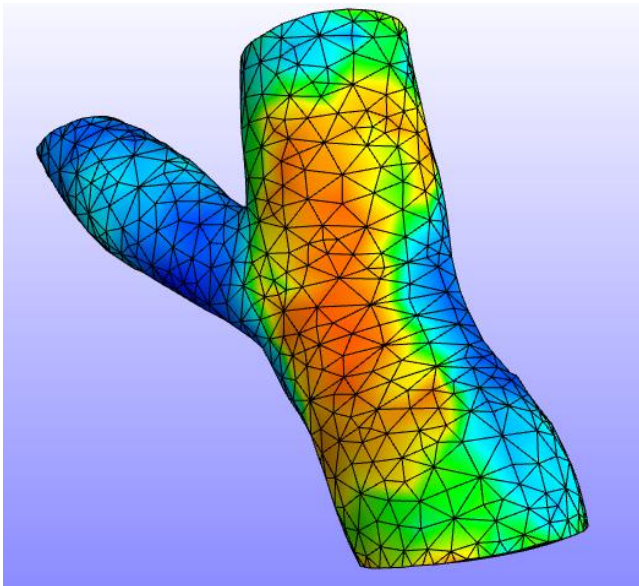


Figura 7. Visualización de la arteria con generación de placa en las paredes.

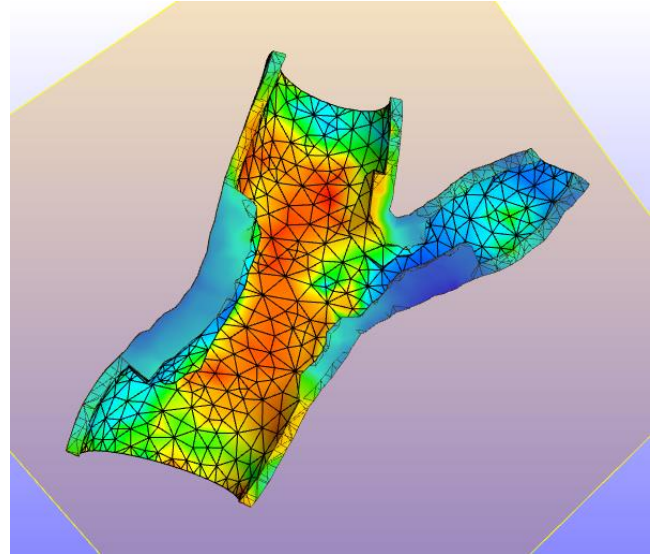


Figura 8. Corte de la arteria, en la cual se observa la aparición de la placa.

En las figuras 7 y 8 se observan la arteria y el corte correspondiente, en esta se evidencia un aumento de la presión arterial debido a la disminución de la sección de la arteria. Para este caso se aplicó una presión arterial de 180 mmHg.

Una vez aplicada la presión aumentada se observa que la carga sobre la superficie se presenta mayormente sobre las partes de la arteria que no tienen placa, pues la placa genera un endurecimiento de la parte de la arteria afectada.

3. CONCLUSIONES

Este estudio ha demostrado que la geometría y la elasticidad de las paredes de las arterias ayudan a determinar el comportamiento del flujo sanguíneo. Fluctuaciones en la velocidad indican perturbaciones en el flujo que deben evitarse.

La comparación de las arterias permitió evaluar si es necesario o no incluir modelos de sangre no newtonianos en el modelado del flujo sanguíneo en las arterias con arterioesclerosis.

Se evidencia que, una vez generada la placa sobre una arteria, esta ocasiona que se aumente la presión arterial, ocasionando a su vez mayor carga sobre la superficie que no fue afectada por la placa, lo que puede generar una ruptura de la arteria en este punto.

RECONOCIMIENTOS

Al grupo de investigación IMAGINET por su constante asesoría en el tema de integración de tecnologías. Al Ingeniero Johnnier Gómez por su asesoría en lo referente al análisis por elementos finitos. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas mediante el proyecto de investigación institucionalizado con el código No. 3307857717.

REFERENCIAS

- [1] A. Valencia y M. Villanueva, «Unsteady flow and mass transfer in models of stenotic arteries considering fluid-structure interaction,» *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 33, nº 8, pp. 966--975, 2006.
- [2] REAL ACADEMIA ESPAÑOLA, «Diccionario de la lengua española, 23.ª ed.,» julio 2019. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es>. [Último acceso: julio 2019].
- [3] D. Liepsch, «An introduction to biofluid mechanics—basic models and applications,» *Journal of biomechanics*, vol. 35, nº 4, pp. 415--435, 2002.
- [4] DWEW, EWEW, 5445.
- [5] L. Moreno, F. Calderas , G. Sanchez Olivares, L. Medina Torres, A. Sanchez Solis y O. Manero, «La sangre humana desde el punto de vista de la reología,» *Materiales Avanzados*, pp. 33-37, 2013.
- [6] J. E. Palomares Ruiz, M. Rodriguez Madrigal , J. G. Castro Lugo, A. Ramirez Treviño y A. A. Rodriguez Soto, «Modelación y simulación de la arteria aorta a partir de datos clínicos utilizando un modelo fraccional viscoelástico y el método del elemento finito,» *Revista mexicana de ingeniería biomédica*, 2015.
- [7] M. Guiraud, «MECÁNICA DE FLUIDOS Y SISTEMA CIRCULATORIO,» Panamá, 2016.
- [8] D. Otero Martinez , L. L. Otero Pereiro y V. Gonzalez Fernandez, «Análisis del comportamiento del material de la arteria aorta ascendente para su modelación,» *Ingeniería Mecánica* vol.17 no.2, 2014.
- [9] G. Colmenares, L. Agudelo , Y. Quintero y L. Hoyos , «Evolución de los stents coronarios liberadores,» *CES Medicina*, pp. 163-171, 2017.
- [10] G. Martinez Garcia, N. Sanchez Torres y A. Suarez Navarro, «Stents biodegradables en cardiología,» *Revista Cubana de Medicina Militar*, vol.43 no.1, 2014.
- [11] R. Del Rey , J. Alba , J. Ramis y E. Escuder, «Aplicación del Método de los Elementos Finitos para la Simulación de las Transmisiones por Flanco en Uniones con Suelos Flotantes,» *Información Tecnológica* Vol. 21(6), pp. 67-78 , 2010.
- [12] S. A. Mass, B. J. Ellis, G. A. Ateshian y J. A. Weiss, «FEBio: Finite Elements for Biomechanics,» *Journal of Biomechanical Engineering - ASME*, pp. 1-10, 2012.
- [13] E. Calle Arcani y W. V. Calle Arcani, «Arterioesclerosis,» *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 2012.

Diseño de Discos Intervertebrales Personalizados mediante Análisis por Elementos Finitos

Ana Molano
Tecnología Mecánica
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
armolanor@correo.udistrital.edu.
co

Yeimy Cardona
Tecnología Mecánica
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
ypcardonag@correo.udistrital.edu.
co

Miller Gómez Mora
Ingeniería Telemática
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
mgomez@udistrital.edu.co

RESUMEN

Actualmente, la mayoría de los implantes de discos intervertebrales personalizados están diseñados con una forma genérica de las superficies, y la personalización normalmente se limita a un mejor tamaño y ajuste que permita una mayor durabilidad del implante. Este artículo describe el diseño personalizado de un disco intervertebral con base en datos específicos de un paciente tomados mediante una tomografía computarizada. El análisis por elementos finitos (FEM) mediante FEBio se utiliza para evaluar el comportamiento del modelo obtenido. Para esto se usarán las especificaciones del material polietileno de ultra-alto peso molecular (UHMWPE) que es implementado en la fabricación de prótesis de disco intervertebral.

PALABRAS CLAVE

Elementos finitos, disco intervertebral, diseño, UHMWPE, FEM.

INTRODUCCIÓN

La columna vertebral es una estructura ósea compleja formada por segmentos funcionales vértebra-disco-vértebra que se articulan entre sí (ver Figura 1). El disco intervertebral (DI) es una estructura viscoelástica que realiza la función de un sistema amortiguador, colocado entre dos vértebras, que permite soportar carga y proporcionar movimiento sin perder elasticidad [1].

El desgaste es uno de los mayores problemas del DI que se debe en muchas ocasiones al fallo del anillo fibroso por el alto esfuerzo al que es sometido. La solución más eficaz a este problema es recurrir a un tratamiento quirúrgico para implantar una prótesis intervertebral.

Los sistemas convencionales de implantes de DI se han utilizado durante muchos años con buenos resultados. En muchos casos, los implantes de DI convencionales

proporcionan un resultado satisfactorio que devuelve al paciente a un estilo de vida activo y casi normal. Sin embargo, en algunos casos, los componentes estándar del implante no son suficientes debido a la geometría compleja de las vértebras. En tales casos, es necesario un implante diseñado a la medida con datos específicos del paciente tomados generalmente mediante una tomografía computarizada (TC).

Este artículo describe el diseño personalizado de un DI con base en TC de la región pélvica de un paciente. El diseño propuesto personalizará tanto la superficie de las vértebras como la interfaz del implante de DI para abordar los problemas más comunes encontrados con los componentes convencionales de implantes de DI.

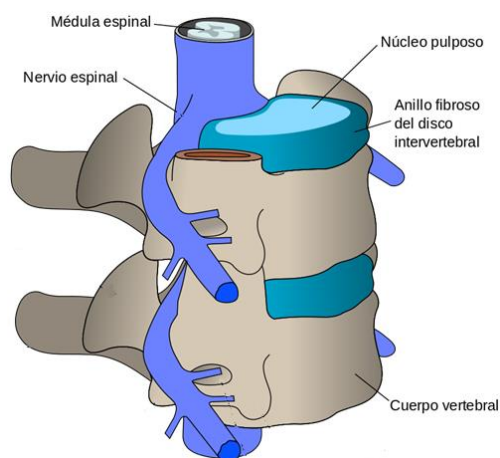


Figura 1. Segmento lumbar de la columna vertebral. Adaptado de: https://es.wikipedia.org/wiki/Columna_vertebral

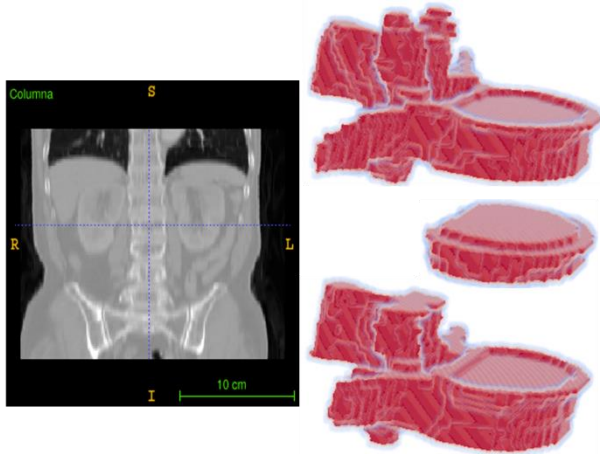
1. MÉTODO

El método propuesto en este trabajo comienza con el diseño geométrico de DI personalizado. Con base en este se realiza un análisis por elementos finitos para evaluar el comportamiento del modelo obtenido.

1.1. Diseño geométrico

La fase de diseño personalizado se inició con la adquisición de una tomografía computarizada (TC) de la región lumbar del paciente (ver Figura 2-a). Los datos de la TC se importaron a ITK versión 5.0 (<http://www.itk.org/>) para la segmentación de las vértebras L1 y L2 y del DI [2]. Debido a que el DI y las vértebras L1 y L2 tienen diferente tipo de material, se aplicaron tres diferentes regiones de crecimiento como estrategia de segmentación (ver Figura 2-b).

Los modelos obtenidos del proceso de segmentación no tienen información geométrica ya que son solamente vóxeles apilados. Para obtener las diferentes geometrías se utilizó el método RAM [3]. Este método genera una nube de puntos a partir de cada modelo de vóxel y obtiene una representación implícita del mismo que luego se utiliza para extraer la geometría. La resolución de las imágenes TC y la distancia entre cortes afecta la precisión del modelo segmentado y por lo tanto la geometría del modelo final.



a. Vista coronal de la TC de la zona lumbar de un paciente b. Modelos de vóxel obtenidos a partir de la TC.

Figura 2. Segmentación de las vértebras L1 y L2 y del DI. Fuente: elaboración propia.

1.2. Análisis por elementos finitos

El análisis por elementos finitos requiere de software especializado para las etapas de pre-procesamiento, procesamiento y post-procesamiento de los datos. Para este fin se utilizó la suite de herramientas de software de FEBio (<https://febio.org/>). FEBio es un software para el análisis de elementos finitos diseñado específicamente para aplicaciones en biomecánica y bioingeniería.

Los modelos geométricos producidos por el método RAM fueron importados a Preview (<https://febio.org/preview/>)

para la especificación de materiales, condiciones de frontera y opciones de análisis para FEBio (ver Figura 3).

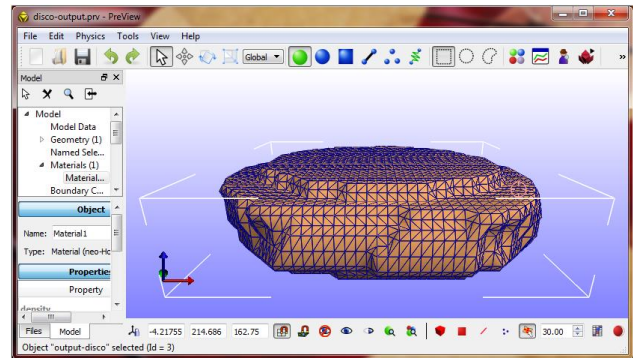


Figura 3. Etapa de preprocesamiento del DI utilizando Preview.

Materiales

Los materiales más usados para prótesis de este tipo son los viscoelásticos. Los materiales viscoelásticos tienen las propiedades mecánicas de los sólidos elásticos, que se encuentra de acuerdo con la ley de Hooke, es decir, la deformación conseguida es directamente proporcional al esfuerzo aplicado. Por otro lado, también se encuentra de acuerdo con la ley de Newton, el esfuerzo aplicado es directamente proporcional a la velocidad de deformación, pero independiente de la deformación misma.

Esto quiere decir que los materiales que tienen esta propiedad tienen la capacidad de volver a su estado inicial después de haberles aplicado una fuerza, ocurre porque su zona elástica es bastante amplia y soporta bastante fuerza antes de llegar a su zona plástica, zona en la que el material deja de recuperar su forma inicial para permanecer en la deformación causada.

En la investigación realizada de los materiales utilizados para la fabricación de las prótesis se encontró que los más empleados son metales (acero inoxidable, titanio, cromo), metal-polietileno y plásticos que son capaces de retener agua y que forman la parte interna son como una esponja, capaz de absorber energía (impactos y fuerzas), y se deforma para dar o permitir flexibilidad en la columna vertebral.

Para efectos de este artículo estudiaremos uno de los materiales plásticos más usados para la fabricación de prótesis: el UHMWPE:

El UHMWPE (polietileno de ultra alto peso molecular) posee características muy similares a las de un disco intervertebral. Tiene cadenas extremadamente largas, con una masa molecular generalmente entre 3.5 y 7.5 millones de una (unidad de masa atómica). La cadena más larga sirve para

transferir la carga más eficazmente al esqueleto del polímero mediante el fortalecimiento de las interacciones intermoleculares. Esto da como resultado un material muy resistente [2].

El UHMWPE es incoloro, insípido y no tóxico. Es altamente resistente a los productos químicos corrosivos excepto a los ácidos oxidantes; tiene una absorción de humedad extremadamente baja y un coeficiente de fricción muy bajo; es auto-lubricada, y es muy resistente a la abrasión,[2]

Este material tiene una historia clínica como biomaterial para uso en cadera, rodilla y (desde la década de 1980), para implantes de columna vertebral.

Asignación de cargas

Mediante una tomografía se realiza el escaneo y virtualización del DI, de ahí se toma la geometría de este (Figura 4), para así hacer el estudio de una manera real. Para posteriormente añadirle las cargas necesarias con las características del material.

FEBio es el software utilizado para el estudio FEM en el que se realizará el análisis del DI, el material utilizado para esta simulación es neo-Hookean.

El material neo-Hookean es una extensión de la ley de Hooke para el caso de grandes deformaciones. Es utilizable para ciertos plásticos y sustancias del caucho-cromo. Una generalización de este modelo es el material Mooney-Rivlin, que se utiliza a menudo para describir la respuesta elástica del tejido biológico. En FEBio, este modelo constitutivo utiliza una formulación de elementos basado en el desplazamiento estándar y una energía de deformación "acoplada", por lo que debe tenerse cuidado al modelar materiales con un comportamiento material próximo al límite para evitar el bloqueo de elementos.

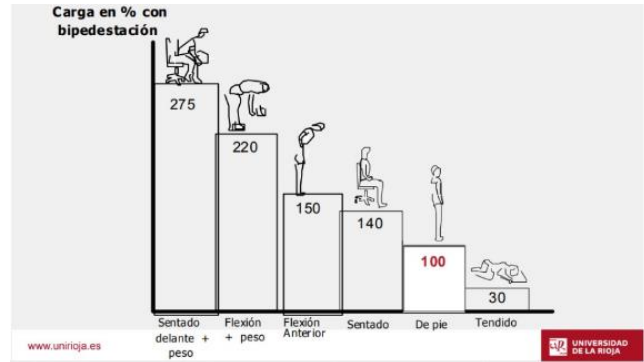


Figura 5. Porcentaje carga en diferentes posiciones para disco intervertebral. [4]

Mallado

La salida principal del software PreView es un archivo de entrada para FEBio, con:

Nodos: 3194
 Caras: 5544
 Elementos: 10619

Especificaciones del material

Densidad: 0.95
 Módulo de Young: 1
 Radio de poisson: 0.45

2. RESULTADOS

Los resultados fueron visualizados utilizando el software de post-procesamiento Postview (<https://febio.org/postview/>).

El resultado de la tomografía nos dio un DI que no se encuentra en óptimas condiciones, teniendo en cuenta esto, podemos encontrar que el disco con el que simularemos soporta una carga desde 0.68 MPa hasta 1.59 MPa[9], esto cuando se encuentra deteriorado, es decir, cuando es el disco de una persona de entre los 16 y los 43 años.

Se realizó la simulación con las dos presiones, la mínima y la máxima soportable, respectivamente, como se muestra a continuación.

Carga de 0.68MPa

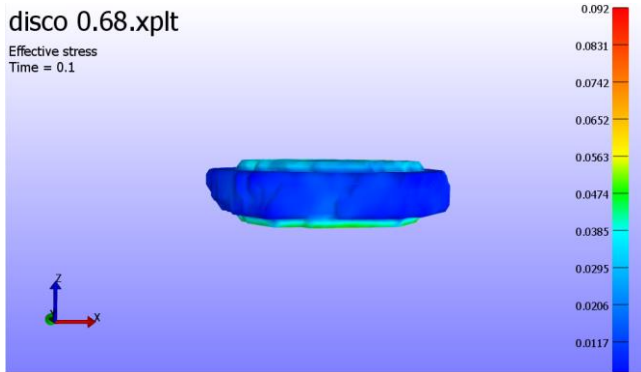


Figura 6. DI con degeneración soporta desde 0.68 MPa.

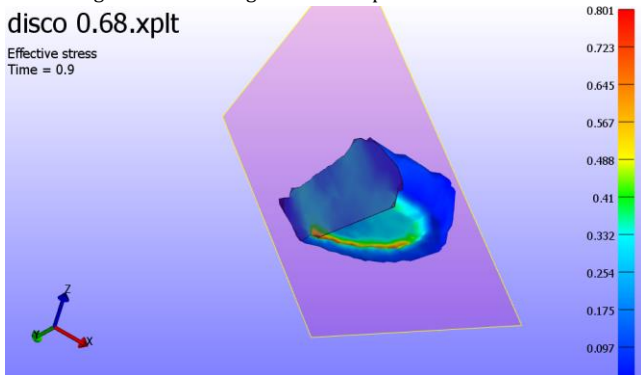


Figura 7. DI con degeneración soporta desde 0.68 MPa

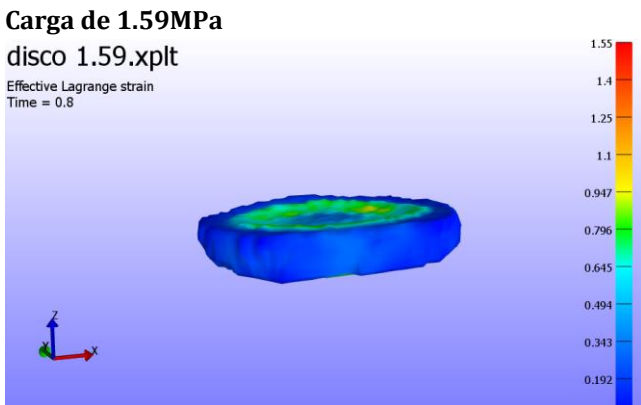


Figura 8. DI con degeneración rompe en 1.59 MPa

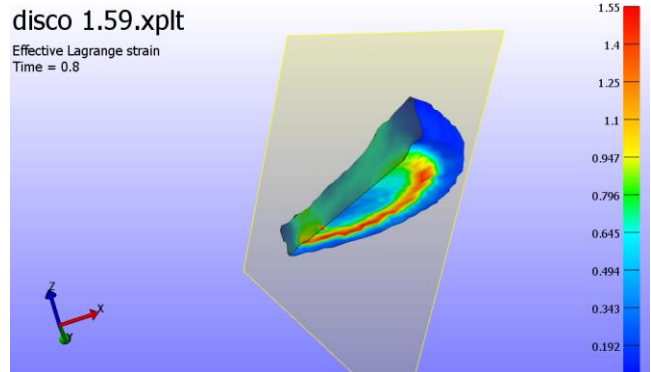


Figura 9. DI con degeneración rompe en 1.59 MPa.

Las cargas que soportan los DI no son del todo estáticas y constantes estas dependen de la postura de la persona, por esta razón, se aplicaron en la simulación las presiones que sufrirían cuando la persona: está tendida, de pie, sentado, flexión anterior, flexión + peso y adelante + peso. Con esto se puede notar como la presión ayuda al deterioro de los discos y posteriormente genera su falla.

Presión: persona tendida

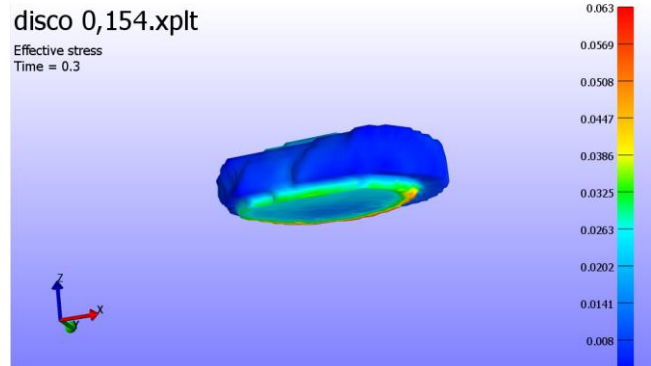


Figura 11. DI presión tendido 154 kPa

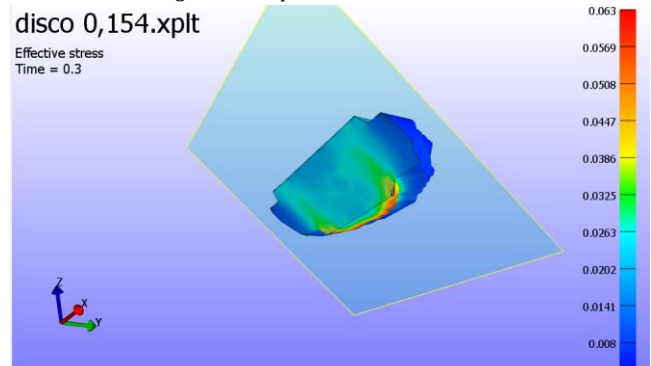


Figura 12. DI presión tendido 154 kPa

Presión: persona de pie

disco 0.513333.xplt

Effective stress
Time = 0.8

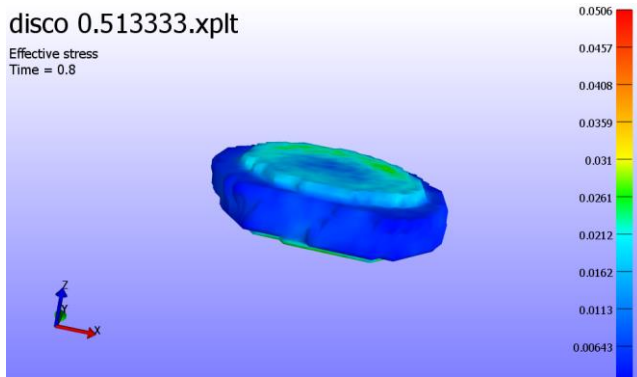


Figura 14. DI presión de pie 513 kPa

disco 0.513333.xplt

Effective stress
Time = 0.8

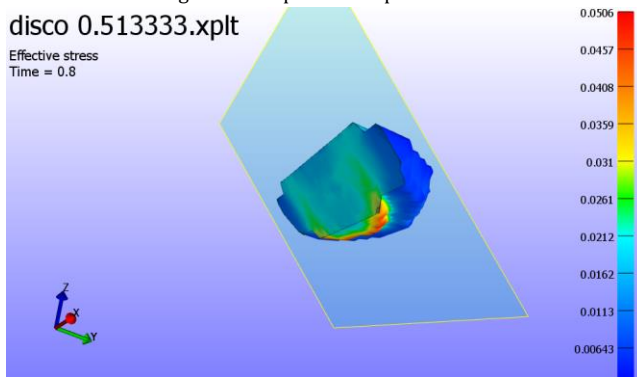


Figura 15. DI presión de pie 513 kPa

Presión: persona en flexión anterior

disco 0.770.xplt

Effective Lagrange strain
Time = 0.3

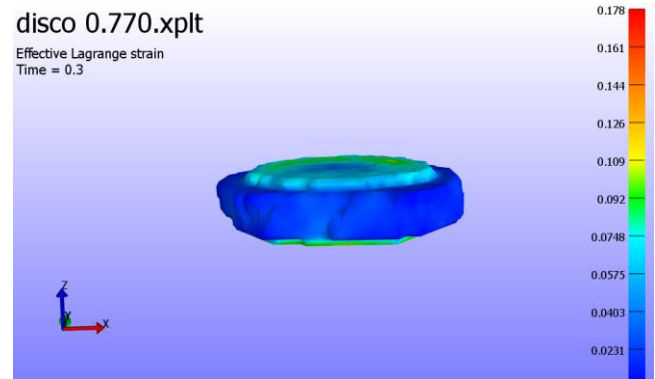


Figura 20. DI presión flexión anterior 770 kPa

disco 0.770.xplt

Effective Lagrange strain
Time = 0.9

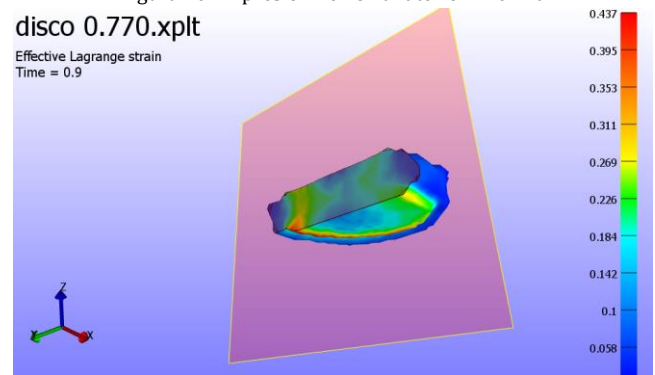


Figura 21. DI presión flexión anterior 770 kPa

Presión: persona sentada

disco 0.718666.xplt

Effective Lagrange strain
Time = 0.5

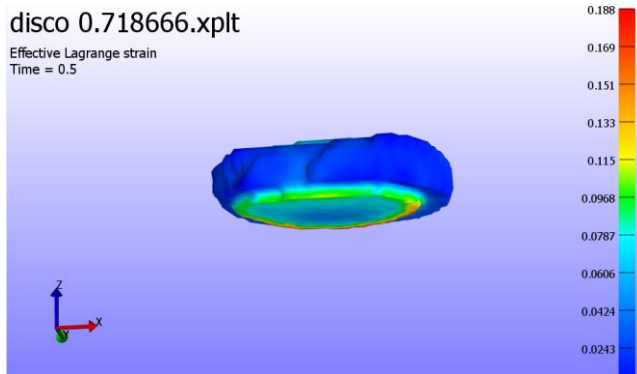


Figura 17. DI presión sentado 718 kPa

disco 0.718666.xplt

Effective Lagrange strain
Time = 0.5

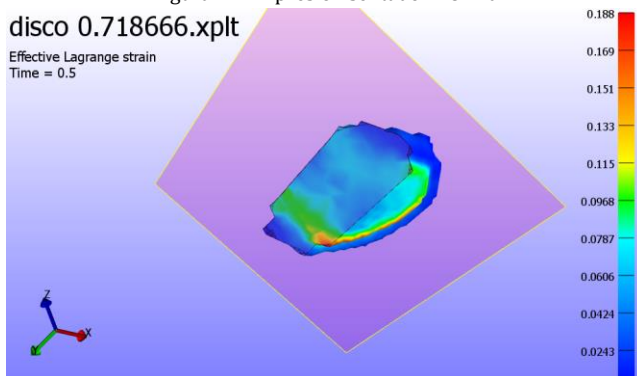


Figura 18. DI presión sentado 718 kPa

Presión: persona en flexión+peso

disco 1.129.xplt

Effective Lagrange strain
Time = 0.8

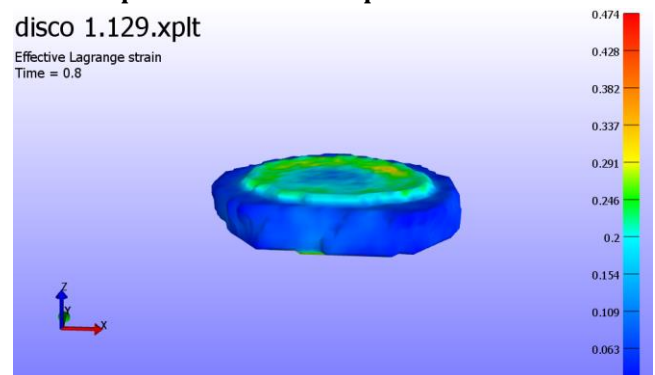


Figura 23. DI presión flexión + peso 1129 kPa

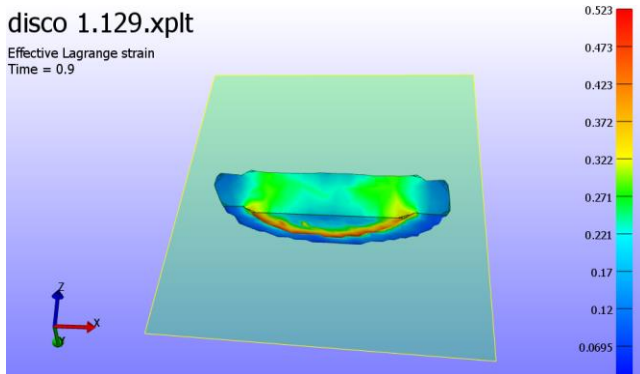


Figura 24. DI presión flexión + peso 1129 kPa

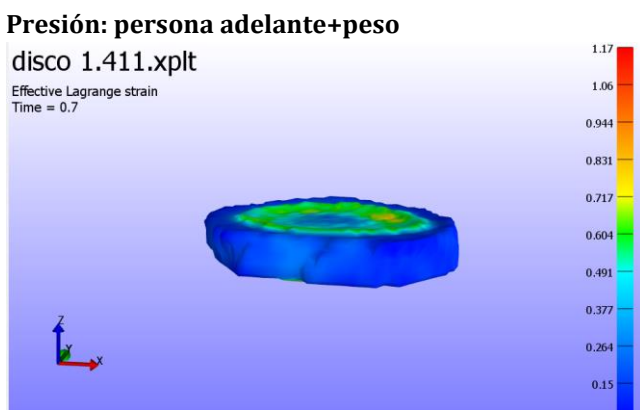


Figura 26. DI presión sentado adelante + peso 1411 kPa, se genera fractura

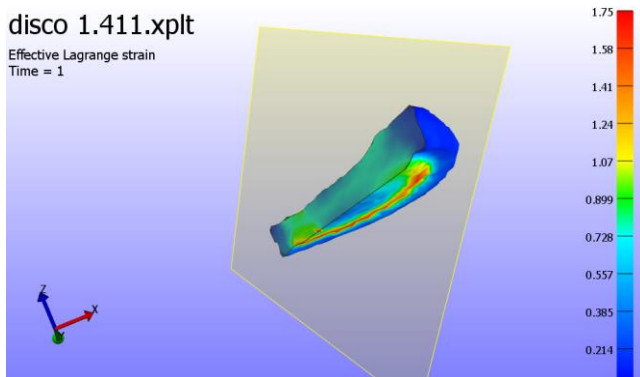


Figura 28. DI presión sentado adelante + peso 1411 kPa, se genera fractura

Realizando el análisis respectivo del DI con diferentes cargas encontramos que en cada posición se ejerce más o menos esfuerzo en ciertas áreas, y con esto podríamos tomar como referencia su geometría y realizar una mejora a esta, para que las cargas sean más equitativas en ciertos puntos lo que generaría un menor desgaste del material aumentando su vida útil además de realizar el correcto reemplazo de la parte afectada.

Al momento de realizar un implante de DI, además de tener en cuenta la geometría debemos tener en cuenta el tipo de material a usar ya que este nos puede limitar para la implantación y para que soporte diferentes presiones o que sea el tipo de amortiguador que se requiere en cada uno de los casos, es decir, que no limite movimientos, sino que permita una vida normal.

Con los resultados obtenidos podemos decir que el material que escogimos para las pruebas es bastante bueno, ya que se deteriora cuando se espera que lo haga, aun así no podemos decir que es el mejor o el que necesitamos, para la implantación, y que las presiones aplicadas dependen también de la cantidad de peso que se le añada a la postura, se puede agregar que el deterioro depende de la postura de cada persona maneja diariamente, por lo que no se puede predecir a qué edad o en qué condiciones un DI va a fallar, pero si se puede evitar con una buena salud ergonómica.

3. CONCLUSIONES

El diseño de DI personalizados mediante el análisis por elementos finitos presenta grandes ventajas al permitir el manejo de las variables involucradas en los modelos de DI desarrollados. A partir de imágenes de TC se obtienen modelos geométricos que se analizan con el programa de elementos finitos FEBio para experimentar con algunos parámetros que en un ambiente real no se podrían realizar fácilmente. Así se logra conocer de manera completa el comportamiento biomecánico del DI acoplado entre las vértebras.

La metodología propuesta puede ser extensiva a otras regiones anatómicas, tanto en estructuras óseas intactas, como en estructuras óseas relacionadas con implante. Dado que la superficie del DI imita estrechamente la forma de la superficie de contacto con las vértebras no es necesario pulir las interfaces de contacto.

Las principales desventajas son el tiempo y el costo requeridos para el diseño y la posible necesidad de un robot quirúrgico para realizar la resección ósea. Estas desventajas pueden atenuarse mediante el uso de tecnologías de creación rápida de prototipos.

AGRADECIMIENTOS

Al grupo de investigación IMAGINET por su constante asesoría en el tema de integración de tecnologías. Al Ingeniero Miller Gómez por su asesoría en lo referente al análisis por

elementos finitos. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Universidad Distrital Francisco José de Caldas mediante el proyecto de investigación institucionalizado con el código No. 3307857717.

Referencias

- [1] F. Mendoza Vásquez, R. Lesso Arroyo y R. Rodríguez Castro, «Análisis por método de elementos finitos de prótesis intervertebrales implantadas en región lumbar,» *Pistas Educativas*, 2016.
- [2] H. J. Johnson, M. M. McCormick y L. Ibáñez, *The ITK Software Guide Book 1: Introduction and Development Guidelines*, Kitware, Inc., 2015.
- [3] M. Gómez-Mora, «Geometric Modeling of Complex Anatomical Structures Based on Implicit Functions,» *Contemporary Engineering Sciences*, vol. 11, nº 43, pp. 2121-2133, 2018.
- [4] J. Nieto-Miranda, M. Faraón-Carbajal Romero y J. Sánchez-Aguilar, «Estudio numérico experimental del sistema de fijación interno "Dufoo" para fracturas vertebrales,» *Cirugía y Cirujanos*, vol. 80, nº 2, pp. 193-199, 2012.
- [5] G. Hu y Others, «Survey of recent volumetric medical image segmentation techniques,» de *Biomedical Engineering*, InTech, 2009.
- [6] Y.-C. Tsai, C.-Y. Huang, K.-Y. Lin, J.-Y. Lai y W.-D. Ueng, «Development of automatic surface reconstruction technique in reverse engineering,» *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 42, pp. 152-167, 2009.
- [7] A. V. Voegeli, *Lecciones básicas de biomecánica del aparato locomotor*, Springer Science & Business Media, 2004.
- [8] R. Miralles, «Biomecánica de la columna,» *Revista-Sociedad Española del dolor*, vol. 8, pp. 2--8, 2001.
- [9] M. A. Adams, D. S. McNally y P. Dollan, «'STRESS' DISTRIBUTIONS INSIDE INTERVERTEBRAL DISCS THE EFFECTS OF AGE AND DEGENERATION», VOL. 78-B, NO. 6, NOVEMBER 1996.



Inteligencia Artificial

Estudio del Estado del arte para el Control y Manipulación de Vehículos no Tripulados mediante el uso de Interfaces Naturales de Usuario

Luis Meléndez Alonso

Departamento de Ciencias

Computacionales

Tecnológico Nacional de

México/cenidet

+52 777 362 7770

Cuernavaca, México.

luis.melendez17ca@cenidet.edu.mx

Máximo López Sánchez

Departamento de Ciencias

Computacionales

Tecnológico Nacional de

México/cenidet

+52 777 362 7770

Cuernavaca, México

maximo@cenidet.edu.mx

J. Gabriel González Serna

Departamento de Ciencias

Computacionales

Tecnológico Nacional de

México/cenidet

+52 777 362 7770

Cuernavaca, México

gabriel@cenidet.edu.mx

J. Luis Molina Salgado

Departamento de Ciencias

Computacionales

Tecnológico Nacional de

México/cenidet

+52 777 362 7770

Cuernavaca, México

joseluis.molina@cenidet.edu.mx

Andrea Magadán Salazar

Departamento de Ciencias

Computacionales

Tecnológico Nacional de

México/cenidet

+52 777 362 7770

Cuernavaca, México

magadan@cenidet.edu.mx

RESUMEN

Las nuevas tecnologías y dispositivos computacionales han generado nuevos intereses en la rama de la interacción humano-robot (IHR). Esta disciplina se refiere a la relación entre los humanos y los robots. Las técnicas desarrolladas en la actualidad para controlar y/o manipular un vehículo no tripulado han sido aplicadas con interfaces de mando convencional (joystick, teclado, mouse, control remoto, etc.), con los cuales el usuario interactúa de forma directa (haciendo contacto físico). Este tipo de interfaces computacionales regularmente requieren de entrenamiento previo para su uso puesto que no son capaces de adaptarse a todos los usuarios. Con el paso del tiempo, nuevas modalidades para el control de vehículos no tripulados han aparecido. Una propuesta es utilizar interfaces naturales de usuario, las cuales permiten la entrada de datos de forma gestual, no requieren tener contacto físico con algún dispositivo y son consideradas interfaces no invasivas. Este tipo de interfaces han sido aplicadas ya que resultan ser intuitivas, fáciles de aprender e implementar. El estudio de este artículo tiene por objetivo brindar una visión general en técnicas de mando para el control de vehículos no tripulados, centrandó la investigación en aquellos que son manipulados mediante interfaces naturales de usuario.

ABSTRACT

New technologies and computing devices have generated new interests in the human-robot interaction (IHR) branch. This discipline refers to the relationship between humans and robots. The techniques currently developed to control and / or manipulate an unmanned vehicle have been applied with conventional control interfaces (joystick, keyboard, mouse, remote control, etc.), with which the user interacts directly,

that is to say, making physical contact with the control device. These types of computer interfaces regularly require prior training for their use since they are not able to adapt to all users. With the passage of time, new modalities for the control of unmanned vehicles have appeared. One proposal is to use natural user interfaces, which allow the input of data gesturally, do not require direct contact with the control device and are considered non-invasive. These types of interfaces have been applied since they turn out to be intuitive, easy to learn and implement. The study of this article aims to provide an overview on control techniques for the control of unmanned vehicles, focusing research on those that are manipulated through natural user interfaces.

Términos Generales

Control de vehículos no tripulados, Interfaz natural de usuario, Interacción hombre-robot.

Palabras clave

Interacción Humano-Robot, Vehículo no tripulado, Interfaz Natural de Usuario, Manipulación remota

Keywords

Unmanned Vehicle, Mobile robot, Natural User Interface, Remote manipulation

INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo el humano ha buscado la manera de realizar actividades a distancia. Los sistemas de control remoto son aquellos que han permitido lograr este objetivo. Estos sistemas permiten realizar una actividad en un lugar

remoto desde una estación local. Con ellos se han podido realizar tareas donde el hombre es incapaz de participar activamente sin exponerse a algún tipo de riesgo. A través de estos sistemas se ha podido optimizar el tiempo en trabajos, prevenir accidentes y reducir el riesgo en actividades peligrosas.

Un Vehículo no Tripulado (UV, por sus siglas en inglés *Unmanned Vehicle*) es un claro ejemplo de sistemas de control a distancia. Los UV han permitido realizar actividades de exploración en lugares inhóspitos, llegar a lugares de difícil acceso para los humanos, servir de asistentes, recopiladores de información entre muchas otras aplicaciones.

Existen una variedad de formas, tamaños y configuraciones para la construcción de un UV, al igual el modo en el que son controlados. En la literatura, la mayor parte de los trabajos en el desarrollo de sistemas de control a distancia de vehículos no tripulados utilizan dispositivos de interfaz humana (HID, por sus siglas en inglés *Human Interface Device*) para su manipulación. Sin embargo, las investigaciones en el área de procesamiento de imágenes y video como también el desarrollo de nuevos dispositivos (microcontroladores, sensores, cámaras, etc.) han permitido crear alternativas de control de mando más sofisticados.

Las interfaces naturales de usuario (NUI, por sus siglas en inglés *Natural User Interface*) son aquellas interfaces que permiten la entrada de datos a través del movimiento natural del cuerpo humano o también con frases verbales. Las NUI han permitido manipular aquellos dispositivos que utilizamos de manera cotidiana (SmartTVs, computadoras, tablets, etc.) de forma más simples. De esta manera las NUI buscan mejorar la experiencia del usuario, brindando una forma más cómoda y tradicional de comunicación entre los humanos y los dispositivos computacionales.

Sistema de control a distancia

Un sistema de control a distancia es aquel que va permitir a un usuario realizar alguna actividad en un ambiente remoto cuando este se encuentra en un ambiente local, es decir, controlar o manipular un objeto (un brazo robótico, aplicación de software, vehículo, etc.) llamado “esclavo” a través de una interfaz controladora llamada “maestro”. Está compuesto por 3 partes: 1) Interfaz por la cual un usuario manda órdenes y con la cual interactúa con el dispositivo controlado. 2) Dispositivo controlado quien recibe órdenes de tipo mando (Avanzar, Girar, Detener, etc.) que mediante un procesamiento interpreta la información para posteriormente dar la ejecución. 3) Enlace de comunicación entre ambos extremos por el cual viaja la información de la interfaz controladora al dispositivo manipulado [1].

Problemas en los sistemas de control a distancia

Los sistemas de control a distancia enfrentan múltiples desafíos los cuales intervienen para que este tipo de sistemas lleguen a ser inestables. Algunos de ellos son: el congestionamiento de red, el tráfico y pérdida de paquetes por la red, el ancho de banda disponible, interferencias con otras redes inalámbricas, tipo de interfaz para entrada de datos y

control, e incluso la incompatibilidad del software y el hardware utilizado en el sistema.

En este artículo enfocamos la investigación en trabajos que tratan de solucionar el tipo de interfaz de mando adecuada para el control de vehículos no tripulados, donde se aplican técnicas de control de mando no convencional, es decir, interfaces naturales de usuario.

Vehículo no tripulado

Clasificación

Los vehículos no tripulados son aquellos que operan sin tripulación. Estos se pueden clasificar en 3 categorías: autónomos, semiautónomos y los tele-operados. a) autónomos, aquellos que tienen la capacidad de percibir y analizar su entorno, actúan sin la supervisión de un operador, en cambio hacen uso de sensores, cámaras y controladores que utilizan para el procesamiento de información y la toma de decisiones. b) semiautónomos, son los que necesitan ser supervisados por una persona y quien les manda las instrucciones a seguir, pero de manera simultánea son capaces de percibir su entorno y tomar decisiones con base al mismo, estos hacen uso de diversos protocolos de comunicación como Wi-Fi, Bluetooth, enlaces satelitales entre otros, los que sirven para que sean controlados de forma remota. c) Por último, se encuentran los vehículos tele-operados quienes necesitan de un operador externo para controlarlos por completo. De igual manera requieren de un canal de comunicación (protocolos de comunicación de red) para enviar los comandos de mando de extremo a extremo.

Aplicaciones

Los vehículos no tripulados se han vuelto tan populares y esto se ha visto reflejado en el mercado global debido a la amplia variedad de aplicaciones para las cuales se han enfocado. Hoy en día podemos encontrarlos terrestres, acuáticos, aéreos y espaciales.

Diversas áreas como la medicina, agricultura, educación, industria, militar, ciencia, entre muchas otras áreas han implementado unidades no tripuladas para agilizar sus trabajos, prevenir accidentes y ahorrar tiempo de mano de obra. Algunas de las tareas que se pueden mencionar pueden ser: inspecciones en lugares inhóspitos, búsqueda de objetos o personas en lugares de difícil acceso, exploración, vigilancia, detección de corrosión en tuberías, manipulación de objetos peligrosos (tóxicos, calientes, irritantes, etc.). Estas son solo algunas de las tareas en las que se han implementado este tipo de sistemas.

Tendencia en el control y mando de UV

Las nuevas tendencias en sistemas de cómputo e interfaces de usuario cada vez hacen más cómoda la interacción con los dispositivos computacionales. Tradicionalmente el control de mando remoto para los UV se ha desarrollado a través de una aplicación para teléfonos inteligentes (*Smartphone* o *Tablet*) o también por aplicaciones para computadoras empleando navegadores web [2]. En cualquiera de los casos estas

aplicaciones contienen componentes (botones, flecha, etc.) que permiten maniobrar y dirigir el vehículo.

Debido a que no todas las personas son capaces de adaptarse a las diferentes interfaces, los desarrolladores han buscado formas que hagan más natural la manera de interactuar con este tipo de vehículos. Para ello, se han desplazado a los dispositivos de interfaz humana y se han remplazado por sistemas que permiten percibir el movimiento del cuerpo humano y sistemas capaces de reconocer frases verbales, que al ser interpretados permiten controlar acciones de un objeto o una aplicación de computadora.

Interfaz Natural de Usuario (Natural User Interface)

Una interfaz natural de usuario se refiere a una interfaz que permite interactuar con un sistema sin utilizar dispositivos de entrada convencional, además de que pueda de manera fácil y eficiente transmitir una idea de la mente del usuario a la acción con el menor esfuerzo posible. Para ello se recurre a movimientos con las manos, pies, cabeza, o una combinación de estos, incluso también comandos por voz [3].

Estas interfaces deben ser fluidas, por lo que deben permitir al usuario realizar actividades donde apenas y se dé cuenta de que está utilizando una interfaz. Esto hará más cómoda la interacción y evitará interrupciones en la operación realizada. Su principal objetivo es que el usuario tenga una interacción lo más simple posible y que no requiera de entrenamiento previo o al menos que éste sea mínimo [4].

Trabajos relacionados en el control de un UV a través de NUI

Muchos trabajos de investigación que han desarrollado sistemas de control remoto a través de una interfaz natural de usuario, buscan dar solución al problema de adaptación generado por la diversidad de interfaces de mando para el manejo de vehículos no tripulados.

En la literatura, numerosas investigaciones han atacado este tema y buscan una interacción hombre-robot a través de sistemas basados en gestos. Por ejemplo, en [5] se presenta una comparativa con 3 diferentes interfaces de usuario (Wii mote, Kinect, joystick) para controlar un robot móvil (véase la figura 1).

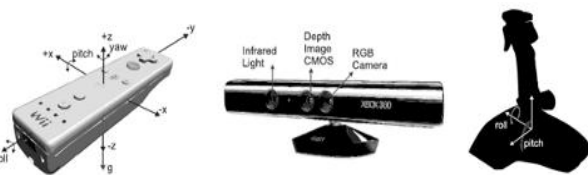


Figura 1. Interfaces de usuario implementadas (Uribe A., Ferasoli H., Pérez B., 2011)

A través de la evaluación en dos entornos diferentes (con y sin obstáculos) derivan las fortalezas y debilidades de cada interfaz de usuario (la exactitud, la intensidad de

reconocimiento y la fatiga causada) demostrando que tanto el Wiimote de Nintendo como el Kinect de Microsoft, al comienzo de la usabilidad del sistema muestran un cierto retraso y falta de reconocimiento en los gestos debido a la distancia en la que son realizados. De los resultados obtenidos en cuanto la experiencia del usuario, aplicar una NUI resultó ser llamativa y agradable para los usuarios, aunque no resultó ser lo suficientemente eficiente en la detección de los movimientos por lo que los usuarios inclinaron su aceptación por el mando convencional con el joystick.

De igual manera, el trabajo de investigación desarrollado en [6] crea una NUI bajo la utilización de un sensor Kinect, con la cual se logra la manipulación de un robot Pioneer 3-AT. El uso de este sensor se muestra eficiente, pero al igual que en el trabajo de [5] muestra datos erróneos al posicionarse demasiado cerca del sensor, provocando movimientos bruscos del vehículo. Este proyecto muestra una arquitectura cliente-servidor en la que intervienen 2 computadoras, una colocada en el chasis del vehículo y otra más ocupada por la interfaz controladora junto con el sensor de profundidad (figura 2).

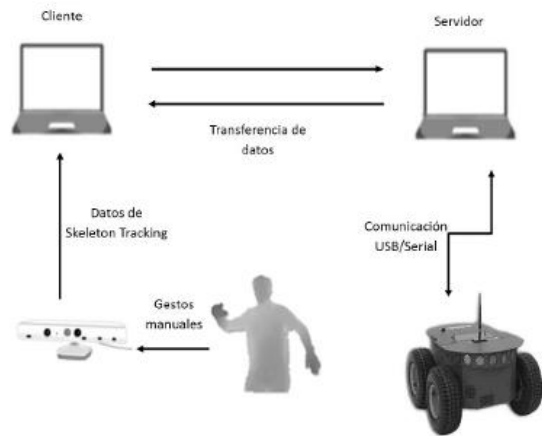


Figura 2. Arquitectura del sistema de comunicación (Veintimilla M., Gordillo R., Ayala P., 2015)

[3] Desarrolla otra técnica, un sistema remoto para controlar un robot móvil controlado mediante un teléfono inteligente; donde las ordenes de movimiento y giro del vehículo se basan en el movimiento del teléfono. El móvil cuenta con una aplicación la cual se encarga de la adquisición de los datos por medio de los sensores integrados en el propio teléfono. Fue necesario definir los ejes de referencia de estructura del teléfono para la correspondiente adquisición de los datos (véase la figura 3).



Figura 3. Ejes de asignación del teléfono (Flores C., Rojas de S. A., Trejo A., 2016)

Otro proyecto basándose en el sensor Kinect es [7], el cual presenta el desarrollo de un sistema para la navegación de

robots móviles con opción manual y autónoma. Concretamente en este trabajo se hace una prueba de reconocimiento en diferentes distancias frente al sensor y verifican la eficiencia y el tiempo de respuesta en el reconocimiento. Su estudio demuestra que el sensor trabaja mejor el reconocimiento al encontrarse no tan cerca del dispositivo receptor. La figura 4 muestra el tiempo de respuesta de reconocimiento correspondiente a la distancia entre el usuario y el sensor Kinect.

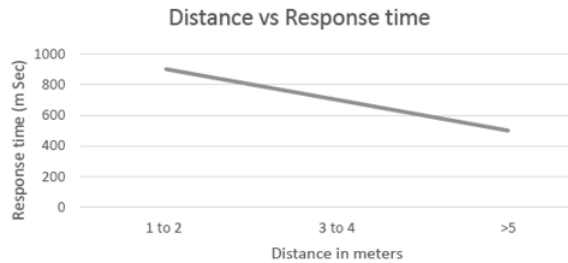


Figura 4. Tiempo de respuesta de Kinect acorde a la distancia (Amir S., Waqar A., Ajmal M., Majeed M., Hasseb H. and Hasan, 2016).

Algunos otros trabajos ocupan dispositivos más sofisticados. Equipos capaces de adaptarse en alguna parte del cuerpo y registrar el movimiento generado. El trabajo [3] se encarga de controlar un vehículo aéreo no tripulado (*Unmanned Aerial Vehicle*, UAV) a través de un dispositivo no invasivo llamado *Myo*; se trata de un brazalete colocado en la muñeca para la respectiva adquisición de movimiento. Este dispositivo se conecta por Bluetooth a una computadora creando un canal comunicación con el vehículo. De esta manera establecen una comunicación bidireccional. Por otra parte, los autores buscan dar la mayor información posible al usuario en cuanto al manejo del vehículo, por lo cual emplean un par de lentes de tecnología de realidad virtual (*Microsoft HoloLens*) para proporcionar mensajes de retroalimentación al usuario (*feedback*) e indicarle lo que pasa en el sitio remoto con el dispositivo controlado.

Leap Motion Controller (LMC) es también un dispositivo en el mercado muy utilizado para la creación de una NUI. LMC es un dispositivo usado por un gran número de desarrolladores debido a su capacidad de detección de movimiento, que admite los movimientos de las manos y de los dedos.

El trabajo desarrollado en [8] logran controlar 3 robots terrestres (*Unmanned Ground Vehicle*, UGV) mediante un sistema remoto llamado TeMoto. Haciendo uso de un LMC crean un ambiente de manipulación través de una NUI la cual es capaz de adaptarse a cualquier vehículo. Se implementa el control basado en gestos de las manos, aunque también es llevado a cabo mediante comandos por voz. El control por entrada de voz es sumamente considerado para sustituir el control convencional (teclado, mouse, control de videojuegos) a través de simples frases verbales como “avanzar” y que busca reducir la fatiga al operador. El diseño conceptual de este sistema de teleoperación involucra además una retroalimentación a través del diseño de una interfaz gráfica de usuario en el que son representados el actual estado del robot y los datos del sensor. (véase la figura 5).

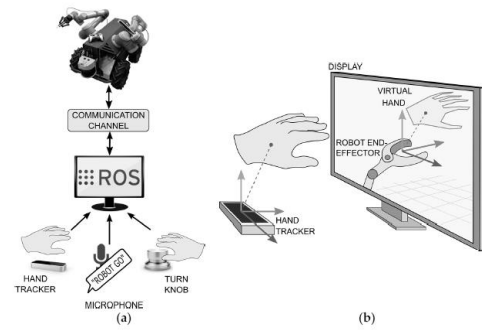


Figura 5. a) Diseño conceptual del sistema; b) Interfaz gráfica de usuario (Valner R., Kruusamäe K., Pryor M., 2018).

Los investigadores mencionan que el usar una NUI fue satisfactorio al mostrar un tiempo de respuesta bajo al operar el robot y que al mismo tiempo se disminuyó la carga cognitiva al operador mostrando una facilidad de manejo y una vista simulada del comportamiento.

Otros dispositivos que han salido al mercado y que han sido aplicados para el reconocimiento de gestos son: Grasp de Omek, Wavi Xtion de Asus, TVico de Orbbec, RealSense de Intel, este último cuenta con diferentes versiones sacadas al mercado y debido a su gran alcance para la detección movimiento ha sido implementado en varios trabajos de investigación y desarrollo. Su capacidad de funcionar en ambientes internos y externos ha hecho que sea aplicado en aplicaciones basadas en gestos.

La alternativa de generar interfaces naturales se encuentra actualmente en continuo desarrollo y mejora, además en la aceptación de los usuarios quienes son los que interactúan con los sistemas. Lo que sí se puede decir de este tipo de interfaces es el interés que han generado con la salida en el mercado de vehículos de exploración y fotografía, los cuales presentan alternativas de control de piteo; claro ejemplo es el dispositivo *DJI Spark*, un *drone* inteligente capaz de responder a un conjunto de gestos generados por el usuario a través de sus manos, no obstante, también cuenta con el modo tradicional de piteo por medio de un dispositivo control remoto [9].

Por otra parte, [2], [8], [10] tienen compatibilidad e implementan el sistema operativo robot mejor conocido como *ROS* por sus siglas en inglés (*Robot Operating System*). ROS es un meta-sistema de código abierto, muy flexible, desarrollado para realizar aplicaciones para robots y que simplifican las comunicaciones además de la escritura de módulos de control para cualquier tipo de robots. Debido a su flexibilidad permite a los desarrolladores centrarse en la experiencia del usuario y no tanto en la programación detrás del vehículo. Está siendo muy utilizado para la automatización de vehículos no tripulados que requieren ser robustos y es un área de investigación en el contexto de *middleware* para robot móviles.

RESULTADOS

Como podemos darnos cuenta las técnicas aplicadas en la manipulación de vehículos no tripulados son variadas. Algunos trabajos de investigación ocupan equipos modernos (Kinect, Leap Motion Controller, RealSense), que utilizan

visión por computadora para el procesamiento de imágenes y video, y con ello obtener el reconocimiento gestual, este tipo de dispositivos requieren de algoritmos de entrenamiento avanzados en reconocimiento de patrones para la identificación y clasificación de señas. En muchas ocasiones los desarrolladores proporcionan un Kit de Desarrollo de Software (SDK), que permiten desarrollar aplicaciones con entrada gestual de forma fácil y rápida sin procesamiento digital de imágenes, es decir, aplicando un lenguaje descriptivo de gestos (GDL) basado en una gramática formal de contexto libre, el cual permiten definir reglas que describen un conjunto de gestos. Por otra parte, otro tipo de dispositivos que trabajan de forma diferente, son capaces de recoger impulsos eléctricos de alguna parte del cuerpo y reconocer el movimiento generado, tal es el caso de Myo, un dispositivo tipo brazalete con sensores integrados capacitado para detectar el movimiento de los músculos del área donde sea colocado y así controlar dispositivos electrónicos como UV.

La tabla 1 muestra una comparación de los sistemas de control remoto desarrollados en los trabajos de investigación anteriormente descritos.

Investigación	Interfaz de mando	Procesamiento de imágenes	Vehículo	Comunicación
Lollett C., Bonet B. (2015).	- Kinect	SI	Terrestre Prototipo con Microcontrolador Arduino	Wifi
Salad M., Gianni M. (2017).	- Interfaz gráfica de usuario - Aplicación para teléfonos inteligentes	NO	Terrestre Pioneer P3-AT	Wifi
Herrmann R., Schmidt L. (2018).	- Dispositivo Myo	NO	Aéreo Dron Parrot Bebop UAV	Wifi
Flores C., Rojar de S. A., Trejo A. (2016).	- Acelerómetros en teléfonos inteligentes	NO	Terrestre	Wifi
Uribe A., Ferasoli H., Pérez B. (2011).	- Wiimote - Sensor Kinect - Joystick	NO	Terrestre omnidireccional	Wifi
Veintimilla M., Gordillo R., Ayala P. (2015).	- Interfaz gráfica de usuario - Sensor Kinect	NO	Terrestre Pioneer P3-AT	Wifi
Amir S., Waqar A., Ajmal M., Majeed M., Hasseb H. and Hasan. (2016).	- Sensor Kinect	NO	Terrestre Prototipo con Microcontrolador Arduino	Bluetooth
Valner R., Kruusamäe K., Pryor M. (2018).	- Sensor Leap Motion Controller	SI	Terrestre VaultBot, manipulador móvil de doble brazo. Yaskawa SIA10 y SIA5D 7 DoF Omnidireccional KUKA 5 DoF youBot.	Wifi

Tabla 1. Comparación en sistemas de control de vehículos no tripulados.

CONCLUSIONES

Con los trabajos citados en el presente artículo se entiende que existen diferentes formas para controlar unidades no tripuladas, es por ello que nuevas alternativas de control se han desarrollado. Con la generación de gestos y comandos verbales se busca brindar una manera más natural de interactuar con los dispositivos que nos rodean, y de igual forma incluir a personas no entrenadas con las nuevas tecnologías y/o aquellas que sufren algún problema motriz, se adentren a la interacción con los robots.

Muchos dispositivos para la detección de movimiento han salido al mercado (Kinect, Realsense, Leap Motion Controller, etc.), estos han facilitado el desarrollo de interfaces naturales que permiten a los usuarios interactuar con nuevos sistemas de cómputo a través de los movimientos del cuerpo.

La ventaja más considerable de las NUI aplicadas al control de unidades no tripuladas es que permiten al usuario centrar su atención en la actividad de manejo, ya que lo liberan de utilizar algún tipo de dispositivo. En cambio, es necesario realizar algún tipo de gesto, seña o frase verbal para comunicarse con el vehículo.

Sin embargo, los dispositivos utilizados para la creación de una NUI son regularmente cámaras con infrarrojos y sensores integrados, por los cuales se hace el reconocimiento de gestos. Al tratarse de cámaras digitales es necesario que los gestos por movimientos sean directamente hechos frente al dispositivo receptor lo que limita la libertad de desplazamiento al operador.

Otras alternativas son dispositivos que trabajan únicamente a través de sensores y acelerómetros por lo cual centran su atención en la velocidad de movimientos, ángulo, y giro. La mayor desventaja de este tipo de dispositivos es que requieren ser portados por los usuarios y podrían no adaptarse al cuerpo de todas las personas.

La opción de mando a elegir va a depender de la comodidad y efectividad que tenga cada interfaz; cabe mencionar que la detección y movimientos a través de cámaras de profundidad puede algunas veces no ser tan precisa, esto debido a factores como luminosidad y la diversidad en tonos de piel de los usuarios, lo cual puede llevar a seguir optando por los dispositivos convencionales. Sin embargo, las NUI son hoy en día muy comunes y día tras día se crean algoritmos más sofisticados para la detección y reconocimiento del cuerpo y con ellos mejorar este tipo de sistemas de control remoto.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresamos la más sincera gratitud al Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (CENIDET) y a los investigadores del departamento de Ciencias de la Computación del mismo por la orientación y sustento para el desarrollo y estudio de este artículo.

REFERENCIAS

[1] Lollett C., Bonet B. (2015). Detección inteligente de señas utilizando el sensor kinect para el control wireless de un robot. *Universidad Simón Bolívar. pages 19-24*

- [2] Salad M., Gianni M. (2017). Long Range Robot Teleoperation System based on Internet of Things. *IEEE. Vol 17. Pages 163-167*
- [3] Herrmann R., Schmidt L. (2018). Design and Evaluation of a Natural User Interface for Piloting an Unmanned Aerial Vehicle. Vol. 17(1). *pages 15-24*
- [4] Flores C., Rojar de S, A., Trejo A. (2017). Remote Operation of a Mobile Robot Using a Smartphone. *INGENIUS Revista de Ciencia y Tecnología. Vol.17 pp. 29-35*
- [5] Uribe A., Ferasoli H., Pérez B. (2011). Mobile Robotic Teleoperation using Gesture-Based Human Interfaces. IEEE, En IX Latin American Robotics Symposium and IEEE Colombian Conference on Automatic Control, 2011.
- [6] Veintimilla M., Gordillo R., Ayala P. (2015). Diseño e implementación de un sistema de control para el robot móvil P3-AT por medio de gestos manuales. *MASKAY. Vol 5(1). pp 17-22*
- [7] Amir S., Waqar A., Ajmal M., Majeed M., Hasseb H. and Hasan. (2016). Kinect Controlled UGV. En *Wireless Personal Communications, 2016*.
- [8] Valner R., Kruusamäe K., Pryor M. (2018). TeMoto: Intuitive Multi-Range Telerobotic System with Natural Gestural and Verbal Instruction Interface. *MDPI robotics. Vol. 7(9) pages 1-22*
- [9] DJI. (México). (02 del 11, 2018) DJI. Obtenido de: <https://www.dji.com/es/spark>
- [10] Gopi S., Muir A., Bhavani R. Rao. (2017). Naturalistic Gestures Based Human Robot Interaction on a UGV for Outdoor Use. *IEEE. Vol. 17. pp 5386-1703*

Algoritmos genéticos aplicados a la envolvente acústica en música

Eddie Jonathan Garcia Borbón¹
Departamento de Artes y Humanidades
Universidad Internacional de la Rioja
Madrid / España
edjgarciabo@unal.edu.co

ABSTRACT

Genetic algorithms have been widely used in engineering, but their application in other areas and disciplines such as music is often unknown. In the present work of investigation exposes one of the so many applications that can have the evolutionary computation and in the genetic algorithm in the music, for the case of the genetic operators in the temporal evolution of the acoustic envelope in the programming language of open code *Pure data*. Some preliminary results are discussed with future work on algorithmic composition assisted by genetic algorithms.

CCS CONCEPTS

• Software and its engineering → *Genetic programming*

KEYWORDS

Genetic algorithms, algorithmic composition, acoustic envelope, evolutionary computer music

RESUMEN

Los algoritmos genéticos han sido ampliamente utilizados en la ingeniería, pero muchas veces se desconoce su aplicación en otras áreas y disciplinas como la música. En el presente trabajo de investigación se expone una de las tantas aplicaciones que puede tener la computación evolutiva y en específico los algoritmos genéticos en la música, para este caso hemos aplicado algunos operadores genéticos en la evolución temporal de la envolvente acústica en el lenguaje de programación de código abierto *Pure Data*². Algunos resultados preliminares son discutidos con miras a futuros trabajos en la composición algorítmica³ asistida por algoritmos genéticos.

PALABRAS CLAVE

Algoritmos genéticos, composición algorítmica, envolvente acústica, música evolutiva.

1 INTRODUCCIÓN

la música evolutiva⁴ hace referencia aquella música que es desarrollada por medio de algoritmos evolutivos, uno de los referentes más importantes en cuanto a este tipo de trabajos de investigación - creación es *EvoMusart* (Evolutionary and Biologically Inspired Music, Sound, Art and Design) organizada anualmente por *Evostar*⁵[8]. El uso de la inteligencia artificial para el desarrollo de procesos creativos es un área en la que se ha venido investigando recientemente y poco a poco existe un interés creciente en la aplicación de la computación evolutiva en campos como el arte visual, la composición musical, la interacción en tiempo real entre un intérprete humano y la máquina [9], entre muchos otros.

Los algoritmos genéticos han sido usados de diversas formas en música, John A. Biles creó un sistema denominado *GenJam* el cual es un modelo basado en algoritmos genéticos que emula un músico novato que improvisa Jazz, *GenJam* mantiene poblaciones de ideas o frases melódicas relacionadas de forma jerárquica que son mapeadas a notas específicas a través de escalas sugeridas en los acordes que se están ejecutando. *GenJam* toca o improvisa solos con un acompañamiento estándar, el mentor humano proporciona una retroalimentación en tiempo real, el cual deriva en los valores de aptitud (*fitness*) y finalmente *GenJam* aplica los operadores genéticos a las poblaciones para generar mejores ideas musicales [4].

Otro uso es el que se le ha dado a los algoritmos genéticos en música ha sido para la transcripción de música polifónica [28], desarrollo de material temático y melódico [12], elaboración a 4

¹ Maestro en Artes Musicales de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, estudiante del programa de maestría en Composición Musical con Nuevas Tecnologías de la Universidad Internacional de la Rioja y estudiante de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Nacional de Colombia. Miembro del grupo de investigación denominado "Unidad de Investigación en el Área de Armonía" de la Facultad de artes ASAB, miembro del Circulo Colombiano de Música Contemporánea y de Millenium Composer Initiative (MCI)

² Lenguaje de programación gráfico desarrollado por Miller Puckete el cual se enfoca en la creación de música asistida por ordenador, también sirve para desarrollo de creación multimedia [25].

³ Composición algorítmica hace referencia a la técnica de creación musical basada en algoritmos [22].

⁴ Uno de los referentes más importantes es Eduardo Reck Miranda quien desarrolla ampliamente la música evolutiva en su libro *Evolutionary Computer Music*

⁵ Disponible en http://www.evostar.org/2019/cfp_evomusart.php } }cite{ekartcomputational

partes con base a la armonía del periodo barroco [18], composición de fugas [19], creación de ecosistemas u organismos musicales en los cuales encontramos Sonomorphs de Gary Lee Nelson [23] y a Eden de Jon MacCormack [17]. En todos los casos siempre se ha enfocado el uso de los algoritmos genéticos a los parámetros musicales de altura, armonía y ritmo. El presente trabajo expone una aplicación en el parámetro tímbrico el cual ha sido poco explorado en recientes investigaciones.

2 DEFINICIÓN DE CONCEPTOS

Antes de abordar la implementación de los algoritmos genéticos en la envolvente acústica es preciso detallar y definir algunos conceptos para su comprensión.

2.1 Envolvente Acústica

Se define envolvente acústica como la evolución de la amplitud de un sonido, una envolvente representa el nivel macro de los cambios en la amplitud a lo largo del tiempo y son representados como curvas y/o segmentos de líneas rectas. La envolvente acústica por lo general tiene 4 fases o etapas: [5]

- **Attack:** fragmento en el cual la amplitud varía gradualmente de cero a su máximo (1).
- **Decay:** fragmento en donde decrece hasta cierto nivel en donde sigue el sustain.
- **Sustain:** la amplitud en este fragmento permanece aproximadamente constante.
- **Release:** Acá la amplitud decrece gradualmente hasta cero.

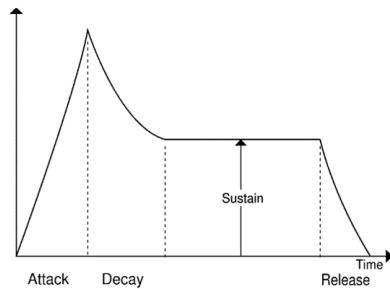


Figura 1: Evolución de la amplitud en el tiempo o envolvente acústica

Cada instrumento musical tiene una envolvente acústica particular la cual junto con el espectro armónico y la formante definen el timbre, y este a su vez es como la huella digital que caracteriza la cualidad de cada sonido. A continuación, presento envolventes acústicas de diferentes instrumentos musicales:

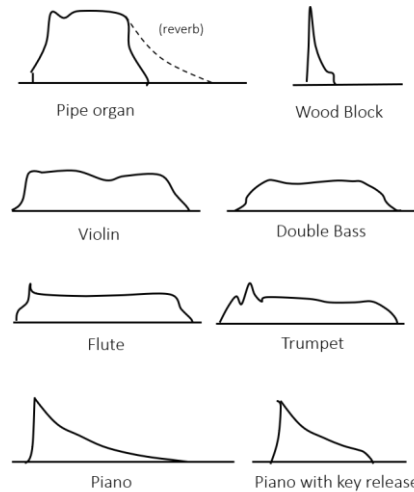


Figure 2: Envolventes acústicas de un órgano, caja china, violín, contrabajo, flauta, trompeta, piano y piano con las teclas liberadas. Imagen recuperada de Electronic Music and Sound Design [5]

2.1 Algoritmo Genético

El algoritmo genético fue desarrollado por John Holland en 1960, quien se propuso estudiar el fenómeno biológico de adaptación en la naturaleza y trasladarlo a sistemas computacionales.

Un algoritmo genético contiene los siguientes pasos:

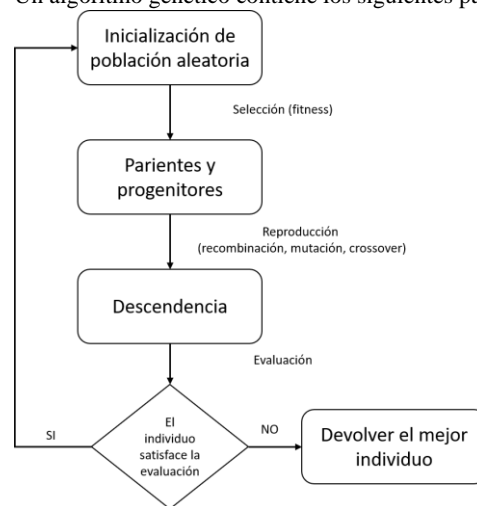


Figura 3. Diagrama de flujo de un algoritmo genético, conceptualización realizada a partir de los esquemas propuestos por E. R. Miranda, Al Biles [20] y Jensen [14]. Elaboración propia.

2.1 Caminata Aleatoria

Una caminata aleatoria es un proceso estocástico, el cual describe una trayectoria de pasos discretos o moderados al azar [13][29]. Una forma sencilla de entender lo que es una caminata aleatoria es por medio del ejemplo del borracho. Supongamos que un borracho quiere caminar de un punto A a un punto B, tal como

lo ilustra la figura 4 en la parte izquierda, el punto de inicio A es el poste del lado izquierdo del cual esta sujetado el borracho, y el punto de llegada es el poste del lado derecho. Esta persona deambularía de forma aleatoria e impredecible por la calle y eventualmente llegará a su destino. En la parte derecha de la figura 4 se ilustra un posible recorrido de caminata aleatoria del borracho en dos dimensiones [21][22].

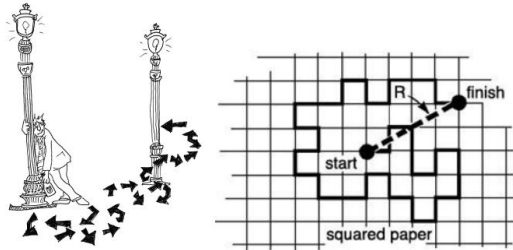


Figura 4. Ilustración de una caminata aleatoria por medio del ejemplo del borracho, imágenes extraídas de Advanced Design Studies [1] y Physics [26].

3 IMPLEMENTACIÓN

3.1 Codificación

El primer paso es codificar la envolvente esto realiza de la siguiente manera: en un vector de n elementos se guarda la información referente a la amplitud y el tiempo. A esto le llamaremos “gen” en alusión al concepto biológico.

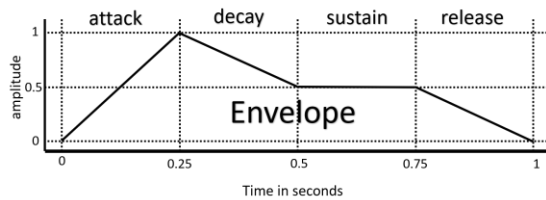


Figura 5. Envolvente típica, su gen sería [0, 1, 0.5, 0.5, 0]

En el lenguaje de programación gráfica *Pure Data* podemos elaborar o diseñar envolventes acústicas con tantos puntos o estados como deseemos, a continuación, se muestra el código para obtener el gen de una envolvente acústica de 7 puntos o estados.

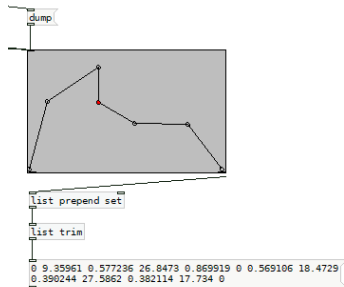


Figura 6: Programación en *Pure Daa* para obtener el gen de una envolvente acústica de 7 estados.

En la figura 6 podemos observar que el vector contiene más números de los 7 elementos que debería tener, esto se debe a que también contiene la información temporal, es decir para el instante

0 la amplitud es 0, pasados 9,35961 milisegundos la amplitud es 0,577236, a los 26,8473 milisegundos siguientes la amplitud es 0,869919, en ese mismo instante la amplitud cae a 0,569106, a los 18,4729 milisegundos la amplitud decrece lentamente a 0,390244, los próximos 27,5862 milisegundos la amplitud se mantiene casi constante hasta llegar a 0.382114 finalmente el release final tarda unos 17,734 hasta que la amplitud llega a 0.

3.2 Operadores Genéticos

Existen diversas formas de variación genética, las más usadas son expuestas a continuación.

3.2.1 *Mutación* Consiste en reemplazar un elemento aleatorio del genotipo por otro elemento aleatorio en el mismo intervalo. En este caso nos referimos a Modificar uno de los estados o puntos de amplitud en la envolvente agregar o eliminar ese punto, intercambiar dos puntos, clonar, interpolar, entre muchos otros más [2].

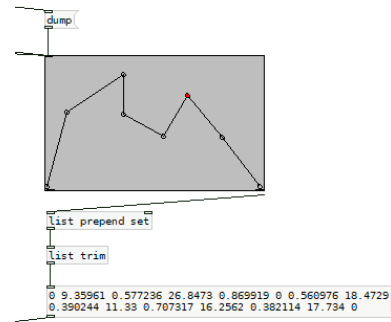


Figura 7: Mutación por adición en un estado de la envolvente acústica presentada en la figura 5, el estado que fue añadido está en rojo.

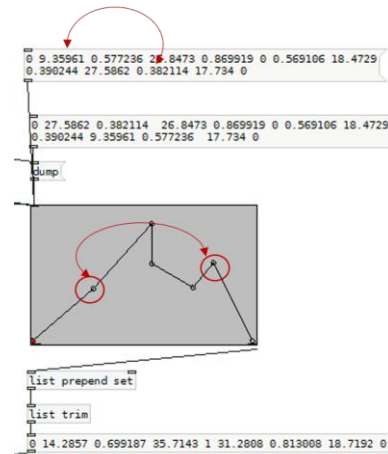


Figura 8. Intercambio de dos puntos. En la parte superior se observan los puntos del vector que son intercambiados, el siguiente vector se detallan los puntos ya intercambiados, en el gráfico está ilustrado el resultado de este intercambio, y finalmente el ultimo vector detalla el vector resultante del intercambio de estos dos puntos.

3.2.1 **Cruce o recombinación (crossover)** en este algoritmo los genotipos de dos progenitores se combinan utilizando diferentes procedimientos para generar los genotipos progenie [7].

- **Cruce Monopunto (Single point crossover):** se intercambia información genética a partir de un determinado punto.
- **Cruce de doble punto (two-point crossover):** se intercambia el material genético comprendido entre dos puntos. Pueden existir también cruces de tres o más puntos como el que se ilustra a continuación:

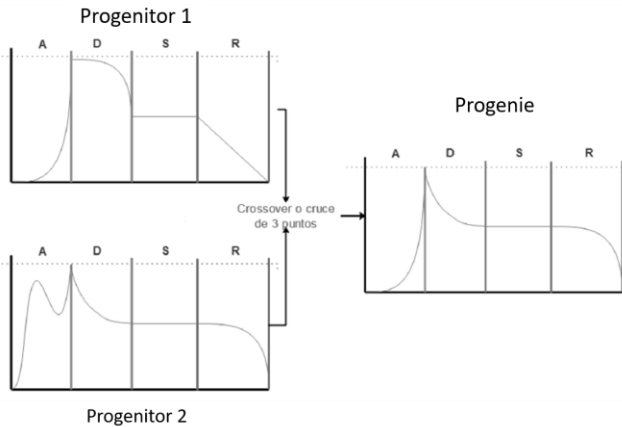


Figura 9. Crossover de 3 puntos en envolvente acústica. La imagen describe dos envolventes acústicas diferentes, las cuales mezclaron su información "genética" para crear otra envolvente acústica la cual tiene componentes de ambos progenitores. Se puede observar que la progenie tiene el ataque del progenitor 1, además tiene el decaimiento y relajación del progenitor 2. Por último, el sostenimiento es un parámetro, el cual es el mismo en ambos progenitores

3.3 Función de Aptitud

Una función de aptitud (Fitness Function) se utiliza para evaluar, por ejemplo, la calidad de las envolventes acústicas generadas a partir de un algoritmo genético con respecto a la proximidad que tengan frente a un objetivo. Este objetivo puede ser fijado de forma aleatoria o por un mentor (ser humano), por lo tanto, después de cada ronda de pruebas, simulaciones o iteraciones en donde va evolucionando la envolvente acústica, el mentor humano establecerá un óptimo al cual se orientará la evaluación [10][14][20]. Es preciso destacar que existen tres categorías de función de aptitud:

- **Evaluación interactiva:** fitness asignado por humanos [4].
- **Funciones de aptitud física:** reglas basadas en la teoría musical o la experiencia [25].
- **Funciones de aptitud por medio de aprendizaje autónomo:** redes neuronales artificiales (RNAs), aprendizaje automático (Machine Learning), modelos de Márkov [3].

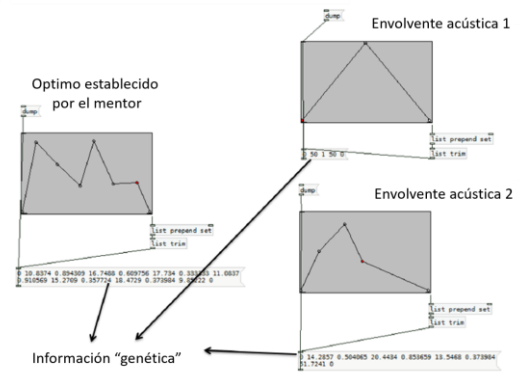


Figura 10. Implementación de la función de aptitud en Pure Data. La parte izquierda ilustra la envolvente acústica dada por el mentor y su representación numérica en un vector o arreglo de números. En la parte derecha se ilustra dos envolventes acústicas generadas de forma aleatoria.

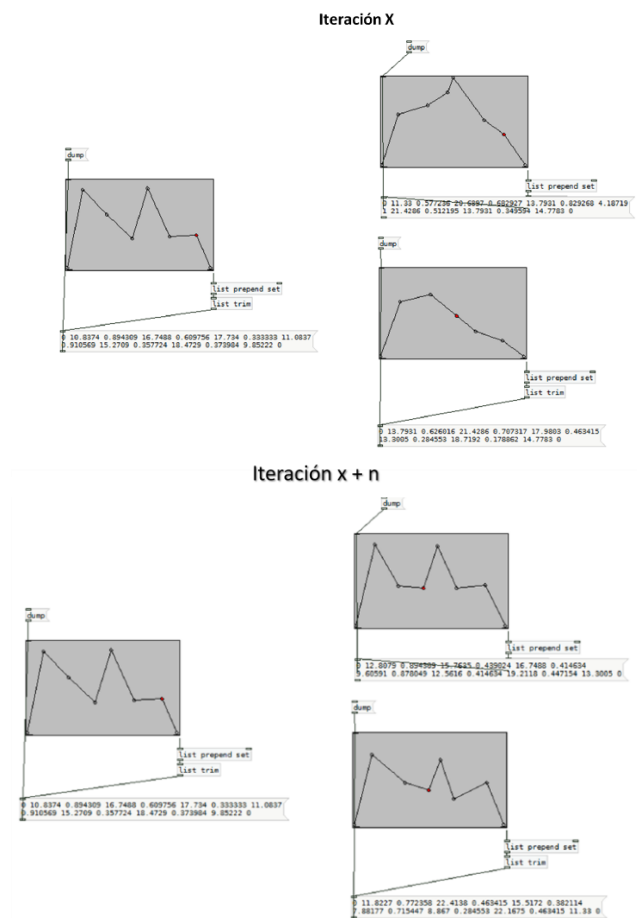


Figura 11: Implementación de la función de aptitud en Pure Data. Finalmente, después de muchas iteraciones o repeticiones del proceso de caminata aleatoria, las envolventes acústicas se van aproximando a la forma establecida por el director.

3.4 Valor del Fitness

La Función de aptitud *Fitness* se utiliza para determinar un criterio para la comparación de la calidad de los individuos. Esta determinación del valor del *fitness* en los algoritmos genéticos es un punto crítico en el diseño del algoritmo, pero en este caso se debe tener en cuenta un parámetro adicional, y es que la música es un evento sensorial subjetivo, es decir; depende de que tanto le gusta a una persona, lo que puede ser agradable para algunos para otros puede ser desagradable. Por el momento, no se ha definido una forma confiable y eficiente de determinar la función de aptitud que se relacione con una solución deseada. Dragan Matic en “*A Genetic Algorithm for composing music*” propone que el *fitness* f total está definido por la siguiente ecuación:

$$f = \sum_{i=1}^n \lambda_i f_i$$

donde λ_i representa el peso (influencia) del valor f_i para el *fitness* total, y n el número total de criterios. Por ejemplo, para las diferentes i , en f_i puede existir una relación entre el número de puntos en la envolvente acústica, entre los distintos momentos de la misma (attack, decay, sustain, release), o la relación entre los datos de los progenitores y la progenie, el parámetro λ_i le da un peso apropiado al valor [16].

Puesto que se tiene un individuo u objetivo establecido por el mentor humano al cual también se le suele llamar valor de referencia, la determinación del *fitness* está relacionada con la evaluación de como la progenie se parece al individuo u objetivo establecido por el mentor humano (valor de referencia), es posible entonces, que al generar progenie (iteraciones) se obtengan envolventes acústicas “buenas” pero que no se parezcan mucho al objetivo establecido por el mentor humano. Por lo tanto, se permiten patrones o modelos que disten del óptimo ya que a nivel subjetivo en cuanto a sus cualidades sonoras y tímbricas puedan llegar a ser interesantes.

Para el presente trabajo de investigación la similitud entre la envolvente acústica del individuo de referencia establecida por el mentor humano y la progenie, se establece sobre la base de “distancia”, es decir que tan distantes son, y se calcula comparando dato por dato, punto por punto, de la información “genética” de cada una de las envolventes acústicas. Desde la perspectiva matemática, la similitud o dependencia de dos variables aleatorias se determina por medio del coeficiente de correlación. Dicho coeficiente corresponde a una medida de su dependencia lineal, si cada variable tiene N observaciones escalares, el coeficiente de correlación de Pearson se define como:

$$\rho(A, B) = \frac{1}{N - 1} \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i - \mu_A}{\sigma_A} \right) \left(\frac{B_i - \mu_B}{\sigma_B} \right)$$

donde μ_A y σ_A son la media y la desviación estándar de A , respectivamente, y μ_B y σ_B son la desviación media y estándar de

B. También se puede definir el coeficiente de correlación en términos de la covarianza de A y B:

$$\rho(A, B) = \frac{cov(A, B)}{\sigma_A \sigma_B}$$

Para ejemplificar lo anterior se ha hecho uso del IDE Matlab y de la función $R = corrcoef(A)$ la cual devuelve la matriz de coeficientes de correlación Coeficiente de correlación para A, donde las columnas de A representan variables aleatorias y las filas representan observaciones. El código que se uso fue el siguiente:

```
data = []
save 'fitness.dat' data -ascii % save to myfile.dat
load fitness.dat % load the file
load fitness.dat
c1 = fitness(:,1);
c2 = fitness(:,2);
figure
scatter(c1,c2,'filled');
xlabel('Envolvente Acustica de Referencia');
ylabel('Envolvente Acustica Progenie 1');
title('Fitness Iteración X')

R=corrcoef(c1,c2); R(1,2)
```

El primer resultado que se halló fue el coeficiente de correlación para cada una de las iteraciones con ambos parámetros: amplitud y tiempo, y se obtuvieron los siguientes resultados:

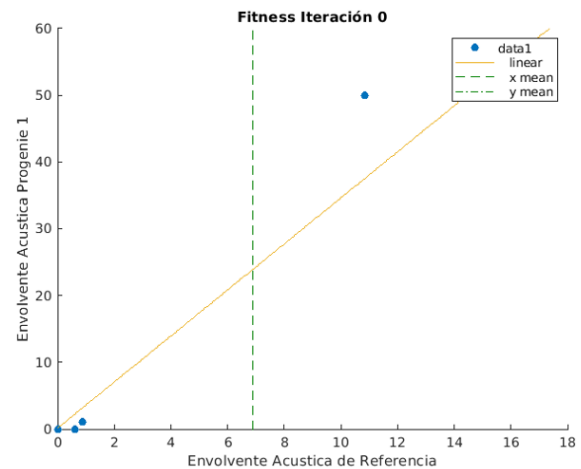


Figura 12. Gráfica de relación entre las variables de la envolvente acústica de referencia y la progenie 1 en la iteración 0.

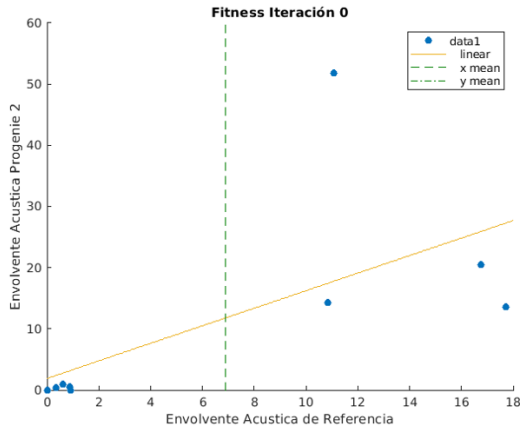


Figura 13. Gráfica de relación entre las variables de la envolvente acústica de referencia y la progenie 2 en la iteración 0.

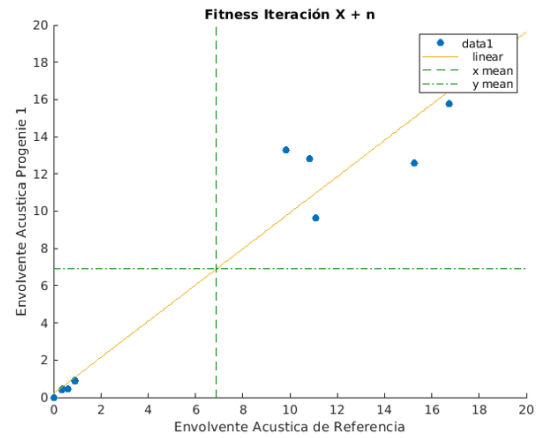


Figura 14. Gráfica de relación entre las variables de la envolvente acústica de referencia y la progenie 1 en la iteración X + n.

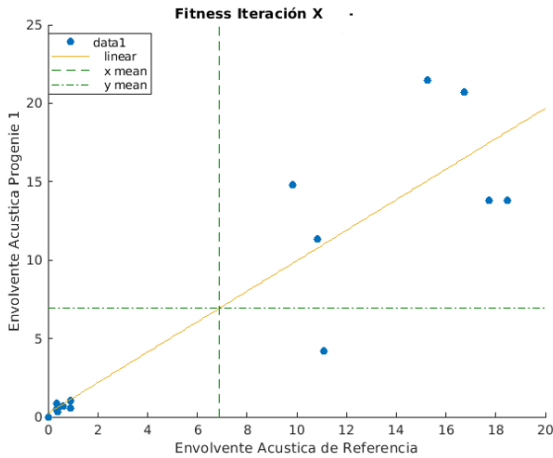


Figura 13. Gráfica de relación entre las variables amplitud y tiempo tiempo de la envolvente acústica de referencia y la progenie 1 en la iteración X.

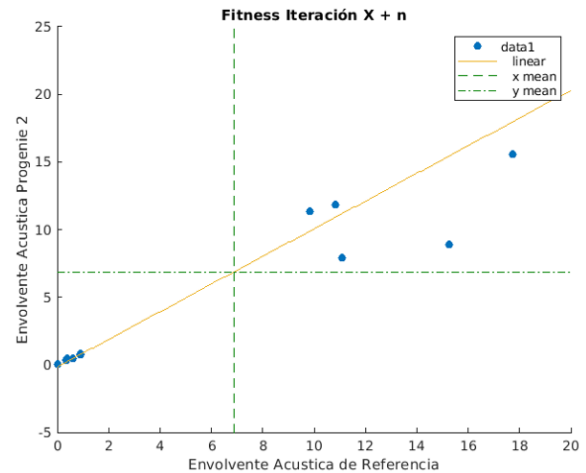


Figura 15. Gráfica de relación entre las variables de la envolvente acústica de referencia y la progenie 2 en la iteración X + n.

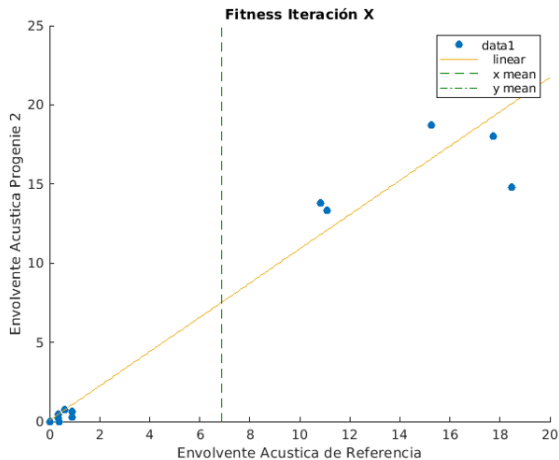


Figura 14. Gráfica de relación entre las variables de la envolvente acústica de referencia y la progenie 2 en la iteración X.

Los resultados del coeficiente de correlación se relacionan a continuación

	<i>Progenie 1</i>	<i>Progenie 2</i>
<i>Iteración 0</i>	0.9607	0.6288
<i>Iteración X</i>	0.9607	0.9718
<i>Iteración X + n</i>	0.9824	0.9425

Tabla 1. Resultados del coeficiente de correlación para ambas variables (amplitud, tiempo) en las progenies 1 y 2.

En la tabla se puede observar que los resultados obtenidos no fueron los esperados, ya que se suponía una relación creciente con el paso de las iteraciones, pero en este caso no vemos relación alguna, y esto se debe a que las variables amplitud y tiempo son independientes, es por esto que se debe calcular el coeficiente de correlación para cada una de estas variables por separado.

3.4.1 Coeficiente de correlación para la variable amplitud

A continuación, se presentan los resultados del coeficiente de correlación para la variable amplitud entre el valor de referencia establecido por el mentor humano y la progenie 1 y la progenie 2.

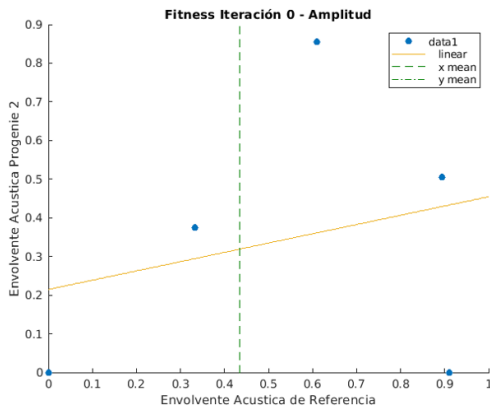


Figura 18. Gráfica de relación entre las variables de amplitud de la envolvente acústica de referencia y la progenie 1 en la iteración 0.

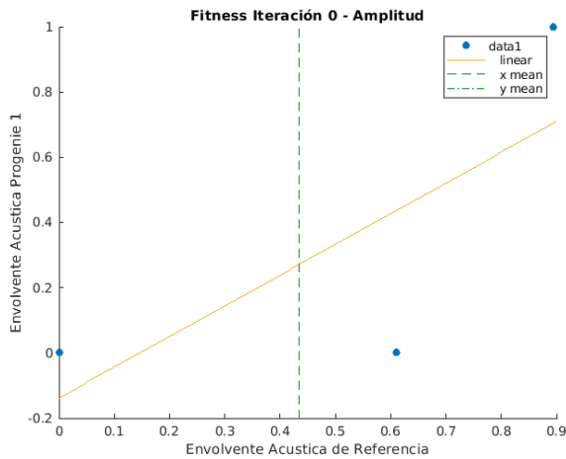


Figura 19. Gráfica de relación entre las variables de amplitud de la envolvente acústica de referencia y la progenie 2 en la iteración 0.

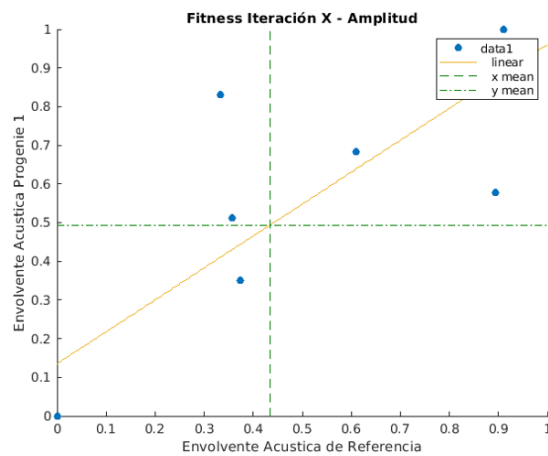


Figura 20. Gráfica de relación entre las variables de amplitud de la envolvente acústica de referencia y la progenie 1 en la iteración X

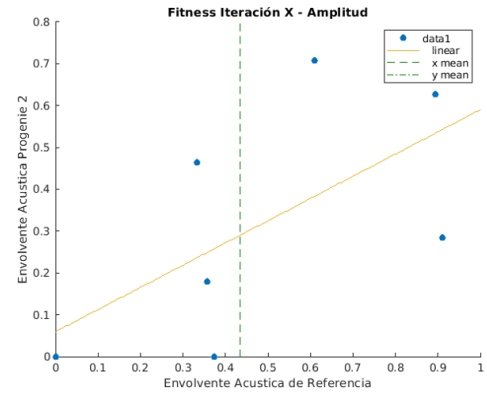


Figura 21. Gráfica de relación entre las variables de amplitud de la envolvente acústica de referencia y la progenie 2 en la iteración X.

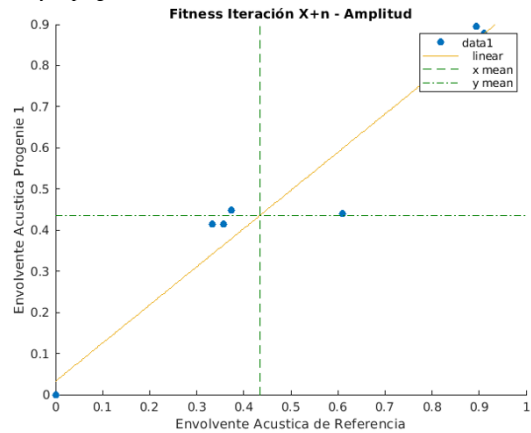


Figura 22. Gráfica de relación entre las variables de amplitud de la envolvente acústica de referencia y la progenie 1 en la iteración X + n.

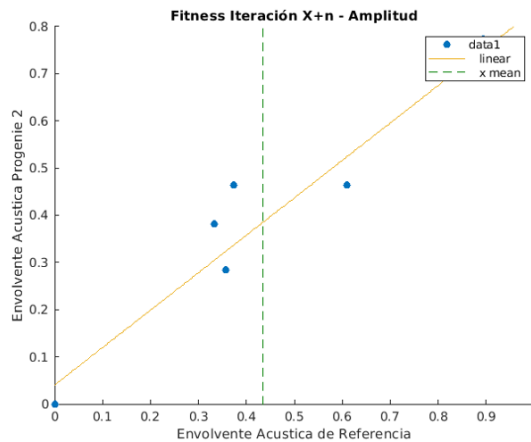


Figura 23. Gráfica de relación entre las variables de amplitud de la envolvente acústica de referencia y la progenie 2 en la iteración X + n.

	Progenie 1	Progenie 2
Iteración 0	0.7448	0.2572
Iteración x	0.8008	0.6116
Iteración X + n	0.9737	0.9709

Tabla 2. Coeficiente de Correlación de la variable amplitud entre la envolvente acústica de referencia y las envolventes acústicas de la progenie 1 y 2.

De la anterior tabla se puede deducir que la amplitud tanto de la progenie 1 como de la progenie 2 con el paso de las iteraciones tiende a parecerse a la establecida por el mentor humano.

3.4.2 Coeficiente de correlación para la variable tiempo

A continuación, se presentan los resultados del coeficiente de correlación para la variable tiempo entre el valor de referencia establecido por el mentor humano y la progenie 1.

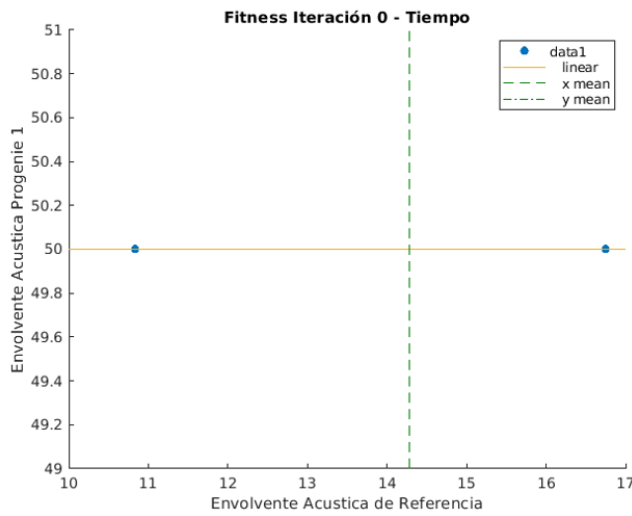


Figura 24: Gráfica de relación entre las variables de tiempo de la envolvente acústica de referencia y la progenie 1 en la iteración 0.

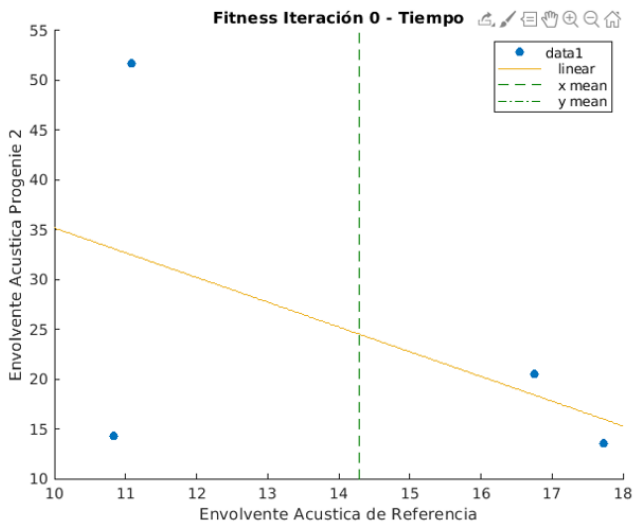


Figura 25: Gráfica de relación entre las variables de tiempo de la envolvente acústica de referencia y la progenie 2 en la iteración 0.

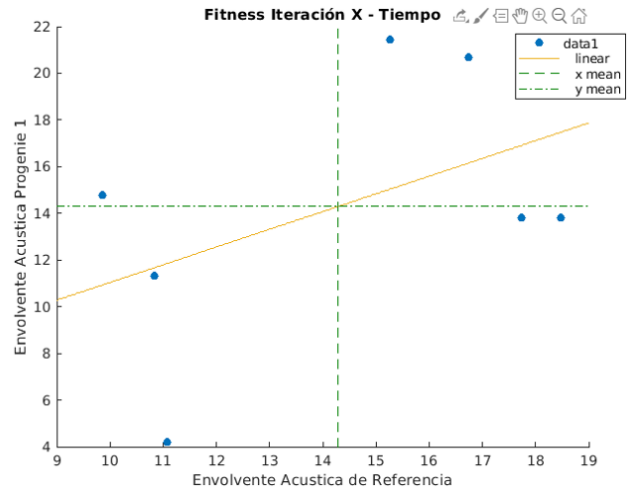


Figura 26: Gráfica de relación entre las variables de tiempo de la envolvente acústica de referencia y la progenie 1 en la iteración X.

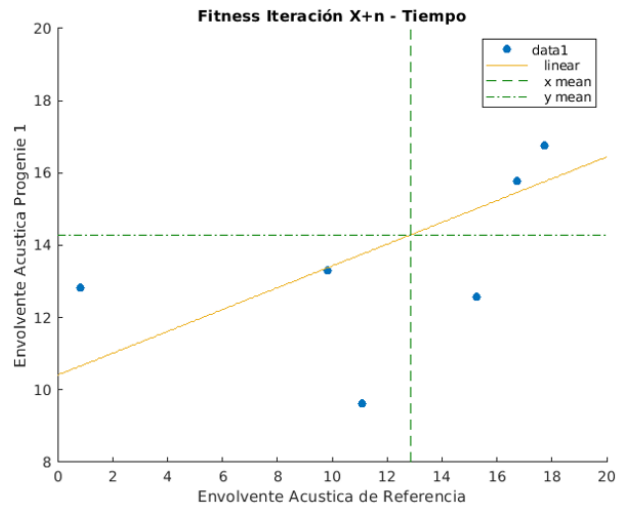


Figura 27: Gráfica de relación entre las variables de tiempo de la envolvente acústica de referencia y la progenie 2 en la iteración X.

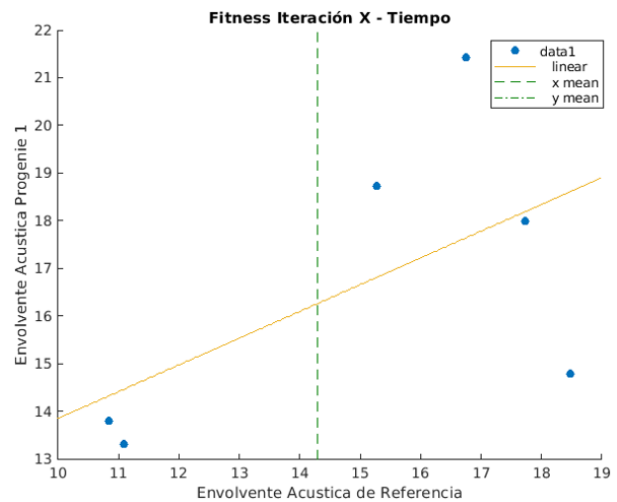


Figura 28: Gráfica de relación entre las variables de tiempo de la envolvente acústica de referencia y la progenie 1 en la iteración X + n.

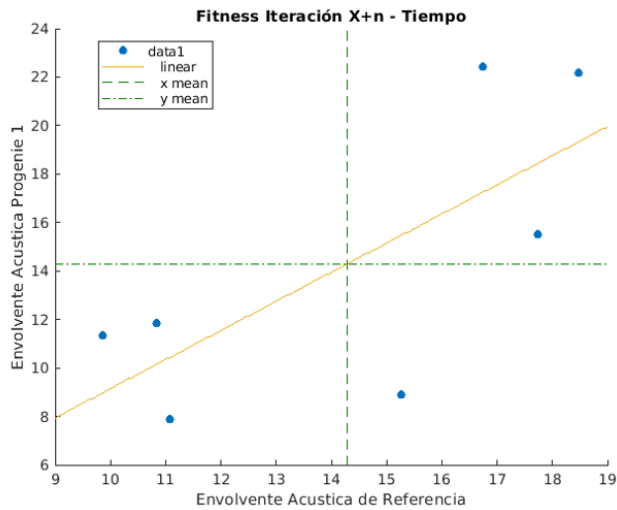


Figura 29. Gráfica de relación entre las variables de tiempo de la envolvente acústica de referencia y la progenie 2 en la iteración X + n.

	Progenie 1	Progenie 2
Iteración 0	NaN	-0.5017
Iteración x	0.4707	0.5804
Iteración X + n	0.5919	0.7252

Cuadro 3. Coeficiente de Correlación de la variable tiempo entre la envolvente acústica de referencia y las envolventes acústicas de la progenie 1 y 2.

Como era de esperarse, los valores con el paso de las iteraciones tanto en la variable amplitud como en la variable tiempo tienden a 1, es decir, con el paso de las iteraciones tanto la envolvente acústica de la progenie 1 como de la progenie 2 se van aproximando en similitud a la envolvente acústica establecida por el mentor humano.

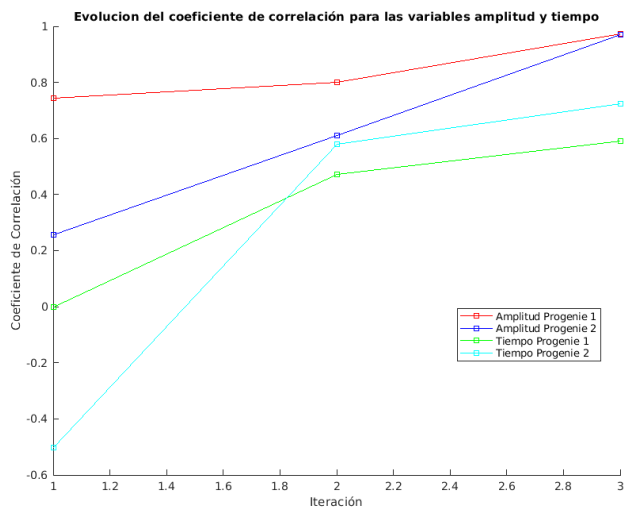


Figura 30: Gráfica de la evolución con el paso de las iteraciones del coeficiente de correlación de las variables amplitud y tiempo entre la envolvente acústica establecida por el mentor y las envolventes acústicas de las progenies 1 y 2.

CONCLUSIONES

Much of what happens in the universe results from recombination. The recombination of atoms, for instance, produces new molecules. Complex chemicals derive from the recombination of more rudimentary particles.

Humans evolve through genetic recombination and depend on recombination for communication, since language itself results from the recombining of words and phrases. Cultures thereby rely on recombination to establish and preserve their traditions. Music is no different. The recombinations of pitches and durations represent the basic building blocks of music. Recombination of larger groupings of pitches and durations, I believe, form the basis for musical composition and help establish the essence of both personal and cultural musical styles. As will be seen, recombination also plays a significant role in my Experiments in Musical Intelligence program. [6]

-David Cope-

Se le suele atribuir a Albert Einstein la siguiente frase: “Mira profundamente dentro de la naturaleza, y entonces comprenderás todo mejor”, sea de su autoría o no, el estudio de las leyes físicas, la biología, la química y en sí el estudio de la naturaleza y el posterior modelado en sistemas computacionales permite concebir nuevas perspectivas de componer y crear música. La estética de lo posible o la bio-estética planteada por Hernández afirma que la indagación o estudio de todas estas leyes pueden generar rupturas creativas que el mismo concepto no propone, por ejemplo, el mapa del ADN, el comportamiento de los animales o el funcionamiento de un ecosistema [11]. Todo lo anterior no sugiere ni propone algo creativo, más sin embargo por medio de exploraciones semánticas, se pueden generar otros caminos en los cuales se representa el pensamiento crítico y la potencia creadora, esto es evidente en mucho del trabajo del compositor de Eduardo Reck Miranda y de los trabajos publicados en EvoMUSART.

El uso de las matemáticas y la aplicación de sistemas no lineales en la creación musical, por medio de sistemas estocásticos, técnicas de control y optimización no lineal, no solo permiten entender y analizar las propiedades del sonido y de la música, sino que también hace posible el desarrollo de nuevos paradigmas estéticos en la creación artístico-musical, en donde la IA juega un papel importante proponiendo ideas de carácter creativo novedosas e imprevistas. Como bien lo afirma José Lopez-Montes en su trabajo GenoMus: prospección de técnicas de creatividad asistida por computadora mediante la metaprogramación de genotipos musicales, el diseñar algoritmos para generar música contiene decisiones de carácter compositivo, y si bien al programar no se compone música, los algoritmos son como el lienzo o la herramienta que constituye parámetros que harán posible la creación musical [15]. Es preciso citar a Ortega y Gasset, quien siendo consciente de que la temporalidad del hombre es consustancial a su persona afirmó somos hijos de nuestro tiempo. Por lo tanto, si bien en el pasado la partitura fue la herramienta compositiva por excelencia, hoy es preciso integrar la programación como herramienta meta-compositiva, la programación es la versión actual de lo que en otros tiempos se pensaba como lutheria.

AGRADECIMIENTOS

Extiendo un agradecimiento al ministerio de cultura ya que este proyecto de investigación fue producto de la beca “Pasantías Nacionales para formarse” establecida en el documento denominado “Convocatoria de Estímulos 2019 – Primera Fase”, y otorgada en la resolución número 1749 de 2019 / 14 de Junio de 2019: “*Por la Cual se acoge la selección de ganadores realizados por las instituciones nacionales con las cuales el Ministerio de Cultura tiene convenio para realizar las Pasantías Nacionales – Fundación Tecnológica LCI (LaSalle College), Amano Laboratorio Creativo S.A.S, Universidad Nacional de Colombia, Universidad de los Andes, y Museo nacional de Colombia, y se ordena el desembolso de los estímulos a favor de los ganadores*”.

De igual forma agradezco a la Universidad de los Andes y a todos los docentes involucrados por acogerme en este periodo académico y permitirme llevar a cabo esta investigación producto del proyecto ganador titulado “simbiosis 2.0 composición para gaita colombiana y entidades sónicas”.

REFERENCES

- [1] The University of Tokyo Advanced Design Studies. 2017. PYTHON INTRO 02 FUNCTION – RANDOM WALK. <http://cu.t-ads.org/?p=406>
- [2] Manuel Alfonseca, Manuel Cebrián, and Alfonso Ortega. 2007. A simple genetic algorithm for music generation by means of algorithmic information theory. In 2007 IEEE Congress on Evolutionary Computation. IEEE, 3035–3042.
- [3] Earl Bellinger. [n. d.]. Little Ludwig, an evolutionary learning machine for musical composition. ([n. d.]).
- [4] John A Biles et al. 1994. GenJam: A genetic algorithm for generating jazz solos. In ICMC, Vol. 94. 131–137.
- [5] Alessandro Cipriani and Maurizio Giri. 2010. Electronic music and sound design. Vol. 1. Contemponet.
- [6] David Cope. 2004. Virtual music: computer synthesis of musical style. MIT press.
- [7] Patrick Donnelly and John Sheppard. 2011. Evolving four-part harmony using genetic algorithms. In European Conference on the Applications of Evolutionary Computation. Springer, 273–282.
- [8] Anikó Ekárt. [n. d.]. Computational Intelligence in Music, Sound, Art and Design: 8th International Conference, EvoMUSART 2019, Held as Part of EvoStar 2019, Leipzig, Germany, April 24–26, 2019, Proceedings. Springer.
- [9] Eddie Jonathan García Borbón et al. [n. d.]. Simbiosis 1.0 Composición Para Bandola Andina Colombiana y Entidades Sónicas. ([n. d.]).
- [10] Claudia Lertora Ginés, Paloma López de Arenosa Barbeito, and Joanna Zevallos Rodríguez. 2013. MyTone: compositor musical con algoritmos genéticos. (2013).
- [11] Iliana HERNÁNDEZ. 2010. Estética de lo posible: vidas que emergen y vidas preexistentes. HERNANDEZ, Iliana; NIÑO, Raúl (ed. académicos). Estética, vida artificial y biopolítica: expansiones en la evolución cultural y biológica a través de la tecnología. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana (2010).
- [12] Andrew Horner and Lydia Ayers. 1995. Harmonization of Musical Progressions with Genetic Algorithms. In ICMC, Vol. 95. 483–484.
- [13] BD Hughes. 1995. RandomWalks and Random Environments, Volume 1: Random Walks Clarendon.
- [14] Johannes Høydahl Jensen. 2011. Evolutionary music composition: A quantitative approach. Master’s thesis. Institutt for datateknikk og informasjonsvitenskap.
- [15] José López-Montes and Antonio Palmer Aparicio. [n. d.]. Prospección de técnicas de creatividad asistida por computadora mediante la metaprogramación de genotipos musicales. ([n. d.]).
- [16] Dragan Matić. 2010. A genetic algorithm for composing music. Yugoslav Journal of Operations Research 20, 1 (2010), 157–177.
- [17] Jon McCormack. 2001. Eden: An evolutionary sonic ecosystem. In European Conference on Artificial Life. Springer, 133–142.
- [18] Ryan A McIntyre. 1994. Bach in a box: The evolution of four part baroque harmony using the genetic algorithm. In Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation. IEEE World Congress on Computational Intelligence. IEEE, 852–857.
- [19] Eric Milkie and Joel Chestnutt. 2001. Fugue generation with genetic algorithms. On the web: <http://www.cs.cornell.edu/boom/2001/Milkie> (2001).
- [20] Eduardo Reck Miranda and John Al Biles. 2007. Evolutionary computer music. Springer.
- [21] Richard A Monte. 1999. The random walk for dummies. MIT Undergraduate Journal of Mathematics 1 (1999), 143–148.
- [22] Charles N Moore. 2007. Random walks. Ramanujan Mathematical Society Mathematics Newsletter 17, 3 (2007), 78–84.
- [23] Gary Lee Nelson. 1993. Sonomorphs: An application of genetic algorithms to the growth and development of musical organisms. In Proceedings of the Fourth Biennial Art & Technology Symposium, Vol. 155.
- [24] Gerhard Nierhaus. 2009. Algorithmic composition: paradigms of automated music generation. Springer Science & Business Media.
- [25] George Papadopoulos and Geraint Wiggins. 1999. AI methods for algorithmic composition: A survey, a critical view and future prospects. In AISB Symposium on Musical Creativity, Vol. 124. Edinburgh, UK, 110–117.
- [26] Institute Of Physics. 2017. Practical Physics. <http://practicalphysics.org/randomwalk-experiment-2.html>
- [27] Miller S Puckette et al. 1997. Pure Data. In ICMC.
- [28] Gustavo Reis, Nuno Fonseca, Francisco Fernandez, and Anibal Ferreira. 2008. A genetic algorithm approach with harmonic structure evolution for polyphonic music transcription. In 2008 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology. IEEE, 491–496.
- [29] Pál Révész. 2005. Random walk in random and non-random environments. World Scientific.

SOLVING PROBLEMS OF CHESSBOARD USING A PARALLEL GENETIC ALGORITHM AND CUDA

ROBERTO M. POVEDA CH.¹ *, EDUARDO CARDENAS G.²

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital “Francisco José de Caldas”,

²Departamento de Matemáticas, Universidad Nacional de Colombia

*Corresponding Author: rpoveda@udistrital.edu.co

Abstract

In this paper we solve the problems of the $k \times k$ -chessboard such as the Knight's Tour, the Bishops Problem and the k Queens seen as a Quadratic Assignment Problem (QAP) using Parallel Genetic Algorithm (PGAG). This algorithm is implemented on CUDA.

Keywords: Chessboard Problems, Quadratic Assignment Problem (QAP), Parallel Genetic Algorithms (PGA), Graphics Processing Unit (GPUs).

1. Introduction

The Knight's Tour Problem consists to create a sequence of movements of a knight on a $k \times k$ -chessboard, so that the knight visits each square only once. There are two modalities, one is to find a Hamiltonian path in sequence of knight's move and the other is to find a Hamiltonian cycle in which the last visited square coincides with the first square in the path. The Bishops Problem consists to situate the maximum number of bishops on $k \times k$ chessboard, so that none of them attacks another. On a $k \times k$ -chessboard, the k Queens Problem consists to place k queens so that no queen attacks any of the others. These problems are adjusted to the model of QAP [8], which consists of assigning a set of n facilities in a set of n locations; cost is a function of the distance between locations and the flow between facilities. The objective is to assign each facility to each location so that the cost is minimized.

The k^2 squares of chessboard correspond to the n locations and their distances are measures according to the configuration in movement and attack corresponding to each chess piece involved in each of the four problems respectively, the n facilities and the flow between them are

adjusted according to each problem. GPU [1] is a suitable mechanism to run a PGA that allows to solve these problems, properly declaring individuals (chromosomes) for each one of these. A PGA significantly reduces calculation time, since each individual (of a simple Genetic Algorithm) is considered an independent unit from the processing viewpoint [2]. Our proposed algorithm is finally improved with 2-opt local search heuristics.

2. Implementation

The implementation was achieved using the fine grain parallel model, improved with the 2-opt local search heuristics for to solve four proposed problems (the Bishops Problem does not use 2-opt).

For each $k \times k$ -chessboard problem a two-dimensional GPU grid of size 8×8 defines the population of the genetic algorithm (set of permutations of the QAP) and each GPU block consists of n GPU threads where n is the size of QAP. Each GPU block is used to represent the chromosome of a single individual and each GPU thread represents a gene of such chromosome.

For a chessboard of size $k \times k$ we have $n = k^2$ squares, in such a way that each of them correspond to the n locations of the QAP, generating for each problem distance and ow matrices of size $n \times n$ that will be determined by the chess pieces involved and their allowed movements.

We solve the problems by QAP [8] finding a permutation

$$\sigma = (\sigma(0), \sigma(1), \dots, \sigma(k-1), \sigma(k), \dots, \sigma(n-1))$$

of set $N = \{0, 1, 2, \dots, n-1\}$ for $n = k^2$ such that

$$\min_{\sigma \in S_n} \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} f_{ij} d_{\sigma(i)\sigma(j)}$$

for suitable distance $D = d_{kl}$ and ow $F = f_{ij}$ matrices, as will be discussed below.

We interpret σ as the string (chromosome) that represents the entire coding of the individual of the PGA, the position i of the σ string corresponds to i th location and the value $\sigma(i)$ (i th gene of σ) corresponds to the $\sigma(i)$ th facility. $d_{\sigma(a)\sigma(b)}$ is the assigned distance (feasible or not feasible) to place (or move a knight) the chess pieces a and b in squares $\sigma(a)$ and $\sigma(b)$ respectively on linearized $k \times k$ -chessboard. $f_{a,b}$ is proper to each problem.

An individual in knight's open tour on $k \times k$ -chessboard is represented by permutation σ where the position's index represents the turn in which a knight's movement has been executed, i.e.

$$\sum_{i=0}^{n-2} d_{\sigma(i)\sigma(i+1)} = 0$$

Where, $d_{kl} = 0$ for correct movements of the knight and 1 otherwise.
 For example: $d_{\sigma(i)\sigma(i+1)} = d_{28,11} = 0$, for some i , $0 \leq i \leq n-2$, as in the 8x8 chessboard of figure 1.

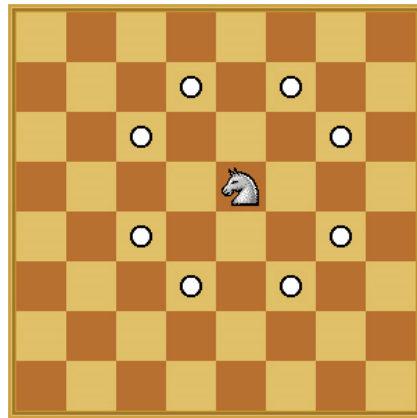


Fig. 1. Knight Problem.

Since

$$\sum_{i=0}^{n-2} d_{\sigma(i)\sigma(i+1)} = \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} f_{ij} d_{\sigma(i)\sigma(j)}$$

with flow matrix $F = f_{ij}$ an adjacency matrix of any hamiltonian cycle.

Similarly, the other problems are solved with adequate flow and distance matrices.

For the Queens problem

$$\sum_{i=0}^{k-2} \sum_{j=i+1}^{k-1} d_{\sigma(i)\sigma(j)} = 0$$

For example: $d_{\sigma(i)\sigma(j)} = d_{3,5} = 0$, for some i, j , as in the 8x8 chessboard of figure 2.

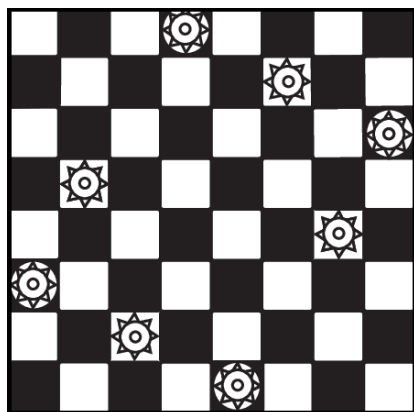


Fig. 2. Queens problem

3. Results and Discussion

For testing purposes, a custom CUDA program was written, the algorithms were executed in an Intel RCoreTM i7 - 4700HQ CPU @ 2.40GHz, RAM 8 GB y GPU NvidiaGeForce GTX 760M.

Five runs were performed for each problem size, its average number of iterations and time in seconds are presented in table 1. Table 2 shows some concrete solutions to our problems.

Table 1. Average number of iterations and time.

Problem	k	# iterations and time
Knight	5	21 (3.2)
	8	144(854.4)
Bishops	5	6 (0.01)
	8	320 (1.25)
Queens	5	1 (0.28)
	8	1 (6.14)
	9	1 (18.3)

References

- [1] NVIDIA. (2016) Cuda programming guide, <https://developer.nvidia.com/cuda-gpus>. <https://developer.nvidia.com/cuda-gpus>. [Online].
- [2] K. Jong, W. Spears, and D. Gordon, "Using genetic algorithms for concept learning," *Machine Learning*, vol. 13-2, no. 2, pp. 161-188, 1993.

- [3] R. Burkard, "The quadratic assignment problem." Pardalos P.M. Handbook of Combinatorial Optimization., 2013.
- [4] E. Taillard, "Comparison of iterative searches for the quadratic assignment problem," Location Science, vol. 3, pp. 87-105, 1995.
- [5] E. Lawler and J. Lenstra, "The traveling salesman problem", Wiley, Chichester, 1985.
- [6] M. Ujaldón, "Programming gpus with cuda," in Tutorial at 18th IEEE CSE'15 and 3th IEEE EUC'15 conferences, Porto (Portugal), Oct. 2015.
- [7] R. Poveda, J. Gómez, and O. García, "Comparative study of genetic operators for the grislant model," Jokull Journal, vol. 64, no. 11, pp. 304-320, Nov. 2014.
- [8] R. Poveda and J. Gómez, Solving the quadratic assignment problem (qap) through a fine-grained parallel genetic algorithm implemented on gpus, Springer Nature Switzerland AG (N. T. Nguyen et al. (Eds.): ICCCI 2018., ed.), LNAI 11056, September 2018, pp. 145-154.

Modelado y Simulación de Epidemias por Gusanos Informáticos con Autómatas Celulares de dos Dimensiones con Estados Susceptible-Infectado

Eliezer Erosa García
ESIME Culhuacan, Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México
elikz18@gmail.com

Jose Luis Cano Rosas
ESIME Culhuacan, Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México
lucskyr@gmail.com

Pedro Guevara López
ESIME Culhuacan, Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México
pguevara@real-time.mx

Diana Lizet González Baldovinos
ESIME Culhuacan, Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México
glez_lizet@hotmail.com

ABSTRACT

This paper presents the SI epidemiological model applied to the propagation of computer worms and it is compared to a new modeling proposal using two-dimensional cellular automata. The classical model studied is based on a criterion of approximations developed in [1], equations in finite differences are occupied and an iterative count is made through the cardinality of infected and susceptible host sets in different stages of the simulation; On the other hand, a novel basic model based on two-dimensional cellular automata is proposed where it is possible to represent a network of hosts with a lattice, being able to initiate the infection from one or more hosts of different locations; with this it is possible to have a basic model with quantitative and qualitative characteristics that is simpler and provides more information than a model based on differential equations.

KEYWORDS

Epidemics, cellular automata, computer worms, susceptible, infected.

RESUMEN

En este trabajo se presenta el modelo epidemiológico SI aplicado a la propagación de gusanos informáticos y se compara con una nueva propuesta de modelado utilizando autómatas celulares de dos dimensiones. El modelo clásico estudiado se basa en un criterio de aproximaciones desarrollado en [1], se ocupan ecuaciones en diferencias finitas y se hace un conteo iterativo a través de la cardinalidad de los conjuntos de host infectados y susceptibles en diferentes etapas de la simulación; por otra parte, se propone un novedoso modelo básico basado en autómatas celulares de dos dimensiones donde es posible representar una red de hosts con una lattice, pudiendo iniciar la infección desde uno o más hosts de diferentes ubicaciones; con esto es posible contar con un modelo básico con características cuantitativas y cualitativas mas simple y

que brinda mayor información a diferencia de un modelo basado en ecuaciones diferenciales.

PALABRAS CLAVE

Epidemia, autómata celular, gusanos informáticos, susceptible, infectado.

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con [1] y [2], un gusano informático es un código malicioso (malware) con la propiedad de propagarse por sí solo, al utilizar los procesos del sistema operativo que generalmente son invisibles al usuario. Desde que apareció el primer gusano informático en 1979, éstos han causado grandes daños a las instituciones gubernamentales, universidades y empresas, generando numerosas pérdidas, situación que es un antecedente de las repercusiones económicas y sociales que pudieran causar. El avance tecnológico actual ha permitido el desarrollo de este tipo de programas, en forma tal que cada vez es más difícil protegerse de ellos, de ahí la importancia de usar modelos epidemiológicos biológicos para modelar matemáticamente la dinámica de propagación de epidemias de gusanos informáticos, que permitan el desarrollo de herramientas para contraatacarlos de una manera rápida y efectiva [3]. Actualmente, para la solución de este tipo de problemas se usan diversos métodos numéricos, estos constituyen una serie de técnicas basadas en procesos cíclicos o iterativos basados en la aplicación de ecuaciones expresadas en forma recursiva, que relacionan dos o más elementos consecutivos de una sucesión de números, funciones, matrices, etc., permitiendo formular problemas matemáticos que pueden resolverse con operaciones aritméticas realizadas por equipos de cómputo, obteniéndose aproximaciones numéricas que permiten acercarse a la solución con un cierto grado de aproximación [4]. Esta investigación, se basa en el modelo Susceptible-Infectado (SI), previo al modelo de Kermack-McKendrick [5] que se utiliza para describir el comportamiento dinámico de la propagación de enfermedades biológicas. Una técnica básica para simular el

modelo SI y programarlo es el mostrado en [1] y [6], que asume que, en una comunidad con n individuos, el número de individuos en estado susceptible $S(t)$ entran en contacto directo con el número de individuos en estado infectado $I(t)$ quienes pueden contagiar o cambiar a estado infeccioso con una velocidad de infección β a los individuos en estado susceptible. El número total de individuos n será igual a la suma del número de individuos en estado susceptible $S(t)$, más el número de individuos en estado infectado $I(t)$. En la ecuación (1), se describe la dinámica del número de individuos susceptibles, en la ecuación (2), el número de individuos infectados y en la ecuación (3) el número total de individuos:

$$\frac{dS(t)}{dt} = -\frac{dI(t)}{dt} \tag{1}$$

$$\frac{dI(t)}{dt} = \beta S(t)I(t) \tag{2}$$

$$n = S(t) + I(t) \tag{3}$$

En donde la descripción de variables se aprecia en la tabla 1. El diagrama a bloques se aprecia en la figura 1.

Tabla 1: Descripción de las variables para el modelo epidemiológico biológico SI. Fuente: [1] y [7].

Variable	Descripción	Unidades
$S(t)$	Número de individuos susceptibles en el tiempo t	Individuos
$I(t)$	Número de individuos infectados en el tiempo t	Individuos
β	Velocidad de infección del proceso epidémico	Individuos/segundo
n	Número total de individuos	Individuos

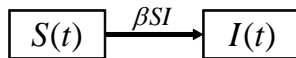


Figura 1: Diagrama de bloques del modelo epidemiológico biológico SI. Fuente: [1] y [7].

Es a partir de aquí donde inicia la propuesta de este trabajo, en las secciones siguientes se presenta el modelo aproximado de las ecuaciones (1), (2) y (3) basándose en el trabajo presentado en [1] y posteriormente se presenta el nuevo modelo basado en autómatas celulares de dos dimensiones teniendo una comparación final entre ambos.

2 MODELO CLÁSICO SI APROXIMADO

De acuerdo a [1] y [7], como resultado de la aproximación, la ecuación diferencial es reemplazada por un número finito de ecuaciones algebraicas en términos de los valores de la variable dependiente en puntos seleccionados. Para el modelo epidemiológico SI usado para describir el comportamiento de propagación del gusano informático se consideran los instantes de tiempo $t_{k-1}, t_k, t_{k+1} \in \mathbb{T}^+ \wedge k \in \mathbb{N}$ con $\Delta t = t_{k+1} - t_k \vee \Delta t = t_k - t_{k-1}$, entonces por diferencias finitas se consideraron las ecuaciones (4) y (5). Ver figura 2.

$$\frac{dS(t)}{dt} \approx \frac{\overline{S}(t_{k+1}) - \overline{S}(t_{k-1})}{2\Delta t} \tag{4}$$

$$\frac{dI(t)}{dt} \approx \frac{\overline{I}(t_{k+1}) - \overline{I}(t_{k-1})}{2\Delta t} \tag{5}$$

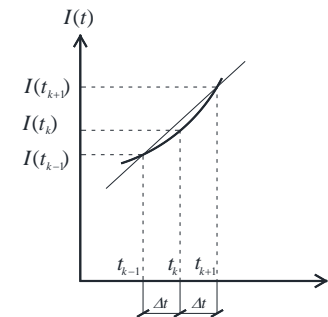
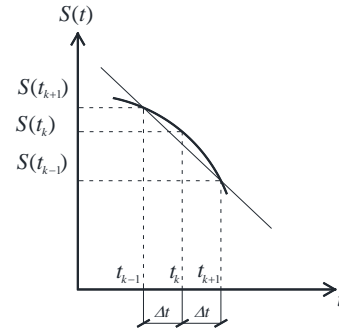


Figura 2: Curvas de la aproximación por diferencias finitas de $s(t_{k+1})$ e $i(t_{k+1})$. Fuente: [1] y [7].

Entonces, el modelo expresado en las ecuaciones (1), (2) y (3) queda como sigue en las ecuaciones (6), (7) y (8):

$$\overline{S}(t_k) = n - 2\Delta t \beta \overline{I}(t_{k-1}) \overline{S}(t_{k-1}) - \overline{I}(t_{k-2}) \tag{6}$$

$$\overline{I}(t_k) = 2\Delta t \beta \overline{I}(t_{k-1}) \overline{S}(t_{k-1}) + \overline{I}(t_{k-2}) \tag{7}$$

$$n = \overline{S}(t_k) + \overline{I}(t_k) \tag{8}$$

Las variables quedan descritas en la tabla 2.

Tabla 2: Descripción de las variables para el modelo clásico SI aproximado. Fuente [1] y [7].

Variable	Descripción	Unidades
$\overline{S}(t_k)$	Conjunto de hosts susceptibles	Hosts
$\overline{I}(t_k)$	Conjunto de hosts infectados	Hosts
β	Velocidad de infección del gusano informático	Hosts/segundo
n	Número total de hosts	Hosts
$ \overline{S}(t_k) $	Cardinalidad del conjunto de hosts susceptibles para el índice k	Hosts

$ \bar{I}(t_k) $	Cardinalidad del conjunto de hosts infectados para índice k	<i>Hosts</i>
k	Índice de las muestras de la epidemia	
Δt	Tiempo de muestreo de la epidemia	<i>segundos</i>

3 MODELO CLÁSICO SI BASADO EN UN AUTÓMATA DE DOS DIMENSIONES

Un autómata celular se define como un sistema dinámico discreto utilizado comúnmente para representar sistemas complejos en función de caracterizar sus componentes para simplificar su análisis. Las propiedades de los autómatas celulares se estudian haciéndolos evolucionar varias veces con configuraciones iniciales diferentes [8]. De acuerdo a [9], un autómata celular se conforma por los siguientes elementos: lattice: un arreglo finito y homogéneo de células, cada una de las cuales posee un estado de entre varios posibles. Conjunto de estados: es un conjunto de elementos mayor o igual a 2, cada uno de los cuales representa diferentes interacciones de las células en el autómata. Vecindario: es un conjunto de células que interactúan directamente con una célula en particular en un instante de tiempo y reglas de transición: son un conjunto de definiciones que determinan la interacción entre las células y sus respectivos estados.

Un autómata celular de dos dimensiones se distingue principalmente por la forma de su lattice, donde una de sus representaciones típicas es una rejilla cuadrículada de tamaño $n \times m$. Este tipo de autómatas celulares extiende la posibilidad de representar diferentes sistemas debido a la amplia combinación de configuraciones que se pueden escoger de entre vecindarios, conjuntos de estados y reglas de transición [9]. En la figura 3 se pueden observar los dos vecindarios más utilizados en autómatas celulares de dos dimensiones, el vecindario de von neumann y el vecindario de moore. Cada uno debe su nombre a john von neumann y edward f. Moore respectivamente, quienes definieron esas vecindades.



Figura 3: Ejemplos de vecindarios de von neumann (a) y vecindario de moore (b) en autómatas celulares de dos dimensiones [9].

3.1 Condiciones para el desarrollo del autómata celular

Para el diseño del autómata celular, primero se deben definir los estados posibles de cada host y representar la red de host a través de una lattice de dos dimensiones.

El conjunto de estados se seleccionó de acuerdo al modelo SI, teniendo cada estado una representación: Host susceptible $\rightarrow 1$ y Host infectado $\rightarrow 2$. También es importante mencionar que en el programa se contempla un tercer estado, cero (0), que se utiliza para describir celdas que se consideran vacías.

Para la construcción de la lattice a partir de la topología de red se hicieron las consideraciones siguientes (ver figura 4):

- a) Por la teoría de autómatas, se considera una red homogénea de hosts, es decir, las características de todos los hosts son ideales e iguales entre sí. Es decir, poseen el mismo sistema operativo y las mismas condiciones de hardware.
- b) Se establece que siempre existe al menos una ruta de conexiones entre dos hosts cualesquiera de la red.
- c) Con base en el punto anterior, se establece que existe un intervalo de evolución k en el que la epidemia se habrá propagado por todos los hosts de la red.
- d) La forma y tamaño de la lattice es fija a lo largo de la simulación, es decir, no se considera que los hosts existentes puedan desconectarse o que nuevos hosts puedan conectarse a la red.

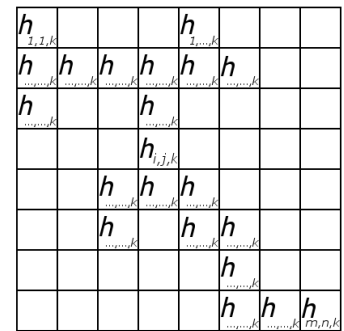


Figura 4: Ejemplo de una topología de hosts. Fuente propia.

Una problemática surge al buscar representar una arquitectura de red mediante una lattice, pues solamente una lattice no es suficiente para representar cualquier topología de red existente. En este caso, la topología representada es en bus. Una de las formas más comunes para modelar autómatas celulares de dos dimensiones es la de una rejilla cuadrículada, misma por la cual se optó para este proyecto. Se estableció que cada celda de la lattice corresponde a un host susceptible o infectado dependiendo del estado que se le asigne. Se optó por establecer una arquitectura de red tal que todos los nodos de la red sean conexos para estudiar los resultados de la simulación y realizar, más adelante, una comparativa con el comportamiento del modelo SI.

3.2 Vecindario y reglas de transición

Se optó por utilizar un vecindario de Von Neumann, mismo que se muestra en la figura 5. Este vecindario permite representar conexiones directas entre los hosts de la red mediante un desplazamiento en la lattice en un instante de tiempo. A diferencia de [10] y [11] en donde los vecindarios propuestos son vecindarios de Moore para representar un área radial de conexión. Para este trabajo se utilizará el vecindario de Von Neumann debido a su mayor simplicidad, de igual manera que se considera un autómata de 2 dimensiones.



Figura 5: Representación del vecindario implementado. Fuente propia.

Para el autómata celular se consideró una frontera abierta, esto es, para las celdas en la primera fila, los vecinos de la posición superior se consideran en valor cero, así como para las celdas de la última fila se consideran los vecinos inferiores con un valor cero. Para las celdas en la primera columna, los vecinos en la posición lateral izquierda se consideran en cero y para las celdas de la última columna los vecinos en la posición lateral derecha se consideran en cero.

Para definir las reglas de transición se tomó como referencia el modelo SI, en el cual se establece que la única transición posible es del estado Susceptible a Infectado, tal que: $S \rightarrow I$, Cuya equivalencia en el programa desarrollado para la simulación sería la siguiente: $1 \rightarrow 2$. El periodo de incubación del gusano informático se considera despreciable, por lo cual no le fue asignado ningún estado actualmente.

Para la simulación del modelo epidemiológico con el autómata celular, se itera sobre cada celda del autómata celular (q_0), si la celda tiene valor 1, que corresponde con un host susceptible, se hace llamado a la función que aplica las reglas de transición (q_1). Si la función devuelve un valor 2, que se corresponde con un host infectado, entonces la posición de la celda se guarda en una lista (q_2). Esto se repite para cada celda de la lattice. Este proceso se ilustra mediante un autómata finito en la figura 6.

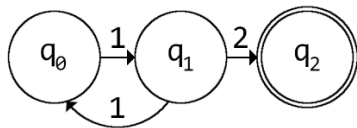


Figura 6: Representación del proceso de simulación del autómata celular mediante un autómata finito. Fuente propia.

Una vez se ha iterado sobre toda la lattice, se recorre la lista de posiciones de celdas infectadas que se recolectaron. Finalmente, las posiciones de los host infectados se actualizan en la lattice y el proceso se repite hasta completar las k evoluciones. Un ejemplo de este proceso sobre la topología de red en la lattice se ve en la figura 7.

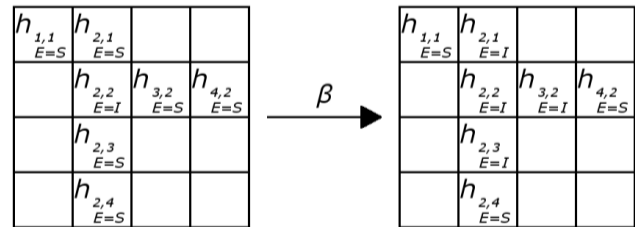


Figura 2. Ejemplo de la propagación de un gusano informático en una red de hosts en un tiempo β . Fuente propia.

4 RESULTADOS ESPERIMENTALES

Las pruebas se realizaron en una computadora Modelo DELL 15R con sistema operativo Debian GNU/Linux 9.0 y con el parche de tiempo real RT-Linux con versión de kernel 4.9.47-rt37. Las simulaciones se realizaron con una lattice de dimensión 50×50 .

Para analizar el comportamiento cualitativo a través del patrón de propagación se realizaron varias simulaciones, cada una diferentes condiciones iniciales: con un host infectado inicial diferente para comprobar que la posición del host infectado inicial es un factor que influye de manera significativa en la evolución del patrón de propagación, por lo cual se clasificaron las simulaciones en tres casos de estudio:

Infección inicial cerca de una esquina de la lattice, infección inicial cerca de un lateral de la lattice e Infección inicial cerca del centro de la lattice. Es importante mencionar que el modelo es determinista, con los mismos hosts infectados iniciales, siempre se obtendrán los mismos resultados.

4.1 Infección inicial cerca de una esquina de la lattice

Se considera una red no simétrica donde existe un camino para cada par de hosts. Para el primer experimento se propuso un host infectado inicial en la parte superior izquierda de la lattice, concretamente en la posición (1,0). En donde el número de iteraciones necesarias para alcanzar la propagación total de la red fue de 181. En la gráfica de la figura 8, se puede observar una curva irregular que va desde 0 a 75 iteraciones, esta forma sugiere que el número de nuevos hosts infectados incrementa conforme las iteraciones avanzan, sin embargo, al acercarse a la iteración 75, el número de nuevos hosts infectados por iteración comienza a decaer. Si se observa la progresión del autómata celular hasta ese instante, se nota que la infección alcanza a un menor número de hosts por iteración, esto es enteramente una cuestión relacionada a la arquitectura de red propuesta. Después de esta desaceleración en la curva, al llegar a la iteración 100, se vuelve a observar un mayor cambio de hosts infectados con respecto al número de iteraciones.

Si se observa el autómata celular, se notará un mayor alcance de hosts susceptibles en cada iteración, nuevamente esto debido a la arquitectura de red propuesta.

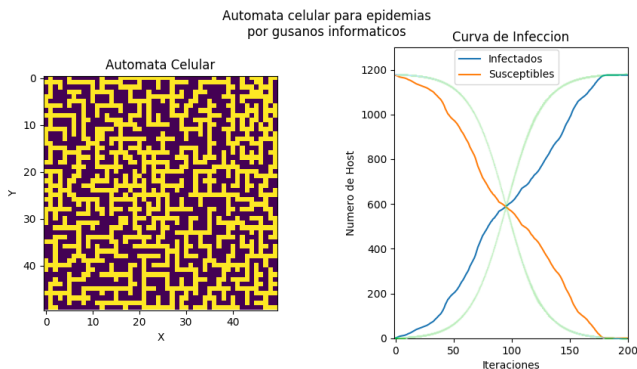


Figura 8: Resultado final de la simulación de la epidemia por gusanos informáticos con una infección inicial cerca de una esquina de la lattice. Las curvas irregulares son obtenidas por el autómata celular, mientras que las otras curvas son del modelo clásico SI aproximado. Fuente propia.

4.2 Infección inicial cerca de un lateral de la lattice

Esta simulación se realizó colocando el host infectado inicial en la posición (0,24) y requirió 172 iteraciones hasta alcanzar la propagación total. Esta simulación muestra un comportamiento similar al obtenido en el experimento A, siendo este último más lento. Se observa, en la figura 9, una caída en los hosts susceptibles que se incrementan conforme las iteraciones avanzan. Existe una leve desaceleración de la infección pasadas las 50 iteraciones, sin embargo, después de las 90 iteraciones, el cambio en el grupo de hosts infectados vuelve a aumentar.

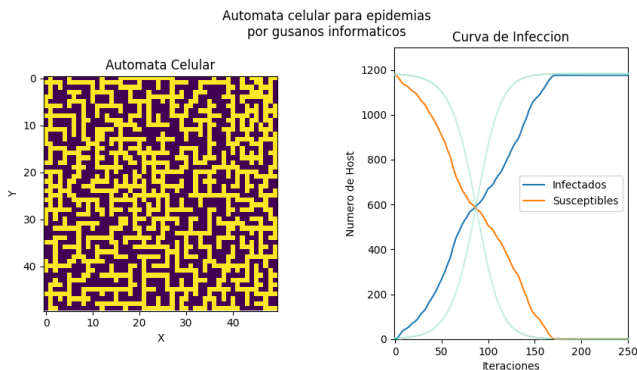


Figura 9: Resultado final de la simulación de la epidemia por gusanos informáticos con una infección inicial cerca de un lateral de la lattice. Las curvas irregulares son obtenidas por el autómata celular, mientras que las otras curvas son del modelo clásico SI aproximado. Fuente propia.

4.3 Infección inicial cerca del centro de la lattice

Para este experimento, el host infectado inicial se colocó en la posición (25, 24), y la propagación total se alcanzó al cabo de 151 iteraciones.

La curva de este experimento, ilustrada en la figura 10, muestra algunas irregularidades menores en el comportamiento de la curva, sin embargo, no parece haber alguna aceleración o desaceleración significativa a lo largo de la simulación.

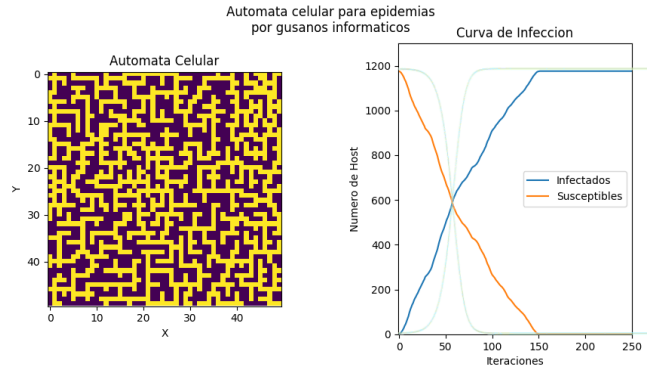


Figura 10: Resultado final de la simulación de la epidemia por gusanos informáticos con una infección inicial cerca del centro de la lattice. Las curvas irregulares son obtenidas por el autómata celular, mientras que las otras curvas son del modelo clásico SI aproximado. Fuente propia.

Considerando un mayor número de experimentos y modificando los valores iniciales de la ubicación de los primeros hosts infectados se obtuvo la siguiente tabla 3.

Número de experimento	Caso de experimento Hosts infectados iniciales	Coord. Infección inicial	Evoluciones hasta infección total	Evoluciones hasta 50% de infección
1	A (Superior-Izquierdo)	(1,0)	181	94.8
2	A (Superior-Derecha)	(49,0)	200	88.57
3	A (Inferior-Izquierda)	(1,49)	228	117.1
4	A (Inferior-Derecha)	(49,49)	243	131.55
5	B (Izquierdo)	(0,24)	172	85.9
6	B (Derecho)	(49,24)	204	92.59
7	B (Superior)	(24,0)	145	63.46
8	B (Inferior)	(24,49)	195	84.1
9	C (Centro)	(25,24)	151	57.1
10	A (Superior-Izquierdo + Inferior-Derecha)	(1,0), (49,49)	158	62.1
11	A (Superior-Izquierdo + Superior-Derecha)	(1,0), (49,0)	158	60.42
12	B (Izquierdo + Superior)	(0,24), (24,0)	145	55.3
13	B (Izquierdo + Derecho)	(0,24), (49,24)	149	44.7
14	A (Todos)	(1,0), (49,0), (1,49), (49,49)	84	38.05
15	B (Todos)	(0,24), (49,24), (24,0), (24,49)	56	27.37

Tabla 3: Tabla comparativa de los resultados obtenidos en los experimentos con el modelo SI por autómatas celulares para los casos A, B y C.

5 CONCLUSIONES

La mayoría de los modelos epidemiológicos se centran en el análisis numérico de la epidemia, ignorando comportamientos individuales de la población y la ubicación de los primeros hosts infectados. Una alternativa es el uso de autómatas celulares, estos permiten la representación de sistemas complejos prescindiendo de las ecuaciones diferenciales. En el trabajo, se analizaron las características cualitativas del patrón de propagación, reconstruyendo la dinámica de una infección por gusanos informáticos y contrastándolo con el modelo epidemiológico SI.

El modelo epidemiológico SI muestra curvas ideales pues considera que el número de individuos infectados crece de manera proporcional, no considera la topología de la red ni la ubicación de los hosts infectados iniciales. En el modelo por autómatas celulares presentado en este trabajo, se muestra que la tasa de crecimiento en el número de hosts infectados por unidad de tiempo no es constante y que, además este cambio está estrechamente relacionado con la posición del host infectado inicial o hosts infectados iniciales, así como con la arquitectura de red propuesta. A partir de esto y analizando los datos presentados en la tabla 3, se concluye que colocar un mayor número de hosts infectados iniciales no es una condición suficiente para que una infección se propague en menor tiempo. Se requiere situar el host infectado inicial en una posición donde pueda propagarse a través de más nodos en menor tiempo. Finalmente se concluye que el modelo propuesto basado en autómatas celulares de dos dimensiones no es estocástico, es determinístico pero sensible a condiciones iniciales.

REFERENCIAS

- [1] Guevara López, Pedro, et al. (2014). "Aproximación numérica del modelo epidemiológico SI para la propagación de gusanos informáticos, simulación y análisis de su error." *Tecnura* 18.42.
- [2] Erbschloe M. (2005). *Trojans, Worms, and Spyware: A Computer Security Professional's Guide to Malicious Code*, Massachusetts, USA. Ed. Butterworth-Heinemann (Elsevier). Pp. 33.
- [3] Nazario J. (2004). *Defense and Detection Strategies against Internet Worms*. Massachusetts, USA. Editorial Artech House. Pp. 2-8.
- [4] Iriarte R. (2007). *Métodos numéricos*. Capítulo 1: Aproximación numérica y errores. Segunda edición, Distrito Federal, México. Editorial Trillas.
- [5] J. Clerk Maxwell. (1892). *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon. Pp.68-73.
- [6] Hincapié D. y Ospina J. (2007). "Bases para la Modelación de Epidemias: el Caso del Síndrome Respiratorio Agudo Severo en Canadá", *Journal of Public Health* Vol. 9 No. 1.
- [7] J. Audelo. (2014). "Descripción formal y análisis por aproximaciones de los modelos epidemiológicos clásicos para gusanos informáticos". Tesis Doctoral en Comunicaciones y Electrónica, Instituto Politécnico Nacional. México.
- [8] S. Wolfram. (1985). "Twenty problems in the theory of cellular automata", *Physica Scripta*, Vol. T9, pp. 170-183.
- [9] J. L. Schiff. "Introduction to Cellular Automata - The Primordial Soup ..." [Online]. Available: http://psoup.math.wisc.edu/pub/Schiff_CAbook.pdf. [Accessed: 02-Dec-2018].
- [10] S. Peng, G. Wang and S. Yu. (2013). "Modeling the Dynamics of Worm Propagation Using Two-Dimensional Cellular Automata in Smartphones", *Journal of Computer and System Sciences*, Vol. 79, No. 5, Pp. 586-595, 2013. Available: 10.1016/J.Jcss.2012.11.007.S, Vol. 79, No. 5, Pp. 586-595.
- [11] G. García, M. Lárraga Ramírez and I. Alvarez-Icaza. (2017) "Worm propagation modeling considering smartphones heterogeneity and people mobility", proceedings of the 2017 international conference on applied mathematics, modeling and simulation.

Clasificación de Mamografías con Anormalidades Empleando Redes Neuronales Convolucionales

Manuel de Jesús Matuz Cruz[†]
Sistemas y Computación
Tecnológico Nacional de México,
Tapachula, Chiapas México
mjmatuz@tapachula.tecnm.mx

Dante Mújica Vargas
Ciencias Computacionales
Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico
Cuernavaca, Morelos México
dante@cenidet.edu.mx

Jesús Antonio Luna Alvarez
Ciencias Computacionales
Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico
Cuernavaca, Morelos México
jesus.luna18ce@cenidet.edu.mx

Resumen

La clasificación de las masas desempeña un papel de vital importancia en el diagnóstico del cáncer de mama, su detección en mamogramas se considera un problema difícil debido a su gran variación en forma, tamaño, frontera y textura y también debido a su baja relación señal / ruido comparada al tejido del seno circundante. Para abordar esta cuestión, la mayoría de los enfoques tradicionales dependen de las características artesanales para representar el contenido de las imágenes, como propuesta alternativa, se sugiere una red neuronal convolucional profunda para descubrir rasgos significativos, así como para clasificar las mamografías como saludables o con anomalías. La propuesta CNN consta de 5 capas convolucionales, 3 max-pooling capas, 3 capas totalmente conectadas y una capa Softmax. Bajo esta configuración, la propuesta es capaz de identificar 4 niveles de afectación en mamografías para clasificarlas. La capacidad de clasificar las mamografías del esquema introducido se evalúa mediante simulaciones extensas, su eficacia se verifica por resultados cuantitativos y cualitativos.

Palabras Clave

Redes neuronales convolucionales, aprendizaje profundo, diagnóstico asistido por computadora, mamografía, cáncer de mama.

Abstract

The masses classification plays a role of vital importance in diagnosis of breast cancer, its detection in mammograms is considered to be a challenging problem due to their large variation in shape, size, boundary and texture and also because of their low signal to noise ratio compared to the surrounding breast tissue. To address this issue, most traditional approaches dependent of handcrafted features to represent the content of images, as alternative proposal, we suggest a deep convolutional neural network to discover significant features as well as to classify the mammograms as healthy or unhealthy. The proposed CNN

consists of 5 convolutional layers, 3 max-pooling layers, 3 fully connected layers and a Softmax layer. Under this configuration, the proposal is able to identify 4 affectation levels in mammograms in order to classify them. The capacity to classify mammograms of the introduced scheme is evaluated by extensive simulations, its effectiveness is verified by quantitative and qualitative results.

Keywords.

Convolutional neural networks, deep learning, Computer-aided diagnosis, mammography, breast cancer.

Introducción

Actualmente el cáncer de mama es una de las primeras causas de muerte a nivel mundial, presentando en el año 2012, 1,7 millones de nuevos casos registrados [1].

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud, la detección a tiempo de cualquier anomalía a fin de mejorar el pronóstico y la supervivencia de los casos de cáncer de mama, sigue siendo la piedra angular de la lucha contra este cáncer [2]. Los sistemas de Diagnóstico Asistido por Computadora, (CAD, por sus siglas en inglés, Computer Aided Diagnosis) son conjuntos de herramientas automáticas o semiautomáticas que utilizan la tecnología informática para ayudar a los especialistas con la detección y clasificación de las anomalías [3]. Para el diagnóstico de cáncer de mama, la mamografía continúa siendo la principal técnica para la visualización de anomalías [4]. Una mamografía, es una radiografía de la mama creada a partir de la radiación de rayos X a una dosis baja, que se representa en una imagen en escala de grises y es utilizada para la detección de anomalías [5][6].

La detección de anomalías en mamografías, se ha realizado a través de varias técnicas como las redes neuronales convolucionales, operaciones morfológicas, redes neuronales wavelet o redes neuronales basadas en una función de base radial tipo M, entre otras. Los modelos de aprendizaje profundo también

se han adaptado a diferentes tareas médicas como la clasificación de tejidos en histología y las imágenes de histopatología, el diagnóstico de la enfermedad de Alzheimer, y la segmentación del cartílago de rodilla [1].

Trabajos recientes, demuestran una versatilidad en las técnicas para la detección anormalidades, las técnicas clásicas, presentan resultados aceptables, por ejemplo, en [3], utilizaron algoritmos genéticos en conjunto con una red neuronal celular, logrando una exactitud del 96.47%. En [6], tuvieron una exactitud del 90.83% con aplicación de algoritmos de segmentación. En [7], se enfocaron en la detección del pectoral a través de la detección de puntos y etiquetas de forma semiautomática, teniendo un 96.56% de aceptación por parte de los especialistas.

Actualmente, las técnicas de aprendizaje profundo como las redes neuronales convolucionales (CNN, por sus siglas en inglés: Convolutional Neural Network), son técnicas en desarrollo que han presentado resultados prometedores, por ejemplo, en [1], emplearon un modelo de red neuronal convolucional para la detección de masas en imágenes mamográficas donde alcanzaron una exactitud del 82%. En [8], demostraron una discriminación de las partes que detecta una mamografía como el pectoral, la mama, el pezón y zonas densas, teniendo un resultado del 61% en el reconocimiento de zonas densas y un 83% en las demás zonas. En [9], emplearon aprendizaje profundo en combinación con una máquina de soporte vectorial para la identificación de masas, este trabajo presento una exactitud del 89.7%.

Las redes convolucionales y otras técnicas en estos trabajos, han sido enfocadas a la detección de regiones en toda la mamografía logrando buenos resultados, sin embargo, aún es explorable la detección de regiones anormales dentro de la zona de la mama.

Para la realización de las pruebas, se trabajó con los bancos de imágenes publicas Mammographic Image Analysis Society (MIAS) [10] y Digital Database for Screening Mammography (DDSM) [11]. Los resultados experimentales demostraron que nuestro método alcanza un rendimiento del 92% en la detección de anormalidades en mamografías al analizar el banco de imágenes MIAS y 94% al realizar el análisis con imágenes la base de datos DDSM.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: en la Sección II, se detalla el objetivo del trabajo, mientras que en la Sección III, se describe el método propuesto empleando una red neuronal convolucional; la Sección IV muestra la experimentación realizada y el análisis de los resultados obtenidos; finalmente la Sección V se presentan las conclusiones, discusión y el trabajo futuro.

Redes neuronales convolucionales.

Las redes neuronales artificiales RNA, son sistemas compuestos por unidades llamadas neuronas que son empleadas en la clasificación de imágenes y su funcionamiento es inspirado en las

neuronas biológicas. Las RNAs tienen un proceso de entrenamiento donde aprenden de ejemplos y generalizan la información para emitir un resultado. Las RNA son capaces de extraer características que no se presentan de forma explícita [13].

Dentro de las técnicas del aprendizaje profundo, que son redes con dos o más capas ocultas, se encuentran las redes neuronales convolucionales, las cuales, funcionan como redes jerárquicas donde las capas de convolución alternan con capas de submuestreo para extraer las características simples y complejas de una imagen. Este tipo RNA, varían en su forma y número de capas dependiendo el problema para el que se diseñen y actualmente, han reportado resultados superiores a otros métodos en estudios de reconocimiento de objetos y reconocimiento de escritura [12], esto se debe a su capacidad de aprender representaciones de imágenes en contraposición a las características de bajo nivel. El aprendizaje de CNNs, requiere millones de parámetros y requiere un número muy grande de muestras de imágenes [14].

En las capas convolucionales, una CNN utiliza varios núcleos (filtros) de convolución para recorrer toda la imagen, generando diversos mapas de características. Una capa de Max-Pooling, sigue a una capa convolucional, y se utiliza para reducir las dimensiones de mapas de características y parámetros de red. Las Capas conectadas totalmente funcionan como una red neuronal tradicional y contienen aproximadamente el 90% de los parámetros en una CNN, es aquí donde se realiza la conversión de los mapas de características 2D en un vector de características 1D [14]. Las redes neuronales convolucionales, trabajan con la intensidad de los pixeles, estas aumentan el rendimiento de su clasificación cuando la imagen cuenta con más de un canal de información [8].

Objetivos

1. Crear una metodología capaz de lograr la identificación de anormalidades en mamografías por medio de técnicas del aprendizaje profundo, en específico las redes neuronales convolucionales, demostrando la capacidad de estas redes en la detección de regiones con diferentes niveles de opacidad, las cuales son un factor de riesgo en el paciente, debido a que pueden presentar algún grado de malignidad.

Metodología

El método desarrollado comprende dos etapas principales, el preprocesamiento, esto con el fin de elevar el nivel de discriminación al mejorar los detalles de la imagen, y la segunda fase, contempla el entrenamiento supervisado para el aprendizaje de las características empleando un modelo de red neuronal convolucional con base a las anormalidades de imágenes mamográficas. La cadena de procesamiento, comienza por extraer la región de interés, seguida de una transformación de escala de grises (formato original de una mamografía) a la aplicación del falso color basado en una paleta de colores, en la Figura 1, se

observa un ejemplo del preprocesamiento hasta llegar a la red neuronal convolucional.

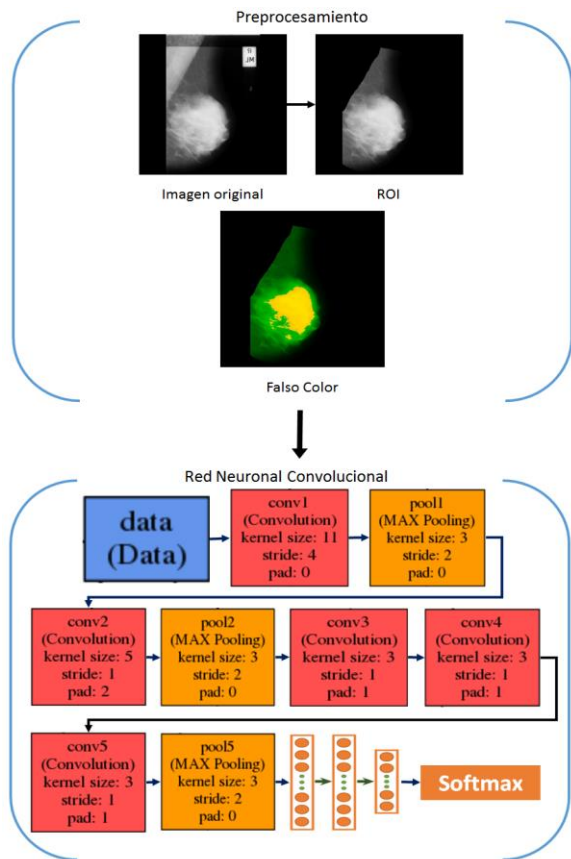


Fig 1. Preprocesamiento y CNN del modelo propuesto.

Se desarrolló un modelo de red neuronal convolucional representado en la Figura 1, basado en la arquitectura de AlexNet [15], la cual cuenta con cinco capas de convolución, tres de Max-Pooling, tres capas totalmente conectadas y una capa de Softmax. La posición de las capas de convolución y Max-Pooling, se representan con los colores rojo y amarillo respectivamente, mientras que las capas totalmente conectadas se visualizan anteceden a la capa de Softmax se representa con un tono anaranjado al final del modelo.

La primera capa convolucional filtra la imagen de entrada $224 \times 224 \times 3$ (altura, anchura y canales) con 96 núcleos de tamaño $11 \times 11 \times 3$ con un paso de 4 píxeles. La segunda capa convolucional toma como entrada la salida (respuesta normalizada y agrupada) de la primera capa y utiliza 256 núcleos de tamaño $5 \times 5 \times 48$. La tercera capa convolucional cuenta con 384 núcleos de tamaño $3 \times 3 \times 256$ conectados a las salidas (normalizadas, agrupadas) de la segunda capa convolucional. La cuarta capa convolucional tiene 384 núcleos de tamaño $3 \times 3 \times 192$, y la quinta capa convolucional tiene 256 núcleos de tamaño $3 \times 3 \times 192$. Las capas totalmente conectadas tienen un tamaño de 4096 neuronas

cada una. La capa de Softmax, se emplea para lograr una normalización en los parámetros de salida de la red al momento de realizar la separación entre clases.

Para el manejo de pruebas, se dividieron las 322 imágenes con las que cuenta MIAS, en 216 para entrenamiento y validación que corresponde al 67%, y 106 imágenes para experimentación el cual es un 33%. El último segmento, fue separado en dos clases (53 Sanas y 53 con alguna anomalía) validadas por la información con la que cuenta la base de datos MIAS y un especialista.

Al trabajar con el banco de imágenes DDSM, se utilizaron imágenes de 8 bits con un tamaño de 252×252 píxeles. Se manejaron 250 imágenes clasificadas en cinco categorías con 50 imágenes cada una, estas imágenes fueron seleccionadas de forma aleatoria, las primeras cuatro se constituyen de variantes en la densidad que presenta cada imagen, comenzando con la densidad nivel 1, considerándose como mamografías sanas sin presencia de anomalías, posteriormente, la densidad se incrementa en las clases de densidad 2, densidad 3 y densidad 4, siendo esta última la clase donde mayor anomalía (opacidad) se registra.

En la categoría denominada como "Cáncer", son mamografías que después varios estudios como, biopsias, ecografías, seguimiento por cuatro años u otras, se determina que existe presencia de anomalías malignas y se cuenta con una señalización en dicha zona [11]. En la Figura 2, se presenta un ejemplo de cada categoría empleada del banco DDSM. La secuencia del preprocesamiento para el banco DDSM, comienza con una conversión del modelo RGB a escala de grises debido a la naturaleza del banco de imágenes, seguido de una la extracción de la región de interés y transformación a falso color. En la Figura 3, se observa la secuencia del preprocesamiento.

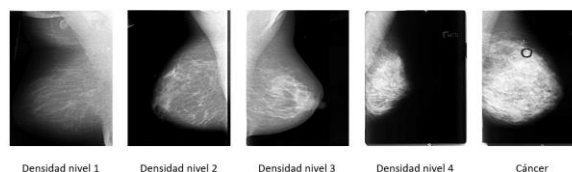


Fig 2. Clasificación de imágenes DDSM.

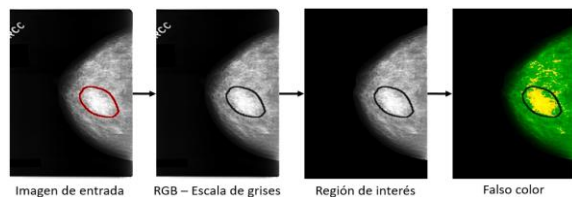


Fig 3. Procesamiento del banco de imágenes DDSM.

De acuerdo a la separación de las 322 imágenes del banco MIAS, se generaron dos clases de las 216 mamografías que

correspondían para entrenamiento y validación, cada una fue formada por 1000 sub-imágenes de regiones con anomalías y 1000 con zonas sin anomalías, en la Figura 4. Se visualizan ejemplos de ambas clases con las que se entrenó el modelo de red neuronal convolucional.

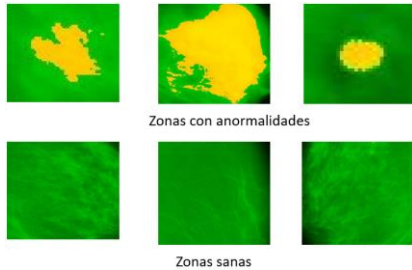


Fig 4. Ejemplos de sub-imágenes para el entrenamiento.
IV. Experimentación y Análisis de Resultados

En las redes neuronales convolucionales, existen parámetros como el tipo de formato de imagen, la tasa de aprendizaje, el porcentaje de validación, el tamaño de procesamiento del lote en paralelo y el número de épocas, de acuerdo a esto, se probaron diferentes valores en sus parámetros para adecuarlo al uso del análisis de imágenes mamográficas. En la tabla 1, se visualizan cinco clasificadores con su respectiva sintonización. Dentro de las pruebas, también se realizó la configuración de clasificador tomando en cuenta el entrenamiento y reconocimiento en escala de grises.

Tabla 1. Parámetros del modelo de red.

Parámetros	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
Imagen	Color	Grises	Color	Color	Color
Tamaño	256x256	256x256	256x256	256x256	256x256
Formato	JPG	JPG	PNG	PNG	PNG
Análisis	Imagen	Imagen	Pixel	Imagen	Ninguno
Épocas	50	50	50	50	50
Tasa	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Lote	15	15	15	15	15

De acuerdo a la literatura, se tomó como base las siguientes métricas para evaluar el desempeño del método propuesto:

Curvas Características Operativas del Receptor (ROC, por sus siglas en inglés: receiver operating characteristics.), constituyen una herramienta fundamental y unificadora en el proceso de evaluación y uso de las pruebas diagnósticas [16]. Evalúa la capacidad discriminativa del test, es decir, su capacidad de diferenciar entre sujetos sanos y enfermos, y comparar la capacidad discriminativa de dos o más test diagnósticos que expresan sus resultados como escalas continuas [17].

Área bajo la curva ROC, se toma como la probabilidad de clasificar correctamente un par de individuos sano y enfermo, seleccionados al azar de la población, mediante los resultados obtenidos al aplicarles la prueba diagnóstica. El área bajo la curva ROC, resume la capacidad de un indicador.

Exactitud, es la capacidad de una prueba diagnóstica para clasificar correctamente a los individuos en subgrupos clínicamente relevantes. En su forma más simple es la capacidad para distinguir entre dos estados de salud, esto se calcula con base a la Ecuación 1.

$$Exactitud = \frac{VP + VN}{Totaldecasos} \quad (1)$$

Sensibilidad de una prueba diagnóstica es la probabilidad de obtener un resultado positivo cuando el individuo tiene la enfermedad. Mide su capacidad para detectar la enfermedad cuando está presente, la forma de calcular la sensibilidad se presenta en la Ecuación 2.

$$Sensibilidad = \frac{VP}{VP + FN} \quad (2)$$

Especificidad de una prueba indica la probabilidad de obtener un resultado negativo cuando el individuo no tiene la enfermedad. Mide su capacidad para descartar la enfermedad cuando ésta no está presente [16], el cálculo de la especificidad se logra de acuerdo a la Ecuación 3.

$$Especificidad = \frac{VN}{VN + FP} \quad (3)$$

En la Tabla 2, se presentan los resultados obtenidos de los cinco clasificadores probados. En el clasificador 2 se emplearon imágenes en escala de grises, alcanzando una exactitud del 55%, clasificando así, a las mamografías con anomalías como sanas al mostrar una sensibilidad del 9% y una especificidad del 100%, los clasificadores 1, 3, 4 y 5 fueron probados con imágenes a color, esto para aumentar el nivel de discriminación por parte del modelo de red neuronal convolucional empleado. El clasificador 1, presenta una exactitud del 84%, con una sensibilidad del 67% y una especificidad del 100%, mientras que el clasificador 4 alcanza un 80% de exactitud, un 86% de sensibilidad y un 73% de especificidad. El clasificador 5 presenta una exactitud del 51%, una sensibilidad del 100% y una especificidad del 1%, clasificando a la mayoría de las imágenes con anomalías sin poder reconocer a las mamografías sanas. En la Figura 5, se visualizan las curvas ROC obtenidas por los clasificadores.

Tabla 2. Concentrado de resultados obtenidos en los clasificadores.

Resultados	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5
Exactitud	84%	55%	92%	80%	51%
Error	18%	45%	8%	20%	49%
Sensibilidad	67%	9%	88%	86%	100%
Especificidad	100%	100%	96%	73%	1%
Prevalencia	50%	50%	50%	50%	50%
Precisión	100%	100%	95%	76%	50%
Área de curva	0.840	0.557	0.925	0.802	0.509

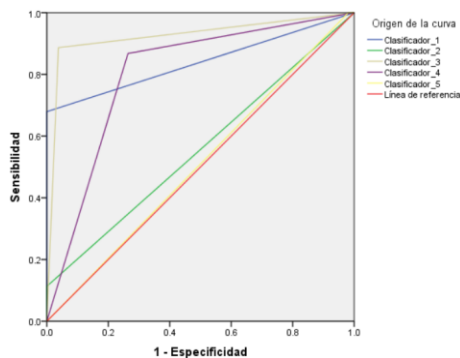


Fig 5. Curvar ROC de los clasificadores probados con MIAS.

De acuerdo a la Tabla 2, se observa que el clasificador que mejores resultados obtuvo, fue el número 3 teniendo una combinación de imágenes a color en tamaño de 256 x 256, manejando un formato PNG, una tasa de aprendizaje de 0.001, el nivel de exactitud es del 92%, una sensibilidad del 88% con una especificidad del 96%, esto demuestra ser efectivo en el reconocimiento de imágenes sanas como verdaderos negativos y solamente 6 imágenes de 53 de la clase con anomalías fueron identificadas fuera del rango de los verdaderos positivos. con base al área de la curva, se define que el clasificador 3 define una mamografía con anomalías diferente en un 93% a una sana.

En la continuación de las pruebas, y, para probar el rendimiento del clasificador 3, se utilizó el banco DDSM, realizando un comparativo entre el nivel de densidad 1 (considerada como sana) con las cuatro clases restantes, obteniendo resultados basados en los niveles de densidad.

En la Tabla 3, se observa que entre las clases de densidad 1 y 2, el nivel de exactitud es del 70% debido a que clasifica casos con anomalías en el grupo de sanos, esto se refleja en el 30% de error y un área de curva ROC baja. Para las pruebas entre densidad 1 y 3, los resultados mejoran teniendo una exactitud del 83% donde se considera un área de curva buena y la sensibilidad hace referencia con la especificidad en un 86% y 80% respectivamente. En las pruebas en densidad 4 y Cáncer, se tienen resultados similares, debido a que reconoce perfectamente el nivel de opacidad aun cuando en Cáncer puede o no tener una región significativa. En estas pruebas, se alcanza una exactitud del 94%, manteniendo una sensibilidad del 89% y una especificidad del 100%. En la Figura 6, se observan las curvas ROC obtenidas de las comparaciones entre las clases de las imágenes de DDSM.

Tabla 1. Concentrado de resultados con el banco DDSM.

Resultados	Den 1 - 2	Den 1 - 3	Den 1 - 4	Den 1 - CA
Exactitud	70%	83%	94%	94%
Error	30%	17%	6%	6%
Sensibilidad	81%	86%	89%	89%
Especificidad	64%	80%	100%	100%
Prevalencia	32%	45%	56%	56%
Precisión	52%	78%	100%	100%
Área ROC	.705	.836	.943	.943

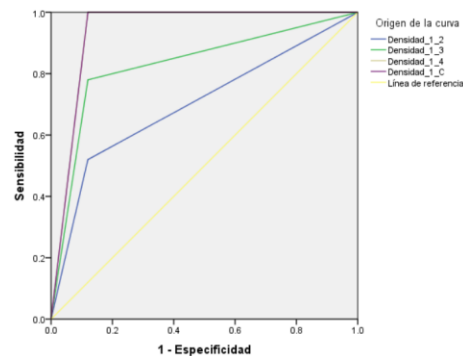


Fig 6. Curvas ROC con DDSM.

En la Figura 7, se observa una gráfica donde, se comparan los resultados con otros modelos propuestos en la literatura para la identificación de anomalías. En donde [8], presento un 61% de exactitud. En [18], 88%, en [1] presentaron un rendimiento del 82%, mientras que en [19] una exactitud del 96.5% y en [20], una exactitud del 92%.

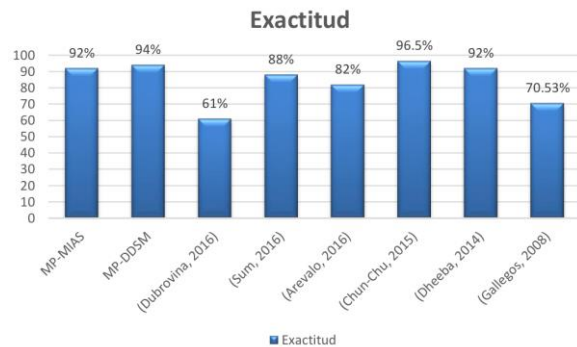


Fig 7. Comparación del modelo propuesto (MP) con diferentes técnicas.

V. Conclusiones

En la realización de las pruebas con el Modelo Propuesto, empleando el banco de imágenes MIAS, se obtuvo una exactitud del 92% con una especificidad del 96% y una sensibilidad del 88%. En las pruebas de rendimiento con la base de datos DDSM, se alcanza una exactitud del 94% con una especificidad del 100% y una sensibilidad del 89%. Ambas pruebas fueron realizadas bajo los mismos parámetros, imágenes a color en tamaño de 256 x 256 en formato PNG, una tasa de aprendizaje de 0.001.

De acuerdo a los resultados, se demuestra que el método propuesto, presenta datos superiores a varias técnicas vistas en la literatura, dejando como trabajo futuro, realizar la automatización de la segmentación y la región de interés por medio de técnicas de aprendizaje profundo. Las redes neuronales convolucionales, presentan mejor rendimiento cuando las imágenes únicamente cuentan con la región de interés y existe una diferencia en la intensidad de los píxeles suficientemente discriminante, esta función requiere de un tratamiento independiente al trabajo que las redes convolucionales realizan.

Agradecimiento

Los autores expresan su gratitud a CONACYT, así como a Tecnológico nacional de México / CENIDET por el apoyo brindado al departamento de ciencias computacionales, en el cual fue posible llevar a cabo esta investigación que es parte del proyecto 5628.19-p llamado "Sistema embebido para asistencia de conducción basada en lógica difusa tipo-2".

Referencias

[1] J. Arevalo, F. A. González, R. Ramos-Pollán, J. L. Oliveira, M. A. Guevara. Representation learning for mammography mass lesion classification with convolutional neural networks. *Computer methods and programs in biomedicine*. Volume 2016 127, pp. 248–257.

- [2] Organización Mundial de la Salud (2015). Cáncer de mama: prevención y control. Recuperado el 1 de noviembre de 2016, de <http://www.who.int/topics/cancer/breastcancer/es/index4.html>.
- [3] R. Rahimeh, J. Mehdi, K. Shohreh, K. Peiman. Benign and malignant breast tumors classification based on region growing and CNN segmentation. *Expert Systems with Applications*. Volumen 2015 42, pp. 990–1002.
- [4] F. A. Angarita, S. A. Acuña. Cáncer de seno: de la epidemiología al tratamiento. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, D.C. Colombia 2008.
- [5] Y. Chen (2014). Biblioteca Nacional de Medicina de los EE.UU. Medlineplus. Recuperado el 1 de noviembre de 2016 de <https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/000913.htm>.
- [6] K. Sourour, J. Hajer, H. Kamel. An automated method for breast mass segmentation" *International Conference of Soft Computing and Pattern Recognition*. *Soft Computing and Pattern Recognition (SoCPaR)*, 2014 6th International Conference of. ISBN 978-1-4799-5934-1 2015.
- [7] P. S. Vikhe, V. R. Thool. Intensity based Automatic Boundary Identification of Pectoral Muscle in Mammograms. *Procedia Computer Science*. Vol. 2016 79 pp. 262 – 269.
- [8] A. Dubrovina, P. Kisilev, B. Ginsburg, S. Hashoul, R. Kimmel. *Computational Mammography using Deep Neural Networks*, 2015.
- [9] J. Wang, X. Yang, H. Cai, W. Tan, C. Jin, L. Li. Discrimination of Breast Cancer with Microcalcifications on Mammography by Deep Learning. *Scientific Reports*. Vol. 2016 DOI: 10.1038/srep27327.
- [10] J. Suckling, et al. The Mammographic Image Analysis Society Digital Mammogram Database Excerpta Medica. *International Congress Series* 1069. Vol. 1994 pp. 375-378.
- [11] M. Heath, K. Bowyer, D. Kopans, R. Moore, W. P. Kegelmeyer. The Digital Database for Screening Mammography, In *Proceedings of the Fifth International Workshop on Digital Mammography*. M.J. Yaffe, ed., 212-218, Medical Physics Publishing, 2001 ISBN 1-930524-00-5.
- [12] A. Coates, H. Lee, A. Y. Ng. An analysis of single-layer networks in unsupervised feature learning. *The 14th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS)* Fort Lauderdale, FL, USA. Volumen 2011 15.
- [13] A. S. Brandão, D. C. Jorge. Artificial Neural Networks Applied to Image Steganography. *IEEE Latin America Transactions*, vol. 14, no. 3, marzo 2016.
- [14] M. Oquab, L. Bottou, I. Laptev, J. Sivic. Learning and Transferring Mid-Level Image Representations using Convolutional Neural Networks. *The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2014, pp. 1717-1724.
- [15] A. Krizhevsky, Sutskever, Ilya, G. E. Hinton. *ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks*. Curran Associates, Inc. Vol. 2012 pp. 1097-1105.
- [16] M. J. Burgueño, J. L. García-Bastos, J. M. González-Buitrago. Las curvas ROC en la evaluación de las pruebas diagnósticas. *Medicina Clínica*. Vol. 1995 pp. 661-670.
- [17] J. Cerda, L. Cifuentes. Uso de curvas ROC en investigación clínica. *Aspectos teórico-prácticos*. *Revista chilena de infectología*. Vol. 2012 pp. 138-141.
- [18] W. Sun, T. Tzu-Liang, J. Zhang, W. Qiana. Enhancing deep convolutional neural network scheme for breastcancer diagnosis with unlabeled data. *Computerized Medical Imaging and Graphics*. Vol. 2016 1455-6.
- [19] J. Chun-Chu, Shyr-Shen Y. Automatic detection of abnormal mammograms in mammographic images. *Expert Systems with Applications*. Vol. 2015 42 pp. 3048–3055.
- [20] J. Dheeba, N. Albert, S. Tamil. Computer-aided detection of breast cancer on mammograms: A swarm intelligence optimized wavelet neural network approach. *Journal of Biomedical Informatics*. Vol. 2014 49 pp. 45–52.

Biotecnología en alimentos: Ventajas, Desventajas y Restricciones

Food biotechnology: Advantages, Disadvantages and restrictions.

Angely Sofía Marín Quintero
Universidad Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
asmaring@correo.udistrital.edu.co

Michel Viviana Hernández Rojas
Universidad Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
mvhernandezr@correo.udistrital.edu.co

Mireya Bernal Gómez
Universidad Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
miregomez3@gmail.com

Andrés Felipe Casas Maldonado
Universidad Francisco José de Caldas
Facultad Tecnológica
afcasasm@correo.udistrital.edu.co

RESUMEN

La biotecnología en los últimos años ha desempeñado un papel importante en la investigación, exploración y expansión de sus fronteras del conocimiento. Actualmente los alimentos que se consumen en la actualidad, han sido diseñados genéticamente con el objetivo de mejorarlos, sin tener en cuenta lo que implica y sus consecuencias, en este artículo se analizará por qué las empresas utilizan la biotecnología, identificando las razones por las cuales estas están a favor o en contra de su uso. También se evidencia el manejo que se le da a los productos transgénicos, con el objeto de comercializarlos, hasta el punto de no contextualizar al usuario final en lo que está consumiendo.

Adicionalmente se mencionara y analiza el uso de organismos pertenecientes al reino Monera, que permite potenciar el uso de la biotecnología en las plantas para mejorar su crecimiento y por ende su producción, pero que de cierta manera afecta el ecosistema de algunos seres vivos que ayudan con la sostenibilidad del nuestro.

ABSTRACT

Biotechnology in recent years has played an important role in the research, exploration and expansion of its frontiers of knowledge. Currently, the food consumed today has been genetically engineered with the aim of improving them, without taking into account what it implies and its consequences, it will also analyze why companies use biotechnology, justifying because they are in favor or against and how the issue has been handled by the trade in implementing biotechnology in their products.

In addition, the use of organisms belonging to the united kingdom monerans, That enhances the use of biotechnology in plants to improve their growth and therefore production.

Términos Generales

Ingeniería genética, cultivos transgénicos, biotecnología, cultivos biotecnológicos, Organismo Genéticamente Modificado (OGM)

Palabras clave

Biología de alimentos. Alimentos transgénicos. Microbioma gastrointestinal. Probióticos.

Keywords

Food biotechnology. Genetically modified food. Gut microbiome. Probiotics.

● INTRODUCCIÓN

La biotecnología actúa directamente en la evolución de diversos sectores, ya que es multidisciplinaria en su base de conocimiento, debido a la gran competitividad de las empresas, la confianza en la biotecnología ha sido considerada de gran importancia para los procesos de innovación y desarrollo. [1]

La biotecnología hace referencia a toda la aplicación tecnológica que utilice organismos vivos, sus derivados y sistemas biológicos, para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos. Existen muchos campos en los cuales la biotecnología puede trabajar, como por ejemplo en la industria de los alimentos, donde podemos denotar que en los últimos años a tenido un gran impacto para la sociedad a nivel mundial, ya que gracias a este proceso se pueden producir mejores alimentos, pero ¿será factible depender tanto de esta tecnología?, algunos países restringen el uso de la misma.

El proceso de alterar nuestro alimentos no es aceptado en todas partes así se para “mejorar su calidad”, por ello se llevan a cabo estudios que determinan la viabilidad del uso de la biotecnología.

Como lo menciona el artículo “The role of biotechnology in agricultural production and food supply”, gracias a los desarrollos tecnológicos y a los avances de la biotecnología se ha logrado aumentar la producción agrícola, también se han logrado avances en la ingeniería genética que han hecho posible la manipulación de cultivos para aumentar el rendimiento de la calidad de los productos[2].

Segun el articulo “Food biotechnology: from genetically modified foods to personalized”, los alimentos transgénicos han sufrido a lo largo de los años una controversia social, sobre todo en la Unión Europea, aunque su uso implica un menor impacto ambiental y una mayor ganancia para el agricultor[3], esto quiere decir que estos

alimentos poseen ventajas sobre su producción, pero su uso en la Unión Europea es menor que en otros lugares debido a que es una controversia social, es por eso que más adelante se mencionara la razón por la cual estos países participan tan poco en la producción y consumo de los alimentos modificados genéticamente .

El artículo “*Alimentos derivados de cultivos genéticamente modificados. ¿Nuevos, seguros para la salud humana, consumidos?*”, menciona que en la agricultura convencional (subsistencia orgánica o intensiva), no se agrede de forma trascendental el ambiente, como si se evidencia que se afecta con el uso de las nuevas tecnologías genéticas para la implementación y mejora de los cultivos, debido a los residuos químicos que dejan estos procesos[13], pero como lo menciona el artículo “*Food biotechnology: from genetically modified foods to personalized*”, establece que el uso de la biotecnología para la creación de alimentos transgénicos “*implica un menor impacto ambiental*”[3].

● **OBJETIVOS**

Objetivo Principal

Analizar el uso de la biotecnología en los alimentos que consumimos, con el fin de dar a conocer las ventajas, desventajas y restricciones que se presentan durante el proceso de cultivo y producción en la agricultura.

Objetivos Específicos

- Hacer una revisión bibliográfica de documentos nos permitan darle un buen desarrollo al objetivo general
- Establecer una discusión entre diferentes países y su posición frente a la biotecnología
- indagar frente al tema la biotecnología en el campo de los alimentos y establecer sus ventajas y desventajas

METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

La metodología está basada en el desarrollo del objetivo general y los objetivos específicos para obtener unas conclusiones pertinentes al tema.

Fases del proceso de desarrollo:

Se empezó trabajando con un concepto claro de que es la biotecnología y un poco de su historia, además de que se establecerán algunos de los usos de la biotecnología en los alimentos. Se especificarán puntos como lo son las ventajas y su contraparte, las desventajas, abordando los argumentos por los cuales se fijan como un aspecto positivo o negativo.

Después estableceremos una discusión entre diferentes países como lo son Estados Unidos o de la Unión Europea, donde hablamos un poco de las restricciones que se deberían tener el los procesos de la tecnología a nanoescala.

Para finalizar, se evidenciará las respectivas conclusiones tratando de responder a los objetivos planteados.

Desarrollo

La biotecnología existe desde hace 12.000 años. En los albores de la agricultura y la ganadería, el hombre ha mejorado las razas de animales de granja y las variedades vegetales comestibles por medio de la valorización de la semilla como estructura que les permitía obtener una planta similar a la que le dio origen. De esta manera, se seleccionó y mejoró los cultivos mejor adaptados y con mejores características de crecimiento, semillas más grandes, frutos más dulces, resistencia de cultivos a plagas y enfermedades; entre otras características [16]. Entre las técnicas más utilizadas se encontraban la hibridación, conocida como *cruce sexual*, y la aparición de mutantes espontáneos, también llamada *variabilidad natural*. [4]

La ingeniería genética consiste en tomar el gen deseado del genoma de un organismo donador e introducirlo en el genoma de un organismo receptor generando un organismo modificado genéticamente (abreviadamente OMG). Cuando se aplican se logran los llamados alimentos o cultivos transgénicos.[4]

Esta modificación genética introducida afecta a las propiedades físico-químicas, organolépticas o nutricionales, por este motivo es importante que su manipulación sea responsable.

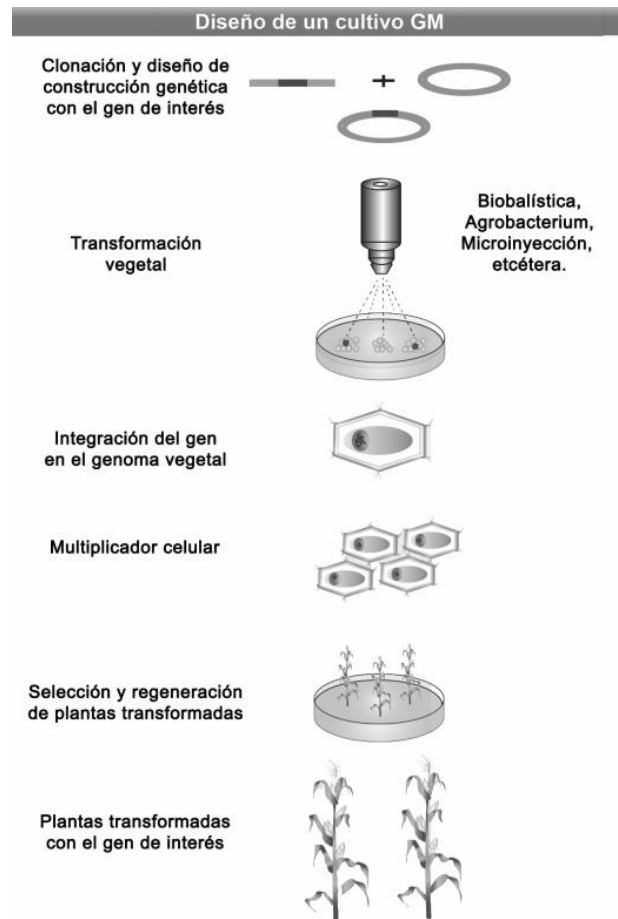


Figura 2 Proceso de generación de un cultivo genéticamente modificado a través de ingeniería genética. [16]

En la anterior figura se explica detalladamente el proceso de generación de un organismos genéticamente modificado (ogm)

donde se observa la división en seis etapas: 1) identificación y caracterización del gen de interés, 2) incorporación del gen de interés en una construcción genética adecuada, 3) introducción de la construcción en las células vegetales, 4) selección de plantas transformadas, 5) regeneración de la planta completa a partir de células transformadas, y 6) incorporación de la característica nueva en variedades comerciales [16].

De lo anterior se deduce que el proceso que atraviesa este tipo de alimentos se ha determinado por diversos factores, uno de ellos empieza desde el fertilizante, donde también se emplean técnicas de biotecnología para dar buenos nutrientes a las plantas para su crecimiento, estos se clasifican antropogénicamente en macronutrientes (que contienen componetes como: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio, Magnesio, Silicio) y micronutrientes (que contienen componetes como: Hierro, Manganeso, Cobre, Zinc, Molibdeno, Boro, Sodio). Otro factor es en la tolerancia a herbicidas como glifosato y glufosinato de amonio que permite a los cultivos GM-TH tolerar la aplicación de estos herbicidas de amplio espectro, pues afecta a las malezas pero no a los cultivos de interés [16], por consiguiente se denota una mejora en la salud de los consumidores y de los agricultores al contener menos herbicidas e insecticidas, por otro lado también destaca la mejora en las características y propiedades nutricionales.

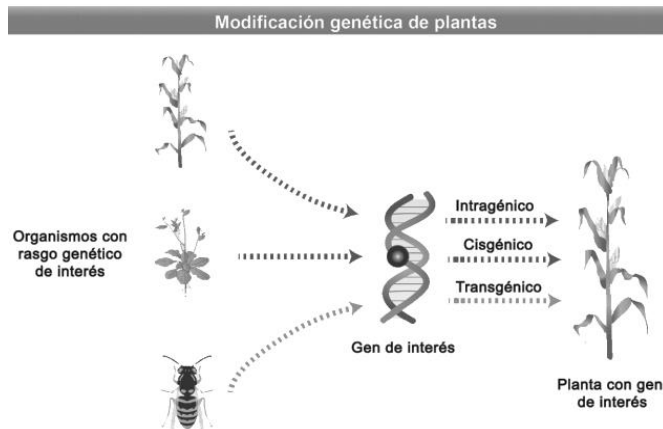


Figura 3 Clases de modificación genética dependiendo de la procedencia del gen de interés. Si el gen proviene de la misma planta es denominado intragénico, si proviene de otra planta, cisgénico y si proviene de otra especie, transgénico. [16]

Este proceso de modificación genética nos muestra que el mejoramiento es inevitable y la transferencia de genes no deseados que están ligados a los que codifican las características de interés son imposibles de identificar al igual que los productos en la nueva planta (Figura 2) [16].

El primer cultivo genéticamente modificado fue el tomate FLAVR-SAVR, comercializado de forma oficial en el año 1996. Este producto fue diseñado para retrasar la maduración del tomate al reducir considerablemente la síntesis de la enzima poligácturonasa en el fruto de tomates en maduración, a través de la introducción de una copia en orientación reversa del gen que codifica para dicha enzima.[16] Hoy en día existen ya multitud de alimentos transgénicos mejorados en cuanto a su composición

nutricional. Uno que genera grandes expectativas es el *arroz dorado*. Se trata de un arroz transgénico en el que se han introducido tres genes que permiten que este cereal tenga β -caroteno (Ye et al., 2000). [4], dando promesas de una alternativa de intervención con el fin de combatir las deficiencias de vitamina A en los países en desarrollo, particularmente en el sur-este de Asia y África, donde las deficiencias de vitamina A son endémicas entre los niños.[16]

Tal avance se evidencia a lo largo de la historia, pues sólo en 2016, se reportaron 580 acuerdos de financiamiento del sector FAB (Food and Agricultural Biotechnology) a nivel mundial, con un valor aproximado de \$ 3.2 mil millones de dólares, hecho con más de 650 inversores únicos, incluidos 14 fondos VC (venture capital) FAB dedicados por valor de casi \$ 850 millones de dólares.[14]

Sin embargo, actualmente existe un conflicto entre la biotecnología agrícola y los gobiernos existentes que se basan en los procesos tradicionales de evaluación científica de riesgos, demostrando que no han abordado las dimensiones sociopolíticas de estos acuerdos [8], pues se basan en el impacto socioeconómico y no analizan más factores que deberían intervenir en la desición para desarrollar acuerdos que controlen el uso de biotecnología en alimentos.

LOS DIEZ MEJORES PAÍSES DE CULTIVO BIOTECNOLÓGICOS

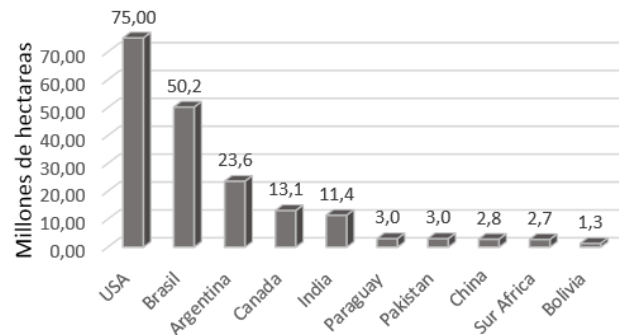


Fig.1 Cultivos biotecnológicos alrededor del mundo (2017)

Según estadísticas que presenta ISAAA (servicio internacional para la adquisición de aplicaciones Agrobiotecnológicas) en su artículo *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*, y del cual nos basamos para el anterior gráfico, encontramos que Estados Unidos, Brasil y Argentina lideran en una plantación importante de cultivos manipulados con biotecnología destacando la soja, maíz, algodón y canola,[6]

Si bien ya hemos mencionado los aspectos positivos de los alimentos genéticamente modificados, existen organizaciones como Greenpeace (ONG ambientalista) que se oponen a estas implementaciones de la biotecnología en alimentos, ya que esto "supone un incremento del uso de tóxicos en la agricultura, contaminación genética, contaminación del suelo, pérdida de biodiversidad, desarrollo de resistencias en insectos y 'malas hierbas', riesgos sanitarios y efectos no deseados en otros organismos. Los efectos sobre el conjunto de los seres vivos son

irreversibles e imprevisibles”, así lo manifiestan en su artículo *Guía Roja y Verde de Transgénicos, 5ta edición* [19], refiriéndonos centralmente al arroz dorado que ya hemos mencionado anteriormente, la Greenpeace manifiesta que no resuelve las problemáticas que se plantean para su consumo pues los que están a favor dicen que, permitirá eliminar el problema crónico de avitaminosis en países pobres del Sudeste asiático y Latinoamérica donde la base de la dieta es el arroz [4], pero este producto ha sido promocionado durante más de una década, los resultados no se han reflejado y las promesas no se han cumplido, pero si ha tenido un impacto negativo, pues en “2006-2007, se estima que la contaminación del arroz transgénico experimental de Bayer costó a los agricultores estadounidenses unos 27,4 millones de dólares en pérdida de ingresos, y unas pérdidas totales en el sector de hasta 1.290 millones de dólares después de que varios países prohibieran la importación de arroz estadounidense” así lo demuestra el artículo, veinte años de fracaso [20].

ISAAA (servicio internacional para la adquisición de aplicaciones Agrobiotecnológicas) no menciona en su artículo *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*, aspectos negativos sobre el uso de biotecnología en cultivos, sin embargo, si la implementación de BT (*Bacillus thuringiensis*), este es una bacteria con forma de barra o vara que vive normalmente en el suelo y que al esporular produce una proteína en grandes cantidades que llega a formar un cristal geométrico que “al estar en presencia de un ambiente reductor modifican su estructura volviéndose altamente tóxicas contra insectos de los órdenes Lepidóptera (mariposas), Díptera (mosquitos), Coleoptera (escarabajos), Hymenoptera (hormigas), Homoptera, Ortóptera y Malófaga”. Considerando que las abejas también son de orden Hymenoptera, se entiende que la implementación de esta bacteria (BT) genera un gran impacto en su ecosistema, pues el uso de este recurso se justifica a raíz del control de insectos plaga que es importante en la agricultura, no sólo por la razón obvia de que los insectos se alimentan de los cultivos, sino además porque son vectores de importantes enfermedades causadas por virus, bacterias, protozoarios y hongos. Sin embargo, no deja de ser agresivo y si las abejas se extinguen los humanos igual [7], actualmente debido a que se ha evidenciado esta problemática se han estudiado nutrientes bioactivos [9] para contrarrestar este efecto y así mitigar los efectos subletales, dando una posible solución.

Ejemplo de alimentos que utilizan este tipo de mejora son las fresas que usan las famosas bacterias promotoras de crecimiento[10], otro ejemplo es la implementación de la zeolita en el cultivo del plátano, razón por la que se desarrolló el artículo (Manejo de nematodos utilizando zeolitas naturales en el cultivo del plátano) el cual genera investigaciones e implementación de la Zeolita, siendo esta un mineral volcánico natural, este mineral es llevada a cabo en este estudio con el fin de terminar con el insecto nematodo que ha generado el inconveniente de la reducción del cultivo. Las restricciones económicas y ambientales que existen para la adquisición y uso de productos químicos para su control, impone la búsqueda de alternativas con productos naturales, en este sentido el uso de la zeolita pudiera ser una de esas alternativas[12].

El daño causado por los insectos en las plantaciones es lo que origina cada vez más la creación de alimentos genéticamente modificados, las medidas que toman para prevenir estas problemáticas son realmente perjudiciales, ya que los productos químicos empleados para reducir la afectación que los insectos causan en las plantaciones son muy agresivos para estos, muchas empresas o cultivadores no tienen en cuenta los aspectos negativos que conlleva la implementación de los productos químicos como en el medio ambiente, ya que para poder reducir el uso de pesticidas y agroquímicos se utiliza la ingeniería genética para hacer más resistentes las plantas y esto solo ayuda al deterioro del medio ambiente[11], animales o en la salud del ser humano.

Con el desarrollo de diferentes estudios, en este caso podemos hablar de el estudio de *Hidrólisis enzimática en harina de quinua y tarwi por efecto de α -amilasa* que realizó un análisis sobre la implementación de la amilasa (enzima o proteína que se encarga de la digestión de los alimentos) en comida, con el fin de mejorar nivel de nutrición y generar más consumo de esta para la mejora de nutrientes en el cuerpo. Se demostró que la aplicación de α -amilasa (Termamyl Sc) en una matriz de almidón contenido en harina de quinua desengrasada, de las variedades quinua real blanca y quinua real negra sin añadir ningún componente adicional origina cerca de 26% de azúcares reductores expresados en equivalentes de dextrosa, el efecto de α -amilasa en los oligosacáridos del Tarwi es muy bajo[15].

se puede analizar que las aplicaciones de bacterias, químicos o diferentes componentes en la comida no van a generar el mismo efecto. en este caso, uno tuvo más efecto que en otro, pero no siempre los resultados pueden ser positivos. No solo hay que analizar el hecho si funciona o no, se debe tener en cuenta diferentes factores como las repercusiones en el medio ambiente, en los animales y en la salud del ser humano.

así como se realizan experimentos o se implementan diferentes métodos de bio-mejora de los alimentos también se han realizado para la exterminación de enfermedades, como la salmonelosis causada por el consumo de animales, como el cerdo, el artículo *Diferentes métodos para aislamiento y detección de Salmonella spp. en canales porcinos* [17], desarrolló un estudio para combatir con esta enfermedad, realizando pruebas bioquímicas en cultivos de la Salmonella, bacteria la cual causa una intoxicación alimentaria. La OMS, señala que la salmonelosis es una de las enfermedades de transmisión alimentaria más común. Agrega además que la mayoría de los casos de salmonelosis son ligeros, pero, en ocasiones, la enfermedad puede causar la muerte.

La determinación de Salmonella spp. puede realizarse mediante diferentes métodos. Sin embargo, según la mayor parte de los estudios realizados, el cultivo microbiológico y las pruebas bioquímicas son los procedimientos más comúnmente utilizados para el aislamiento de la bacteria a partir de tejidos y materia fecal[17].

Listeria monocytogenes, bacteria de importancia en salud pública por causar la listeriosis y sus graves consecuencias[] muchos de los alimentos durante su producción son contaminados por los diferentes bacterias que se generan en la tuberías o en diferentes

espacios que relacionen los ambientes de procesamiento de los alimentos y los afecten.

La capacidad de formación de biopelículas de *L. monocytogenes* depende de una serie de factores, ya sea relacionados a las propiedades fisicoquímicas de la superficie y a la hidrofobicidad, pH, temperatura y composición de nutrientes; o relacionados a las cepas, como el serotipo[]

Discusión

los países como Estados Unidos o países de la Unión Europea que implementan esta tecnología, deben tener unas regulaciones las cuales se desarrollan con el objetivo de controlar el manejo de la tecnología a nanoescala en los diferentes ámbitos como lo son la biotecnología, pero la pregunta es ¿las regulaciones existentes que manejan estas organizaciones son las suficientes para el buen manejo de la nanotecnología?.

La necesidad de un marco normativo de carácter internacional es discutido por varios autores debido a la competencia regulatoria que puede presentarse entre las corporaciones en el desarrollo de nanotecnologías [5]. Esto se debe a que una decisión unánime entre las organizaciones a nivel mundial sobre las regulaciones necesarias para la implementación de la tecnología es demasiado arduo gracias a las competencias entre estas, teniendo en cuenta el interés económico que cada de las empresas productoras de NT's manejan, ya que implementa más regulaciones no solo implica posiblemente un producto menos óptimo debido a que debe tener en cuenta más aspectos, como el daño ambiental que causa el uso de sustancias químicas en la biotecnología y otras nanotecnologías, pero no solo el daño ambiental, también debe tener en cuenta las consecuencias en la salud del ser humano.

Roco y Bainbridge presentan una segunda perspectiva para la regulación de las NT's. Ellos sostienen un enfoque programático, en el cual indican que la investigación en las NT's debe contar con tres características [5].

1. Financiamiento amplio.
2. Apoyo para desarrollar varios modelos de participación pública e interacción
3. Incorporar la continua participación del público en las deliberaciones sobre NT

Este enfoque, efectivamente, puede promover y acelerar la I&D de las NT's, pero será en menoscabo de la garantía de salud y seguridad humana y ambiental [5].

Como instrumento a nivel mundial en términos de seguridad de las aplicaciones de la biotecnología moderna, se cuenta con los compromisos derivados del convenio sobre diversidad biológica (CDB) y es un instrumento jurídicamente vinculante para los países signatarios que lo ratifican[13].

CONCLUSIÓN

Aunque la modificación de alimentos ha estado presente desde el principio, en los últimos años se ha masificado y cada vez más, se implementan mayor cantidad de químicos, si son buenos o malos

para la salud humana y si sus residuos afectan o no el medio ambiente son debates que se mantienen en la actualidad y esto es debido a que cada día salen nuevos métodos y avances dejando el anterior sin terminar de debatir para así evaluar el nuevo.

Los cultivos biotecnológicos están siendo adoptados globalmente y así mismo atraviesan una serie de discusiones sobre su implementación como ya lo mencionamos, entre los rasgos genéticos más comercializados hasta la fecha, se encuentra que los cultivos genéticamente modificados son tolerantes a herbicidas (GM-TH), plagas y enfermedades; y que su modificación genera que sean de mejor calidad para el consumo humano, aportando nutrientes esenciales.

Sin embargo, los artículos evaluados muestran varias incongruencias respecto a otros un ejemplo de estas se muestra en el artículo *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years*. que expone: "Debido a los enormes beneficios para el medio ambiente, salud humana y animal, y contribución para la mejora de condiciones socioeconómicas de los agricultores y el público general.[6]", mientras que la Greenpeace (ONG ambientalista) en su artículo veinte años de fracaso, continuamente habla sobre las falencias que ha tenido el trato de los cultivos transgénicos "Hasta finales de 2013 se habían registrado unos 400 incidentes de contaminación transgénica de cultivos en el mundo"[20] o como el artículo *La biotecnología de Bacillus thuringiensis en la agricultura* que habla sobre los múltiples beneficios de la implementación de esta bacteria resaltando que el "control de plagas" es destacable, pero esto afecta gran cantidad de insectos entre ellos las abejas como lo habla el artículo *Apidologie* [9].

Cabe recalcar que algunos artículos mencionan que es bueno el uso de la biotecnología, porque solo miran los cambios en un intervalo de tiempo pequeño, mientras que otros artículos que están en contra mantienen firme su posición, ya que los cambios o desventajas pueden surgir a un futuro lejano. Si bien es cierto que la biotecnología en algunos casos mejora de manera positiva la producción de algún alimento, aún tiene un gran camino por delante y eso conlleva más estudios que se deben realizar para encontrar el mejor aprovechamiento de esta.

REFERENCIAS

- [1] Duarte Alvarenga. (A). Gómez sal. (E). Colombaroli. (O.A). Principales riesgos del proceso de desarrollo en biotecnología. Innovar. Volumen 28 no.70. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.15446/innovar.v28n70.74448>
- [2] Cano Estrada. (E.A). (2017). The role of biotechnology in agricultural production and food supply. Ciencia e investigación AGRARIA. volumen 44n01 . pags. 1-11 recuperado de: <https://rcia.uc.cl/index.php/rcia/article/view/1567>
- [3] Ramón Vidal. (D). (2018). Food biotechnology: from genetically modified foods to personalized. Issue 4. Volume 35. pags. 28-32

- [4] Ramon, (D.). (2014). AVANCES EN BIOTECNOLOGÍA DE ALIMENTOS. *Arbor*, 190 (768): a151. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/arbor.2014.768n4005>
- [5] Vidal correa I, (L.E.). (2016). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA REGULACIÓN EN NANOTECNOLOGÍA EN ESTADOS UNIDOS Y LA UNIÓN EUROPEA. *Bol. Mex. Der. Comp.* vol.49, n.147, pp.277-301.
- [6] ISAAA. 2017. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017: Biotech Crop Adoption Surges as Economic Benefits Accumulate in 22 Years. ISAAA Brief No. 53. ISAAA: Ithaca, NY. recuperado de <http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/53/download/isaaa-brief-53-2017.pdf>
- [7] Portela-Dussán (DD), Chaparro-Giraldo (A), López-Pazos(SA). La biotecnología de *Bacillus thuringiensis* en la agricultura, *Nova* vol.11 no.20 Bogotá Julio/Dic. 2013 recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v11n20/v11n20a09.pdf>
- [8] Rosa Binimelis y Fern Wickson (2019) La problemática relación entre los OGM y la apicultura: una exploración de los impactos socioeconómicos en España y Uruguay, *Agroecología y sistemas alimentarios sostenibles*, 43: 5, 546-578, DOI: [10.1080/21683565.2018.1514678](https://doi.org/10.1080/21683565.2018.1514678)
- [9] Balieira, KVB, Mazzo, M., Bizerra, PFV et al. *Apidologie* (2018) 49: 562. recuperado de <https://doi.org/10.1007/s13592-018-0583-1>
- [10] Andrade.(F.M). Assis Pereira. (T). Ventas Guimarães. (P.H). Martins. (A.D). Freitas Schwan. (R). Pasqual. (M). Dória. (J). (2019). Beneficial effects of inoculation of growth-promoting bacteria in strawberry. *ELSEVIER*, volumes 223-225. pgs 120-128
- [11] P. Delaporte-Quintana , M. Grillo-Puertas , NC Lovaisa , KR Teixeira , VA Rapisarda , RO Pedraza. Contribución de *Gluconacetobacter diazotrophicus* a la nutrición de fósforo en plantas de fresa Suelo vegetal , 419 (2017) , pp. 335 - 347
- [12] Méndez Días(N).Soca Núñez(M). Martínez Rodríguez(F). Manejo de nematodos utilizando zeolitas naturales en el cultivo del plátano. vol.18. pag 1
- [13] Castaño Hernández. (A). (2015). *Alimentos derivados de cultivos genéticamente modificados. ¿Nuevos, seguros para la salud humana, consumidos?*. *Pediatría*. Volume 48, Issue 3. pgs 68-74
- [14] Dahabieha (M), Bröringc (S) , Mainea (E), (2018) Overcoming barriers to innovation in food and agricultural biotechnology, Elsevier Ltd. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.004>
- [15] Navia Coarite(N.A). Nina Mollisaca(G.L). Mena Gallardo (E.P). Salcedo Ortiz (L),(2019),HIDRÓLISIS ENZIMÁTICA EN HARINA DE QUINUA Y TARWI POR EFECTO DE α -AMILASA, volume.17.
- [16] Gutierrez Galeano (A.F), Ruiz Medrano (R), Cazares (B.X) (2015) Estado actual de los cultivos genéticamente modificados en México y su contexto internacional, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional Av. IPN 2508, Zacatenco, 07360 México DF. recuperado de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Estado-actual-de-los-cultivos.pdf>
- [17] Ruiz (M.J), Ramallo (G), Colello (R), VHIalobo (C), Monteavaro (C), Etcheverría (A), Padola (N), Nora (L). (2018) Diferentes métodos para aislamiento y detección de *Salmonella* spp. en canales porcinos. volumen 20.
- [18] Campo Vera(Y) , (V.M) Gelvez-Ordoñez , Ayala Aponte(A) (2018).ULTRASONIDO EN EL PROCESAMIENTO (HOMOGENEIZACIÓN, EXTRACCIÓN Y SECADO) DE ALIMENTOS. Volumen 16.
- [19] Greenpeace (2015), Guía Roja y Verde de Transgénicos, 5ta edición, recuperado de http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2015/Report/transgenicos/GuiaRojaVerdeTransgenicos_5edicion_Actualizacion062015.pdf
- [20] Greenpeace (2016), VEINTE AÑOS DE FRACASO, Por qué no han cumplido sus promesas los cultivos transgénicos, recuperado de <http://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/transgenico/20-years-spain-web.pdf>

ALGORITMOS PARA LA SELECCIÓN DE ATRIBUTOS BAJO UN ESQUEMA DE PREPARACIÓN DE DATOS

Jorge E. Rodríguez R., Mariluz Romero G.
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
jerodriguezr@udistrital.edu.co, mromerog@udistrital.edu.co

Resumen

La selección de atributos (características) relevantes es una tarea realizada previa a la minería de datos y puede ser vista como uno de los problemas más importantes a resolver en la fase de preparación de datos y en el aprendizaje computacional. Con la selección de atributos se pretende principalmente mejorar el desempeño predictivo o descriptivo de los modelos e implementar algoritmos más rápidos y menos costosos. En este artículo se hace un análisis sobre algunos métodos de selección de atributos; haciendo énfasis en árboles de decisión, selección basada en la entropía y algoritmos de distribución de estimación.

Palabras clave:

selección de atributos, complejidad algorítmica, árboles decisión, entropía, distribución de estimación.

1. Introducción

Usualmente las bases de datos contienen millones de registros y miles de atributos, existiendo dependencias entre los atributos. [1] Las bases de datos pueden contener características irrelevantes para la minería de datos o redundancia de características. Por ejemplo, si tiene que clasificar a los clientes en compradores y no compradores de CD de música popular, características como el número de teléfono y el número de hijos que tienen pueden ser irrelevantes, mientras que la edad y el nivel académico pueden ser características relevantes para clasificar los clientes.

El propósito fundamental del preprocesamiento de datos es manipular y transformar cada conjunto de datos haciendo que la información contenida dentro de ellos sea más accesible y coherente. [2] [3]

La selección de atributos relevantes se aplica para reducir el número de características en aplicaciones donde los datos tienen cientos o miles de atributos. Los algoritmos de selección existentes se centran principalmente en encontrar características relevantes. [4] Este es un proceso, en el que se seleccionan las características más relevantes, mejorando el descubrimiento de conocimiento. El presente artículo de revisión se encuentra estructurado en: selección de atributos, algoritmos para la selección de atributos, y conclusiones.

2. Selección de atributos

La selección de atributos relevantes es el proceso más importante dentro del preprocesamiento, ya que es la etapa en la cual se dejan los atributos más significativos dentro del conjunto de datos. En algunos casos la selección se aplica por prueba y error hasta conseguir un modelo o un patrón más eficiente, pero esto no es lo más adecuado ya que el tiempo y el costo computacional crece con respecto al número de variables existentes en el conjunto de datos. Con la selección se busca dejar solo los atributos con los cuales se pueda llegar a realizar una predicción o descripción lo más exacta posible.

La selección de atributos aplicada como una fase de preprocesamiento a la minería de datos, resulta ser valiosa, en cuanto elimina los atributos irrelevantes que hacen que los algoritmos tornen poco efectivos, en ocasiones el porcentaje de instancias correctamente clasificadas es más alto si se aplica previamente una selección de atributos, dado que los datos a minar quedan limpios de ruido. [5] La tarea de selección de atributos se divide en cuatro etapas [6]: en la primera se determina el posible conjunto de atributos para realizar la representación del problema, luego se evalúa el subconjunto de atributos generado en la etapa uno, posteriormente se examina si el subconjunto seleccionado satisface el criterio de búsqueda, y en la última etapa se verifica la calidad del subconjunto de atributos que se determinó.

Estos procesos se pueden clasificar de forma diferente dependiendo de la etapa en la que nos centremos para realizar dicha distinción en tres categorías [7]: Filters, Wrappers [8] [9] e híbridos [10].

En los métodos Filters el procedimiento de selección es realizado independientemente de la función de evaluación. En éstos se pueden distinguir cuatro medidas de evaluación diferentes: distancia, información, dependencia y consistencia. Ejemplos respectivos de cada una de estas medidas se encuentran en: [11] [12] [13]. Los métodos Wrappers combinan la búsqueda en el espacio de atributos con el algoritmo de aprendizaje, evaluando los conjuntos de atributos y escogiendo el más adecuado. El inconveniente que presentan es que son más costosos que los Filters [7] aunque suelen obtener mejores resultados. Los modelos híbridos toman las ventajas que aportan los modelos Filters y Wrappers.

Debido a que la selección de atributos es aplicable a disímiles situaciones reales, es difícil llegar a un consenso en cuanto a cuál es la mejor selección posible; esto posibilita que existan múltiples algoritmos de este tipo. [14]

3. Algoritmos para la selección de atributos

Los algoritmos de selección de atributos pretenden hallar subconjuntos de atributos relevantes, que disminuyan la pérdida de información y reduzcan el ruido; eliminando atributos irrelevantes y seleccionando los relevantes, estos últimos aportan información de mayor calidad para un análisis posterior de minería de datos. Los algoritmos utilizados pueden diferir en la forma de trabajar, pero todos están enfocados a perfeccionar la vista minable, objetivo general del preprocesamiento. Por tanto, es importante tener en cuenta que no sólo el hecho de seleccionar atributos permitirá llevar a cabo minería de datos en forma adecuada; sino que están implícitos muchos factores a tomar en cuenta, como por ejemplo, qué datos se deben analizar y, en consecuencia el dominio en el que se está trabajando, así como la validez de los datos que se tienen.

3.1. Árboles de decisión

Un árbol de decisión es una representación en el que cada conjunto de posibles conclusiones se establece implícitamente mediante una lista de muestras de clase conocida. [15] Son una forma de representar conocimiento fácil y comprensiblemente, se afirma que estos son más entendibles que otros algoritmos, por ejemplo máquinas de vectores de soporte o redes neuronales artificiales; debido a que son más inteligibles para representar el conocimiento de forma simbólica. Un árbol de decisión es una estructura de árbol que clasifica una instancia de entrada en una de sus posibles clases; son usados para extraer conocimiento en grandes volúmenes de datos, generando reglas, las

cuales son usadas para apoyar la toma de decisiones. Un árbol de decisión tiene una forma simple que clasifica eficientemente nuevos datos. [16] La figura 1 ilustra un árbol. [17]

Estos árboles son considerados como una herramienta importante para hacer minería de datos; comparado con otros algoritmos, el árbol de decisión es rápido y más preciso. [18]. El aprendizaje en un árbol de decisión, es un método para aproximar una función objetivo de valores discretos, en el cual la función de aprendizaje es representada por un árbol; puede ser también representado como un conjunto de reglas SI – ENTONCES para mejorar la legibilidad por parte del ser humano. Estos métodos de aprendizaje son los más populares algoritmos de inferencia inductiva y tienen prospera aplicación en diversas tareas de aprendizaje computacional. [19] [20] [21]

Los pasos fundamentales para seleccionar atributos con árboles de decisión, son tres: generar en primera instancia el árbol, luego a partir de éste generar las reglas y posteriormente seleccionar los atributos observando los que más se utilizan en las reglas. La construcción tiene relación en gran medida en diseñarlo de forma eficiente pero corta, es decir, que genere el árbol más pequeño posible. La teoría de la información proporciona un modelo matemático (ecuación 1) para medir el desorden total en una base de datos, sin embargo esta no garantiza que se construya el árbol más pequeño, es decir con una ramificación y altura baja.

$$disAver = \sum_1^b \frac{nb}{nt} * \sum_1^c - \frac{nb}{nb} \log_c \left(\frac{nb}{nb} \right) \quad (1)$$

Donde:

nb es el número de instancias del atributo b

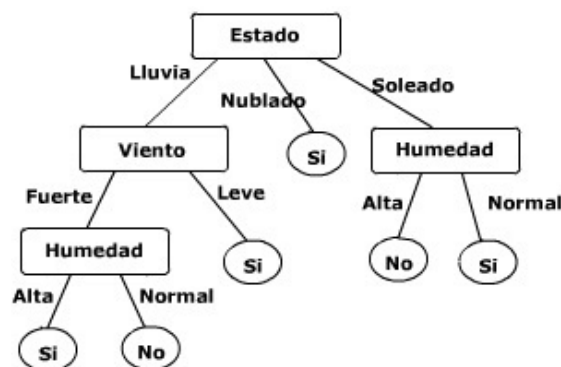
nt es el número total de instancias

nb es el número de instancias del atributo b pertenecientes a la clase c

De acuerdo a con lo anterior, se calcula el desorden de todos los atributos para seleccionar la raíz del árbol, el cuál será el más relevante; el cálculo del desorden se repite hasta que se contruya el árbol con los atributos más relevantes.

3.2. Selección de atributos basado en la entropía

Este es un algoritmo simple para selección de atributos basado en la medida de la entropía aplicado a problemas considerados dentro de aprendizaje computacional no supervisado; sin embargo, para un número alto de atributos su complejidad algorítmica se incrementa significativamente. La idea básica consiste en que todas las instancias son dadas como un vector de valores de atributos sin una clase que actúe como salida de cada instancias. Todo el proceso se basa en eliminar n atributos, sin perder las características básicas del conjunto de datos. Este algoritmo se basa sobre la medida de similitud S que es inversamente proporcional a la distancia D entre dos instancias de n



dimensiones. [22] [23] [24]

Figura 1: Árbol de decisión

La distancia D es pequeña con instancias cercanas a 0 y grande con instancias cercanas a 1. Cuanto los atributos son numéricos, la medida de similitud S de dos instancias puede ser como se muestra en la ecuación 2

$$S_{ij} = e^{-\alpha D_{ij}} \quad (2)$$

Donde:

D_{ij} es la distancia entre las instancias X_{ij} y Y_{ij} , y α un parámetro expresado en forma matemática (ecuación 3).

$$\alpha = \frac{-\ln(0.5)}{D} \quad (3)$$

D es la distancia promedio entre las muestras del conjunto de datos. En la práctica α se aproxima a 0.5. La distancia euclidiana se calcula de la siguiente forma (ecuación 4)

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n \left(\frac{X_{ik} - X_{jk}}{\max_k - \min_k} \right)^2} \quad (4)$$

Donde n es número de atributos y \max_k y \min_k son el máximo y mínimo valor usado para la normalización de los k -atributos.

Cuando los atributos son categóricos, se utiliza la distancia de Hamming (ecuación 5)

$$S_{ij} = \sum_{k=1}^n \frac{|X_{ik} = X_{jk}|}{n} \quad (5)$$

Donde $X_{ik} = X_{jk}$ es 1, en caso contrario es 0.

Para tratar datos numéricos y categóricos, se deben discretizar los atributos numéricos con el fin de transformarlos en categóricos.

A partir de la teoría de la información, se sabe que la entropía es una medida global, y que es pequeña para configuraciones de datos ordenados y alta para configuraciones desordenadas. El algoritmo en referencia compara la entropía para un conjunto de datos antes y después de eliminar atributos. Para un conjunto de datos de N instancias, la medida de la entropía es (ecuación 6):

$$E = - \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (S_{ij} \log(S_{ij}) + (1 - S_{ij}) \log(1 - S_{ij})) \quad (6)$$

Este algoritmo remueve gradualmente los atributos menos significativos, manteniendo el orden original de los datos; el proceso de remover atributos puede terminar en cualquier iteración del algoritmo.

3.3. Algoritmos de estimación de distribución (EDAs)

Un algoritmo de estimación de distribución (EDA) es una técnica de búsqueda estocástica basada en población, la cual usa un modelo de distribución de probabilidad para explorar candidatos (instancias) en un espacio de búsqueda. Esta distribución se estima de forma iterativa con los candidatos hasta que converge o se cumple un criterio de parada. Los EDAs, reemplazan los mecanismos de variación (cruce

y mutación) utilizados tradicionalmente por los Algoritmos Evolutivos por la generación de individuos obtenidos por simulación de una distribución de probabilidad. [25] [26]

Los EDAs han sido reconocidos como un algoritmo fuerte para optimizar. Se les ha encontrado un mejor desempeño con respecto a los algoritmos genéticos, en problemas donde estos últimos no han dado resultados satisfactorios. Esto es principalmente debido a la naturaleza explícita de las relaciones o dependencias entre las variables más importantes asociadas en algún problema en particular que se estiman a través de distribuciones de probabilidad. [27] [28]

En la *tabla 1* se muestra el algoritmo EDA, en primer lugar se genera una población inicial de individuos. Estos individuos se evalúan de acuerdo a una función objetivo o de aptitud. Ésta evalúa que tan adecuado es cada individuo como solución del problema. En función de esta evaluación se selecciona un subconjunto de los mejores individuos. Así, de este subconjunto se aprende una distribución de probabilidad que se utilizará para muestrear otra población. [27]

Tabla 1. Algoritmo de estimación de distribuciones (EDA)

```

1:  $D_0 \leftarrow$  Generar la población inicial ( $m$  individuos)
2: Evaluar la población  $D_0$ 
3:  $l = 1$ 
4: Repeat until  $\leftarrow$  Condición de parada
5:  $D_{l-1} \leftarrow$  seleccionar  $s < m$  individuos  $D_{l-1}$ 
6: Estimar un modelo probabilístico  $M$  a partir de  $D_{l-1}^{se}$ 
7:  $D_{l-1}^m \leftarrow$  Muestrear  $m$  individuos a partir de  $M$ 
8: Evaluar  $D_{l-1}^m$ 
9:  $D_l \leftarrow$  Seleccionar  $m$  de  $D_{l-1} \cup D_{l-1}^m$ 
10:  $l = l + 1$ 
11: end

```

El mayor problema con los EDAs es como estimar la distribución de probabilidad. Obviamente la computación de todos los parámetros necesarios para especificar la distribución de probabilidad conjunta no es práctica. Este problema trae como consecuencia la aproximación de la distribución de probabilidad conjunta por medio de distintas factorizaciones con cierto grado de complejidad.

Los EDAs se pueden distinguir y clasificar por el tipo de variables con las que tratan; categóricas o numéricas. Aunque el objetivo real es clasificarlos según el tipo de vínculo utilizado por su distribución. Dependiendo del tipo de conexión empleado en su modelo de distribución, los EDAs puede clasificarse en univariados, bivariados y multivariados.

4. Conclusiones

La selección de atributos es una tarea fundamental dentro de la preparación de datos que afecta directamente al proceso de minería de datos, en cuanto a la efectividad de sus algoritmos y a la complejidad algorítmica se refiere; debido a esto los investigadores en este campo del conocimiento buscan crear nuevos algoritmos que permitan reducir ruido en los datos con el fin de que redunde en la principal finalidad de la minería de datos, la cual es el apoyo a la toma de decisiones.

Los árboles de decisión usados como algoritmo para seleccionar atributos, son una buena opción; sin embargo, se debe tener en cuenta que: el conjunto de datos debe ser categórico, solo aplica para problemas predictivos, lo cual limita el campo de aplicaciones, y si el conjunto de

datos está incompleto, la selección no es considerada como buena.

La selección de atributos basada en la entropía es aplicable solo a tareas descriptivas limitando el campo de aplicación al igual que los árboles. Su principal debilidad radica en el alto costo computacional dado que hace una comparación combinando todas las instancias.

En cuanto a los EDAs, estos gozan de buena reputación dentro de los algoritmos de selección de atributos; sin embargo, tiene algunas debilidades, tales como: redundancia al generar los árboles de dependencia, en aplicaciones de código libre solo se ha hecho con lenguajes intérpretes, y existen evidencias limitadas de haberse usado con datos multivaluados.

Referencias

- [1] D. Larose, *Data Mining: Methods and Models*. (USA), Wiley-Interscience (2006) 1–3.
- [2] D. Pyle, *Data Preparation for Data Mining*. (USA), Morgan Kaufmann Publisher (1999) 15–19.
- [3] P. Bradley, O. Mangasarian, Feature selection via concave minimization and support vector machine. (USA), *Journal Machine learning ICML* (1998) 82–90.
- [4] Y. Lei, L. Huan, Efficient Feature Selection via Analysis of Relevance and Redundancy. (USA), *Journal Machine Learning Research* 5 (2004) 1205–1224.
- [5] I. Guyon, A. Elisseeff, An introduction to variable and feature selection. (USA), *Journal Machine learning research* 3 (2003) 1157–1182.
- [6] M. Dash, H. Liu, Feature Selection for Classification. (USA), *Journal Intelligent Data Analysis* 1 (3) (1996) 131–156.
- [7] H. Liu, Y. Lei, Toward Integrating Feature Selection Algorithms for Classification and Clustering. (USA), *IEEE Trans. on Knowledge and Data Engineering* 17 (4) (2005) 491–502.
- [8] R. Kohavi, G. John, Wrappers for Feature Subset Selection. (USA), *Artificial Intelligence* 97 (12) (1997) 273–324.
- [9] G. Jennifer, Feature Selection for Unsupervised Learning. (USA), *J. Mach. Learn. Res.* 5 (2004) 845– 889.
- [10] S. Das, Filters, Wrappers and a Boosting-Based Hybrid for Feature Selection. (USA), *Proc. 18th Intl Conf. Machine Learning* (2001) 74–81.
- [11] C. Cardie, Using Decision Trees to Improve Case-Based Learning. (USA), *Proc. 10th Intl Conf. Machine Learning*, P. Utgoff, ed. (1993) 25–32.
- [12] A. Mucciardi, E. Gose, A comparison of Seven Techinques for Choosing Subsets of Pattern Recognition. (USA), *IEEE Trans. Computer* 20 (1971) 1023–1031.
- [13] R. Ruiz, J. Riquelme, J. Aguilar-Ruiz, Projection-based measure for efficient feature selection. (USA), *Journal of Intelligent and Fuzzy System* 12 (2003) 175–183.
- [14] I. Pérez, R. Sánchez, Adaptación del método de reducción no lineal LLE para la selección de atributos en WEKA. (Cuba), *III Conferencia Internacional en Ciencias Computacionales e Informáticas* (2016) 1–7.
- [15] P. Winston, *Inteligencia artificial*. (USA), Addison Wesley (1994) 455–460.
- [16] S. Chourasia, "Survey paper on improved methods of ID3 decision tree classification. (USA), *International Journal of Scientific and Research Publications* (2013) 1–4.
- [17] J. Rodríguez, "Fundamentos de minería de datos. (Colombia), Fondo de publicaciones de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (2010) 64.
- [18] Changala, Ravindra, Annapurna, Gummadi, G. Yedukondalu, U. N. P. G. Raju., Ç

- lassification by decision tree induction algorithm to learn decision trees from the classlabeled training tuples. (USA), *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering* 2 (4) (2012) 427–434.
- [19] T. Michell, *Machine learning*. (USA), McGraw Hill (1997) 50–56.
- [20] J. Han, M. Kamber, *Data mining: concepts and techniques*. (USA), McGraw Hill 3 (2012) 331–336.
- [21] S. Russell, P. Norvig, *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. (USA), Prentice Hall (2012) 531–540.
- [22] M. Kantardzic, "Data mining: concepts, models, methods and algorithms. (USA), IEEE Press Wiley- Interscience (2003) 46–48.
- [23] H. Liu, H. Motoda, "Feature selection for knowledge discovery and data mining. (USA), Kluwer Academic Publisher 2 (2000) 30–35.
- [24] H. Liu, H. Motoda, "Feature extraction, construction and selection. A data mining perspective. (USA), Kluwer Academic Publisher (2000) 20–28.
- [25] P. Larrañaga, J. Lozano, "Estimation of Distribution Algorithms. A New Tool for Evolutionary Computation. (USA), Kluwer Academic Publishers (2002) 1–2.
- [26] M. Pelikan, K. Sastry, "Initial population bias in the univariate estimation of distribution algorithm. (USA), Proceedings of the 11th Annual Conference on Genetic and Evolutionary Computation, GECCO '09 11 (2002) 429–436.
- [27] R. Pérez, A. Hernández, "Un algoritmo de estimación de distribuciones para el problema de secuenciamiento en configuración jobshop. (México), *Comunicación del CIMAT* 1 (2015) 1–4.
- [28] H. Mühlenbein, G. Paa, "From recombination of genes to the estimation of distributions I. Binary parameters . (USA), *Parallel Problem Solving from Nature - PPSN* 4. doi:178–187.

Estimación de la cantidad semanal de productos comprados a partir de los datos de semanas anteriores, usando la técnica híbrida KMediasSOM

Claudia Liliana Hernández
García
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital “Francisco
José de Caldas”
Bogotá - Colombia
clhernandez@gmail.com

Jorge Enrique Rodríguez
Rodríguez
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital “Francisco
José de Caldas”
Bogotá - Colombia
jerodriguezr@udistrital.edu.co

Roberto Emilio Salas Ruiz
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital “Francisco
José de Caldas”
Bogotá - Colombia
resalasar@udistrital.edu.co

RESUMEN

El artículo presenta un primer avance del proyecto de investigación titulado “Desarrollo de algoritmos híbridos para minería de datos” y se muestra el uso del algoritmo híbrido de aprendizaje computacional KMediasSOM para la predicción de datos. En primer lugar, se aborda el problema a resolver, el cual está orientado al análisis de las técnicas definidas para la técnica híbrida. Luego, se justifica la metodología de investigación (científica descriptiva-exploratoria con enfoque experimental) aplicada. Se realizó la revisión de las técnicas seleccionadas para la técnica híbrida (KMediasSom) la cual se aplica a un conjunto de datos experimentales asociados a valores obtenidos de cantidades vendidas de productos. Enseguida, se plantean las pruebas de análisis y resultados con el fin de precisar su aplicabilidad en cuanto a efectividad y complejidad algorítmica se refiere. Finalmente, se presentan las conclusiones, donde se demostró que la técnica híbrida genera mejores resultados que las técnicas usadas por separado.

PALABRAS CLAVE

Algoritmos híbridos, métodos basados en vecindad, redes neuronales artificiales, predicción de datos, aprendizaje computacional, complejidad algorítmica.

ABSTRACT

The PAPER presents a first advance of the research project titled "Development of hybrid algorithms for data mining" and shows the use of hybrid machine-learning algorithm KMediasSOM for data prediction. First, we go through the problem to solve, which is oriented to the analysis of the techniques defined for the hybrid technique. Then, the methodology of applied research (descriptive-exploratory scientific with experimental approach) is justified. The review of the selected techniques for the hybrid technique (KMediasSOM) was performed and it applied to a set of

experimental data associated with values of quantities of products sold from products. Next, the analysis and results tests are presented in order to specify their applicability in terms of difficulties and algorithmic complexity. Finally, the conclusions are presented, where it is shown that the hybrid technique generates better results than the techniques used separately.

KEYWORDS

Hybrid algorithms, k-Nearest Neighbours algorithms, artificial neural networks, data predict, machine learning, time complexity.

1 INTRODUCCIÓN

El volumen de datos que manejan las organizaciones cada vez es más grande, no sólo porque sus sistemas guardan transacciones más detalladas sino porque actualmente la información histórica también está siendo utilizada como soporte en la toma de decisiones. Para realizar tareas de proyección, las empresas se están valiendo, cada día con mayor frecuencia, de tecnologías de análisis de datos o minería de datos. Dentro de las opciones para aprovechar los datos que se recolectan en la operación diaria de las empresas, está la predicción de los datos. Existen diversas técnicas utilizadas para esta tarea, las cuales se usan dependiendo de algunos factores como la naturaleza de los datos. Así mismo, al verificarse el funcionamiento de las técnicas es posible usar una técnica híbrida que produzca mejoras a alguna de ellas y que al realizar la evaluación de indicadores se pueda establecer la pertinencia de su aplicabilidad y la viabilidad de su implementación.

Con este artículo se plantea el uso de la técnica híbrida KMediasSOM, de técnicas de aprendizaje computacional que suelen ser utilizadas para el agrupamiento de datos y que a su vez pueden ser usadas para la predicción de los datos.

Estimación de la cantidad semanal de productos comprados a partir de los datos de semanas anteriores, usando la técnica híbrida KMediasSOM

Para lograr los planteamientos establecidos se tuvo en cuenta las etapas de investigación [1] ya que el método aplicado en este proyecto fue la investigación científica con enfoque experimental.

El presente artículo se encuentra organizado en cinco secciones, que recopilan el proceso que se llevó a cabo con este estudio. En primer lugar se hace una descripción del problema a abordar. A continuación se encuentra la metodología de investigación que se utilizó. Posteriormente, las técnicas analizadas junto con la técnica híbrida. Finalmente, se presenta el análisis de pruebas y resultados, y las conclusiones obtenidas.

2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La toma de decisiones se hace más eficiente si se define que los datos utilizados son de calidad y esto se logra si en la fase de preprocesamiento se detectan anomalías en los datos y corrigen a tiempo o se reduce el conjunto de datos para el análisis [2][4]

La calidad de datos es vista desde diversas dimensiones básicas (exactitud, oportunidad, relevancia, completitud, inteligibilidad y confiabilidad). Su importancia radica en que la eficiencia de la toma de decisiones depende de la calidad de los datos, de tal manera que pequeñas mejoras en los datos puede conducir a mejoras sustanciales en la información para la toma de decisiones [3]. De ahí que para las organizaciones sea de gran utilidad contar con estudios comprobados de la selección y evaluación de características de técnicas de aprendizaje computacional y utilizar técnicas híbridas que mejoren los resultados obtenidos, en tareas como la predicción de los datos que en gran medida depende de la calidad de los datos. En resumen, cualquier esfuerzo realizado para mejorar la calidad de los datos representan beneficios importantes para una organización [3], ya que todos los procesos que se realicen a partir de los datos tendrá mejores resultados si los datos iniciales son considerados de alta calidad.

En este caso, el propósito es aplicar la técnica híbrida KMediasSOM para predecir datos con base en datos ya existentes o históricas. De acuerdo con lo anterior, se utilizará un conjunto de datos obtenido del repositorio de aprendizaje computacional (UCI Machine Learning Repository - Center for Machine Learning and Intelligent Systems) para la realización del estudio. El conjunto de datos seleccionado es el denominado "Sales_Transactions_Dataset_Weekly Data Set" que incluye datos de cantidades compradas de aproximadamente 800 productos semanalmente por 52 semanas, que serán usados para estimar los datos de la semana 53 para estos mismos productos, usando el algoritmo híbrido KMediasSOM.

Es importante precisar las siguientes características para las pruebas y experimentación, que se convirtieron en las fronteras del problema de que trata este artículo:

- Aplica sólo para datos numéricos.
- Se hacen pruebas para datos no supervisados. Por lo tanto, no es identificable una clase que pueda ser referenciada para orientar un aprendizaje supervisado.
- Debido a la naturaleza de los datos, el análisis para la predicción se realizó únicamente a datos simples, es decir, no se contempla datos compuestos, como por ejemplo fecha, la cual está conformada por los datos simples día, mes y año.

Basado en lo anterior, se formula la siguiente pregunta: ¿Se podrían obtener resultados aceptables de predicción de datos utilizando la técnica híbrida KMediasSOM, comparado con los resultados obtenidos con la técnica de agrupamiento KMedias de manera independiente?

3 METODOLOGIA

El método aplicado en este caso fue la investigación científica descriptiva-exploratoria con enfoque experimental. De acuerdo con el proceso formal de investigación, fue utilizado un método hipotético-deductivo en el cual se formuló una hipótesis, que a través de un razonamiento deductivo se validó de manera empírica. Se buscó establecer, con base en la experimentación, un mecanismo de ponderación de los indicadores de evaluación de las técnicas, de forma tal que fuera posible evaluar dicho mecanismo con el conjunto de datos.

Se realizaron las siguientes actividades, con el fin de utilizar la técnica híbrida basada en técnicas de agrupación para la predicción de datos:

- Análisis de técnicas de aprendizaje computacional utilizadas en agrupamiento de datos.
- Definición de dominio y contexto en el cual se realizaron las pruebas y comparación de las técnicas (híbrida e individual) incluyendo la definición del conjunto de datos.
- Definición y aplicación de pruebas.
- Revisión de resultados de las pruebas y de la complejidad algorítmica.

Estimación de la cantidad semanal de productos comprados a partir de los datos de semanas anteriores, usando la técnica híbrida KMediasSOM

Los instrumentos con los cuales se desarrolló esta investigación, son principalmente: casos de estudio y pruebas con datos experimentales.

4 ANALISIS DE TECNICAS DE APRENDIZAJE COMPUTACIONAL

Los algoritmos o técnicas al igual que en el caso de los lenguajes de programación se eligen de acuerdo con una serie de criterios dentro de los cuales se pueden destacar [6]: área de aplicación general, complejidad algorítmica y entorno en el cual se ejecutará.

Con base en la revisión de las dos técnicas seleccionadas para el algoritmo híbrido, se definieron algunas ventajas y desventajas basadas en criterios como la naturaleza de los datos al cual se enfoca o tipo de aprendizaje, la simplicidad y efectividad del algoritmo.

Las dos técnicas seleccionadas para el algoritmo híbrido son K-Medias y Mapa Auto - organizativo de Kohonen (SOM). Con respecto a las ventajas se puede decir lo siguiente:

- K-Medias:
 - Simple en su implementación [7].
 - Algoritmo de aprendizaje no supervisado más simple [8].
 - Rapidez en encontrar la clasificación adecuada [8].
 - Más eficiente que los algoritmos jerárquicos [9].
 - Genera grupos con buena calidad estructural [10].
- Mapa Auto - organizativo de Kohonen (SOM):
 - La red SOM aprende rápidamente [11].
 - Es capaz de llevar a cabo la clasificación incluso sin la información suficiente [11].
 - Preserva la topología de los datos de entrada [11].

Considerando las desventajas es posible mencionar lo siguiente:

- K-Medias:
 - Requiere diversas iteraciones, lo que aumenta el costo computacional [7].
 - El agrupamiento final depende de los centroides iniciales [7] [8].
 - La convergencia en el óptimo global no está garantizada [7].
- Mapa Auto - organizativo de Kohonen (SOM):
 - Al utilizar aprendizaje no supervisado, necesita repetir todo el proceso de aprendizaje para clasificar un nuevo dato [11].

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, es posible decir que las ventajas superan las desventajas para el proceso que se quiere llevar a cabo. De acuerdo con los resultados de investigación en [12] existen técnicas especializadas dentro de las

cuales se pueden incluir las técnicas K-Medias y SOM, que tienen como rasgo principal que permiten identificar características comunes entre los registros de datos. Con base en estas características comunes se realizan agrupaciones y se seleccionan los datos representativos de acuerdo con algún método [13]. De esta manera puede ser posible predecir datos con base en datos preliminares.

De acuerdo con la naturaleza de los datos y con la literatura consultada [14][26], se observó el uso común de las redes neuronales y las técnicas basadas en vecindad como alternativas para predecir datos, permitiendo utilizar la técnica híbrida basada en estos dos tipos de técnicas. Se analizaron las técnicas por su sencillez y bajo costo computacional. Dentro de las redes neuronales hay diferentes topologías de las cuales algunas se usan para datos supervisados, como es el caso del perceptrón multicapa, y otras se usan para datos no supervisados como los mapas auto-organizativos de Kohonen (SOM). En cuanto a las técnicas basadas en vecindad, una de las que se orientan al aprendizaje no supervisado es la denominada K-Medias. De esta forma, SOM y k-medias fueron las técnicas empleadas en el proceso de definición de la técnica híbrida; haciendo claridad que los algoritmos de agrupación también han sido ampliamente utilizados en la predicción y uno de los algoritmos de agrupamiento no supervisado más conocido y usado es el k-medias [5]. De acuerdo con [14] K-Medias es uno de los diez algoritmos de minería de datos identificados en el año 2006 como los principales en esta área. Estos diez algoritmos están entre los más influyentes de minería de datos en la comunidad investigativa. La técnica híbrida se utilizó para predicción y no sólo para el agrupamiento de los datos.

5 DESCRIPCION DE LAS TECNICAS PARA EL CASO DE ESTUDIO

5.1 Algoritmo K-Medias

El algoritmo K-Medias (K-Means) es un método de agrupamiento por vecindad en el que se parte de un número determinado de prototipos y de un conjunto de ejemplos a agrupar. La constante K se refiere al hecho que el algoritmo funciona para un número fijo de grupos (cluster), los cuales son definidos en términos de la proximidad entre los puntos de datos [15][16]. El procedimiento de este algoritmo se describe en [17].

Mediante este algoritmo el espacio de ejemplos de entrada se divide en k clases o regiones, y el prototipo de cada clase estará en el centro de la misma. Dichos centros se determinan con el objetivo de minimizar las distancias euclidianas cuadráticas entre los patrones de entrada y el centro más cercano, es decir minimizando el valor J (ecuación (1)):

Estimación de la cantidad semanal de productos comprados a partir de los datos de semanas anteriores, usando la técnica híbrida KMediasSOM

$$J = \sum_{i=1}^k \sum_{n=1}^m M_{in} d_{EUCL}^2(X_n - A_i) \quad (1)$$

Donde M es el conjunto de patrones, d_{EUCL} es la distancia euclidiana, X_n es el ejemplo de entrada n , A_i es el prototipo de la clase i , y M_{in} es la función de pertenencia del ejemplo n a la región i de forma que vale 1 si el prototipo A_i es el más cercano al ejemplo X_n y 0 en caso contrario.

5.2 El modelo de Kohonen y las redes autoorganizativas (Self Organizing Map - SOM).

El modelo Kohonen es una red neuronal artificial que cuenta la capacidad de formar mapas de características de manera similar a como ocurre en el cerebro humano. El objetivo de este paradigma es demostrar que un estímulo externo (información de entrada) es suficiente para forzar la formación de los mapas. Esta red utiliza un aprendizaje no supervisado de tipo competitivo. Las neuronas de la capa de salida compiten por activarse, pero sólo una de ellas permanece activa ante una determinada información de entrada a la red. Los pesos se ajustan en función de la neurona que haya resultado vencedora. En el caso de existir mayor número de entradas que neuronas de salida, más de una deberá asociarse con la misma neurona de salida; es decir, pertenecerán a la misma categoría. En tal caso, los pesos se obtienen como un promedio de dichas entradas [18][19].

El proceso se repite para mejorar el entrenamiento y el mapa topológico de salida, de tal forma que cuantas más veces se presenten los datos, más se reducirán las zonas de neuronas que deben activarse ante entradas parecidas, y así la red realiza una clasificación más selectiva.

En el modelo SOM, el número de neuronas se toma tan grande como se pueda, considerando como mínimo cubrir las características de las entradas, ya que a diferencia de otros modelos de redes neuronales artificiales que tienden al sobreajuste; para SOM, tener más neuronas que entradas no afecta el resultado final. En realidad, al aumentar el número de neuronas lo que realmente se afecta es el costo computacional [20].

5.3 Técnica híbrida KMediasSOM

Finalmente, se presenta el algoritmo técnica híbrida (Tabla 1), basado en las técnicas K-Medias y SOM.

Tabla 1. Algoritmo técnica híbrida.

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none"> (1) ALGORITMO KMediasSOM(Información de entrada) (2) Fase SOM: |
|---|

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> (3) Inicializar pesos aleatoriamente; (4) Repetir (5) Presentar el mapa de información de entrada a la red neuronal; (6) Determinar la neurona vencedora de la capa de salida; (7) Actualizar los pesos; (8) Fin Repetir(hasta cuando no haya cambios en los pesos) (9) Generar mapa SOM; (10) Extraer centroides centr; (11) Quitar centroides de grupos que no tienen elementos; (12) Fase K-Medias; (13) Leer información de entrada; (14) Agrupar los datos completos de acuerdo con los centroides centr; (15) Repetir (16) Calcular los centroides (distancia euclidiana); (17) Agrupar los datos; (18) Fin Repetir(hasta cuando los centroides no varían) (19) Los centroides corresponden al resultado de la predicción. (20) FIN ALGORITMO |
|--|

6 ANALISIS DE PRUEBAS Y RESULTADOS

6.1 Descripción del conjunto de datos

Los datos con los cuales se realizaron las pruebas finales de la estimación de datos usando la técnica híbrida KMediasSOM, corresponden al conjunto de datos denominado “Sales_Transactions_Dataset_Weekly Data Set” que incluye datos de cantidades compradas de 800 productos semanalmente por 52 semanas.

La implementación de los algoritmos en referencia se realizó usando la herramienta MATLAB, utilizando la documentación de som_toolbox [21].

6.2 Análisis de resultados utilizando el conjunto de datos

De acuerdo con lo planteado en [12], que un buen método de predicción debe preservar las estimaciones de los parámetros que definen la forma de la distribución de los datos, se propuso evaluar la media aritmética, la desviación estándar, la asimetría y la curtosis para comparar las técnicas. Entonces, se definió un experimento con base en los datos obtenidos de UCI (Sales_Transactions_Dataset_Weekly Data Set) y así estimar los datos de la semana 53 para el grupo de productos que allí se

Estimación de la cantidad semanal de productos comprados a partir de los datos de semanas anteriores, usando la técnica híbrida KMediasSOM

presentan, así se calcularon los estadísticos para los datos y para los datos obtenidos con K-Medias y SOM.

De esta forma, fue posible ver el comportamiento de los estadísticos para las técnicas en estudio y obtener las conclusiones. Los resultados de las comparaciones de las técnicas se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de evaluar estadísticos con datos.

	Media	Desviación Estándar	Asimetría	Curtosis
Datos previos	8,9	9,9	1,1	1,9
Datos con k-medias	8,9	7,7	1,1	1,7
Datos con SOM	9,1	8,8	1,1	1,8

Con base en los resultados obtenidos para los estadísticos, se puede determinar que:

- La media no presenta mayor variación al aplicar las técnicas; sin embargo, la técnica que mayor variación le imprime es la técnica SOM.
- La desviación estándar presentó menor variación al utilizar la técnica SOM.
- En el caso del coeficiente de asimetría, al utilizar las técnicas no se presentó variación, lo que indica que no se alteró la distribución de los datos con respecto al punto central.
- La curtosis se vio afectada al utilizar las técnicas K-Medias y SOM en baja proporción.

En general, se puede concluir que las técnicas K-Medias y SOM imprimen poca variación a la distribución de los datos. Este resultado es un muy buen argumento para justificar la selección de estas dos técnicas como base de la técnica híbrida para ser utilizada en la predicción de los datos.

Por otra parte, se evaluó el resultado del agrupamiento luego de aplicar alguna de las técnicas, para verificar que los grupos tengan la mínima variabilidad dentro de los grupos y la máxima variabilidad entre los grupos. De acuerdo con esto, los índices que se aplicaron para evaluar el desempeño de los algoritmos de agrupamiento son los denominados homogeneidad y separación en los resultados [22]. Para la interpretación de las expresiones asociadas a los indicadores es necesario tener en cuenta la función distancia, que en este caso corresponde a la distancia euclidiana cuya expresión es la ecuación (2) [23].

$$D_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^M (X_{ik} - X_{jk})^2} \quad (2)$$

Para el análisis de los resultados se realizó la normalización por el método MIN-MAX (Ecuación 3) de los indicadores al intervalo [0,1] a través del cual se realiza una transformación lineal de los datos. Con base en los indicadores normalizados fue posible establecer que la técnica híbrida propuesta presenta los mejores resultados en términos de la predicción y se determinó la mejor configuración, la cual fue utilizada en la aplicación de KmediasSom.

$$v = \frac{v - \min_A}{\max_A - \min_A} (new_max_A - new_min_A) + new_min_A \quad (3)$$

A continuación se relacionan los indicadores:

Homogeneidad

$$Homogeneidad(H_{ave}) = \frac{1}{N} \sum_i D(g_i, C(g_i)) \quad (4)$$

Variabilidad de los datos dentro de un grupo. Es decir, refleja que tan compacto es un grupo. En la expresión (ecuación (4)), la homogeneidad es calculada como la distancia promedio entre cada elemento del centro del grupo (cluster) al cual pertenece, donde g_i es el i -ésimo elemento y $C(g_i)$ es el centro del grupo al cual pertenece g_i , N es el número total de elementos y D es la función distancia.

Separación

$$Separacion(S_{ave}) = \frac{1}{\sum_{i \neq j} N_{Ci} N_{Cj}} \sum_{i \neq j} N_{Ci} N_{Cj} D(C_i, C_j) \quad (5)$$

Variabilidad entre los grupos. Es decir, distancia general entre los grupos. En la expresión (Ecuación 5), la separación es calculada como la distancia media ponderada entre los centros de los grupos, donde C_i y C_j son los centros del i -ésimo y el j -ésimo grupo y N_{Ci} y N_{Cj} son el número de elementos de los i -ésimo y j -ésimo grupo.

Los indicadores hallados tienen un significado particular en el proceso de agrupamiento y predicción de los datos. El análisis de los indicadores en conjunto, permitió definir la configuración más adecuada. Los indicadores que permitieron establecer la configuración mencionada dejaron considerar que entre más pequeño sea el valor de la homogeneidad y mayor el valor de la separación, mejores son los resultados del agrupamiento y por ende de la predicción.

Con base en lo anterior la ponderación de los indicadores puede ser modelada a través del análisis multiobjetivo o multicriterio, el cual trata de identificar la mejor solución considerando simultáneamente múltiples objetivos en conflicto.

Estimación de la cantidad semanal de productos comprados a partir de los datos de semanas anteriores, usando la técnica híbrida KMediasSOM

Generalmente, en los problemas con múltiples objetivos no es posible obtener una solución factible que sea óptima para todos los objetivos. La técnica de combinación lineal de los pesos, es una de las técnicas pertenecientes a este grupo y en esta técnica la función objetivo no es más que la suma de las funciones del problema original multiplicadas por un peso [24]. En este caso particular, se utiliza la combinación lineal de los pesos para calcular los valores de la ponderación asociados a cada una de las configuraciones definidas. La importancia de la(6) ponderación, radica en determinar de forma cuantitativa la relevancia de cada elemento o función objetivo. En general, se asignan pesos asociados a cada una de las funciones objetivo de la evaluación multiobjetivo, que en este caso particular corresponden a los indicadores; aunque su especificación es una cuestión para la cual se han propuesto diversos métodos [25].

Tabla 3. Indicadores normalizados KmediasSom y K-Medias con datos experimentales.

	KMediasSom Configuración n.3	K-Medias – K = 144
Separación	1	1
Homogeneidad máxima	0,056281909	0
Homogeneidad mínima	0	0

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos para cada indicador y en la Tabla 4 se presentan los valores logrados a partir de la ponderación. Los valores de los indicadores de evaluación y la ponderación conseguidos con los datos experimentales permitieron determinar que la técnica KMediasSom en promedio presenta mejores resultados que los generados por la técnica individual K-Medias.

Tabla 4. Resultados de ponderación de indicadores.

	KMediasSom – Configuración 3	K-Medias – K = 144
Ponderación	0,5	0,52814095

6.3 Análisis de la complejidad algorítmica del algoritmo KMediasSOM

La complejidad del algoritmo KMediasSOM se puede expresar de la siguiente manera

$$T(n) = C_1 + C_2 N + C_3 N + C_4 N + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + C_{10} N + C_{11} N + C_{12}$$

$$T(n) = C_1 + (C_2 + C_3 + C_4)N + C_5 + C_6 + C_7 + C_8 + C_9 + (C_{10} + C_{11})N + C_{12}$$

Con N_1 (Ecuación 6) como el número de veces que se ejecuta el primer ciclo (Repetir) y N_2 el número de veces que se repite el segundo ciclo. Donde el orden de la complejidad es $O(N_1+N_2)$. La técnica híbrida mejora el resultado obtenido para los valores de los indicadores de evaluación de las técnicas, como se muestra en la Tabla 3 y conserva el orden lineal de la complejidad de las técnicas iniciales, según [21][26].

7 CONCLUSIONES

En el contexto de las técnicas de aprendizaje computacional basadas en vecindad y las redes neuronales para la predicción de datos, se seleccionaron las técnicas K-Medias y redes SOM. Con sus características, similitudes, debilidades y fortalezas, permitieron definir una técnica híbrida (KMediasSom) basada en los resultados obtenidos del análisis de las técnicas individuales y de los casos de estudio que confirmaron la posibilidad de utilizar una técnica híbrida de este estilo para la predicción de datos.

Los indicadores Separación y Homogeneidad permiten evaluar los algoritmos para datos no supervisados. Al aplicar dichos indicadores a los resultados de la técnica híbrida sobre los datos experimentales, permitieron establecer que la técnica híbrida suministra mejores resultados que la técnica individual (K-Medias).

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos se concluye:

En primer lugar, la técnica híbrida KMediasSom puede ser usada con garantía de resultados adecuados, en tareas de predicción de datos.

En segundo lugar, se comprueba que la combinación de estas dos técnicas permite generar en promedio resultados aceptables para predicción de datos.

REFERENCIAS

- [1] R. Hernández, C. Fernández y P. Baptista, “Metodología de la investigación”. Tercera edición ed., Mc Graw Hill, 2003.
- [2] J. Han y M. Kamber, “Data mining, Concepts and techniques”. Segunda ed., San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2006, pp. 61 – 65, 110 – 127.
- [3] J. Villalobos. “Calidad de datos en las organizaciones”, pp. 28-68. Fecha: 2008. Fecha de consulta: junio de 2012. URL: http://www.acis.org.co/fileadmin/Base_de_Conocimiento/XXVIII_Salon_de_Informatica/ConferenciaJorgeVillalobosAlvarado.pdf.

Estimación de la cantidad semanal de productos comprados a partir de los datos de semanas anteriores, usando la técnica híbrida KMediasSOM

- [4] C. Clifton. "Data Mining. Course Overview", pp. 9-64. Fecha: Enero 2006. Fecha de consulta: enero de 2012.
URL:<http://www.cs.purdue.edu/homes/clifton/cs590d/Intro.ppt>
- [5] D. Li, J. Deogun, W. Spaulding y B. Shuart. "Towards Missing Data Imputation: A Study of Fuzzy K-means Clustering Method". *Rough Sets and Current Trends in Computing. Lecture Notes in Computer Science 3066*, 2004, Uppsala, Sweden, Springer, 2004, pp. 573-579.
- [6] R. Pressman. "Ingeniería del Software. Un enfoque práctico". Tercera edición ed., Madrid, España: McGraw-Hill, 1993.
- [7] J. Pérez, M. F. Henriques, R. Pazos, L. Cruz, G. Reyes, J. Salinas y A. Mexicano. "Mejora al algoritmo de agrupamiento K-means mediante un nuevo criterio de convergencia y su aplicación a bases de datos poblacionales de cáncer". 2º Taller Latino Iberoamericano de Investigación de Operaciones, Acapulco, México, 2007.
- [8] F. Fernández y A. Murillo. "Clasificación automática simbólica por medio de algoritmos genéticos". *Revista de Matemática: Teoría y Aplicaciones*, vol. 16, nº 2, p. 283-292, 2009.
- [9] E. Yolis, P. Britos, G. Perichisky y R. García. "Algoritmos genéticos aplicados a la categorización automática de documentos", pp. 1470. Fecha: 2003. Fecha de consulta: 2011. URL: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/22639/Documento_completo.pdf?sequence=1.
- [10] G. Chen, S. Jaradat, N. Banerjee, T. Tanaka, M. Ko y M. Zhang. "Evaluation and Comparison of Clustering Algorithms in Analyzing ES Cell Gene Expression Data". *Statistica Sinica*, vol. 12, pp. 241-262, 2002.
- [11] B. Peralta, J. Ortega y H. Benítez. "Un Sistema de Patrones de Software para Redes Neuronales Artificiales". Universidad Autónoma de México - UNAM, Departamento de Matemáticas, Departamento de Ingeniería de Sistemas Computacionales y Automatización, 2005.
- [12] I. Amón Uribe. "Guía metodológica para la selección de técnicas de depuración de datos". Tesis maestría, Universidad Nacional de Colombia - Medellín, Antioquia, Medellín, 2010.
- [13] F. Medina y M. Galvan. "Imputación de datos: Teoría y práctica: patrones de comportamiento de los datos omitidos". *Serie de estudios estadísticos y prospectivos CEPAL*, pp. 26-27, Julio 2007.
- [14] X. Wu, V. Kumar, R. Quinlan, J. Ghosh, Q. Yang, H. Motoda, G. McLachlan, A. Ng, B. Liu, P. Yu, Z.-H. Zhou, M. Steinbach, D. Hand y D. Steinberg. "Top 10 algorithms in data mining". *Knowledge and Information Systems*, vol. 14, nº 1, pp. 1-37, Diciembre 2007.
- [15] H. Barrera, J. Correa y J. Rodríguez. "Prototipo de Software para el preprocesamiento de datos "UD-Clear"". *IV Simposio Internacional de Sistemas de Información e Ingeniería de Software en la Sociedad del Conocimiento SISOFT*, Cartagena, Colombia, 2006.
- [16] M. Berry y G. S. Linoff. "Data Mining Techniques". Indianapolis, Indiana: Wiley, 2004.
- [17] N. Rodríguez y W. Sánchez. "SOFTWARE PARA PREPROCESAMIENTO DE DATOS UDCLEAR VERSIÓN 2.0.". Bogotá, Colombia, 2008.
- [18] J. R. Hilera y V. J. Martínez. "Redes neuronales artificiales: Fundamentos, modelos y aplicaciones". Madrid, España: Addison-Wesley Iberoamericana Ram, 1995.
- [19] J. Vesanto, J. Himberg, E. Alhoniemi y J. Parhankangas. "Self-Organizing Map in Matlab: the SOM Toolbox" de *Proceedings of the Matlab DSP Conference*, 2000.
- [20] J. D. Martín. "Determinación de tendencias en un portal web utilizando técnicas no supervisadas. Aplicación a sistemas de recomendaciones basados en filtrado colaborativo". Valencia, España, 2004.
- [21] J. Vesanto. "Neural Network Tool for Data Mining: SOM Toolbox". *Proceedings of Symposium on Tool Environments and Development Methods for Intelligent Systems (TOOLMET2000)*, Oulu, Finland, 2000.
- [22] J. Navarro y J. Losilla. "Análisis de datos faltantes mediante redes neuronales artificiales". *Psichotema*, vol. 12, nº 3, pp. 503-510, 2000.
- [23] M. Dash, H. Liu y J. Yao. "Dimensionality Reduction for Unsupervised Data". de *Ninth IEEE International Conference on Tools with AI, ICTAI'97*, 1997.
- [24] L. C. Cagnina. "Optimización mono y multiobjetivo a través de una heurística de inteligencia colectiva". San Luis, Argentina, 2010.
- [25] M. L. Ramírez. "El método de jerarquías analíticas de Saaty en la ponderación de variables. Aplicación al nivel de mortalidad y morbilidad en la provincia del chaco". *Comunicaciones científicas y tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste*, p. 4, 2004.
- [26] A. Pérez, G. García, J. Medina, J. Martínez y J. Carrasco. "Algoritmo de agrupamiento para colecciones de documentos". *Reporte Técnico de Minería de Datos, Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada (CENATAV)*, La Habana, Cuba, 2008.

Analisis y diseño de una instancia del problema control de tiempos de semáforos utilizando algoritmos colonia de abejas (ABC)

Nelson Becerra Correa

Sistematización de Datos

Facultad Tecnológica

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Cl. 68D Bis A Sur N° 49F - 70 Candelaria La Nueva IV Etapa

Email: nelsonbc19@gmail.com

Resumen—En este artículo, se muestra una propuesta para una instancia del problema del control de tiempos en los semaforos. Utilizando un algoritmo de enjambres de abejas. El algoritmo que se utiliza para el analisis y diseño se conoce como ABC, propuesto por Doringo ver: [9].

La estructura del documento es la siguiente : en la primera sección se definen los conceptos básicos del problema y de el algoritmo. La segunda sección describe en detalle el algoritmo ABC de colonia de abejas, se analizan las fases de abejas ocupadas, abejas observadoras y abejas exploradoras.

La fase tres hace una explicacion sobre la forma y la estructura necesaria para la adaptación del algoritmo de abejas al problema mencionada anteriormente. Se describe el tamaño de la colonia, el limite de abejas exploradoras y la dimensión del problema.

Igualmente se hace un detalle de una instancia para una interacción en particular en la ciudad de Bogota Colombia. Y se describe paso a paso el desarrollo del algoritmo.

En la cuarta fase, se detalla el diseño, indicando recorrido, función fitness y probabilidad de selección.

La fase quinta se proponen los trabajos futuros a realizar y como ultimo se presentan las conclusiones del artículo.

Algoritmo de Abejas, TSP, Algoritmo enjambres, Algoritmo ABC.

Abstract—In this article, a proposal for an instance of the problem of time control in traffic lights is shown. Using an algorithm of swarms of bees. The algorithm used for the analysis and design is known as ABC, published by Doringo see: cite stutzle1999aco.

The structure of the document is as follows: the first section defines the basic concepts of the problem and the algorithm. The second section Describe in detail the ABC algorithm of bee colony, the phases of occupied bees, observer bees and explorer bees are analyzed.

Phase three has an explanation about the form and structure necessary for the adaptation of the bee algorithm in the problem mentioned above. The size is

described of the colony, the limit of the explorations and the dimension of the problem. There is also a detail of an instance for a particular interaction in the city of Bogotá Colombia. The development of the algorithm is described step by step. In the fourth phase, the design is detailed, indicating path, function in fitness and probability of selection.

The fifth phase proposes the future work to be carried out and, finally, presents the conclusions of the article.

Bees Algorithm, TSP, Swarm Algorithm, ABC Algorithm

1. Problema del control de asignación de tiempos en semáforos

El problema del control vehicular, respecto a la movilidad es un problema que vivimos diariamente, quienes estamos obligados a vivir en las grandes ciudades debido a la congestión y los problemas de organización del transporte publico.

Según un estudio de la firma Inrix, el que analiza 1.360 ciudades de 38 países. El 39 por ciento del tiempo que estas personas se demoran para hacer su trayecto se va en atascos: ver ¹. Debido a esto la optimización del flujo vehicular, es uno de los campos que preocupan a los investigadores y entidades gubernamentales.

Pues las demoras en la movilidad ocasionan grandes pérdidas en la economía del país pérdidas de 305.000 millones de dólares solamente en los estados unidos. Como parte de la solución se puede emplear la tecnología para el control de una sonorización mas eficiente.

La propuesta es emplear técnicas de inteligencia artificial, concretamente algoritmos de enjambres. Esto apoyados en la electrónica y de modelos matemáticos para su representación formal del flujo vehicular

1. <https://www.eltiempo.com/bogota/bogota-es-la-sexta-ciudad-del-mundo-con-mas-trancones-186730>

y su respectiva simulación que permita luego ser implementado en la vía real.

1.1. Dinámica de tráfico

Podemos hablar de dos tipos de flujo vehicular: flujo interrumpido o discontinuo y un flujo sin interrupciones o continuo.

El flujo vehicular interrumpido o discontinuo es aquel en el cual la dinámica del flujo se ve afectada por medios o dispositivos de control como lo son los semáforos y la señales de regulación del sistemas, es utilizado en las calles de la ciudad y se caracteriza por tener varias intersecciones.

En el flujo vehicular continuo o sin interrupciones no hay semáforos, señalización ni reductores como medios de control para afectar el flujo o en el caso de presentarse algún dispositivo de control estos se encuentran ubicados a grandes distancias.

Existen dos formas bastante usadas en la simulación del tráfico vehicular : macroscópicas y microscópicas La forma macroscópica da un valor para cada grupo de vehículos en un tiempo determinado. Las variables usadas son: el flujo, la densidad y la velocidad estos datos luego son promediados sobre el número de vehículos que se movilizaron en la calzada analizada. La forma microscópica proporciona un valor por cada par de vehículos, en esta las variables que se toman en cuenta son: time headway y spaceheadway.

1.2. Terminología del tráfico

Intersección: se considerada como un conjunto de movimientos permitidos en un cruce, para regular o permitir el flujo en cada cruce es necesario el uso de semáforos que indiquen si un cruce puede atravesar el área o si por el contrario tiene que esperar para transitar esa área

Ciclo: Se denomina ciclo cuando se le ha dado el paso a todos los semáforos de una intersección. Contando el tiempo total, la partición de verde es el porcentaje para el cual el semáforo estuvo en el estado de verde y se tomó con respecto al ciclo.

Minimheadway: Es la mínima distancia que hay entre vehículos y se mide en segundos,

Interarrival : Hace referencia al tiempo que tarda el próximo vehículo en llegar a la intersección.

Tiempo total: Es el tiempo que se tardó cada vehículo en salir de la intersección se obtiene restando del tiempo de llegada a la intersección con el tiempo de salida de esta misma. **Semáforo:** Aunque parezca obvio, es necesario definir que entendemos por tal. Un semáforo es un dispositivo eléctrico para el control del tráfico, cuyo objetivo principal es permitir el tráfico alternativo que confluyen en una determinada intersección.

Este permite cumplir su función mediante 3 lamparas generalmente de colores. Rojo, Verde y amarillo, para la ciudad de Bogota. **Ciclo de un semáforo:** Es el

tiempo transcurrido entre el cambio de un grupo de semáforos que pasan de verde a rojo y amarillo. Hasta que dicha configuración vuelve a repetirse. También lo podemos definir como un conjunto de fases sucesivas hasta que las mismas se repiten. Para una explicación visual presentamos la figura 1 Tomada de ²

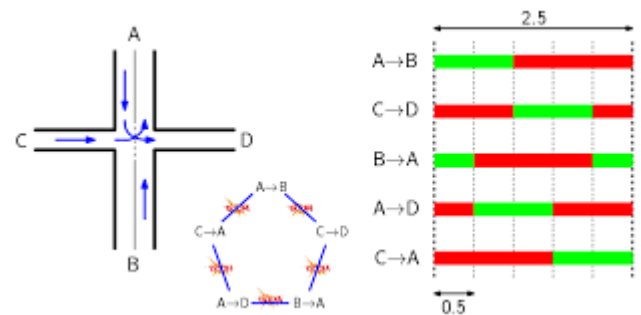


Figure 1. Ciclo de un semáforo

En la figura, se aprecia que hay una sola intersección pero cuatro rutas puedes ir de A a B , A a D, B a A, C a D y C a A.

El semáforo para el cruce de A a B asigna por ejemplo 1 minuto en verde y las rutas de A a D, B a A, C a D y C a A estarán en rojo, estos tiempo de semáforo se conocen como fases. En consecuencia par esta interseccion tendremos 4 fases. Las cuales constituyen un ciclo.

Fase de un semáforo: Son cada una de las divisiones de un ciclo. En la fase el tiempo de duración de los colores de todo el grupo de semáforos se mantiene invariable. Una fase da información sobre los movimientos permitidos. Los movimientos que se permiten son descritos en la figura 1.

2. Algoritmo ABC Colonia de abejas

ABC distingue tres tipos de abejas, así: Abejas ocupadas o trabajadoras (Employed en ingles), abejas observadoras (Onlooker en ingles) y las abejas exploradoras (scout en ingles) Cada tipo de abeja desarrolla una fase las cuales denominaremos: fase de abejas ocupadas , fase de abejas observadoras y fase de abejas exploradoras (Scout en ingles). Para mayor detalle remitimos a [5]. A continuación describiremos dichas fases.

2.1. Fase de abejas ocupadas

Una abeja esta ocupada si se encuentra en una fuente de alimento, indicando de donde proviene el néctar que deposito en la colmena.

Cada una de las abejas empleadas prueba mejorar la solución utilizando la ecuación 3, Mejorar la fuente significa obtener una mejor solución que la que en el

2. <https://cifrasyteclas.com/matematicas-para-esperar-menos-en-los-semaforos/>

momento es mejor solución.

Si el fitness (valor de la función objetivo), de la solución candidata es mejor (mayor), que la mejor solución conocida hasta el momento. Entonces, la abeja ocupada o empleada memoriza la nueva solución y abandona la anterior fuente de alimento y colocando el contador de abandono de la fuente en cero (0). En caso contrario el contador de abandono de la fuente es incrementado en 1.

2.2. Fase de abejas observadoras

Las abejas observadoras esperan la información de las fuentes de alimentos, que suministran las abejas ocupadas en la colmena.

Las abejas observadoras seleccionan una abeja ocupada y tratan de mejorar la solución mediante la ecuación 4

Luego que una abeja ocupada es seleccionada la solución de la abeja ocupada se actualiza usando la ecuación 3. Si la nueva solución es mejor que la solución anterior. La solución es reemplazada y el contador de abajas ocupadas es incrementado en 1.

2.3. Fase de abejas exploradoras

En esta fase, el contador de abandono con el máximo valor es seleccionado y este es comparado con el límite.

Si el contador de abandono es mayor que el límite, la abeja ocupada pasa a ser abeja exploradora (scout). Si una abeja exploradora se manifiesta en una iteración, una nueva fuente de alimento es generada por esta utilizando la ecuación 1, luego el contador de abandono es colocado en cero (0) y la abeja exploradora se convierte en una abeja ocupada.

En conclusión el número de abejas ocupadas y el número de abejas observadoras son iguales. Pero solamente una abeja exploradora interviene en cada iteración.

A continuación se muestra el pseudocódigo del algoritmo ABC ver 1

$$X_i^j = X_i^{\min} + R * (X_j^{\max} - X_j^{\min}) \quad (1)$$

$i = 1, 2, \dots, N$ and $j = 1, 2, 3, \dots, D$

Donde, X_i^j es la j -ésimo dimensión de la i -ésimo abeja trabajadora y X_j^{\max} y X_j^{\min} son los valores máximos y mínimos de la j -ésimo dimensión respectivamente.

R es un número aleatorio entre $[0, 1]$. N es el número de abejas trabajadoras y D la dimensión del problema.

Algorithm 1 Algoritmo general ABC colonia de abejas

```

1: Fase de inicialización
2: for <abeja trabajadora> do
3:   Generar la solución usando
     ecuación 1
4:   Calcular el valor Fitness de la
     solución ecuación 2
5:   Restablezca el contador de
     abandono de la abeja trabajadora
     a cero
6: end for
7: Fase de abejas trabajadoras
8: for <abeja trabajadora> do
9:   Actualice la solución usando la
     ecuación 3
10:  Calcular el valor Fitness de
     la nueva solución mediante la
     ecuación 2
11:  if la nueva solución es mejor que la actual then
12:    Memorice en la abeja trabajadora la nueva
     solución y establezca el contador a 0
13:  else
14:    Incremente el contador de abeja trabajadora en
     uno
15:  end if
16: end for
17: Fase de abejas observadoras
18: for <abeja observadora> do
19:   Calcule la probabilidad de
     selección usando la ecuación 4
20:   Seleccione una abeja trabajadora
     y actualice la solución mediante
     la ecuación 3
21:   Calcule el valor Fitness de
     la nueva solución de la abeja
     observadora
22:   if la nueva solución es mejor que la actual then
23:     Memorice en la abeja trabajadora la nueva
     solución y restablezca el contador en 0
24:   else
25:     Incremente el contador de abeja trabajadora en
     uno
26:   end if
27: end for
28: Fase de abejas exploradoras
29: for <abeja observadora> do
30:   Fijar el contador de abandono
     con el máximo valor
31:   Seleccione una abeja trabajadora
     y actualice la solución mediante
     la ecuación 3
32:   Calcule el valor Fitness de
     la nueva solución de la abeja
     observadora
33:   if El contador es mas alto que el limite then
34:     Generar una nueva solución para la abeja tra-
     bajadora usando la ecuación 1 y restablezca el
     contador en 0 de la abeja trabajadora
35:   end if
36:   Calcular el Fitness de la nueva
     solución
37: end for
38: Almacene la mejor solución global hasta aquí
39: Si una condición de terminación no se satisface
     retornar a la fase de abeja trabajadora
40: Reportar la mejor solución obtenida

```

Después de producir una nueva solución para las abejas trabajadoras el valor del fitness es calculado mediante la ecuación 2

$$fit_i = \begin{cases} \frac{1}{1+fit_i} & if(f_i \geq 0) \\ 1 + abs(f_i) & if(f_i < 0) \end{cases} \quad (2)$$

En donde, fit_i es el valor fitness de la i -ésimo abeja trabajadora y f_i es el valor de la función objetivo especificada por el problema de optimización de la i -ésimo abeja trabajadora.

$$V_i^j = X_i^j + \varphi * (X_i^j - X_k^j), \\ ik \in 1, 2, 3, \dots, N, j \in 1, 2, 3, \dots, D \text{ and } i \neq k \quad (3)$$

Donde, V_i^j es la j -ésima solución de la i -ésima solución candidata, X_i^j es la j -ésima dimension de la i -ésima abeja empleada.

$$P_i = \frac{0.9 * fit_i}{fit_{best}} + 0.1 \quad (4)$$

Donde p_i es la probabilidad de selección de la i -ésima abeja ocupada. fit_i es el valor fitness de la i -ésima abeja ocupada. fit_{best} es la mejor solución en la población de abejas ocupadas, y N es el número de abejas ocupadas.

3. Análisis de la solución

En el proceso de adaptación del algoritmo ABC, al problema del semaforización. Se requiere conocer y definir los elementos a tener en cuenta para enfrentar una posible solución al problema de los cuales tendremos en cuenta los siguientes aspectos:

- 1) Tiempo de salida de una intersección
- 2) Tiempo de llegada de vehículos
- 3) Flujo de trafico
- 4) Tiempo de demora en una intersección
- 5) Espera de vehículos en la cola

Acontinuación describiremos cada uno de estos aspectos.

3.1. Calculo tiempo de salida de una intersección

En un tiempo t la cola para un cruce i se denota como $q_i(t)$ El número de vehículos que salen en un intervalo de tiempo se denota como $q_{out}^i(t_1, t_2)$ este es el tiempo de fase donde t_1 y t_2 es el inicio y fin de las fases respectivamente .

La ecuación 5 representa la salida de los vehículos

$$q_{out}^i = \begin{cases} \min[q^i(t_1), 1 + int(\frac{t_2-t_1}{hw})] & if U_{t_1, t_2} = \text{green} \\ 0 & if U_{(t_1, t_2)} = \text{red} \end{cases} \quad (5)$$

Donde, hw es headway (progreso), Int obtiene la parte entera de la división en el intervalo de tiempo con el headway. A la anterior operación sumamos 1 ya que asumimos el movimiento $Q^i(t)$ como el semaforo en verde, por lo tanto sale el primer vehiculo de la cola .

La función min selecciona cual es el menor tiempo entre la fase y el tiempo necesario para dejar vacía la cola. En conclusión el menor de estos es el total de vehículos que pueden salir para la fase.

3.2. Llegada de vehículos

En 5 se presenta la ecuación que calcula la llegada de vehículos.

Dicha ecuación tiene en cuenta el número de vehículos que hay actualmente en la cola $q^i(t)$

$$G_{min} = t_L + 2n \quad (6)$$

t_L

, es el tiempo para el cual los vehículos salen con el mismo headway (intervalo), en el proyecto asumimos este tiempo como 4 segundos.

n representa el número de vehículos que se detectaron. Los cuales se obtienen como

$$n = q^i(t)$$

Para hacer un estimativo de los posibles vehículos que llegan en un periodo de tiempo utilizamos la formula 7 λ Es el flujo de vehículos y $\Delta(t)$ representa el tiempo necesario para vaciara la cola q . Estos valoren son indispensables para determinar el tiempo que los vehículos utilizan para salir de la intersección.

$$\lambda \Delta(t) \quad (7)$$

3.3. Flujo del trafico

Una vez la luz se pone en verde, los vehículos inician su recorrido, iniciando por el primero en la fila , luego el segundo en la fila hw segundos después y así sucesivamente, hasa terminar la cola.

Si en este intervalo llegan nuevos vehículos tendrán que esperar hw segundos multiplicado por el puesto que ocupe en la cola. En caso que la cola este vacía no tiene ninguna espera.

Cuando cambiamos de fase el semáforo pasa de verde a amarillo y luego a rojo. El semáforo opuesto pasara de rojo a amarillo para terminar en verde de forma sincronizada.

En este intervalo de tiempo pueden llegar vehículos a la cola. Por lo tanto en este intervalo de tiempos llegan vehículos a la cola pero no salen de esta.

3.4. Tiempo de intersección

El algoritmo, evalúa los tiempos al inicio de cada fase, y a continuación obtendrá el tiempo para salir de la intersección de los vehículos

Este tiempo esta dividido en 2 partes, una de las cuales es conocida la cual sera el tiempo necesario para vaciar la cola $q^i(t_1)$ y la otra parte la desconocemos ya que es el numero de vehículos que pueden llegar en el tiempo

$$G_{min}$$

3.5. Espera de vehículos iniciales en la cola

Si establecemos la longitud de la fase como $(t_2 - t_1)$, $q_{out}^i = q_{out}^i(t_2 - t_1)$ y si n es la posición del vehículo en la cola entonces donde $n \leq q_{out}^i$.

En consecuencia el tiempo para salir de la intersección. Sera el tiempo en que el vehículo arribo a la cola, menos el tiempo en el que comienza la luz verde. A esta cifra se le sumara el headway que sera el tiempo utilizado por el vehiculo anterior en pasar la parte frontal. De esta manera la ecuación sera. ver 8.

$$\begin{aligned} &= \sum_{n=1}^{q_{out}^i} (n-1)hw + (t_1 - at_n) \\ &= [q_{out}^i(q_{out}^i - 1)/2]hw + \sum_{n=1}^{q_{out}^i} (t_1 - at_n) \end{aligned} \quad (8)$$

3.6. Espera de vehículos que no salen en la fase actual

Hay vehículos que no alcanzan a salir en la fase actual, debido a la demanda o que el semáforo cambio a rojo. Para poder determinar el promedio de espera en este intervalo de tiempo para cada vehículo sera: ver 9

$$\lambda \Delta x \Delta / 2 = \lambda \Delta t^2 \quad (9)$$

3.7. Otros tiempos necesarios para la simulación

En esta sección utilizamos una tabla para describir las formulas utilizadas para obtener los diferentes tiempos, necesarios en la simulación. La tabla se describe en : 1

4. Diseño de la solución

Los siguientes documentos se tomaron como referencia para el diseño de nuestra solución ver : [8], [1], [4], [6], [2],

Nuestro algoritmo consta de las siguientes partes:

- 1) Se calcula el tiempo promedio que utiliza un vehículo para llegar a una intersección en la cual se encuentre un semáforo.
- 2) Si el vehículo encuentra el semáforo en rojo. Entonces se calcula el tiempo de espera en la intersección.

- 3) Estos dos pasos se repiten, con todos los vehículos que intervienen en la simulación. Con la suma de los tiempos se obtiene el parámetro de espera (waitstep), en nuestra funcion de optimización. ver ecuación ??.

El software contendrá dos componentes la primera corresponde a la interfaz elaborada python. La cual ejecutara el algoritmo colonia de abeja.

La segunda componente corresponde la simulador SUMO. El cual mostrara los vehículos en la intersección.

El algoritmo calcula los tiempos de los semáforos en la intersección, en consecuencia es necesario conectar la interfaz con SUMO, para ello se debe establecer una conexión TCP sobre un apropiado puerto.

La aplicación envía comandos por medio de la interfaz TraCI a SUMO para controlar el tráfico o conocer el estado de la intersección, luego de recibir la solicitud SUMO responde con un Status -response y con información adicional que dependa de la solicitud, después de que se ha terminado la simulación el cliente es responsable de terminar la ejecucion.

4.1. Problema control tiempos de semáforos

Conocidas las tasas de llegada y de salida de vehículos del cruce. Para un entero N dado, y un tiempo inicial

$$t_0$$

, queremos calcular una sucesión t_1, t_2, \dots, t_n de instantes de cambio de las luces de los semáforos (tiempos switching) óptima bajo algún criterio expresado en una función objetivo a minimizar que denotamos por $f(x)$.

Para un mayor detalle remitimos al trabajo [6], en donde se proponen métodos heurísticos para solucionar el problema del control de tiempos de semáforos.

4.2. Intersección objeto de estudio

El escenario, del área urbana se extrajo mediante los mapas de

OpenStreetMap

para un mayor ver ³ Se ha establecido la cantidad de vehículos que forman parte de la simulación a travez de datos proporcionados por la pagina de la secretaria de movilidad de Bogotá ⁴

En la figura 2, se muestra la intersección sobre la cual se hace la simulación del algoritmo de abejas para el control de tiempos de semáforos.

Dicha intersección queda ubicada entre las Avenidas USME y la avenida AL LLANO. Que corresponde a las direcciones comprendidas entre la calle 81A sur y la Carrera 1a, este En el sur-oriente de la ciudad de

3. <https://www.openstreetmap.org/>

4. <https://www.movilidadbogota.gov.co/web/>

Tiempos de vehículos	
Tiempo	Formula
Espera de vehículos que llegan y salen en la fase actual	$(q-1)hw/2 + hw = (q+1)hw/2$
Tiempo para vaciar la cola	$\frac{(q-1)hw}{1-\lambda hw} - \lambda hw$
Posible número de vehículos que llegan	$(q-1)hw - \lambda hw \lambda \text{París}$
Tiempo de espera durante la fase	Caso 1 : $t_2 - t_1 \geq \frac{(q-1)hw}{1-\lambda hw}$ $J_{green}(t_1, t_2) = \frac{q(q-1)}{2}hw + \frac{(q-1)hw}{2} \frac{(q-1)hw}{1-\lambda hw}$
Tiempo de espera durante la fase	Caso 2 : $\frac{(q-1)hw}{1-\lambda hw} > t_2 - t_1 \geq (q-1)hw$
Tiempo que quedan al final de la fase	$rel = 1 + \text{Int}\left(\frac{t_2-t_1}{hw}\right) - q$
Tiempo de espera para el caso 2 :	$J_{green}(t_1, t_2) = \frac{q(q-1)}{2}hw + \frac{(q-1)hw}{2}rel + \frac{\lambda(t_2-T_1-rel\lambda hw)^2}{2}$
Tiempo de espera cuando el semáforo esta en rojo	$J_{red}(t_1, t_2) = q(t_2 - t_1) + \frac{\lambda(t_2-t_1)^2}{2}$
Tiempo de espera para el ciclo completo	$J_{red}(t_1, t_2, t_3, t_4, t_5) = \sum_1^3 (J_{u(t_1, t_2)}^i(t_1, T_2) + J_{u(t_2, t_3)}^i(t_2, T_3) + J_{u(t_3, t_4)}^i(t_3, T_4) + J_{u(t_4, t_5)}^i(t_4, T_5))$

Table 1. TIEMPOS DE CONTROL DE VEHÍCULOS.

Bogota.

La carrera 1a. este, está conformada por una calzada para tráfico mixto. Entendiendo trafico mixto como la circulación en sentido norte - sur y viceversa,

La calle 81A sur, la conforman dos calzadas para tráfico mixto, permite la circulación en sentido occidente-oriente y viceversa.

La circulación de los vehículos de occidente a oriente y oriente a occidente, presenta un giro exclusivo en el acceso oriental sentido e-s.

La intersección está regulada por un control semafórico.

El volumen vehicular total de la intersección para el periodo de aforo es de 29.410

la composición vehicular es: livianos 41,8 ; buses 20,9%; camiones 16,7% y motocicletas 20,5%; el volumen en vehículos equivalentes es 40.075. La participación vehicular por acceso es: norte 25,8%; sur 21,2%; occidente 23,3%; y oriente 29,7%.La hora de máxima demanda en la intersección se presenta en el periodo de la mañana entre las 06:00-07:00 con un volumen de 3.400. Tomado de [10],.

4.3. Función objetivo

La función objetivo o fitness nos permite identificar que tan óptima es una solución en el caso del algoritmo ABC, indica que tan buena es una fuente de comida. Para el problema del control de tiempos de semáforos utilizaremos la siguiente función ver10. Dicha función fue tomada del trabajo [3] cite En el cual se analizan alguna técnicas heurísticas para afrontar el problema. Para un mayor detalle remitimos a dicho trabajo. Nosotros adaptamos la función objetivo a la heurística

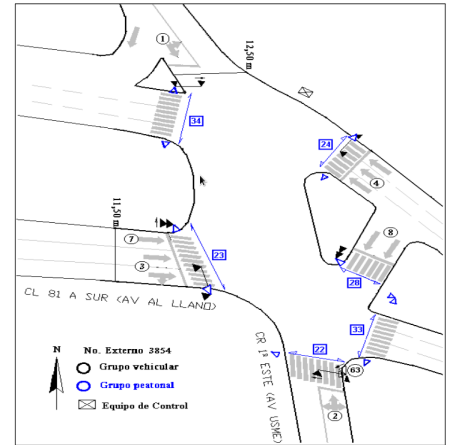


Figure 2. Intersección avenida

de enjambre de abejas, específicamente el algoritmo ABC.

$$f(x) = TE + t_l + t_{mv} \quad (10)$$

$$t_l = t_a + t_{mv} \quad (11)$$

$$t_{mv} = \text{length}/v_{permitida} \quad (12)$$

$$v_{permitida} = 60 \text{ km/h} \quad (13)$$

En donde TE es el tiempo de espera de los vehículos en la cola.

$$J_{green}(t_1, t_2) = q(q-1)hw + \frac{(q-1)}{2} * hw * \frac{(q-1)hw}{(1-\lambda hw)} \quad (14)$$

Figure 3. Tiempo de espera cuando el semáforo esta en verde

$$J_{red}(t_1, t_2) = q(t_2 - t_1) + \frac{(t_2 - T_1)^2}{2} \quad (15)$$

Figure 4. Tiempo de espera cuando el semáforo esta en rojo

Para disminuir los tiempos de espera es necesario calcular el posible tiempo de espera de futuros ciclos, para el caso de la intersección a simular esta tiene 6 semáforos. El semáforo del acceso 4 comparte el tiempo de fase con el semáforo del acceso 3.

El semáforo correspondiente al acceso 7 comparte la fase con el acceso 8.

Los semáforos situados en los accesos 1 y 2 son independientes.

En consecuencia el número de fases son 4, y una fase adicional que corresponde al inicio.

El cálculo del tiempo de espera se obtiene sumando los tiempo de las 5 fases mencionadas más una. A la cual se le va a asignar un tiempo que corresponde al número de vehículos, que van haber los cuales corresponden al número de vehículos que no han alcanzado a salir cuando estaba en verde, más el número de vehículos que lleguen mientras pasan las otras cuatro fases.

Esto se hace para ver si el tiempo que se está analizando si es óptimo o no, con esto y usando las ecuaciones 14,16 y 15 se obtiene lo siguiente: para mayor detalle ver [7]

Donde u es el estado de la señal, (t_i, t_i) es el intervalo de tiempo.

t_l es el tiempo perdido por conducir por debajo de la velocidad permitida. Dos factores inciden en este tiempo, estar en una intersección o a cualquier parada no programada.

t_a es el tiempo en que se realiza el cálculo.

t_{mv} corresponde al tiempo mínimo de viaje, si no hace

$$J_{green}(t_1, t_2) = \frac{q(q-1)}{2} * hw * \frac{(q-1)}{2} * hw + \lambda(t_2 - t_1 - rel * hw)^2 \quad (16)$$

Figure 5. Tiempo de espera cuando el semáforo esta en verde

$$J(t_1, t_2, t_3, t_4, t_5) = \sum_{i=1}^6 (J_u^i(t_1, t_2)(t_1, t_2)) + (J_u^i(t_2, t_3)(t_2, t_3)) + (J_u^i(t_3, t_4)(t_3, t_4)) + (J_u^i(t_4, t_5)(t_4, t_5)) \quad (17)$$

Figure 6. Tiempo total de espera

paradas y viaja a la velocidad máxima permitida.

En Colombia la velocidad máxima permitida, en las zonas urbanas es de 60 km por hora, y en la zona rural de hasta de 100 kilómetros por hora ⁵

En nuestro ejemplo, para la ruta que se presenta en la figura ver 2 , en la cuales las letras representan las intersecciones en las cuales se encuentran ubicados los semáforos.

Veamos como se calcula la funcion fitness.

- 1) El vehículo parte del punto A en el segundo 10 de simulación, y a una velocidad media de 11.93 m/s.
- 2) Llega a la intersección B recorriendo 82.23m.
- 3) El tiempo empleado según la formula 17, el vehículo a utilizado 7 seg. en llegar a la intersección.
- 4) El semáforo de la intersección F, que tiene un tiempo de estado en verde de 36 segundos le permite el paso al vehículo.

4.4. Encontrar tiempos de cada fase

En la tabla 2, se hace una descripción de la subrutina necesaria para encontrar el tiempo adecuado para cada fase de acuerdo al flujo de vehículos. Igualmente se muestra la interacción entre el algoritmo colonia de abejas y el simulador SUMO. El primer paso es ejecutar la simulación con el algoritmo colonia de abejas

4.5. Requerimientos del software

En esta sección describiremos cuales son los requisitos del software para la simulación y la comparación con los algoritmos colonia de hormigas y Sumo.

- 1) El software deberá permitir al usuario ingresar los datos con los cuales desea hacer la simulación.
- 2) El software deberá generar los datos no proporcionados por el usuario.
- 3) El software deberá verificar que los datos sean correctos cuando sean dados por el usuario.
- 4) El sistema debe permitir al usuario elegir entre tres tipos de algoritmos para la simulación, el algoritmo SIGCAP, el algoritmo colonia de hormigas y el algoritmo colonia de abejas
- 5) El software debe generar tablas para cada acceso de la intersección, con sus respectivos destinos en donde se almacenara el número de vehículos que tomaron cada destino en un intervalo de 15 minutos.

5. Según CAPÍTULO XI - Límites de Velocidad ARTÍCULO 106 y 107. del Código de Tránsito de Colombia. <https://www.colombia.com/actualidad/codigos-leyes/codigo-de-transito/Tit3Cp11-limites-de-velocidad.aspx>

Encontrar tiempos de fase	
Algoritmo colonia de abejas	Simulador SUMO
UNO: Obtiene el tiempo para desocupar un carril y se asigna como tiempo mínimo	UNO: Envía estado de la intersección
Se obtiene el tiempo de posible nuevos vehículos	
Obtiene tiempo para desocupar nuevos vehículos del carril y se asigna como tiempo máximo	
Por cada acceso que comparta el tiempo de fase, se escoge el carril con mayor tiempo para desocupar el carril	
Se crea grafo	
Se ejecuta algoritmo colonia de hormigas	
Se envía tiempo de fase	Asigna el tiempo de fase a los semáforos de la fase
	Asigna el color correspondiente a los semáforos que no pertenecen a la fase
	Termina tiempo de fase
Ir a UNO	Ir al UNO

Table 2. OBTENER TIEMPOS DE FASE

- 6) El software debe generar tablas independientes para los tres tipos de algoritmos.
- 7) El software debe comparar la eficiencia entre los tres algoritmos, representarlo gráficamente y en tablas.
- 8) El software comparara para los tres algoritmos el número de vehículos que transitaron en el intervalo de tiempo seleccionado y el tiempo que cada vehículo utilizo en la simulación para salir de la intersección, para cada uno de los tres algoritmos.
- 9) El sistema debe generar una tabla de resumen donde compare los flujos, tiempos, tiempo mínimo, tiempo máximo, tiempo promedio entre los tres algoritmos

5. Trabajos futuros

Implementar la solución del problema mediante el lenguaje de programación python y comparar los resultados con el algoritmo colonia de hormigas desarrollado por los autores y con el simulador de trafico SUMO (Simulator Urban MObility).

6. Conclusiones

El problema control automático de tiempos de semáforos, se ha tratado con diversas técnicas metaheurísticas. Entre ellas algoritmo de enjambres de hormiga, de partículas, de abejas, de luciernagas, algoritmos geneticos, etc- En este caso hemos decidíó trabajar con el algoritmo de enjambre de abejas (ABC), por lo cual el algoritmo fue adaptado al problema del transporte y se diseño una solución para una instancia del problema, la intersección Avenida Usme con avenida al llano, en la ciudad de Bogotá Colombia.

La idea de trabajar ABC en el problema del control de semáforos pretende comprobar su optimalidad mediante un paralelo entre dicha solución y la obtenida por la metahueristica coloniade hormigas y el programa que se utiliza en la actualidad para la simulación de tiempo en Bogota que el programa Simulator Urban MObility (SUMO).

Igualmente debido a la complejidad del problema ABC, se soluciona instancias muy pequeña del problema al rededor de 100 intersecciones de ciudades.

En esta primera fase del proyecto, se adapto el problema definiendo la función objetivo y los tiempo necesarios tales como tiempo de vaciado de la cola, tiempos llenado de la intersección, tiempos de esperas entre otros.

Actualmente se trabaja en el desarrollo de la interfaz para su implementación en SUMO.

References

- [1] Risikat Folashade O Adebisi, Kabir Ahmad Abubilal, Abdoulie Momodou Sunkary Tekanyi, and Busayo Hadir Adebisi. Management of vehicular traffic system using artificial bee colony algorithm. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 9(11):18, 2017.
- [2] Olivera Ana C. García-Nieto José M. Alba Torres, Enrique. Particle swarm optimization aplicado a la programación de los ciclos de semáforos en bahía blanca, 2012. [Web; accedido el 26-05-2019].
- [3] Fernando Marcelo Condolo Valdiviezo. Diseño y aplicación de técnicas metaheurísticas para control de tráfico. 2017. [Web; accedido el 26-06-2019].
- [4] Mauro Dell'Orco, Özgür Başkan, and Mario Marinelli. Artificial bee colony-based algorithm for optimising traffic signal timings. In *Soft Computing in Industrial Applications*, pages 327–337. Springer, 2014.
- [5] Mustafa Servet Kiran and MESUT GÜNDÜZ. Xor-based artificial bee colony algorithm for binary optimization. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 21(Sup. 2):2307–2328, 2013.
- [6] Lu'is P Pedreira Andrade and Sira Allende Alonso. Métodos heurísticos aplicados al control de semáforos en zonas urbanas.
- [7] David T Renfrew. Traffic signal control with ant colony optimization. 2009.
- [8] Oscar Giovanni Abella Gil Santos Miguel Zambrano Saavedra. Algoritmo bioinspirado colonia de hormigas para la optimización en la semaforizacion, Octubre 2014.
- [9] Thomas Stützle and Marco Dorigo. Aco algorithms for the traveling salesman problem. *Evolutionary Algorithms in Engineering and Computer Science*, pages 163–183, 1999.
- [10] Consorcio Monitoreo Tránsito y Transporte Urbano Bogotá (2012). Toma de información de campo para el programa de monitoreo, seguimiento y plantación del tránsito y el transporte de bogotá d.c, 2012. [Web; accedido el 26-05-2019].



Robótica y comunicaciones

Mobile Learning para Robótica a través de Aplicación Móvil usando Android-Java™-Matlab™

Isaac B. González, Felipe J. Torres[†], Gustavo Capilla
Universidad de Guanajuato/División de Ingenierías
Campus Irapuato-Salamanca
Carretera Salamanca-Valle de Santiago km 3.5+1.8 C.P.
36885
+52 464 6479940

[†]Autor de correspondencia: fdj.torres@ugto.mx

Juan Mota, Reynaldo Alanís
Universidad Politécnica del Estado de Guerrero
Carretera Federal Iguala-Taxco km. 105, C.P. 40321
+52 733 1029960

Resumen

Este trabajo presenta el desarrollo de una aplicación móvil para ser utilizada como una herramienta digital en el llamado Mobile Learning (Aprendizaje Móvil) en temas de robótica, en particular de la cinemática directa de un robot manipulador industrial. La aplicación ha sido creada para dispositivos con sistema operativo Android, la gestión del servidor ha sido establecida por medio de Java™, en la cual se define un usuario como *profesor* y los demás usuarios interconectados como *estudiantes*. La aplicación en Android se comunica con una computadora que ejecuta la simulación en Matlab™ que recibe los pares de entrada de las articulaciones del robot manipulador y regresa como datos de salida las gráficas de la cinemática directa del robot manipulador. De esta manera, únicamente la IP del usuario *profesor*, definido comúnmente como el guía en la estrategia de enseñanza-aprendizaje que se utilice, está habilitada para introducir los pares de entrada, las IP's de los usuarios *estudiantes* reciben las gráficas correspondientes de los eslabones del robot manipulador y es visualizada en la pantalla de sus respectivos dispositivos móviles.

Abstract

This paper presents the development of a mobile application to be used as a digital strategy in the Mobile Learning in topics of Robotics, specifically the Forwards kinematics of a manipulator robot. The app has been developed for devices with Android operative system, the server control has been established by means of Java, in which a user is defined as a teacher and the

*Article Title Footnote needs to be captured as Title Note

[†]Author Footnote to be captured as Author Note

Permission to make digital or hard copies of part or all of this work for personal or classroom use is granted without fee provided that copies are not made or distributed for profit or commercial advantage and that copies bear this notice and the full citation on the first page. Copyrights for third-party components of this work must be honored. For all other uses, contact the owner/author(s).
CICOM 2019, Octubre, 2019, Cartagena, Colombia

© 2018 Copyright held by the owner/author(s). 978-1-4503-0000-0/18/06...\$15.00

<https://doi.org/10.1145/1234567890>

other interconnected users are the students. The app working in Android system initiates the communication with a computer that execute the simulation program using Matlab™. From this point, the input torque applied to the joints of the manipulator robot are processed by the program. As a result, the plots as well as the data of the forward kinematics are obtained. In this way, only the user of the professor IP commonly designed is enable to set the input torque values. On the other hand, the IP's of the student users by using the app in the mobile will receive the plots and data of the manipulator robot.

Categorías y Descriptores Temáticos

Ejes temáticos. Educación con nuevas tecnologías.

ACM CCS Taxonomy. Engineering education: social and professional topics, computing education, computing education programs, computational science and engineering education.

Educación en Ingeniería: tópicos sociales y profesionales, educación de computación, programas de educación de computación, educación en ingeniería y ciencia computacional.

Palabras clave

Aprendizaje móvil, cinemática directa, aplicación móvil Android, modelado dinámico.

Keywords

Mobile learning, Forward kinematics, Android mobile application, dynamic modeling.

ACM formato de Referencia:

Isaac B. González, Felipe J. Torres, Gustavo Capilla, Juan Mota and Reynaldo Alanís. 2019. Aprendizaje Interactivo de Robótica a través de Aplicación Móvil usando Android-Java™-Matlab™. *IX Congreso Internacional de Computación (CICOM 2019)*. Cartagena, Colombia.

1 Introducción

En México, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), en la información generada por la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de las Tecnologías de Información en los Hogares, ENDUTIH (2017), el 72.2% de la población de seis años o más utiliza teléfono celular, de los cuales 8 de cada 10 disponen de un dispositivo celular inteligente.

En este contexto es importante definir el aprendizaje móvil (mobile learning), Brazuelo y Gallego (2014) lo establece como la modalidad educativa que facilita la construcción del conocimiento, la resolución de problemas de aprendizaje y el desarrollo de destrezas o habilidades diversas de forma autónoma y ubicua gracias a la mediación de dispositivos móviles portables. En particular, referente al impacto en la Educación, Hsu, Ching y Snelson (2014) identifica ciertas prioridades de investigación en el campo del aprendizaje móvil: estrategias de enseñanza-aprendizaje, aprendizaje colaborativo, aprendizaje basado en juegos, aprendizaje basado en la investigación, *simulación*, difusión de contenidos enriquecidos y tutoría para un aprendizaje ubicuo. Recientemente, en un estudio realizado por Brazuelo, Gallego y Cacheiro (2017) se enunciaron algunas propuestas para la integración del teléfono móvil en el aprendizaje, de las cuales se destacan las siguientes:

- Difusión del uso educativo de las tecnologías móviles en el marco del Aprendizaje Móvil, mediante iniciativas que fomenten publicaciones que ejemplifiquen experiencias y proyectos que puedan ser emulados por otros.
- Creación de contenidos específicos y realizar adaptaciones metodológicas aprovechando las posibilidades y características de los dispositivos móviles

De esta manera resulta un área de oportunidad el uso del aprendizaje móvil en la Educación en Ingeniería para llevar a cabo simulaciones que permitan un mayor entendimiento de los temas, aunado a la constante sugerencia por los órganos acreditadores acerca de que los programas curriculares de Ingeniería sean permisibles en la adopción y uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación (NTIC).

Por tanto, tomando como base el trabajo de Torres et al. (2018), se ha diseñado una aplicación móvil para dispositivos Android que, interconectados en red, permitan implementar la estrategia de enseñanza-aprendizaje para temáticas como la cinemática directa de un robot manipulador, en la cual se visualicen las gráficas de las trayectorias que siguen los eslabones planares de un robot SCARA en el plano $x - y$ como respuesta a los pares de entrada del sistema completamente actuado.

2 Diseño de la herramienta de aprendizaje móvil

2.1 Aplicación en Android

La aplicación en Android cuenta con 4 pantallas (layouts) que son descritas a continuación, cada una de las pantallas son mostradas en función de las acciones realizadas.

2.1.1 Activity_main.

Es una interfaz en la que el usuario debe ingresar múltiples datos que son necesarios para la ejecución correcta de la aplicación. Dentro de los cuales se encuentra:

1. Nombre del usuario.
2. IP PC, indicando la dirección IP de la computadora donde se encuentra instalada la aplicación tanto de Java™ como de Matlab™.
3. PORT, se ingresa el puerto al que está conectado el dispositivo móvil a la red.
4. IP PHONE, indicando la dirección IP del dispositivo móvil.

Al dar clic en el botón ENLAZAR se establecerá una conexión mediante un Socket al servidor desarrollado en Java™, el cual almacenará las IP's de los dispositivos que se enlacen con él, ya sea el profesor o los estudiantes. Así mismo, se mostrará la segunda pantalla y se enviarán algunos de los datos que se hayan ingresado en esta pantalla.

2.1.2 Activity_main2.

Si en la primera pantalla se ingresó el puerto correspondiente al puerto del profesor, en esta segunda pantalla, a través del Activity_main2 permitirá que se muestren etiquetas (TextView) con las indicaciones acerca de ingresar los dos pares necesarios para la simulación en Matlab™. Por tanto, aparecerán campos (PlainText) o cajas de texto para habilitar el ingreso de los valores correspondientes. De lo contrario, si el puerto ingresado es de estudiante, esta interfaz omitirá mostrar las indicaciones para el ingreso de los pares de entrada.

Retomando el caso cuando el usuario es el profesor, después de haber ingresados ambos pares o torques, aparecerá un botón con el texto SIMULACION. Al dar clic en el botón SIMULACION, los datos de los pares de entrada serán enviados al servidor desarrollado en lenguaje Java™, que a su vez reenviará estos datos tipo double (torques) a todos los demás dispositivos que se hayan enlazado por medio de un socket al servidor en Java™.

Todos los dispositivos Android interconectados recibirán los torques por medio de otro enlace tipo socket desde el servidor, y al haberlos recibido éstos se enlazarán mediante la clase MatlabConnection, previamente desarrollada, con el programa creado en Matlab™ que permitirá calcular la cinemática directa del robot manipulador.

2.1.3 Activity_main3 y Activity_main4.

Una vez dado clic en el botón de SIMULACIÓN, el usuario podrá dar clic en el botón EFECTOR FINAL o CODO, los cuales desplegarán la pantalla del Activity_main3 o Activity_main4, respectivamente. En ambos, se obtienen los datos generados por el programa de Matlab, con el fin de obtener un archivo tipo BitMap que mostrará la trayectoria en el plano $x - y$ del efector final o del codo.

2.2 Aplicación en Java™, servidor

La clase creada en Java™, la cual gestiona el servidor, tiene por nombre *MyServerFrame*. Dentro de la función principal *main* se ejecutará la interfaz gráfica de la aplicación. Dicha interfaz, consta de un TextArea, un TextField y un button. También, dentro del main se declara un bloque TRY para analizar posibles errores antes de ejecutar una serie de instrucciones, que en este caso particular es un bucle permanente que comprueba si existen dispositivos que establezcan conexión con el servidor por medio del puerto 7800.

Una vez probado, que existe un dispositivo que se conecte por medio de ese puerto, el programa extraerá la dirección IP del dispositivo y la almacenará en un vector de direcciones IP que posteriormente utilizará para reenviar la información de los torques ingresados por el profesor. Debido a que el usuario con el puerto del profesor es el único que puede enviar los dos torques necesarios para la simulación, estos serán enviados al dar clic en el botón SIMULACION de la interfaz en Android, al servidor. Cuando sean enviados los torques, el servidor identificará los datos que ha recibido, diferenciando si son los dos torques o es otra dirección IP de un dispositivo móvil.

En el momento que el servidor detecte que los datos enviados son los dos torques ingresados por el profesor, este va a reenviar éstos datos a todos los dispositivos que se hayan conectado previamente con él, y cuyas direcciones estén almacenadas en el vector de direcciones IP, el cual hasta el momento cuenta con una capacidad de 20 registros. En la Figura 1 se muestra un diagrama de flujo de las acciones que realiza de manera interconectadas la parte de Android y la parte de Java™ que se han descrito anteriormente.

3 Descripción de las interfaces gráficas en Android

3.1 Primera pantalla (primera layout)

Características de la Interfaz

Como se mencionó en la sección 2.1.1, a través de ésta interfaz se debe ingresar el nombre del usuario que está utilizando la aplicación, además del IP de la computadora, el IP del dispositivo

móvil y el número de puerto (7800 o 7801, dependiendo si es profesor o estudiante, respectivamente). Estos tres últimos campos deben ser llenados obligatoriamente para poder cambiar a la siguiente pantalla.

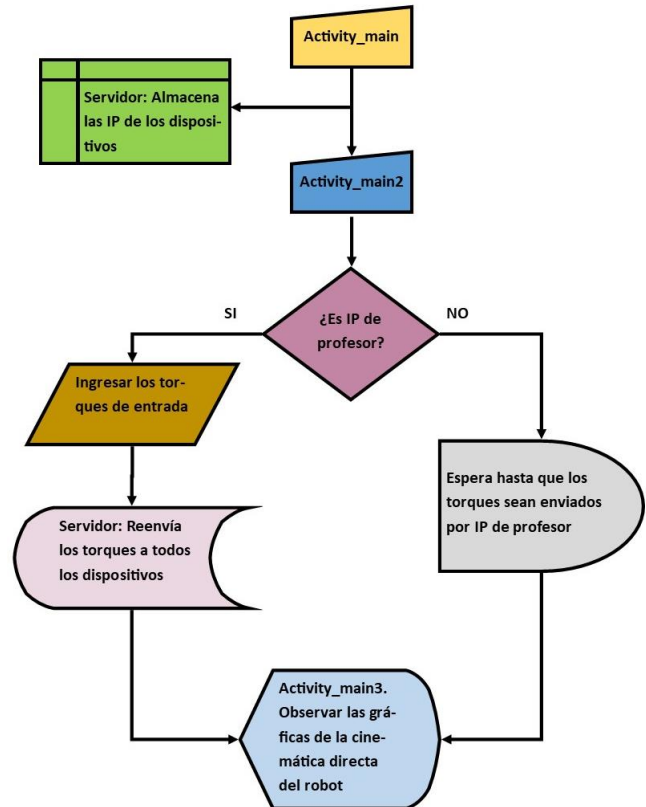


Figura 1: Diagrama de flujo de la aplicación móvil.

Programación para el enlace a través de Java™

En la clase de Java™ correspondiente a esta pantalla, se declara el evento que ocurre cuando el botón ENLAZAR es presionado. Primeramente, hace un chequeo para determinar si los últimos tres campos han sido llenados mediante una estructura try-catch. Una vez verificado que esos campos están llenos, la clase messagesender que hace uso de enlaces por sockets, envía los datos del IP del dispositivo móvil y del puerto al servidor en Java™, para que éste pueda almacenar cada una de las IP's en un vector de strings. Así mismo, guarda en estructuras de datos tipo Intent los datos de la IP de la computadora y del puerto del usuario, que son necesarios para múltiples métodos en la siguiente interfaz.



Figura 2: Primera interfaz, datos del usuario.

3.2 Segunda pantalla (segunda layout)

Para esta interfaz existen dos opciones, una de ellas es cuando el usuario es un estudiante e ingresó con el número de puerto 7800. Para éstos se despliega una pantalla como la que se muestra en la Figura 3.

La segunda opción de esta interfaz, se despliega cuando el usuario es el profesor e ingresó con el número de puerto 7801. Por lo dicho en la sección 2.1.2, se mostrarán más elementos en la pantalla, como se observa en la Figura 4.

Características de Interfaz para el profesor

En esta pantalla, únicamente la IP del profesor podrá ingresar los dos torques debido a los dos grados de libertad del robot. Para ingresar estos dos torques, se colocaron en la pantalla dos cajas de texto con sus respectivas etiquetas. Cabe aclarar, que es obligatorio ingresar ambos torques para los métodos programados para cada botón, de lo contrario se desplegará un mensaje al usuario de tipo Toast.

Una vez ingresados ambos torques, se procederá a dar clic en el botón SIMULACIÓN, que permitirá enviar los dos toques en formato cadena de texto (string) al servidor desarrollado en Java™.

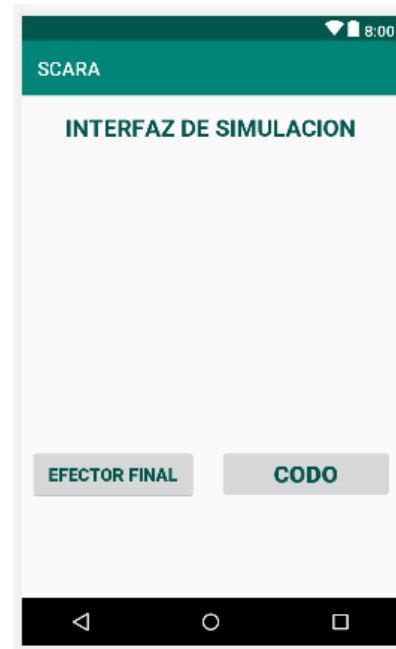


Figura 3: Segunda interfaz de simulación para los estudiantes.

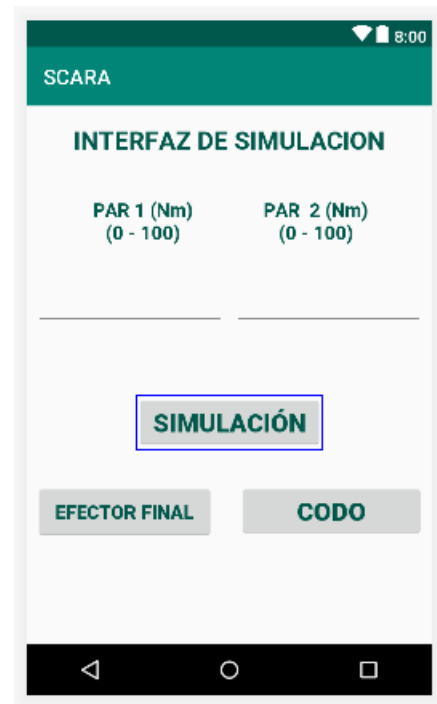


Figura 4: Segunda interfaz de simulación para el profesor.

El servidor recibirá los dos torques por medio de un enlace de tipo socket y posteriormente reenviará esos datos, por medio de otra conexión socket, a todos los dispositivos móviles que se hayan

conectado con él anteriormente y de los cuales tenga guardada su dirección IP en el vector correspondiente.

Cuando el profesor haya dado clic en el botón SIMULACIÓN, todos los estudiantes y el profesor podrán hacer uso del botón del CODO y del botón EFECTOR FINAL. Debido a que cada dispositivo va a tener las magnitudes de ambos torques.

Programación para el enlace a través de Java™

Al momento que sea lanzada la interfaz, se hará un chequeo al número de puerto con el que el usuario ingresó, esto para identificar si es profesor o estudiante. En el caso que el número de puerto sea 7801 que corresponde al perfil del profesor, se habilitarán los botones de EFECTOR FINAL y de CODO. Al dar clic sobre alguno de éstos botones, se mostrarán las interfaces del Activity_main3 o Activity_main4, respectivamente, para poder observar los resultados arrojados por el programa desarrollado en Matlab™. Así, las gráficas del efector final se mostrarán a través de la interfaz de la Figura 5, mientras que la gráfica del codo será mostrada en la interfaz de la Figura 6.



Figura 5: Interfaz para la visualización del efector final en el plano x-y.

En la programación propia de la clase, mediante el uso de sockets se implementa un bucle while que permite estar checando continuamente si el servidor envía algún tipo de dato a la aplicación móvil, por ejemplo, en el caso de que el profesor envíe

los dos torques, todos los dispositivos puedan recibir esos datos, todo lo anterior dentro de una estructura try-catch para evitar errores de conexión.

En el caso de que el servidor envíe datos a los dispositivos móviles, se declaran objetos de la clase SendDataTask. El intercambio de datos se hará de manera dual, así el programa de simulación en Matlab recibirá los torques de entrada y regresará los datos de la cinemática directa del robot manipulador que serán mostrados por medio de los métodos implementados en los botones EFECTOR FINAL y CODO.

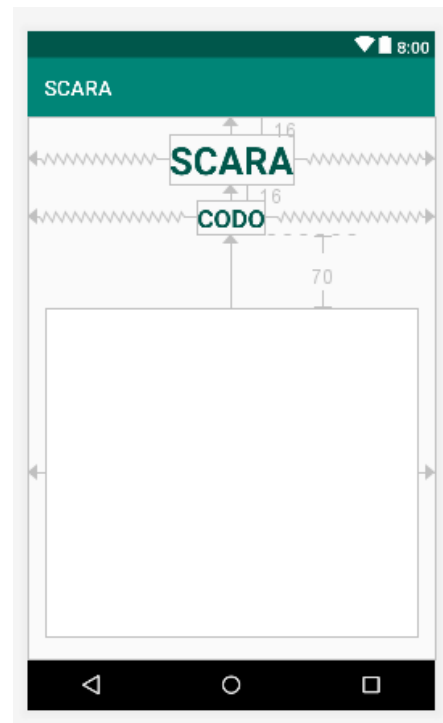


Figura 6: Interfaz para la visualización del codo en el plano x-y.

4 Resultados del enlace gestionado a través de Java

Al inicio de la clase principal, la cual recibe el mismo nombre de la aplicación en Java™ llamada MyServerFrame, se declaran e inicializan variables para realizar la conexión tipo socket entre el servidor y la aplicación. De igual forma, se declaran algunos contadores, cadenas de caracteres, iteradores y el vector de cadenas de caracteres que almacenarán las IP de los usuarios Android que se enlacen con el servidor.

Posteriormente, se define una función que tiene por nombre jButton1ActionPerformed, la cual es mandada llamar cuando se presente el evento de dar clic sobre el botón SEND de la interfaz

gráfica. En dicha función, se ejecuta un ciclo for la cantidad de veces igual al número de usuarios que se hayan conectado previamente con el servidor. Este bucle se realiza con el fin de extraer la cadena de texto contenida en el jTextField1 y enviarla a todos los usuarios cuyas IP estén guardadas en el vector de direcciones. Todo lo anterior dentro de un bloque TRY para evitar bugs durante la ejecución del programa.

Aunado a lo anterior, declarado dentro del método Main de la clase principal se encuentra un bloque TRY en el cual se ejecuta un bucle de manera indefinida para estar chequeando constantemente, mediante el uso de una conexión del tipo Socket, si algún estudiante o el profesor se están intentando enlazar desde la aplicación en Android a través del puerto 7800 con el servidor en Java™. En el momento en el que se logre una conexión exitosa, por medio de un ServerSocket con un dispositivo Android, muestra en la JTextArea de la interfaz de Java™ el número de la IP del dispositivo, de igual manera manda una cadena de texto por medio de la misma conexión al dispositivo móvil, con el mensaje de “Sesión iniciada” ambos para externar a los usuarios que se ha realizado un enlace exitoso.

La interfaz de la aplicación en Java™ consta de un diseño conformado de tres elementos principales, un objeto gráfico de tipo JTextArea para mostrar las direcciones IP de los dispositivos móviles que se han enlazado con el servidor. Un elemento gráfico de tipo jTextField para que el usuario pueda escribir algún texto que se quiera enviar a todos los dispositivos con sus IP's guardadas en el vector de direcciones. Finalmente, también consta de un botón que permite enviar datos a todos los usuarios que se hayan enlazado previamente con el servidor.

En las Figuras 7 y 8 se muestran conexiones exitosas de dos dispositivos móviles y cómo son guardadas en el servidor de Java™ las IP de cada uno de los dispositivos que se están conectando.

5 Conclusiones

La Educación de la Ingeniería requiere cada vez más del uso de las Nuevas Tecnologías de Información y Comunicación. Las estrategias de enseñanza-aprendizaje, por tanto, deben incorporar el uso de equipos móviles como los celulares inteligentes que logren ser una herramienta útil para el proceso de aprendizaje de los estudiantes.

A partir del trabajo de Torres et al., (2018) en el que se desarrolló una aplicación móvil para dispositivos Android, conectándose a Matlab para visualizar la simulación de la cinemática directa de un robot manipulador SCARA, en este trabajo se ha mostrado el diseño de una herramienta digital para el llamado Mobile Learning, en la cual la aplicación móvil se interconecta en red con demás dispositivos móviles para visualizar en conjunto la simulación de la cinemática directa del robot manipulador, habilitando solamente la IP del usuario denominado como profesor la posibilidad de introducir los pares de entrada necesarios para actuar las articulaciones del robot. La simulación es llevada a cabo a través de una computadora que está ejecutando

el software de Matlab y regresa a todos los dispositivos móviles que estén conectados en red, las gráficas correspondientes a la trayectoria que recorren el codo y eslabón final del robot manipulador en el espacio operacional.

Se ha probado la correcta ejecución de la aplicación móvil y se está planeando utilizarla en el próximo curso de sistemas de control en el semestre Agosto-Diciembre 2019 para obtener datos del funcionamiento y de la facilidad del proceso de enseñanza-aprendizaje en el aula de clases.

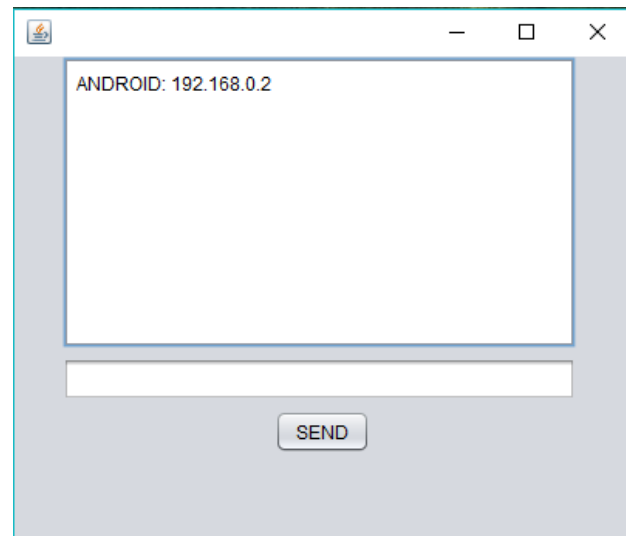


Figura 7: Conexión de un dispositivo móvil al servidor y almacenamiento de su IP.



Figura 8: Conexión de un segundo dispositivo móvil al servidor y almacenamiento de su IP.

Referencias

- ENDUTIH (2017). Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares 2017.
- Brazuelo, F., y Gallego, D. (2014). Estado del mobile learning en España. *Educar en revista*, 99-128
- Brazuelo, F., Gallego, D., y Cacheiro, M. (2017). Los docentes ante la integración educativa del teléfono móvil en el aula. *Revista de Educación a Distancia*, (52).
- Hsu, Y., Ching, Y., y Snelson, C. (2014). Research priorities in mobile learning: An international Delphi study/Les priorités de recherche en matière d'apprentissage mobile: Une étude de Delphes internationale. *Canadian Journal of Learning and Technology/La revue canadienne de l'apprentissage et de la technologie*, 40(2).
- Torres, F., Trujillo, F., Coy, S., Mota, J. y Alanís, R. (2018). Aplicación Móvil de la Cinemática Directa de un Robot Manipulador SCARA a través de Android y Matlab™. *8° Congreso Internacional de Computación México-Colombia, 2018*.

Código QR y su Aplicación en la Búsqueda y localización de Vehículos Usando Tecnología Móvil

Jorge David Torres Mendoza
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
jorgedtorres1@hotmail.com

Rocío Rodríguez Guerrero
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
rrodriguezg@udistrital.edu.co

Carlos Alberto Vanegas
Universidad Distrital Francisco José de
Caldas
cavanegas@udistrital.edu.co

RESUMEN

El avance tecnológico ha permitido la creación de dispositivos que cambien el estilo y la forma de vivir de las personas, desde que los dispositivos móviles y sus aplicaciones llegaron al mercado se han incrementado en calidad, variedad y uso (Rodríguez and Gómez, 2018), este artículo muestra el desarrollo de una aplicación móvil diseñada para la localización de un vehículo dentro de un parqueadero a través de lecturas de código QR.

ABSTRACT

The technological advance has allowed the creation of devices that change the style and way of living of people, since mobile devices and their applications reached the market have increased in quality, variety and use (Rodríguez and Gómez, 2018), this article shows the development of a mobile application designed to locate a vehicle inside a parking lot through QR code readings.

Categorías y Descriptores Temáticos

CCS Concepts: • **Applied computing**

Términos Generales

TIC, Aplicaciones móviles, vehículos,

Palabras clave

TIC, Aplicaciones móviles, vehículos, código QR, localización .

Keywords

TIC, Mobile applications, vehicles, QR code, location

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de un vehículo es muy común, en especial el parqueo del mismo en lugares destinados para tal fin ubicados en

grandes edificios, centro comercial o residenciales; el uso de zonas de gran tamaño, con diferentes niveles y de gran confluencia puede generar embotellamientos dentro del parqueadero y un problema si se olvida la ubicación del auto, además el tiempo de retiro en algunos estacionamientos es limitado lo que genera cobro adicional si no se ha salido en el tiempo indicado.

El periódico El Universal de Cartagena, realizó una investigación sobre el centro comercial Santa fe de Medellín, el cual en 2014 implemento unas pantallas táctiles que permite verificar el estado del vehículo y mostrar su ubicación, ya que una de las quejas más comunes del 24% de los usuarios del centro comercial era que no encontraban su vehículo al momento de salir, generando los problemas mencionados anteriormente, además solo se instalaron 28 pantallas por todo el centro comercial para aproximadamente 2585 vehículos, lo que implica que aún existe una congestión de usuarios al momento de encontrar su vehículo.

Por otro lado hay familias en las cuales alguno de sus miembros tiene alguna discapacidad y les resulta muy tedioso movilizarse hasta el monitor que indica el lugar donde se ubicó el auto, generando pérdida de tiempo.

OBJETIVOS

Analizar y desarrollar la efectividad de una aplicación móvil para la localización de un vehículo dentro de un parqueadero a través de lecturas de código QR

METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

Según Selwyn, refiriéndose a a la tecnología, “el ciudadano antes de usarla, debe conocerla”[2].

El Código QR

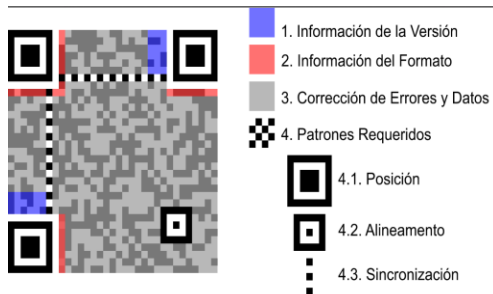
El Código QR (quick response code, por sus siglas en inglés), diseñado para ser decodificado a alta velocidad, es un código bidimensional, donde la información se encuentra codificada dentro de un cuadrado. Son fácilmente identificables por los tres cuadros ubicados en las esquinas superiores e inferior izquierda [3].

El Código QR es un sistema que permite almacenar información en una especie de código de barras de última generación. Establecido en 1994 por la compañía japonesa Denso Wave.

La inclusión de software que lee códigos QR en teléfonos móviles ha permitido nuevos usos orientados al consumidor, el código permite introducir datos de forma manual en los teléfonos móviles.

Los códigos QR pueden leerse desde computadores personales, teléfonos inteligentes o tabletas mediante dispositivos de captura de imagen como escáner o cámaras fotográficas, programas que lean los datos QR y una conexión a Internet para las direcciones web.

Figura 1. Forma código QR



Android

Es un sistema operativo inicialmente pensado para teléfonos móviles, al igual que iOS, Symbian y Blackberry OS. Lo que lo hace diferente es que está basado en Linux, un núcleo de sistema operativo libre, gratuito y multiplataforma. El sistema permite programar aplicaciones en una variación de Java llamada Dalvik. El sistema operativo proporciona todas las interfaces necesarias para desarrollar aplicaciones que accedan a las funciones del teléfono (como el GPS, las llamadas, la agenda, entre otros.) de una forma muy sencilla en un lenguaje de programación muy conocido como es Java.

Aplicación móvil

Es un programa al que puede acceder directamente desde un dispositivo móvil que presenta diversas utilidades, generalmente estas aplicaciones están dirigidas a apoyar una tarea específica, sin embargo, no todas las aplicaciones funcionan en todos los dispositivos móviles, por lo cual el sistema operativo es importante a la hora de intentar usar una aplicación. Para descarga, instalar y usar las aplicaciones móviles se requiere una tienda virtual con la que cuenta cada dispositivo en los diferentes sistemas operativos como Android, Apple, Microsoft y BlackBerry.

Desarrollo de la aplicación para para la localización de un vehículo en el parqueadero

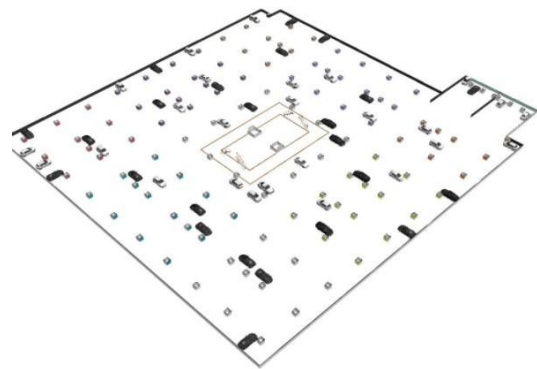
El desarrollo de la aplicación móvil se realizó utilizando la metodología Scrum, para ello se definieron los sprints mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Sprints definidos con la metodología Scrum

Sprints	Nombre	Descripción
Sprint1	Mapa	Desarrollo del mapa o digitalización.
Sprint2	Manual	Muestra un manual instructivo de la aplicación
Sprint3	Escanear	Escanea el código QR.
Sprint4	Localizar	Muestra la ubicación del auto.
Sprint5	Guardar	Guarda el código QR escaneado.
Sprint6	Historial	Muestra los códigos QR guardados.

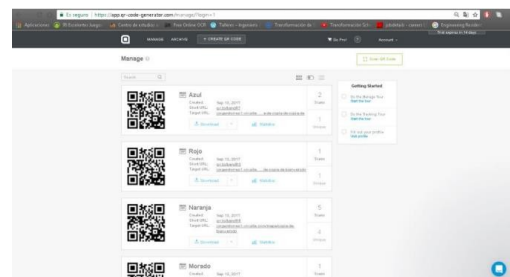
La digitalización del mapa del parqueadero se realizó en Homebyme, lo cual permitió utilizar distintas herramientas para el diseño del mapa, como texturas, paredes, pisos, escaleras, entre otros, que se utilizó para la ubicación de los autos dentro del parqueadero, siendo posible el uso del plano en 2d o 3d.

Figura 2. Digitalización del mapa del parqueadero



La asociación de imágenes o ubicaciones con los códigos QR se generaron con un programa online llamado qr-code-generator, este programa permitió asignar a cada código la información o ruta establecida en el mapa. En la figura 3 se evidencia la página utilizada para generar los códigos QR.

Figura 3. Generador de códigos QR.



Se diseñó las diferentes pantallas de la aplicación de tal manera que el aplicativo sea fácil de usar, teniendo en cuenta que las personas entre los 18 a 60 años la utilizaran.

Figura 3. Escaneo de código QR



La aplicación inicia con la bienvenida, presentando dos botones los cuales omitirán o continuarán con un manual instructivo según el botón seleccionado. El manual muestra dos botones los cuales direccionarán a la siguiente o anterior instrucción como se observa en la figura 4.

El botón “Escanear” permitirá registrar un código QR, ubicado estratégicamente en la columna más cercana del lugar de estacionamiento, este código fue previamente construido con un generador de código QR.

En la figura 5 se muestra el enlace generado donde se almacenó la información escaneada, que será guardada posteriormente.

Figura 5. Escaneo de código QR



La figura 6 muestra el funcionamiento del botón “Historial”, que permite observar la lista de ubicaciones almacenadas a las que se puede acceder en cualquier momento.

Figura 6. Historial de ubicaciones almacenadas



Una vez seleccionada la ubicación guardada anteriormente en el botón “Historial”, se podrá acceder a la ubicación del auto, seleccionando el botón “Localizar”; ya que el código escaneado y guardado tiene una referencia en el mapa digitalizado, que le muestra al usuario la ruta desde su ubicación hasta el lugar estacionado, como se evidencia en la figura 7.

Figura 7. Escaneo de código QR



La creación de estas pantallas fue realizada con el programa “App Inventor”, este es un entorno de desarrollo de software creado por Google Labs para la elaboración de aplicaciones destinadas al sistema operativo Android. Mediante el cual, de forma visual se acoplan varios bloques para crear la aplicación. Los sistemas o programas utilizados son gratuitos y se pueden descargar fácilmente de la web.

CONCLUSIONES

- El software desarrollado tiene gran ampliación en el campo de servicio al ciudadano
- Se realizaron varias correcciones o versiones del aplicativo para cumplir con los requerimientos de los usuarios.
- Se tuvo que diseñar un mapa general en Hombebyme para realizar pruebas, predefinir rutas y definir los puntos de ubicación de los códigos QR.
- La utilización de conexiones inalámbricas como el wifi no fue posible por la interrupción de señal en el sótano del centro comercial, por lo cual no es posible utilizar lageolocalización.
- Colocar un router en el sótano no es una buena solución pues por las columnas existe mucha interferencia y no es factible utilizar repetidores, por lo que tendrían que ser muchos.
- Al ser un aplicativo que funciona con códigos QR que proporcionan la ubicación, es posible trabajar con diferentes mapas, esto quiere decir que al aplicativo es adaptable a cualquier parqueadero.

REFERENCIAS

- [1]. Rodríguez, R. and Gómez, M. (2018). Análisis de las Características de las Aplicaciones Móviles Educativas más Usadas. In: Tlamati, 9th ed. Mexico: Universidad Autónoma de Guerrero, p.55.
- [2] Selwyn, N. (2009). The digital native-myth and reality. In Aslib Proceedings, (61)4, 364-379.
- [3] SANCHEZ, M. Uso del dispositivo móvil como recurso digital. SF. p.2 <http://www.raco.cat/index.php/dim/article/viewFile/252453/338853> [Consulta: Miércoles, 01 de abril de 2015]
- [4] PEDROZO Gabriel. Monografía: Sistemas Operativos en Dispositivos Móviles. Universidad Nacional del Nordeste. 2012. p. 3 http://exa.unne.edu.ar/informatica/SO/Sistemas_Operativos_en_Dispositivos_Moviles.pdf. [Consulta: Miércoles, 01 de abril de 2015]
- [5] ALERTA EN LINEA.gov. Cómo funcionan las aplicaciones móviles: Preguntas y respuestas. 2011. https://www.alertaenlinea.gov/articles/pdf-s0004_0.pdf. [Consulta: Miércoles, 1 de abril de 2015].
- [6] Denso W. What is a QR Code? 2000. Disponible en: <http://www.qrcode.com/en/about>
- [7] HomeByMe 2019. Disponible en: <https://home.by.me/es/>
- [8] QR Code Generator CREE SU CODIGO QR GRATIS 2019. Disponible en: https://es.qr-code-generator.com/a1/?ut_source=google_c&ut_medium=cpc&ut_campaign=spanish_top_kw&ut_content=generador_de_códigos_qr_exact&ut_term=generador%20de%20códigos%20qr_e&gclid=CjwKCAjw8NfrBRA7EiwAfiVJpW_Tcx6kEAgvGyflW3YhTTD22-C1ULHH1HbOVbWFBPFnJj8OIq3AOxoC3OsQAvD_BwE
- [9] MIT APP INVENTOR 2019. Disponible en: <http://ai2.appinventor.mit.edu/#>

ESTUDIO DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN PARA EL DISEÑO DE PROYECTOS IoT

Christian Camilo Laguna Garzón Universidad Distrital Francisco José de Caldas cclagunag@correo.udistrital.edu.co	Rocío Rodríguez Guerrero Universidad Distrital Francisco José de Caldas rrodriguezg@udistrital.edu.co	Miller Gómez Mora Universidad Distrital Francisco José de Caldas mgomezmm@udistrital.edu.co
---	--	--

RESUMEN

Los dispositivos de comunicación generan o reciben señales permitiendo intercambiar información en una red a partir de la evolución y estandarización, los datos al ser almacenados pueden procesarse de tal manera que pueden llegar a descubrir nueva información o simplemente generar alertas o estados, este artículo muestra el estudio realizado a protocolos de comunicación para el diseño de proyectos de Internet de las Cosas.

ABSTRACT

Communication devices generate or receive signals allowing exchange information in a network from the evolution and standardization, the data to be stored can be processed in such a way that they can discover new information or simply generate alerts or status, this article shows the study carried out on communication protocols for the design of Internet of Things projects.

Categorías y Descriptores Temáticos

CCS Concepts: • **Applied computing** Education

Términos Generales

TIC, protocolos de comunicación, aplicaciones

Palabras clave

Protocolos de comunicación, Internet de las cosas, sensores, microcontroladores, lenguajes de programación.

Keywords

Communication protocols, Internet of things, sensors, microcontrollers, programming languages.

INTRODUCCIÓN

El término Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) se refiere a escenarios en los que la conectividad de red y la capacidad de cómputo se extienden a objetos, sensores y artículos de uso diario que habitualmente no se consideran computadoras, permitiendo que estos dispositivos generen, intercambian y consuman datos con una mínima intervención humana. Sin embargo, no existe ninguna definición única y universal. (Rose, Chapin and Eldridge, 2015); en 1999 el paradigma fue acuñado por Kevin Ashton, aunque su teoría ya estaba en uso, se ha intensificado, evolucionado y estandarizado para posibilitar la interconectividad de dispositivos influyendo de gran manera en la sociedad digital, donde gestionar la información es relevante pero lo es también recibirla y comunicar datos.

Para entender esto, se explicará la pirámide de la evolución de un objeto más inteligente, en la base de la pirámide, el objeto cobra una identidad unívoca, en un segundo nivel, se utiliza tecnología para localizar la posición o trayectoria del objeto, en un nivel más arriba, se dota al objeto de estado, es decir, que sea capaz de comunicar su estado actual y sus propiedades, por último, y en la cúspide, se dota al objeto de contexto para que sea «consciente» del entorno en el que se encuentra, como lo muestra la figura No 1 (Bankinter, 2011), es aquí donde toman fuerza los sensores utilizados en dispositivos que también han aumentado su potencia y disminuido su tamaño integrándose en elementos del entorno, presentando tres ventajas (Bankinter, 2011):

- capturar información tanto del entorno como del objeto en el que se encuentran integrado, para un análisis posterior,
- actuar como desencadenantes de una acción, permitiendo la automatización de determinadas funciones y
- ser localizables en todo momento, con lo que se expande el rango de aplicaciones.

Aun cuando se han mejorado los sensores hay preocupación por su fuente de energía y de comunicación, según la Info d4 Networked Enterprise “en entornos en los que no haya ningún punto de acceso fijo ofreciendo una comunicación eficiente para las cosas, se pueden formar redes de información ad hoc extensas que dirijan la información hacia la infraestructura [fija] o su nodo

de destino en la red formada, esto permite que los sensores se coloquen en todas partes, aun cuando la infraestructura sea débil o ausente, e incluso si son móviles”

Escoger una tecnología adecuada para la construcción de la red de sensores es difícil, puesto que el gasto puede ser grande o pequeño dependiendo de la tecnología que tenga cada uno de los nodos, además hay que adaptar un algoritmo de control topológico dependiendo a la capacidad de cada uno de los nodos, teniendo en cuenta la batería, potencia de transmisión y accesorios que el nodo necesite para transmitir la información a los demás nodos, hay que tener presente que la construcción de una red ad hoc es diferente a una red de sensores puesto que la red de sensores tiene más servicios y restricciones al transmitir datos entre nodos.

Figura No 1. “La evolución de un objeto más inteligente” (*The Evolution of a Smarter Object*)



Fuente: Sensor Telemetry, Accenture 2005.

SERVIDORES WEB

Según Caraballo Pérez, Yeter. (2007), la incorporación progresiva de los profesionales de la información en los nuevos espacios de tratamiento, gestión y difusión de información digital, a través de servidores web permite a proliferación de productos y servicios por lo cual, se hecho necesario la formulación de bases teórico-prácticas en las que se combinen las técnicas clásicas de gestión de información en las organizaciones con las características propias del Internet de las Cosas.

Los servidores Web usan los protocolos de comunicación para enviar y recibir información en internet, protocolos como MQTT y WEBSOCKETS se estudiarán en este artículo para enviar la información capturada desde un sensor a través de un microcontrolador a un servidor web.

El estudio se hará con tres partes de hardware importantes:

- un microcontrolador,
- servidor web que es un computador o microcomputador como la raspberry pi y
- por último los sensores para lectura de datos.

RASPERRY PI 3

La raspberry pi 3 versión B es un microcomputador, creado en la universidad de Cambridge, para que los niños pudieran aprender a manejar un computador, sin embargo este proyecto amplía las aplicaciones a distintas ramas como la robótica y la programación, está microtarjeta posee las mismas partes que un computador como un procesador, memoria RAM, disco duro en este caso es la tarjeta SD, como se muestra en la figura No 2.

Figura 2. Raspberry pi 3 Versión más reciente

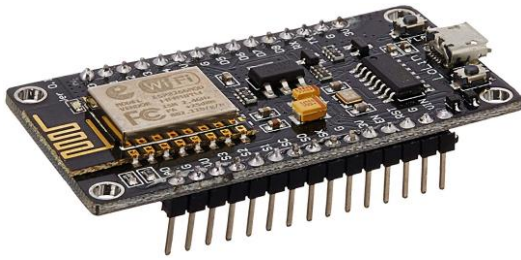


Fuente: página oficial de raspberry pi, 2019.

MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado; es un componente o un hardware embebido, es una pequeña computadora que incluye un sistema de entrada y salida, no poseen sistema operativo a diferencia de los microordenadores; su función es automatizar procesos y procesar información. La raspberry pi, es un microordenador económico que posee un procesador, una memoria RAM, una tarjeta gráfica, WIFI, puertos ETHERNET y USB, etc. (S. Barai, 2017).

Figura 3. Nodemcu microcontrolador Wifi



Fuente: Amazon, 2019.

Un ejemplo de microcontrolador es la tarjeta que se muestra en la figura No 3, que es un microcontrolador útil para proyectos IoT, el cual se denomina Nodemcu. Los sistemas basados en microcontroladores están presentes en gran parte de los sistemas electrónicos usados en ámbitos como el empresarial, la educación e incluso el hogar, ejemplo de ellos son : el ratón de un computador, los electrodomésticos, el brazo de la maquinaria usada para trasladar objetos de un lugar, los teléfonos inalámbricos, etc.

PROTOCOLO MQTT

El protocolo MQTT significa en inglés por sus siglas (Message Queue Telemetry Transport), es un protocolo de comunicación machine-2-machine y de código abierto usado en el internet de las cosas, este tipo de comunicación requiere pocos recursos de máquina para enviar datos, en la figura No 4 se muestra el logo del protocolo MQTT, fue creado por IBM y Eurotech .

Figura 4. Logo oficial del protocolo MQTT



Fuente: Eclipse, 2019.

MQTT requiere poco ancho de banda para enviar datos es decir, que el protocolo usa pocos recursos de la red para enviar datos a otro dispositivo, las ventajas de usar el protocolo MQTT es que esta hecho para la comunicación de sensores, además es fácil de instalar y usar puesto que en internet se puede encontrar información y código sobre el protocolo, MQTT es multiplataforma puesto que se puede usar tanto en Window como en sistemas operativos Linux además cuando se envían los mensajes se cifran proporcionando seguridad extra, sin embargo toca

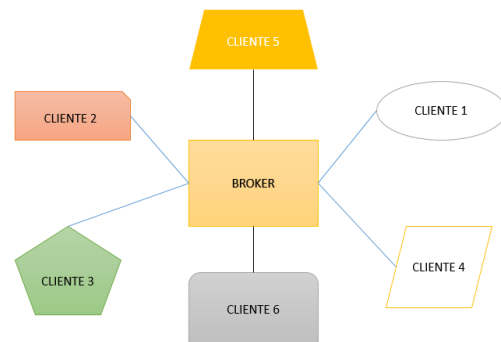
configurarlo puesto que por defecto los envía sin encriptación.

Para entender el funcionamiento de este protocolo, primero se debe tener en cuenta que la topología de red configurada para este protocolo es de tipo estrella puesto que la red está compuesta de un broker o servidor MQTT y varios clientes, hay que comprender el concepto de suscripción, publicación y topic el cual genera la conexión por jerarquías y por último mostrar las configuraciones necesarias para el funcionamiento de este protocolo.

Para iniciar con el diseño de la comunicación con este protocolo primero se necesita un broker, el cual es un servidor o nodo principal el cual permite que un máximo de 10000 clientes puedan enviar mensajes, es el encargado de gestionar y transmitir los mensajes que son enviados por los múltiples clientes.

Los clientes por lo particular publican mensajes puesto que es un protocolo creado para la creación de una red de sensores, sin embargo entre estos tambien se envian datos, la topología construida se puede ver en la figura No 5 la cual demuestra que este protocolo utiliza topología tipo estrella.

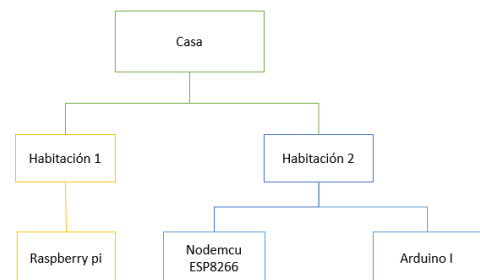
Figura 5. Topología del protocolo MQTT



Fuente: autor.

En el proceso de comunicación el protocolo usa topics o temas los que permiten una comunicación jerárquica como se muestra en la figura No 6.

Figura 6. Representación jerárquica de un topic



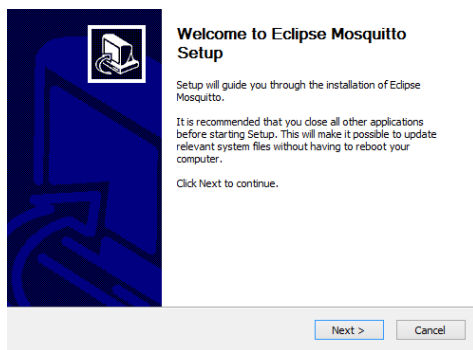
Fuente: autor.

La representación más cercana a un topic es un mapa conceptual puesto que este representa las jerarquías, las cuales están separadas por / es decir quien se suscriba al topic “Casa/#”, el acceso a toda la información está asegurada pero se suscribe a este topic “Casa/Habitación1/” solo tendrá acceso a la información de la raspberry pi.

INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL PROTOCOLO MQTT

La instalación depende del sistema operativo puesto que como anteriormente se ha mencionado es un protocolo multiplataforma es decir, está adaptado a Windows y Distros de linux. en esta sección del artículo se explicará como instalar el protocolo en ambos sistemas, primero para el sistema operativo Windows es necesario tener en cuenta que la página oficial de MQTT no proporciona el descargable para instalar el protocolo en un equipo sin embargo ECLIPSE FOUNDATION proporciona el instalador, después de descargarlo se procede a instalar y aparece una ventana como el de la figura No 7.

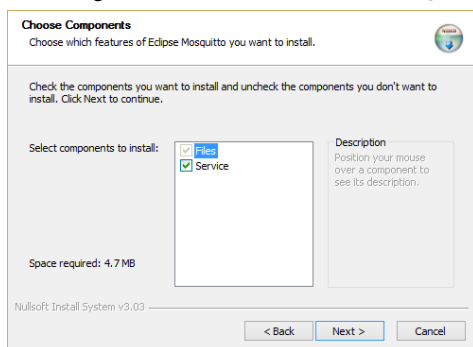
Figura 7. Ventana de instalación MQTT Eclipse Mosquitto



Fuente: autor.

En la figura No 8, se puede evidenciar que se va instalar el servicio Mosquitto para usar el protocolo MQTT, y como se puede evidenciar el protocolo pesa 4.7 MB, un espacio muy pequeño para lo útil que es en tecnologías IOT.

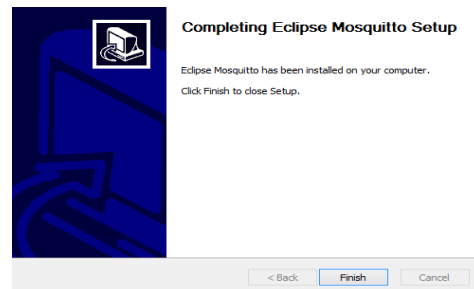
Figura 8. Instalación del servicio MQTT



Fuente: autor.

En la figura No 9, se puede evidenciar que el protocolo MQTT se instaló con éxito en el sistema operativo Window, la ventaja de este protocolo es su fácil instalación y su sencillo uso, más adelante se mostrará que lenguajes de programación tienen incorporado la librería MQTT para recolectar y enviar datos por medio de este protocolo.

Figura 9. Finalización de la instalación del protocolo MQTT



Fuente: autor.

MQTT EN LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN

La mayoría de lenguajes de programación nuevos poseen librerías para trabajar con la comunicación entre dispositivos, la mayoría de lenguajes de alto nivel como java, nodejs, python con el lenguaje c tienen implementados librerías para generar la comunicación con este protocolo, en las siguientes líneas del artículo se describirán las librerías en cada uno de los lenguajes mencionados anteriormente.

PYTHON

Python es el lenguaje de programación más utilizado en el proceso de enseñanza de los estudiantes, puesto que tiene librerías que facilitan la creación de procesos, en caso de las comunicaciones MQTT, la librería está disponible para descargar en la página oficial de python con la línea de comando:

- pip install paho-mqtt

la cual sirve para todos los sistemas operativos en los cuales Python este instalado, en los distros de linux, python está instalado por defecto mientras que en Window hay que instalar python primero para que nos funcione esa línea de comando.

NODE JS

Node JS es un lenguaje de programación de la capa del servidor en programación web, en otras palabras es el lenguaje de programación JavaScript pero en el servidor, además por esa razón tiene librerías para gestionar la comunicación con otros dispositivos ya sean computadores o microcontroladores, para

instalar MQTT es necesario escribir la siguiente línea de código:

- `npm install mqtt --save`

igualmente que en python esta línea de comando sirve para todos los sistemas operativos, que tengan instalado Node JS.

LENGUAJE C

El lenguaje C es un lenguaje de programación antiguo, orientado al paradigma de programación estructurado, es el lenguaje por el cual muchos sistemas embebidos y microcontroladores usarían para programar placas como Arduino, Psoc o SparkFun, en este caso para describir la librería se utilizará el entorno de desarrollo de arduino.

Figura 10. Librería para el protocolo MQTT

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
```

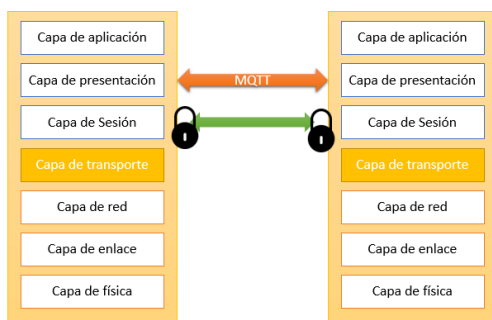
Fuente: autor.

En la figura No 10 se puede evidenciar como se incluye la librería MQTT, sin embargo esta librería hay que descargarla e incluirla puesto que no es una librería oficial de arduino y no es utilizada por todos los usuarios.

UBICACIÓN DE MQTT EN EL MODELO OSI

MQTT es un protocolo que está dentro del protocolo TCP, sin embargo este se encuentra en la capa de presentación, esta capa garantiza que la información que envía la capa de aplicación de un sistema pueda ser leída por la capa de aplicación del otro sistema, está traduce los datos en varios formatos.

Figura 11. Ubicación del protocolo MQTT en el modelo OSI



Fuente: autor.

como se puede ver en la figura No 11, se puede evidenciar que en la capa de sesión está TLS que es un código de cifrado del protocolo sin embargo este por defecto no viene encriptado.

PRUEBA DEL PROTOCOLO MQTT

Anteriormente en el documento se describe que los clientes envían datos al servidor MQTT, en esta etapa se describira como se envía y recibe datos, en esta etapa se evidenciara como ejecutar los comandos necesarios para mostrar el funcionamiento de este ademas envia los datos en tiempo real y la consola cambia de valor cada segundo.

Figura 12. Código de arduino para el envío de datos por protocolo MQTT

```
void loop() {
    if (!client.connected()) { //si el cliente no esta conectado
        reconnect(); //intenta reconectarse
    }
    client.loop(); //cliente se conectara permanentemente
    delay(1000);
    temperature = dht.readTemperature();
    sprintf (temperaturaChar, 75, "%ld", temperature);
    Serial.println(temperaturaChar);
    client.publish("casa/despacho/temperatura", temperaturaChar);
    int monoxido = mq7.getPPM();
    sprintf (monoxidoChar, 75, "%ld", monoxido);
    Serial.println(monoxidoChar);
    client.publish("casa/despacho/monoxido", monoxidoChar);
}
```

Fuente: autor.

En el código de la figura No 12, se puede observar que se publican dos tipos de mensajes, con sus tópicos correspondientes, el primero fue "casa/despacho/temperatura", como se está en la figura No 13.

Figura 13. Código de para publicar el dato de temperatura

```
publish("casa/despacho/temperatura"
```

Fuente: autor.

El segundo t3pico se publican los datos del mon3xido “casa/despacho/mon3xido”, que tambi3n se encuentra en la figura No 14.

Figura 14. C3digo de para publicar el dato de mon3xido

```
publish("casa/despacho/monoxido")
```

Fuente: autor.

En este caso publicar, significa enviar datos al servidor MQTT, pero el siguiente paso es recibir los datos por el mismo protocolo, entonces desde la consola de un computador se escribe la instrucci3n para capturar los datos de temperatura en el broker MQTT, “mosquitto_sub -h localhost -t casa/despacho/temperatura” donde -h significa host y -t Topics para suscribirse al t3pico y poder ver la informaci3n como se muestra en la figura No 14 y 15.

Figura 14. C3digo de para suscribirse al t3pico de temperatura

```
~$ mosquitto_sub -h localhost -t casa/despacho/temperatura
```

Fuente: autor.

Para capturar los datos del mon3xido de carbono se escribe “mosquitto_sub -h localhost -t casa/despacho/monoxido”, en este caso suscribirse es recibir datos de un cliente.

Figura 15. C3digo de para suscribirse al t3pico de mon3xido

```
~$ mosquitto_sub -h localhost -t casa/despacho/monoxido
```

Fuente: autor.

ESTUDIO DE LA TRAMA MQTT CON WIRESHARK

Wireshark es un programa de c3digo abierto que permite el an3lisis y facilita el estudio de los datos que se env3an en una red.

En la figura No 16 se puede observar que la trama del protocolo MQTT posee un mensaje, topic, c3digo del puerto, y un identificador, sin embargo hay m3s partes de la trama los cuales no se especificar3n por el momento.

El analizador de datos Wireshark analiza todos los mensajes que se env3en por varios protocolos, en este caso MQTT el analizador lo identifica, y desde qu3 direcci3n IP del origen del mensaje.

Figura 16. Wireshark analizando MQTT

MQ Telemetry Transport Protocol, Publish Message
 Header Flags: 0x30, Message Type: Publish Message, QoS Level: At most once delivery (Fire and Forget)
 Msg Len: 29
 Topic Length: 25
 Topic: casa/despacho/temperatura
 Message: 23

0000 f0 03 8c 87 c0 51 bc dd c2 fe 44 5a 00 00 45 00Q.....DZ..E
 0010 00 47 06 87 00 00 ff 06 32 f9 c0 a8 00 6f c0 a8 ..G.....2...o-
 0020 71 f8 37 07 5b 00 03 62 61 31 31 7e a7 50 18 7[-]..ba11~P-
 0030 08 5c 82 25 00 00 30 1d 00 19 63 61 73 61 2f 64 \%-0...casa/d
 0040 65 73 70 61 63 68 6f 2f 74 65 6d 70 65 72 61 74 espacho/ temperat
 0050 75 72 61 32 33 ura23

Msg Len: 29
 Topic Length: 25
 Topic: casa/despacho/temperatura
 Message: 23

0000 f0 03 8c 87 c0 51 bc dd c2 fe 44 5a 00 00 45 00Q.....DZ..E
 0010 00 47 06 87 00 00 ff 06 32 f9 c0 a8 00 6f c0 a8 ..G.....2...o-
 0020 71 f8 37 07 5b 00 03 62 61 31 31 7e a7 50 18 7[-]..ba11~P-
 0030 08 5c 82 25 00 00 30 1d 00 19 63 61 73 61 2f 64 \%-0...casa/d
 0040 65 73 70 61 63 68 6f 2f 74 65 6d 70 65 72 61 74 espacho/ temperat
 0050 75 72 61 32 33 ura23

Fuente: autor.

El analizador de datos wireshark, como se muestra en la figura No 17, demostr3 que la trama de datos tiene un peso de 85 bytes en donde est3n inmersos el topic y el mensaje que son las dos partes m3s importantes de una trama MQTT.

Figura 17. Wireshark analizando MQTT II

```

▼ Interface id: 0 (wlp3s0)
  Interface name: wlp3s0
  Encapsulation type: Ethernet (1)
  Address: 192.168.1.100
  [Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
  Epoch Time: 1559332174.436578328 seconds
  [Time delta from previous captured frame: 0.027174513 seconds]
  [Time delta from previous displayed frame: 1.023895598 seconds]
  [Time since reference or first frame: 153.251471837 seconds]
  Frame Number: 17237
  Frame Length: 85 bytes (680 bits)
  Capture Length: 85 bytes (680 bits)
  [Frame is marked: False]
  [Frame is ignored: False]
  [Protocols in frame: eth:ethertype:ip:tcp:mqtt]
Frame Length: 85 bytes (680 bits)
Capture Length: 85 bytes (680 bits)

```

Fuente: autor.

Además en la figura No 18, se puede evidenciar que la interfaz que usa el protocolo mqtt es wifi; en la comunicación se puede ver el puerto de inicio a puerto destino en este caso el puerto destino es 1883.

Figura 18. Analisis de envío de datos

```

▼ Transmission Control Protocol, Src Port: 63543, Dst Port: 1883, Seq: 146, Ack: 5, Len: 31
  Source Port: 63543
  Destination Port: 1883
  [Stream index: 3986]
  [TCP Segment Len: 31]
  Sequence number: 146 (relative sequence number)
  [Next sequence number: 177 (relative sequence number)]
  Acknowledgment number: 5 (relative ack number)
  0101 ... = Header Length: 20 bytes (5)
  ▶ Flags: 0x010 (PSH, ACK)
  Window size value: 2140
  [Calculated window size: 2140]
  [Window size scaling factor: -2 (no window scaling used)]
  Checksum: 0x8225 [unverified]
  [Checksum Status: Unverified]

```

Source Port: 63543
Destination Port: 1883

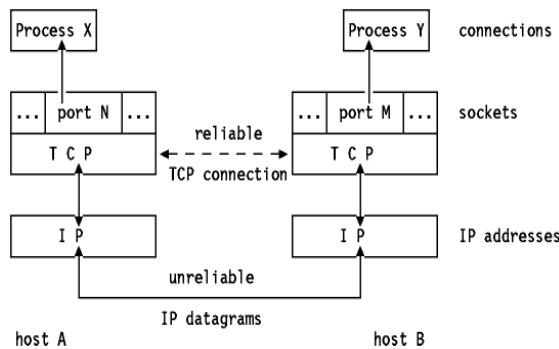
Fuente: autor.

El puerto 1883 es el puerto destino porque es el puerto que está configurado por defecto en la instalación del protocolo en el servidor.

WEBSOCKETS Y SOCKETS

Antes de hablar de websockets hay que comprender la definición de sockets, un socket es un elemento de un lenguaje de programación que permite la comunicación entre un servidor y varios clientes, como se muestra en la figura No 19.

Figura 19. Proceso de comunicación mediante sockets



Fuente: TCP/IP Microsoft.

Los sockets son conectores entre computadores remotos, en donde la comunicación es continua y se

mantiene hasta que uno de los computadores cierre su conexión, para usar sockets es necesario habilitar un puerto para que ingresen los datos enviados por los clientes, en este caso el puerto debe ser mayor a 1024, puesto que siempre los puertos menores a 1024 están ocupados por otras aplicaciones, websockets tiene la misma definición que la anterior pero esta orientado a web, sin embargo a diferencia de aplicaciones como java, los websockets de nodejs son simples de usar, puesto que hay que escribir menos código para implementar este elemento a una aplicación web.

NODE JS

Node js es un lenguaje que ha adaptado librerías de comunicaciones como sockets, para crear aplicaciones que se comunican con múltiples computadores o microcontroladores que usan sockets.

- `npm install websocket`

El comando anterior es el método por el cual se instala la librería websockets para utilizarlo en la aplicación.

LENGUAJE C

El lenguaje C como se menciona anteriormente en el documento ha implementado, los protocolos de comunicaciones como http y sockets, para enviar datos como se muestra en la figura No 19, esta arquitectura de envío de datos por medio de sockets la cumplen todos los lenguajes como C, además para implementar este elemento en arduino solo es necesario usar la librería en la figura No 20.

Figura 20. Librería para Sockets

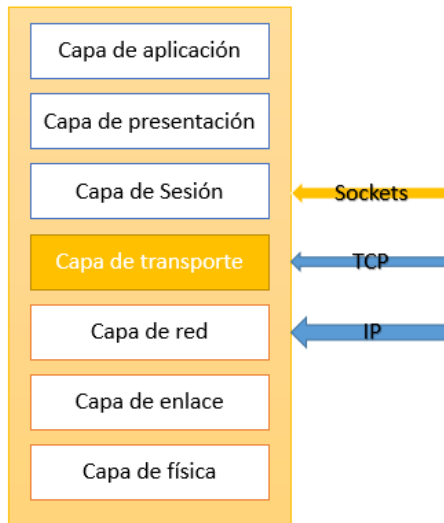
```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

Fuente: autor

UBICACIÓN DE SOCKETS EN EL MODELO OSI

Los sockets se ubican en la capa de sesión del modelo OSI como se muestra en la figura No 21, la capa de aplicación esta entre la capa de comunicación y la capa de aplicación, puesto que en la capa de sesión se proveen servicios de manejo de datos y control de datos entre ordenadores y microcontroladores.

Figura 21. Sockets en el modelo OSI



Fuente: autor

PROTOCOLO HTTP

Es un protocolo de capa de aplicación para la transmisión de documentos hipermedia, como HTML. Este protocolo fue diseñado para la comunicación entre navegadores y servidores, este sigue el modelo Cliente- Servidor, en donde el cliente establece la conexión, realizando peticiones al servidor.

MÉTODOS DE PETICIÓN

HTTP se define un conjunto de métodos para indicar la acción que se desea realizar para obtener un recurso del servidor, los dos métodos más conocidos son GET Y POST, donde el método GET solicita el recurso para obtener datos, el segundo método se utiliza para enviar un recurso.

AJAX

Es un conjunto de peticiones que se le realizan al servidor para realizar una serie de funciones, en esta librería se incluyen, traer y enviar los datos por métodos GET y POST.

LENGUAJE C

El lenguaje C como se menciona anteriormente en el documento ha implementado, los protocolos de comunicaciones como http, en este lenguaje arduino ha implementado una serie de librerías que permiten este tipo de comunicaciones por métodos GET y POST, en la figura No 22, se muestran las librerías de arduino que permiten el uso del protocolo HTTP.

Figura 22. Librería para peticiones HTTP

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

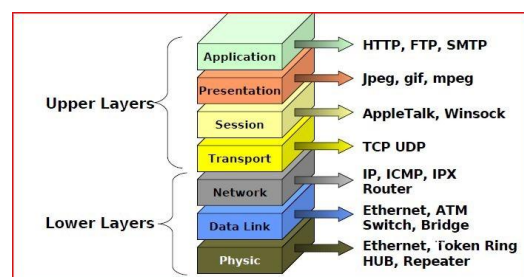
```
#include <ESP8266HTTPClient.h>
```

Fuente: autor

PROTOCOLO HTTP EN EL MODELO OSI

Es un protocolo de capa de aplicación para la transmisión de documentos hipermedia, como HTML. Este protocolo fue diseñado para la comunicación entre navegadores y servidores, este sigue el modelo Cliente- Servidor, en donde el cliente establece la conexión, realizando peticiones al servidor.

Figura 23. Modelo OSI ubicación del protocolo HTTP.



Fuente: 100cia.site 2019

Con el recuadro de la figura No 23, se puede observar que el protocolo se encuentra en la capa de aplicación, en donde el usuario interactúa con este protocolo, para obtener las direcciones de las páginas web, sin embargo en proyectos Iot, los datos se envían por la URL y por medio de un lenguaje de programación adquirir o enviar datos a los microcontroladores.

CONCLUSIONES

Los protocolos se ubican en diferentes capas del modelo OSI: MQTT se encuentra en la capa de presentación, que garantiza que la información se envíe a la capa de aplicación de un sistema y pueda ser leída por la capa de aplicación de otro sistema y traduce los datos en varios formatos, los sockets se ubican en la capa de sesión aquí se proveen servicios de manejo de datos y control de datos entre computadores y microcontroladores y HTTP se encuentra en la capa de aplicación diseñado para la comunicación entre clientes y servidor, se puede concluir que su uso debe darse tomando en cuenta el nivel y tecnología que quiere controlarse al enviar y recibir los datos.

BIBLIOGRAFÍA

Bankinter., (2011). El Internet de las Cosas. En un mundo conectado de objetos inteligentes. Available at:

http://www.belt.es/expertos/imagenes/XV_FTF_El_internet_de_las_cosas.pdf

Caraballo Pérez, Yeter. (2007). La gestión de contenidos en portales Web. ACIMED, 15(3) Recuperado en 28 de mayo de 2019, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352007000300007&lng=es&tlng=pt

Info d.4 networked enterprise & rfid info g.2 micro & nanosystems (2008). Internet of Things in 2020: Roadmap for the Future. Available at: https://docbox.etsi.org/erm/Open/CERP%2020080609-10/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_v1-1.pdf

Rose, K., Chapin, L. and Eldridge, S. (2015). *La Internet De Las Cosas — Una Breve Reseña*. [online] Internetsociety.org. Available at: <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf> [Accessed 28 May 2019].

S. Barai, D. Biswas and B. Sau, (2017, pp. 170-173) "Estimate distance measurement using NodeMCU ESP8266 based on RSSI technique," 2017 IEEE Conference on Antenna Measurements & Applications (CAMA), Tsukuba, 2017, pp. 170-173, de <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=8273392&isnumber=8273364>

Tantitharanukul, N. (2017a). MQTT-Topics Management System for Sharing of Open Data. IEEE, 292–295.

ESP8266 and Node-RED with MQTT (Publish and Subscribe). (2017, 24 agosto). Recuperado 31 mayo, 2019, de <https://randomnerdtutorials.com/esp8266-and-node-red-with-mqtt/>

How to Control Your ESP8266 From Anywhere in the World. (2015, 30 mayo). Recuperado 31 mayo, 2019, de <https://randomnerdtutorials.com/how-to-control-your-esp8266-from-anywhere-in-the-world/>

Converging MQTT resources in ETSI standards based M2M platform. (2015, 16 marzo). Recuperado 31 mayo, 2019, de <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.udistrital.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7059677>

Ching-Hu, L. (2015, 24 agosto). IoT-enabled smart sockets for reconfigurable service provision. Recuperado 31 mayo, 2019, de <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.udistrital.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7904935>

Ching-Hu, L. (2015, 24 agosto). IoT-enabled smart sockets for reconfigurable service provision. Recuperado 31 mayo, 2019, de <https://ieeexplore-ieee-org.bdigital.udistrital.edu.co/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7904935>

Implementación de movimientos para robots con Arduino mediante el uso del planificador de tareas*

Edgar R. Enríquez Rosero[†]
ECBTI
Universidad Nacional Abierta y a
Distancia – UNAD
Pasto, Nariño, Colombia
edgar.enriquez@unad.edu.co

Manuel Bolaños González^{††}
Departamento de Sistemas
Universidad de Nariño
Pasto, Nariño, Colombia
mbolanos@udenar.edu.co

Carlos Marín^{†††}
Universidad Nacional Abierta y a
Distancia – UNAD
Pasto, Nariño, Colombia
camarinsa@unadvirtual.edu.co

RESUMEN

El uso de sistemas con microcontroladores como Arduino, permite la ejecución de diversas tareas o funciones síncronas o asíncronas, tal es el caso de la robótica aplicada a la industria, en donde un robot puede ejecutar diferentes tareas al mismo tiempo, o algunas seguidas de otras, sin esperar que se ejecuten siempre bajo los mismos tiempos, para ello es necesario utilizar algún paradigma de programación que permita al microcontrolador realizar varias tareas de modo asíncrono, es decir que cada tarea debe ejecutarse en el momento preciso, indicado, e independientemente de otras tareas, es decir, que ninguna debe obstaculizar la ejecución de las demás.

Este artículo pretende dar a conocer el uso del planificador de tareas, como una herramienta para programar procesos asíncronos que se encuentran en el mismo programa del microcontrolador (en este caso Arduino) y que a través del planificador pueden realizarse y ejecutarse de manera independiente.

PALABRASCLAVE

Robots, Arduino, planificador de tareas, framework, PID, seguidor de línea

ABSTRACT

The use of systems with microcontrollers such as Arduino, allows the execution of various synchronous or asynchronous tasks or functions, such is the case of robotics applied to the industry, where a robot can execute different tasks at the same time, or some followed by others, without waiting for it to always run under the same times, for this it is necessary to use some programming paradigm that allows the microcontroller to perform several tasks asynchronously, that is to say that each task must execute at the

right time, indicated, and other tasks, that is to say, that none should hinder the execution of others.

This article aims to publicize the use of the task planner, as a tool to program asynchronous processes that are in the same microcontroller program (in this case Arduino) and that through the planner can execute and execute independently.

KEYWORDS

Robots, Arduino, task planner, framework, PID, line follower

1 Introducción

El uso de sistemas con microcontroladores como Arduino, permite la ejecución de diversas tareas o funciones síncronas o asíncronas, tal es el caso de la robótica aplicada a la industria, sin embargo, existen algunas limitaciones en cuanto a su aplicación en un sistema real, puesto que para que se comporte como un PID de nivel industrial, es necesario tener en cuenta una serie de parámetros, además, el algoritmo para el PID funciona mejor si se ejecuta en intervalos regulares, aunque si se incorpora el parámetro del tiempo dentro del PID, es posible simplificar los cálculos y procesos, por lo tanto es necesario calcular los términos correspondientes a la parte derivada e integral del PID, ya que ambos son dependientes del tiempo, y teniendo en cuenta que algunos PID están diseñados para ejecutarse a periodos irregulares, pueden suceder algunos problemas, el primero sería un posible comportamiento inconsistente del PID, debido a que en ocasiones se lo ejecuta regularmente y a veces no, y el otro sería que es necesario realizar operaciones matemáticas extras, tomando como referente el tiempo.

2. Referentes teóricos

2.1 Generalidades de Arduino

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open-source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar, el software se puede descargar gratuitamente. Los diseños de referencia del hardware (archivos CAD) están

* Implementación de movimientos para robots con Arduino mediante el uso del planificador de tareas

[†]MSc. Electrónica y Telecomunicaciones, Esp. Redes y Servicios Telemáticos, Ing de Sistemas. Docente de carrera UNAD, docente catedrático Universidad de Nariño.

^{††} Msc. Ciencias de la Información y las Comunicaciones, Ing. de Sistemas. Docente Tiempo Completo Universidad de Nariño.

^{†††} Estudiante Ing de Telecomunicaciones. Monitor UNAD

disponibles bajo licencia open-source, por lo que eres libre de adaptarse a cualquier necesidad. [1]

2.2 Arduino Uno

Se considera una placa para microcontroladores basado en el ATmega328 [2] el cual consta de 14 pines de entrada / salida digital, de ellos 6 pueden usarse como salidas PWM, 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un encabezado ICSP y un botón de reinicio.

Para enviar el código al microcontrolador, es necesario conectarlo a un PC mediante un cable USB, aunque también puede alimentarse con corriente por este mismo puerto, o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente y puede ser un adaptador de CA a CC o una batería. Arduino puede funcionar con un suministro externo entre 6 y 20 voltios. Sin embargo, si se suministra menos de 7V, el pin de 5V puede suministrar menos de cinco voltios y la placa puede ser inestable.

El proyecto se implementó utilizando Arduino UNO, el cual tiene un microcontrolador Atmega16U2 programado como un convertidor de USB a serie.



Figura 1: Placa de microcontrolador Arduino UNO

2.3 Controlador IC para motor dual DC

Para el trabajo con un carro seguidor de línea, es necesario el uso de un controlador para los motores, por lo tanto, se utilizó un circuito integrado (CI) controlador para motor de corriente directa (DC) TB6612FNG, con dos señales de entrada, y la posibilidad de elegir uno de los cuatro modos de operación: rotación en sentido de las manecillas del reloj (CW), rotación en sentido contrario a las manecillas del reloj (CCW), freno corto y modo de parada, también se conoce este CI como puente H.

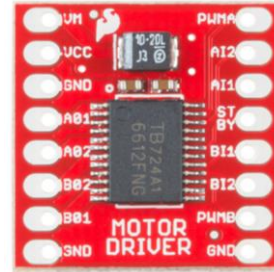
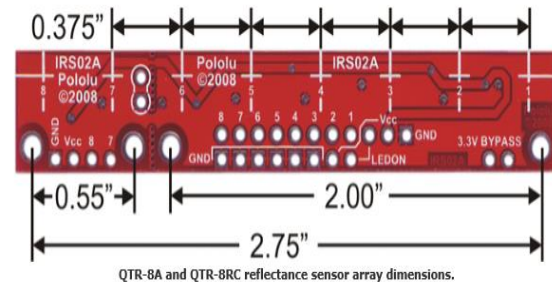


Figura 2: Controlador IC para motor dual DC

2.4 Sensor de reflectancia

Los conjuntos de sensores de reflectancia como el Pololu QTR-8A y QTR-8RC están diseñados como sensores de línea, pero pueden usarse como sensores de proximidad o de reflectancia de uso general [3]. Cada módulo se adapta a un portador antes de que el emisor y el receptor (fototransistor) se adhieran a intervalos de 0.375 segundos. Las salidas son independientes, pero los LED se disponen en pares con el fin de reducir el consumo de corriente. El sensor de reflectancia le permitirá al carro seguir una línea de acuerdo con los datos que captura, es decir se convertirá en un robot seguidor de línea.



QTR-8A and QTR-8RC reflectance sensor array dimensions.

Figura 3: QTR-8A/QTR-8RC [4]

2.5 kit Adafruit Motor Shield

Considerado como un excelente controlador y protector de motor para Arduino, su diseño es probado y totalmente compatible con Mega, Diecimila y Duemilanove. Se considera como una forma fácil y eficiente para controlar motores, gracias al driver de potencia que maneja por cada canal y a una menor caída de tensión, que permite una mayor duración de las baterías.

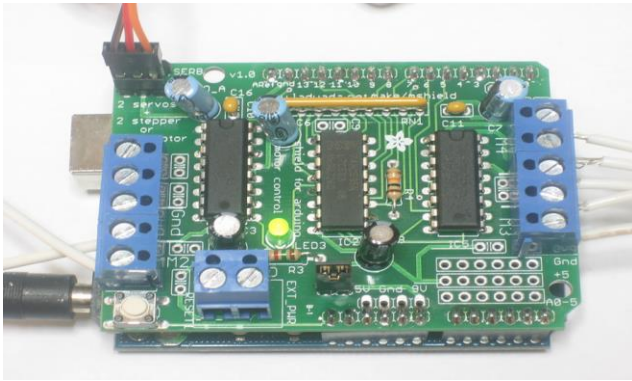


Figura 4: Addfruit Motor Shield

3. Metodología

Para la programación del microcontrolador Arduino UNO, mediante el uso del planificador de tareas para lograr el desplazamiento del robot, se aplicaron los siguientes criterios metodológicos:

- Identificación del problema a solucionar
- Definición de las tareas a desarrollar.
- Formulación del Modelo
- Implementación del modelo mediante el planificador de tareas
- Validación
- Experimentación
- Plan de evaluación y pruebas.

3.1 Identificación del problema

Se parte de la premisa de hacer mover un robot o un carro a través de una línea trazada en una pista, implementando tareas asíncronas en el robot o carro seguidor de línea.

Entre los inconvenientes que se tiene para ello es que los motores deben trabajar a un ritmo diferente en el momento de dar una curva, es decir deben hacer el trabajo de un diferencial en un vehículo a escala real. Por otro lado, se requiere que los sensores de proximidad lean el patrón de línea trazado, mediante el cual sea posible seguir el recorrido dibujado y por último el control de velocidad en cada uno de los motores que le dan la tracción.

3.2 definición de las tareas a desarrollar

Cuando se requiere programar de manera asíncrono en Arduino y sobre todo cuando se utilizan motores, es necesario utilizar un método de programación que permita al microcontrolador realizar varias tareas de modo asíncrono. Esto significa que cada tarea debe ejecutarse cuando le corresponde, independientemente de las demás, y que ninguna debe obstaculizar la ejecución de otras. [5]

Se identifican tres tareas que deben realizarse de manera asíncrona: Control, calibración del sensor y giros del motor. Cada tarea se asigna en intervalos de tiempo diferente.

3.3 Formulación del modelo

Con las tareas definidas se procede a realizar el modelo del sistema y posteriormente a definir el algoritmo para su codificación. El diseño del modelo es similar a la definición de esquemas bajo la Programación Orientada a Objetos (POO). Donde se tienen un objeto, el cual posee atributos y métodos, de acuerdo con la investigación realizada, el esquema propuesto se indica en la figura 5:

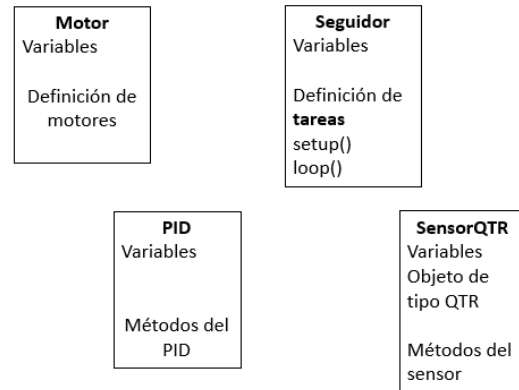


Figura 5. Diagrama de bloques – Modelo

Como se puede observar, cada objeto que se ha diseñado tiene una serie de atributos, que al codificarse se convierten en las variables y una serie de métodos propios e independientes que se ejecutarán de acuerdo con el llamado que se hace desde el programa principal.

En el caso del proyecto, al trabajar con Arduino, se implementa la codificación en el framework que tiene para programar y cuyas instrucciones son muy similares al lenguaje C. [6] En este caso los atributos pasan a ser las variables y los métodos, en funciones y cada objeto se crea como una librería con extensión .h: motor.h, seguidor.h, pid.h [7], sensorQTR.h, donde el archivo seguidor.h será el programa principal y contiene las funciones void setup() y void loop(), que permitirán el llamado o invocación de las demás librerías, variables y funciones.

3.4 Implementación del modelo mediante el planificador de tareas

Como se indicó en la figura 5, las tareas se van a crear en el objeto seguidor, que dio origen a la librería Seguidor.h. En ella se definen dos objetos de tipo motor, que permitirán la movilidad a los 2 motores, las variables de temporización para cada tarea y las tareas: Tarea 1. control, Tarea 2. Lectura y calibración de sensores y Tarea 3. Giros del motor.

Luego se adicionan las instrucciones necesarias para los métodos predefinidos de un programa principal: setup() y loop(). En el primero se inicializan todas las variables temporizadoras de las tareas y se inicia el estado de la Tarea 2. En el segundo método, se llama a la función millis(), la cual permite medir el tiempo desde que se encendió la tarjeta, o averiguar el tiempo en etapas críticas del código.[8], posterior a ello, se adicionan los tiempos para cada tarea y se restan del tiempo capturado con la función millis, con estas operaciones se calcula el tiempo de ejecución de cada tarea y

se captura el instante de ejecución de la tarea, estas son las funciones principales que se deben implementar, en los casos de las otras librerías mucha parte del código ya se genera o se trae para poder implementarse en las tareas asignadas.

3.5 Validación

En esta etapa se verifican los diferentes eventos que deben ejecutar las tareas y de ser necesario se calibran los tiempos para que cada tarea se ejecute en el debido momento, de esta forma se verifica que cada tarea en el código cumpla con el modelamiento realizado en la etapa No 3.

3.6 Experimentación

Con el modelo codificado o programado y sin errores al compilar, se pasa todo el sistema al microcontrolador Arduino y se realiza el montaje en el carro seguidor de línea, para proceder a realizar las pruebas necesarias.

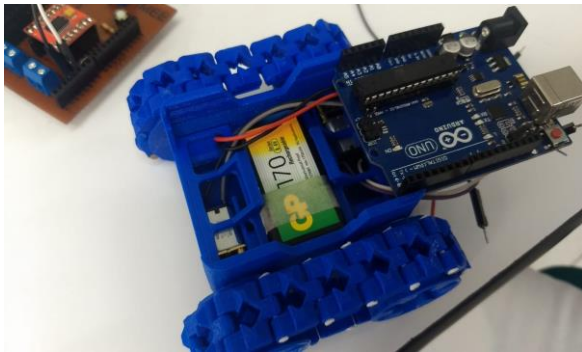


Figura 6. Montaje de Arduino en el carro [5]

3.7 Plan de evaluación y pruebas

Una vez finalizado el montaje se realizan diferentes procesos de evaluación del seguidor, definiendo diferentes rutas sobre las cuales pueda seguir de acuerdo al patrón que se ha trazado en la pista, con ello se verifica que se siga la trayectoria o dado el caso de algún desfase o desvío se procede a calibrar las mediciones en la librería sensorQTR.h o de ser necesario se calibra el tiempo de ejecución en las tareas de la librería seguidor.h.

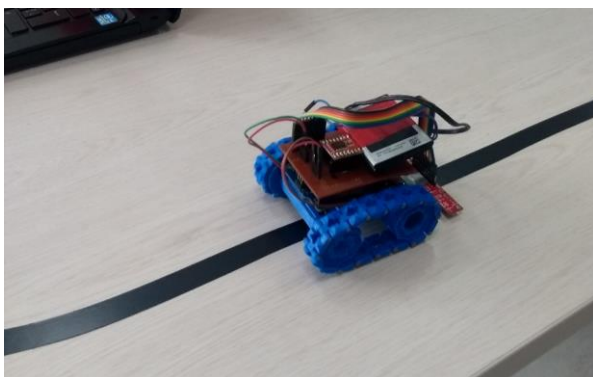


Figura 7. Ejecución del seguidor de línea [6]

4. Resultados

Los diferentes procesos o funciones que se llevan a cabo para un carro o robot seguidor de línea de manera independiente de la frecuencia en la que se invoca a la función, el algoritmo de control es evaluado en tiempos regulares de cada función.

Gracias a la función de tiempo que incorpora el lenguaje Arduino y posiblemente otro tipo de microcontroladores, la variable tiempo de cada función se hace cero nuevamente, ya que, al tiempo actual se le resta el tiempo transcurrido con anterioridad.

Debido a que el tiempo de muestreo se considera constante, no es necesario calcular permanentemente datos para sincronización, ahorrando procesos en el microcontrolador.

Gracias al trabajo con el programador de tareas, se obtiene una mayor velocidad en tiempo de respuesta del procesador que con el delay genérico que trae el lenguaje Arduino, debido a que las tareas se manejan desde el procesador ante la invocación de las funciones que las van a ejecutar.

Los sistemas que manipulan robots se consideran sistemas en tiempo real, por lo tanto el funcionamiento correcto está sujeto a la realización de algunas tareas a una velocidad o instantes determinados y estas tareas podrían definirse como críticas, por lo tanto no se puede permitir que alguna o varias de ellas se ejecuten más tarde de lo debido, generando un funcionamiento inadecuado del sistema, que en el caso de este proyecto podría converger en una lectura inadecuada de los sensores de proximidad o en una velocidad equivocada en el momento de dar una curva con respecto a la velocidad de giro de los motores.

Teniendo presente que los motores manejan una señal PWM, formada por un pulso con una duración que oscila entre 1 y 2 ms y que se envía a cada motor en un determinado valor de milisegundos (En el proyecto 20 ms). Si arduino requiere controlar el motor, es necesario que se garantice el envío del pulso cada 20 ms, por lo tanto, no será posible que otra tarea del sistema tenga ocupado al procesador durante un tiempo mayor a los 20 ms, puesto que no sería posible enviar el pulso con la frecuencia adecuada.

5. Conclusiones

- Una gran ventaja de los microcontroladores es que permite controlar, programar y sincronizar tareas electrónicas a través del tiempo simplemente realizando una correcta programación.
- Gran diversidad de micro controladores, se pueden elegir para desarrollar propuestas, como: cantidad de puertos, cantidad de entradas y salidas, conversor Analógico al Digital, cantidad de memoria, espacio físico, y permiten tener una mejor elección de un PIC.
- Se realizó la simulación mediante diversos softwares, determinando de esta forma que las aplicaciones se pueden realizar primero de forma computacional para dar respuesta a la problemática planteada.
- El programador de tareas facilita el desarrollo de diferentes procesos que pueden ser o no simultáneos, pero lo más importante es que trabajan de manera independiente y no se rigen al tiempo que determina como función el lenguaje programador de Arduino

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a la Vicerrectoría de Servicios a Aspirantes y Estudiantes (*VISAE*), a la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería (ECBTI) y a la dirección del CCAV Pasto de la UNAD por permitir incentivar y motivar el desarrollo de procesos investigativos a partir de experiencias académicas

REFERENCIAS

- [1] Enriquez H. Rafael. Guía de Usuario de Arduino. 2009
http://www.uco.es/aulasoftwarelibre/wp-content/uploads/2010/05/Arduino_user_manual_es.pdf
- [2] Future Electronica Corporation. Arduino Uno R3.
https://www.fecegypt.com/uploads/dataSheet/1522237550_arduino%20uno%20r3.pdf
- [3] Instructables circuits. Autodesk Ink. <https://www.instructables.com/id/Arduino-Line-Follower-Robot-With-Pololu-QTR-8RC-an/>
- [4] Pololu corporation. QTR-8A and QTR-8RC Reflectance Sensor Array User's Guide. <https://www.pololu.com/docs/pdf/0J12/QTR-8x.pdf>
- [5] Programación avanzada planeador de tareas implementación en Arduino. 2018
- [6] Boxall, John (2013). Arduino Workshop, A Hands-on Introduction with 65 Projects.
<http://bibliotecavirtual.unad.edu.co:2139/eds/detail/detail?vid=5&sid=bb49356b11e>
- [7] Moyano Jonathan. Arduino PID - Guía de uso de la librería
- [8] Marmolejo. Ruben Arduino millis con ejemplos y su uso. <https://hetprostore.com/TUTORIALES/arduino-millis/>

Buenas prácticas de seguridad del internet of things en smart house

Laura M. Pérez[†]

Grupo de Investigación GITYD, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia
Imperezs@ufpso.edu.co

Torcoroma. Velásquez Pérez

Grupo de Investigación GITYD, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia
tvlasquezp@ufpso.edu.co

Hugo F. Castro Silva

Grupo de Investigación OBSERVATORIO, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Boyacá, Colombia
hugocastroSilva@hotmail.com

Jesús A. Camargo

Grupo de Investigación GITYD, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, Ocaña, Colombia
jacamargop@ufpso.edu.co

ABSTRACT

El presente artículo presenta la guía de buenas prácticas en torno a la seguridad de IOT para los dispositivos que se involucran con las casas inteligentes. Se parte de un estudio de las características, capas y los protocolos que existen en el internet de las cosas, el proyecto OWASP IoT y la estructuración de los componentes que conforman la guía. Esta investigación permite hacer un aporte junto a un análisis del futuro del internet de las cosas lo que permite exponer las consideraciones sobre la seguridad que involucran a estos dispositivos, tomando como guía las herramientas, documentos e información que propone OWASP IoT para el desarrollo de sistemas de alta calidad en seguridad y un grado de madurez aceptable. Como resultado de esta investigación se desea proponer: una guía de buenas prácticas en torno a la seguridad IoT para las casas inteligentes.

KEYWORDS

Buenas practicas, IoT, OWASP, información, seguridad, controles

1 Introducción

Internet básicamente habla de una red de redes de ordenadores capaces de comunicarse entre ellos, entre otros conceptos el internet hace referencia a todos los dispositivos tecnológicos que de alguna manera se pueden conectar a la red y con los cuales se interactúa ya sea con el móvil o desde el computador, se define como cualquier cosa que se encuentra conectada a internet, esta se puede definir como una red altamente interconectada de entidades heterogéneas, tales como, etiquetas, sensores, dispositivos embebidos, dispositivos portátiles, entre otros, que interactúan y se comunican entre sí en tiempo real [1].

Las tecnologías de la Información y comunicación se han convertido en una herramienta indispensable para el intercambio de información, la convergencia de servicios televisión, telefonía, mensajería entre otros hacia una única red de comunicaciones hace que el Internet sea parte fundamental de nuestra vida cotidiana. El internet de las cosas es una innovación tecnológica que nos permitirá transformar todos nuestros objetos en “Smart-objetos”. Todas las cosas que nos rodean estarán conectadas en red transmitiendo y recibiendo información para facilitarnos la vida y volverla más eficiente, ya sea en consumos energéticos, en

administración de finanzas e incluso en la utilización de nuestro tiempo [2]. El internet de las cosas comienza a tener una gran acogida cada vez más en la población a nivel mundial, nacional y local, donde se implementan nuevas innovaciones tecnológicas para facilitar el diario vivir, es por esta razón que este ha tenido una aceptación extraordinaria en ese contexto

La seguridad, la privacidad y la protección de la información son las preocupaciones fundamentales de los fabricantes de dispositivos IoT, pues no se tiene un alto grado de confiabilidad respecto a los estándares de seguridad, un nivel de seguridad bajo es claramente inaceptable para los servicios domiciliarios en materia de seguridad operacional y salud de las personas. Por ejemplo, cuando nos salimos por algún tiempo, servicios innecesarios como aire acondicionado, luces, gas y otros electrodomésticos se pondrá en modo de espera o se apagará para ahorrar energía y proteger la seguridad de la casa, sin embargo, los atacantes puede enviar maliciosamente desde el exterior muchas peticiones falsas a algún dispositivo específico o servicio en la nube, por lo que amenaza seriamente la seguridad de la vivienda [3].

2 METODOLOGIA

El desarrollo de este proyecto se fundamentara en una metodología descriptiva de corte cuantitativo basado en la teoría fundamentada, en el cual a partir del análisis documental se podrán establecer las mejores prácticas de seguridad IoT para las Smart House, teniendo en cuenta los elementos y barreras presentes en el IoT.

Por lo tanto, esta metodología consiste en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciales. Con este tipo de investigación se busca especificar y categorizar cada uno de los elementos y estrategias acorde a la seguridad en dispositivos IoT. Según [4], la investigación descriptiva “comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual, composición o procesos de los fenómenos”, Según [5], la investigación cuantitativa lleva consigo un proceso; deductivo, secuencial, probatorio y analiza una realidad objetiva.

3 RESULTADOS

Un estudio realizado por HP (Hewlett-Packard, 2015) arrojo que un 70% de los dispositivos de IoT no cifran sus comunicaciones, este porcentaje permite a un atacante identificar las cuentas de usuario válidas, el 60% de los que tienen interfaz de usuario son vulnerables a distintos ataques como secuencias de comandos en sitios cruzados (XSS). Considerando que estos dispositivos recopilan una gran cantidad de información sensible para los usuarios, esto se vuelve un gran riesgo de seguridad (Rahman et al., 2016). Por lo que se hace necesario proteger dichos dispositivos. [12]

Existen un sin número de vulnerabilidades en los dispositivos IoT, que afectan directamente a las personas y empresas en lo que se relaciona con la privacidad de la información, organizaciones ajenas a los fabricantes se están dedicando a reducir los riesgos. Una de estas organizaciones en el Proyecto Abierto de Seguridad de Aplicaciones Web (OWASP “Open Web Application Security”), reconocido por la documentación relacionada a la seguridad de aplicaciones web y la lista de Top 10 de vulnerabilidades [6].

La Internet de las cosas posee una serie de características en las que se encuentra; la inteligencia artificial, la conectividad, los sensores, la participación activa y el uso de implementos pequeños. Estas características permitirán el diseño de dispositivos confiables, ya que la IO se está convirtiendo categóricamente en una realidad [7]. La IO habilitada con sistema de seguridad inteligente, permite a los usuarios monitorear los parámetros de la casa como; la temperatura, el humo y la intensidad de luz. Estos pueden controlarse mediante la recolección y el intercambio de datos.

De igual manera así como se pueden obtener una gran cantidad de beneficios al implementar el internet de las cosas, también existen desafíos. En el momento en que un objeto se vuelve parte de un entorno interconectado, se hace necesario determinar si este dispositivo ha perdido seguridad física o lógica, ya que

posiblemente se encontraran localizados en entornos poco seguros, lo cual facilitara a los individuos que esperan por hacer ataques malintencionados, estos atacantes podrían acceder a gran parte de la información que contienen los dispositivos, modificando la misma, incluso llegar a manipular el sistema de control y modificar la funcionalidad de estos. Las soluciones que proponen expertos para mejorar la seguridad son la autenticación y autorización segura, especialmente en tarjetas SIM, arranque seguro de objetos y transmisión de datos esta solución propone que se incluya la instalación y configuración de credenciales, claves y certificados en los dispositivos, la seguridad de los datos de la IO se refiere al proceso que garantiza almacenar y transmitir la información dentro del entorno de la IO por el ultimo propone el acceso seguro a los datos esta característica permite que solo los usuarios autorizados puedan acceder a algunos datos determinados [8].

El proyecto OWASP Internet of Things se inició en 2014, como una forma de ayudar a los desarrolladores a tomar mejores decisiones con respecto a la creación y el uso de los sistemas de IoT. Esta continúa con la versión 2018 de OWASP IoT Top 10, que muestra a los desarrolladores las diez cosas que se deben evitar al diseñar, crear, desarrollar, implementar y administrar en sistemas IoT. Este proyecto busca darle solución a la mayor parte de riesgos y vulnerabilidad a la que se están expuestos los dispositivos IoT, por esta razón propone una guía única que aborde los problemas de mayor prioridad para los fabricantes, empresas y consumidores [9].

3.1 Estructura de la guía

De acuerdo a la figura 1 se presenta la estructura de la guía desarrollada en la investigación.



Figure 1: Estructura de la guía

3.1.1 Pruebas

El proyecto OWASP de IoT, dispone a los desarrolladores una guía de seguridad, que permitirá evaluar el nivel de seguridad en el que se encuentran los sistemas IoT. Las siguientes pruebas basadas en el Proyecto OWASP son una guía de gran importancia que permite medir la madurez en cuanto a la seguridad de esos sistemas desarrollados por las organizaciones, el proyecto OWASP IoT trabaja con 10 categorías, cada categoría está compuesta por una serie de consideraciones a tener en cuenta, para el proyecto de grado se trabajó de tal manera que se pudiera medir el grado de cumplimiento para cada categoría en donde habrán dos opciones de cumplimiento que son las siguientes:

1=Cumple, 0=No cumple.

Para la realización de esta prueba es importante contar con un inventario de software y de hardware es fundamental identificar los elementos o dispositivos con los cuales se cuenta y con los cuales se está trabajando en el sistema que se está desarrollando o se ha desarrollado; se propone que los dispositivos sean

evaluados de forma independiente, de igual manera también se recomienda que se evalúen como un todo, es decir luego del proceso de instalación realizar las pruebas en conjunto.

Como ejemplo se evalúa un sistema IoT SmartHouse solo para dar entender como trabajar con las pruebas, una vez se evaluaron las consideraciones, se obtuvo un puntaje total para cada categoría, dicho resultado se puede evidenciar en el grafico que a continuación se presenta en la figura 1.

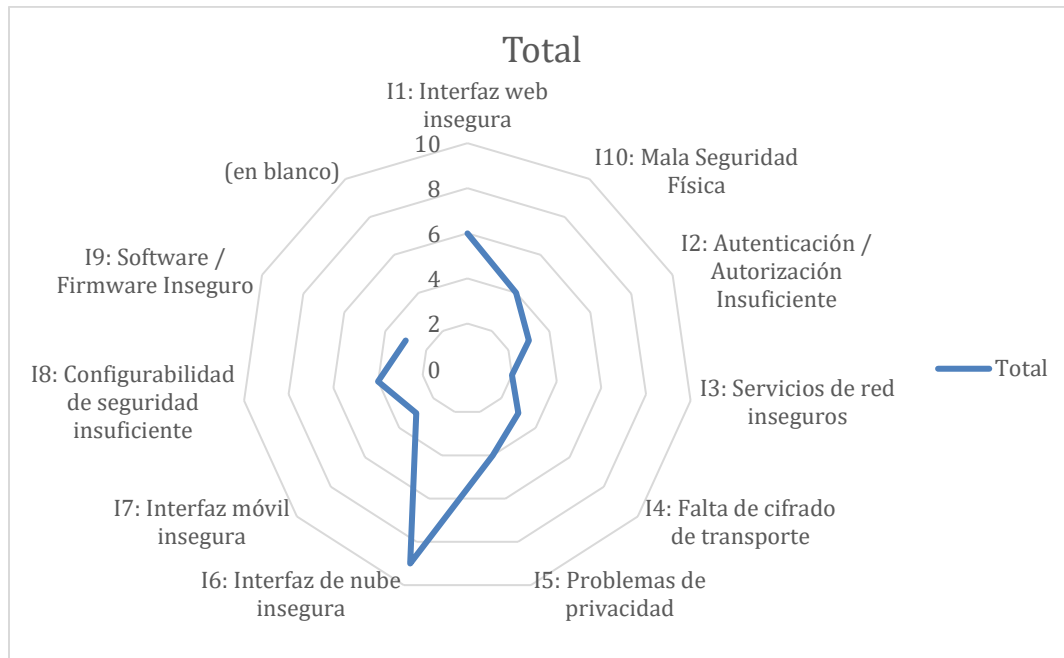


Figure 2: Resultados de las pruebas realizadas

En el grafico se evidencia el nivel de cumplimiento de las categorías dentro de la evaluación hecha, en donde la categoría interfaz de nube insegura obtuvo un valor positivo ya que se está dando cumplimiento con todas las consideraciones que se exponen para esta categoría, para la categoría Autenticación/Autorización insuficiente en el ejemplo solo dio cumplimiento con 3 consideraciones de las 7 en total, lo que conlleva a implementar una serie de controles para la vulnerabilidad detectada.

3.1.2 Controles

Luego de realizada las pruebas se detectaron hallazgos que amenazan al sistema IoT, para cada categoria existen unos controles por cada consideracion bajo vulnerabilidad, estos controles vienen definidos en el proyectos OWASP IoT, a continuacion encontramos los controles para la categoria I2 Autenticación / Autorización insuficientes.

I2: Autenticación / Autorización Insuficiente

Asegúrese de que las aplicaciones estén escritas para requerir contraseñas seguras donde se necesita autenticación Una preocupación clave cuando se usan contraseñas para la autenticación es la seguridad de la contraseña. Una política de contraseña "segura" hace difícil o incluso improbable que uno adivine la contraseña a través de medios manuales o automáticos. Las siguientes características definen una contraseña segura:

Longitud de la contraseña

1. Mínima longitud de las contraseñas se debe cumplir por la aplicación. Las contraseñas de menos de 8 caracteres se consideran débiles (NIST SP800-63B).
2. La longitud máxima de la contraseña no debe establecerse demasiado baja, ya que evitará que los usuarios creen frases de contraseña. La longitud máxima típica es de 128 caracteres.
3. Al seleccionar la longitud máxima de la contraseña, debe tenerse en cuenta la limitación del algoritmo de hash que se usará para las contraseñas de hash, porque algunas de ellas tienen una longitud máxima de contraseña.
4. No trunque las contraseñas. Asegúrese de que todos los caracteres que escriba el usuario estén realmente incluidos en la contraseña.
5. Permitir el uso de todos los caracteres, incluidos los espacios en blanco y unicode. No debe haber reglas de composición de contraseña que limiten el tipo de caracteres permitido.
6. Asegure la rotación de credenciales cuando se pierde una contraseña o en el momento de la identificación de compromiso.
7. Incluya un medidor de seguridad de contraseña para ayudar a los usuarios a crear una contraseña más compleja y bloquear contraseñas comunes y previamente violadas

3.1.3 Consideraciones de marco de IoT

El diseño de una solución segura de IoT depende de una serie de consideraciones de seguridad. Una de las consideraciones más importantes es el uso de un marco de IoT seguro para crear su ecosistema. El uso de un marco seguro garantiza que los desarrolladores no pasen por alto las consideraciones de seguridad y permite un rápido desarrollo de aplicaciones. Lo ideal es que un marco contenga componentes de seguridad integrados en el marco de manera tal que proporcione seguridad por defecto que los desarrolladores no tengan que pensar. Esto libera a los desarrolladores y arquitectos para centrarse en las características y capacidades sin cargar sus esfuerzos de desarrollo con consideraciones de seguridad (o errores) [10]. El Proyecto OWASP IoT propone una serie de consideraciones por cada capa en la que se divide un sistema IoT, dichas consideraciones ya aplicadas en la vida real permiten lograr un cierto grado de madurez en cuanto a seguridad en este tipo de sistemas.

El estudio de los marcos permiten mitigar los problemas de seguridad, teniendo en cuenta que contar con objetos de uso cotidiano conectados a Internet, implica grandes problemas para la privacidad y la protección de la información, a esto se le suma la indiferencia de muchos fabricantes, y aunque muchos quieran mejorar y trabajar para asegurar sus dispositivos, no lo logran pues la tecnología avanza a pasos agigantados. A diario aparecen nuevas técnicas de hacking más sofisticadas y cada vez es mayor el número de ciberataques exitosos. Para reducir un poco todos estos problemas, organizaciones de regulación y de seguridad se han tomado el trabajo de crear normas de estandarización del IoT, abarcando aspectos de seguridad, como lo hace la organización OWASP. Es de gran importancia hacer una revisión de la lista de vulnerabilidades más críticas junto a sus respectivas recomendaciones de mitigación, que propone esta organización y que le permiten al fabricante ir reduciendo los riesgos en la privacidad y la protección de la información [11].

3.1.4 Recomendaciones

Si el desarrollador desea evaluar un sistema real de IoT, se propone la ejecución de las siguientes fases:

- Fase 1: Diagnóstico Inicial:** En esta fase se debe hacer un reconocimiento del sistema, es decir saber que se tiene y con que se cuenta, al mismo tiempo realizar un inventario de Hardware y Software (Fichas Técnicas) a través del uso de estándares que permitan entender el contexto.
- Fase 2: Aplicar Pruebas:** Teniendo en cuenta la Tabla de Consideraciones de Seguridad de IoT, propuesta por el proyecto OWASP IoT. Una vez se cumpla con la Fase 1, se realiza la evaluación pertinente.
- Fase 3: Aplicar Controles:** Una vez los hallazgos hayan sido detectados se aplican los controles de acuerdo a la tabla de consideraciones de seguridad IoT Controles propuesta por el Proyecto OWASP IoT.

4 CONCLUSIONES

Se logró documentar toda la información relacionada con las capas de IoT; Capa de Percepción, de Red, de Nivel Medio, de Aplicación, junto con este estudio se recolectó la información relacionada con los protocolos de Internet, esto con el fin de identificar algunos elementos que serán de gran utilidad en el diseño de la guía de buenas prácticas, mediante el levantamiento, recopilación y organización de toda la información perteneciente al IoT.

Se indagó sobre el proyecto OWASP de IoT, y se tomó como base para el diseño de la guía, teniendo en cuenta los marcos que presenta el OWASP Top 10 IoT, en el que se exponen 10 marcos para realizar las respectivas recomendaciones que deben tener los creadores, diseñadores, desarrolladores y analistas de dispositivos IoT.

Se diseñó una guía de fácil entendimiento, con el fin de que los desarrolladores de sistemas IoT puedan seguir los marcos necesarios, para las mejoras en la seguridad y la vulnerabilidad de sistemas IoT. En esta guía se plantea un ejemplo como prueba para que el desarrollador logre entender mejor el funcionamiento de la misma, esta evalúa el nivel de cumplimiento de las categorías que propone OWASP, para determinar los controles que se deben implementar para las vulnerabilidades detectadas.

REFERENCIAS

- [1] L. Barolli, Danjiang da xue, IEEE Computer Society, and Institute of Electrical and Electronics Engineers., *Proceedings, 2015 18th International Conference on Network-Based Information Systems : NBIS 2015 : 2-4 September 2015, Tamkang University, Taipei, Taiwan.*
- [2] M. Ammar, G. Russello, and B. Crispo, "Internet of Things: A survey on the security of IoT frameworks," *J. Inf. Secur. Appl.*, vol. 38, pp. 8–27, Feb. 2018.
- [3] N. Chen, Y. Yang, J. Li, and T. Zhang, "A Fog-based service enablement architecture for cross-domain IoT applications," in *2017 IEEE Fog World Congress (FWC)*, 2017, pp. 1–6.
- [4] "Metodología de la Investigación Sampieri."
- [5] R. Geometry and G. Analysis, *Metodología de la Investigación 1.*

- [6] "OWASP Top 10 Privacy Risks Project - OWASP." [Online]. Available: https://www.owasp.org/index.php/OWASP_Top_10_Privacy_Risks_Project. [Accessed: 19-Jul-2019].
- [7] M. L. R. Chandra, B. V. Kumar, and B. Sureshababu, "IoT enabled home with smart security," *2017 Int. Conf. Energy, Commun. Data Anal. Soft Comput. ICECDS 2017*, pp. 1193–1197, 2018.
- [8] E. Borgia, "The internet of things vision: Key features, applications and open issues," *Comput. Commun.*, vol. 54, pp. 1–31, 2014.
- [9] "Guías de prueba de IoT - OWASP." [Online]. Available: https://www.owasp.org/index.php/IoT_Testing_Guides. [Accessed: 19-Jul-2019].
- [10] "Evaluación del Marco de IoT - OWASP." [Online]. Available: https://www.owasp.org/index.php/IoT_Framework_Assessment. [Accessed: 19-Jul-2019].
- [11] Y. González, "El Internet De Las Cosas Y Sus Riesgos Para La Privacidad," pp. 1–10, 2017.
- [12] A. F. Abdul Rahman, D. Maslina y M. Z. Mohamad, «Securing Sensor to Cloud Ecosystem using Internet of Things (IoT) Security Framework,» p. 5, 2016.

Aseguramiento en 4G: Aspectos relevantes

4G Assurance: Relevant Aspects

Héctor Julio Fúquene Ardila*

hfuquene@hotmail.com

Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Resumen

El presente artículo hace una descripción de los aspectos más importantes relacionados con el manejo de la seguridad, como son la autenticación, el cifrado y acceso; en la tecnología L.T.E. o Long Term Evolution; conocida también como cuarta generación de comunicaciones móviles. En este, se presentan los mecanismos, los procedimientos, los algoritmos y algunos estándares inmersos en la arquitectura de esta tecnología y que propenden por permitir establecer comunicaciones con niveles aceptables de seguridad e integridad. Como ha sucedido con las generaciones anteriores de telefonía móvil, la cuarta generación debe convertirse en la base sobre la cual se implementará la tecnología 5G; la cual ha suscitado innumerables discusiones de orden político, económico, técnico y por su puesto en aspectos que tienen que ver con la seguridad.

Abstract

This paper describes the most important aspects related to the management of safety in L.T.E. or Long Term Evolution, also known as the fourth generation of mobile communications. In this, we present the mechanisms, procedures, algorithms and some standards immersed in the architecture of this technology and that tend to allow establishing communications with acceptable levels of security and integrity. As with previous generations of mobile telephony, the fourth generation must become the basis on which 5G technology will be implemented; which has generated innumerable political, economic and of course discussions in aspects that have to do with security.

Ingeniero de Sistemas, magister en Teleinformática, docente de planta de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. hfuquene@udistrital.edu.co

Palabras clave: 4G, LTE, seguridad, comunicación, protocolos, móviles, autenticación, cifrado.

Keywords: 4G, LTE, Security, communication, protocols, mobile, authentication, encryption.

Introducción

La cuarta generación de comunicaciones móviles que posee características como tener un alto grado de compatibilidad a nivel mundial, altas velocidades de transferencia, compatibilidad con los protocolos IP(IPv4 e IPv6), servicios móviles de alta calidad, uso de aplicaciones cada vez más sofisticadas y con mayor calidad de servicio (QoS), itinerancia internacional o roaming; hace que el aseguramiento de los datos en cada una de sus instancias sea preponderante para consolidar la confianza en todos los usuarios, pues cada vez es mayor el número de procesos que se realizan por este medio.

La seguridad en la actualidad está orientada a garantizar que la información sea utilizada por las persona autorizadas, que su acceso sea rápido y fiable. Por lo anterior, los fabricantes y operadores de dispositivos móviles deberán generar procedimientos y mecanismos que garanticen que los usuarios se sientan seguros a la hora de utilizar servicios como comunicación por voz y el manejo de los datos en la red.

En lo referente a este aspecto, la arquitectura de seguridad de LTE presenta 5 niveles: el primer nivel es de Acceso a la Red; el segundo viene representado por la seguridad del dominio de la red; el tercero por la seguridad en el dominio del usuario; el cuarto por la seguridad en los dominios de aplicaciones y el quinto consiste en un dominio de seguridad Non 3GPP. En este último, se habilita en los equipos de usuario (UE's) (User Equipment) a tener acceso al Evolution Packet Core (EPC), usando estrategias de proveedores privados, pero que aseguren las comunicaciones por el canal en la interfaz aire(Agusti, 2010).

En cuanto a los mecanismos de seguridad, LTE maneja cinco (5) sólo en el primer nivel(acceso): el Celular Security; el Handover Security; el IMS (Internet Multimedia Subsystem) Security; el HeNB Security (Para arquitecturas Femtoceldas LTE) y el M2M (Machine 2 Machine) Security. Este último ejecuta las revisiones de seguridad cuando las

transmisiones de datos se producen entre máquinas, es decir, no hay interacción con humanos (Agusti, 2010).

Es importante saber que la plataforma LTE en su arquitectura está basada en todo IP (all IP), mejor conocida como EPC (Evolution Packet Core) y esta presenta muchas vulnerabilidades. Para adentrarnos un poco en la temática revisemos algunas características de seguridad de la arquitectura LTE.

Marco de seguridad general: Los mecanismos de seguridad que incorporan las redes de comunicaciones proporcionan diferentes servicios de seguridad. De forma general existen cinco tipos de categorías en los que pueden clasificarse los servicios de seguridad en los sistemas de comunicaciones.

La autenticación: Este aspecto debe garantizar que la empresa que realiza y ejecuta el servicio es quien dice ser. Este servicio es clave, con este se sabe que usuarios están dentro de la red y a su vez estos sepan que están dentro de la red correcta.

Control de acceso: Se ocupa de prevenir el acceso no autorizado a recursos por parte de los usuarios, es decir el usuario tendrá control de los servicios que se le proveen, dando a entender que el mismo tiene limitaciones de manejo dentro de la red donde se encuentra.

Confidencialidad: Este servicio se ocupa de brindar protección de los datos que posee la red frente a gente o usuarios no autorizados. Es un componente básico dentro de la interfaz de radio, con el objetivo de que un tercero sea capaz de comprender la información que se esté transfiriendo de un lugar a otro. Esta puede aplicarse tanto a la información que manejan los usuarios como a la señalización propia relacionada con la operatividad del sistema, en el caso de LTE la confidencialidad es considerada privacidad y trata de limitar al máximo la transmisión de identificadores universales de los usuarios en la interfaz radio.

Integridad: La información que se envía es la información que llega, evitando que el operador haya alterado su contenido. El servicio de integridad es muy importante para evitar ataques al sistema que consistan en alterar la información que circula por él y causar comportamientos no deseados.

No repudio: Este servicio deja claro la participación de una entidad en un proceso de transferencia de información, con este se puede verificar la relevancia y autenticación del origen de datos. Los servicios de no repudio se basan principalmente en el uso de mecanismos de firma electrónica.

LTE cubre 4 de los 5 aspectos en cuanto a los marcos de seguridad se refiere, el sistema LTE no incorpora mecanismos de no repudio en el marco de seguridad entre usuarios y red ya que su aplicación se fundamenta en la utilización de certificados digitales, opción que no ha sido incorporada en LTE.

LTE está basada en una arquitectura que contemplan en su totalidad todos los posibles componentes y agentes en los servicios de comunicaciones(ver figura 1).

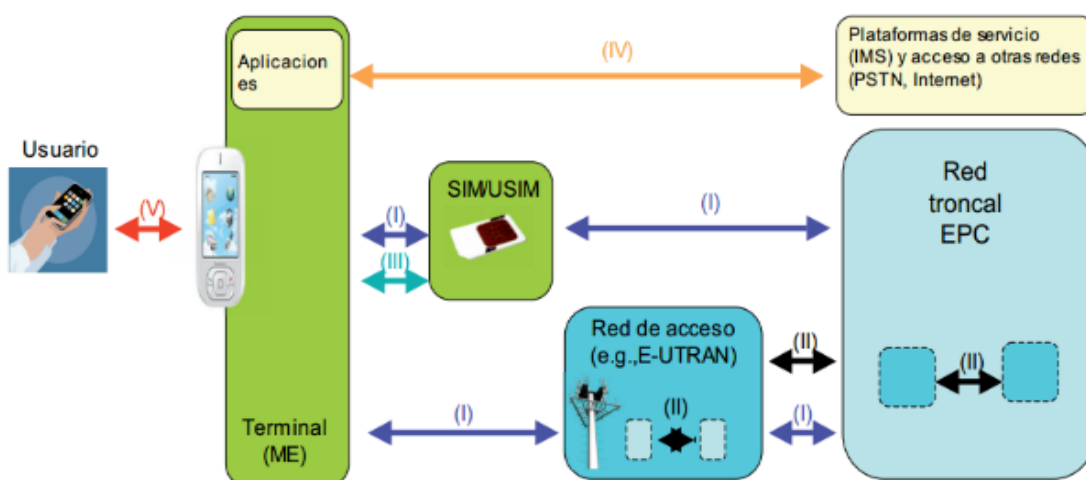


Figura 1. Dominios de seguridad (3GPP TS 33.401 [11])

Fuente: LTE Nuevas tendencias.

La arquitectura de seguridad mostrada en la figura anterior (Agusti, 2010), se estructura en dominios de seguridad, cada dominio dentro de sí agrupa y cumple diferentes funciones que en común poseen un conjunto de vulnerabilidades y unos objetivos de funcionalidad específicos, los cinco dominios especificados en esta arquitectura son:

Seguridad de acceso la red (I): Tiene como objetivo brindar acceso seguro a los usuarios de LTE, la seguridad de acceso alberga funciones de autenticación mutua usuario-red, confidencialidad e integridad. Los mecanismos de seguridad necesarios para proporcionar estos servicios son específicos de la red de acceso (E-UTRAN (red de acceso terrestre universal evolucionado), UTRAN (red de acceso terrestre universal) o GERAN (GSM EDGE Radio Access Network)).

Seguridad en el dominio de red (II): Son funciones de seguridad que están relacionadas con el soporte de seguridad entre los equipos que están dentro de la red deben estar adecuadamente protegidos.

Seguridad del equipo de usuario (III): Este abarca aquellas funciones destinadas para establecer un marco de seguridad entre los terminales de LTE, la tarjeta SIM (Módulo de Identificación del Abonado) y el propio usuario. El ejemplo más claro de este marco de seguridad es la autorización de código PIN (Personal Identification Number-Número de identificación personal) para poder acceder los servicios de los móviles.

Seguridad en nivel de aplicación y servicios (IV): Este dominio se caracteriza por establecer características de seguridad en cuanto al uso de las aplicaciones, estas se implementarían directamente entre las aplicaciones y los servidores que prestan los servicios de estas aplicaciones, con las que se intercambia información.

Visibilidad y configuración de la seguridad (V): Aquí se incluyen el conjunto de funciones destinadas a proporcionar al usuario una visión clara de los servicios de seguridad que están operativos en la red.

Seguridad de Acceso a la Red LTE

La seguridad de acceso a la red LTE a través de una red de acceso E-UTRAN se compone de los siguientes elementos:

Mecanismos para la autenticación mutua entre el usuario y la red. El procedimiento a través del cual se realiza la autenticación mutua, junto con la gestión de claves que se presenta a continuación, se denomina Authentication and Key Agreement (AKA).

Mecanismos para la determinación de las claves secretas utilizadas en los algoritmos de cifrado para la provisión de los diferentes servicios de confidencialidad e integridad.

Servicios de confidencialidad e integridad para la transferencia de la señalización NAS (Non-Access Stratum) entre el equipo de usuario y la entidad MME (Mobility Management Entity) de la red troncal EPC (Evolved Packet Core).

Servicios de confidencialidad e integridad para la transferencia de la señalización del protocolo RRC (Radio Resource Control) entre el equipo de usuario y el eNB (el cifrado se realiza en la capa PDCP(Packed Data Convergence Protocol) de la torre de protocolos radio).

Los servicios de confidencialidad para la transferencia de información en el plano de usuario entre el equipo de usuario y el eNB (el cifrado se realiza en la capa PDCP de la torre de protocolos radio). Nótese que la información del usuario no dispone de un servicio de integridad ya que, en caso de ser necesario, se considera un aspecto dependiente del servicio final en cuestión.

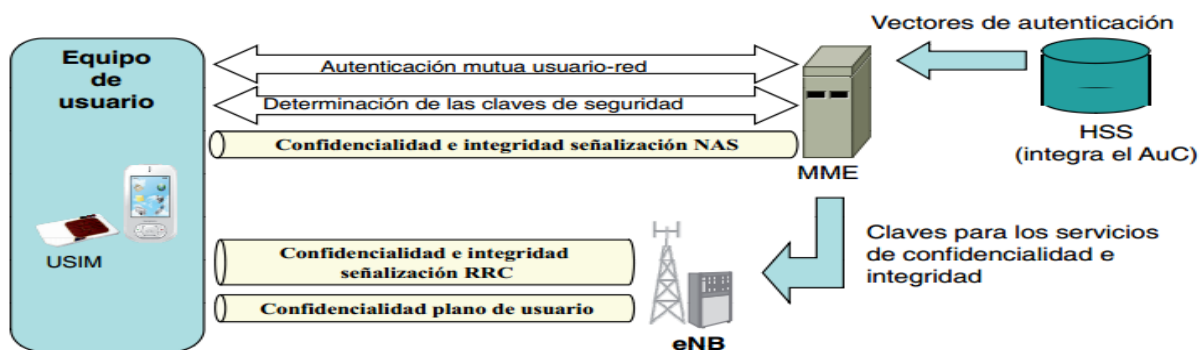


Figura 2. Componentes de la seguridad de acceso a la red.

Fuente: LTE Nuevas tendencias.

Las claves de cifrado y los diferentes parámetros utilizados en los mecanismos y servicios de seguridad tienen un origen común: una clave secreta **K** asociada a un usuario que se almacena en la tarjeta USIM, y en la entidad funcional denominada Authentication Center (AuC) que forma parte del HSS (Home Subscription Server). A partir de la clave **K** se derivan todas las claves y parámetros utilizados en las funciones de seguridad (Agusti, 2010).

En la infraestructura de red, la clave K nunca sale del HSS. En su lugar, el HSS genera los denominados vectores de autenticación. Los vectores de autenticación son la información de seguridad que reciben las entidades MME de cara a sustentar los diferentes procedimientos de seguridad. El vector de autenticación utilizado en el sistema LTE se compone de cuatro parámetros:

RAND: Número aleatorio que se utiliza en la generación del resto de parámetros del vector.

XRES: Resultado esperado utilizado en la autenticación del usuario por parte de la red en el mecanismo EPS AKA.

AUTN: Parámetro utilizado para que la USIM del usuario pueda autenticar a la red en el mecanismo EPS AKA.

K_{ASME17} : Clave de seguridad intermedia utilizada en el sistema LTE para la obtención del conjunto de claves utilizadas en los diferentes servicios de confidencialidad e integridad. Esta clave se deriva de unas claves denominadas CK (Ciphering Key) e IK (Integrity Key) que son las utilizadas en UMTS. Por este motivo, a partir de un vector de autenticación válido en LTE puede derivarse un vector para UMTS (cinco parámetros en lugar de cuatro) y viceversa.

También veremos que existen parámetros en el vector de autenticación LTE junto con las funciones y parámetros de entrada que se utilizan para su obtención.

IMSI: Identificador del usuario. Se utiliza en la generación de la clave K_{ASME}

SQN: Número de secuencia asociado a un IMSI. Se utiliza para disponer de un mecanismo que permita ordenar los vectores de autenticación secuencialmente y evitar, por ejemplo, ataques de repetición.

SN-ID: Identificador de la red que proporciona el servicio de conectividad al usuario. Mediante la inclusión de este parámetro, las claves K_{ASME} generadas en el HSS se particularizan para la red utilizada que puede ser diferente gracias al servicio de itinerancia (roaming) y a la posibilidad de acceder a los servicios a través de redes no 3GPP.

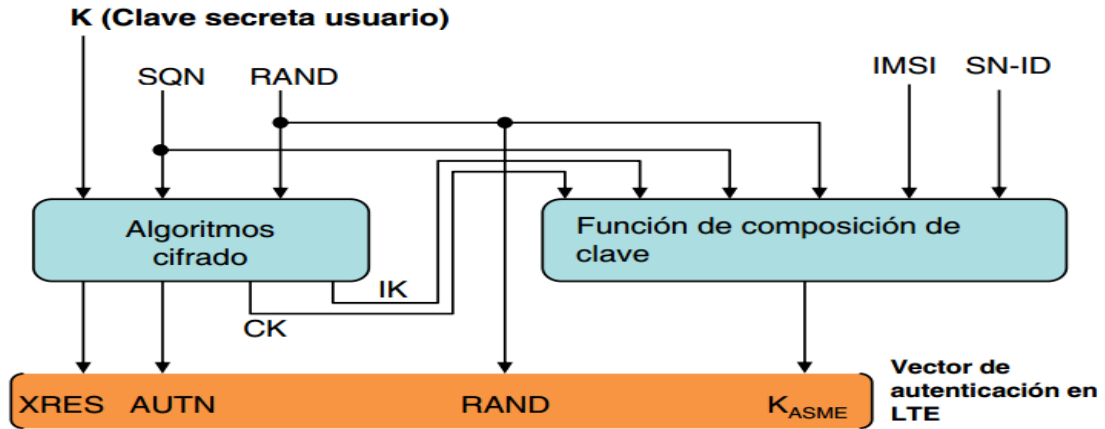


Figura 3. Vector de autenticación en LTE.

Fuente: LTE Nuevas tendencias.

La entidad MME utiliza el vector de autenticación para sustentar el mecanismo EPS AKA. Además, a partir de clave K_{ASME} contenida en el vector de autenticación se derivan el resto de claves utilizadas por los diferentes servicios de confidencialidad e integridad. Las claves K_{NASenc} y K_{NASint} son utilizadas, respectivamente, en el servicio de confidencialidad e integridad para la transferencia de la señalización NAS. Ambas claves son derivadas a partir de la clave K_{ASME} en el terminal y en la entidad MME, que son los dos puntos de terminación de los protocolos NAS. A partir de la clave K_{ASME} también se deriva una clave de seguridad K_{eNB} que, en la parte de la red, la entidad MME transfiere al eNB al que se encuentra conectado el terminal. De esta forma, tanto eNB como terminal, a partir del conocimiento de la clave K_{eNB} , pueden derivar las claves utilizadas en la interfaz radio para proporcionar confidencialidad al plano de usuario (clave K_{UPenc}) y confidencialidad e integridad a la señalización RRC (claves K_{RRCenc} y K_{RRCint}). La clave K_{eNB} y sus claves derivadas nunca se transmiten por la interfaz radio (Agusti, 2010).

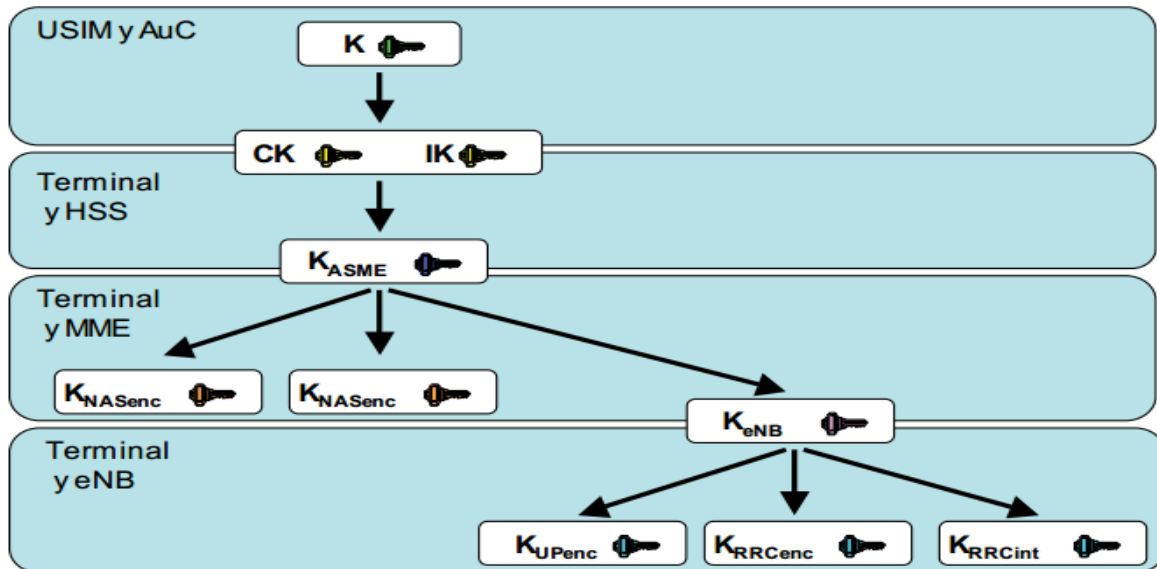


Figura 4. Jerarquía de claves de seguridad.

Fuente: LTE Nuevas tendencias.

Algoritmos De Cifrado

El algoritmo de cifrado de flujo es muy utilizado para la protección de datos dentro de redes inalámbricas, éste radica su importancia en la seguridad, en donde el envío bit a bit se encuentre activo y cifrado dentro del flujo de información.

Algoritmo A5/1: Es un algoritmo cifrador de flujo usado para proporcionar privacidad en la comunicación al aire libre en el estándar GSM, es decir, el algoritmo que cifra la conversación entre 2 terminales GSM cuando el mensaje viaja por el aire.

La transmisión en GSM está organizada como secuencias de ráfagas. En un canal y en una dirección una ráfaga es enviada cada 4.615 milisegundos y contiene 114 bits disponibles para información. A5/1 es usado para producir por cada ráfaga una secuencia de 114 bits de flujo de clave que es utilizado para hacer un XOR junto con los 114 bits del mensaje para su modulación. A5/1 es inicializado usando una clave de 64 bits junto con un número de frames o secuencia públicamente conocida de 22 bits. Una de las debilidades del A5/1 quizás intencionada es que 10 de los 64 bits de la clave son siempre cero, con lo que la clave efectiva resultante es de 54 bits.

Algoritmo Kasumi o A5/3: Es una unidad de cifrado por bloques utilizada en algoritmos de confidencialidad, f8, e integridad, f9, para Telefonía móvil 3GPP. KASUMI fue diseñado por el grupo SAGE (Security Algorithms Group of Experts en inglés), que forma parte del organismo de estándares europeos ETSI. Por cierto, kasumi en japonés significa neblina y neblina en inglés es misty).

KASUMI tiene un tamaño de bloque de entrada y salida de 64 bits y un tamaño de clave de 128 bits. Es una unidad de cifrado por bloque de tipo Cifrado Feistel con ocho vueltas. En UMTS, KASUMI se utiliza en la confidencialidad, f8, y la integridad de algoritmos, f9, con nombres UEA1 y UIA1, respectivamente. En GSM, KASUMI se utiliza en la A5/3 del generador de flujo de clave y en el GPRS en la tecla GEA3 generador de corriente.

MISTY1 o MISTY-1 es un cifrado de bloques diseñado en 1995 por Mitsuru Matsui y otros ingenieros de Mitsubishi Electric. MISTY1 es uno de los algoritmos seleccionados en el proyecto Europeo NESSIE, y ha sido recomendado para su uso por el gobierno japonés CRYPTREC proyecto. Su descripción está en el RFC 2994.

KASUMI tiene un tamaño de bloque de entrada y salida de 64 bits y un tamaño de clave de 128 bits. Es una unidad de cifrado por bloque de tipo Cifrado Feistel con ocho vueltas.

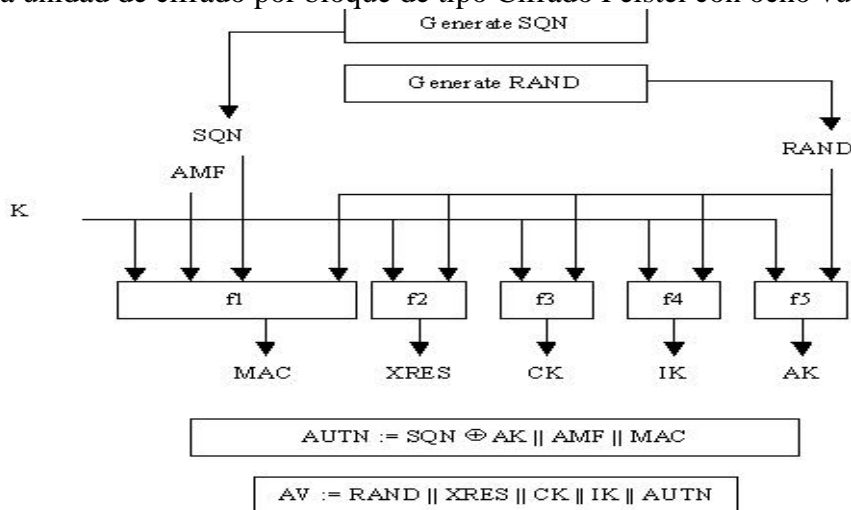


Figura 5. Estructura del algoritmo KASUMI.

Fuente: Criptoanálisis De Las Comunicaciones 3G.

Seguridad En La Infraestructura De Red

La solución planteada para proporcionar seguridad en las interfaces internas de la infraestructura de red basadas en torres de protocolos IP se denomina Network Domain Security.

Establece los mecanismos de seguridad que pueden utilizarse para la transferencia segura de información entre los equipos que forman parte de la infraestructura de red de un mismo operador así como entre los equipos que enlazan las redes de diferentes operadores. NDS/IP se

ha diseñado para proteger los protocolos del plano de control, a través de los cuales se transporta la información más sensible.

La solución NDS/IP se basa en la utilización de IPsec. IPsec es una colección de protocolos y algoritmos para proporcionar seguridad en la capa de red, incluyendo la gestión de claves. En la solución NDS/IP, el protocolo de seguridad IPsec utilizado es ESP (Encapsulating Security Payload). ESP permite ofrecer servicios de confidencialidad, integridad y autenticación del origen de datos.

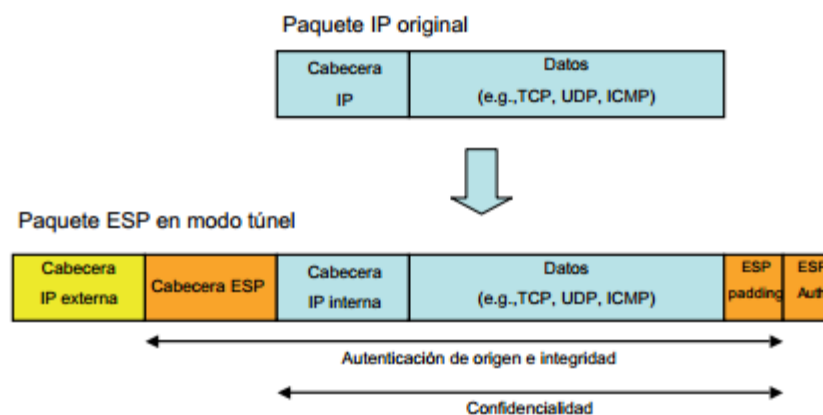


Figura 6. Formato de un paquete IPsec ESP en modo túnel.

Fuente: LTE Nuevas tendencias.

En la Figura se ilustra el formato de un paquete del protocolo IPsec ESP operando en modo túnel (Agusti, 2010). En este modo, el protocolo IPsec ESP permite establecer un túnel entre dos puntos de una red IP donde el paquete IP original se transporta encapsulado en otro paquete IP junto con cabeceras especificadas por el protocolo ESP. La dirección IP del paquete original se denomina dirección IP interna del túnel y la dirección del paquete ESP en modo túnel se refiere como dirección externa del túnel) y la dirección del paquete ESP en modo túnel se refiere como dirección externa del túnel.

Procedimientos de gestión de seguridad.

Los principales procedimientos asociados con la gestión de seguridad son las siguientes:

Autenticación y selección de clave. El mecanismo que se utiliza en el acceso a través de E-UTRAN se denomina EPS AKA.

Activación del modo seguro para la señalización NAS. Mediante este procedimiento la entidad MME controla la activación y el modo de operación de los servicios de confidencialidad e integridad que aplican la señalización NAS.

Comprobación de la identidad de la terminal. Este proceso permite interrogar el dispositivo desde la entidad MME, para que se indique la identidad de la terminal (i.e., International Mobile Equipment Identity, IMEI).

Activación del modo seguro en la red de acceso E-UTRAN. Mediante este procedimiento la entidad MME indica a un eNB que active los servicios de confidencialidad e integridad. El establecimiento de estos servicios se señala mediante mensajes RRC específicos entre eNB y equipo terminal.

Authentication and key agreement.

El proceso EPS AKA y red 4G-LTE interactúan mutuamente con el objetivo de ofrecer un mecanismo de autenticación eficiente, esto da como resultado el procedimiento de clave intermedia K_{ASME} a partir de la cual se derivan todas las claves utilizadas en los servicios de confidencialidad e integridad.

Este mecanismo asegura las claves de cifrado que no se han utilizado anteriormente, este es compatible con otros sistemas 3G organismos de estandarización (3GPP, 3GPP2) han adoptado el mismo protocolo de autenticación.

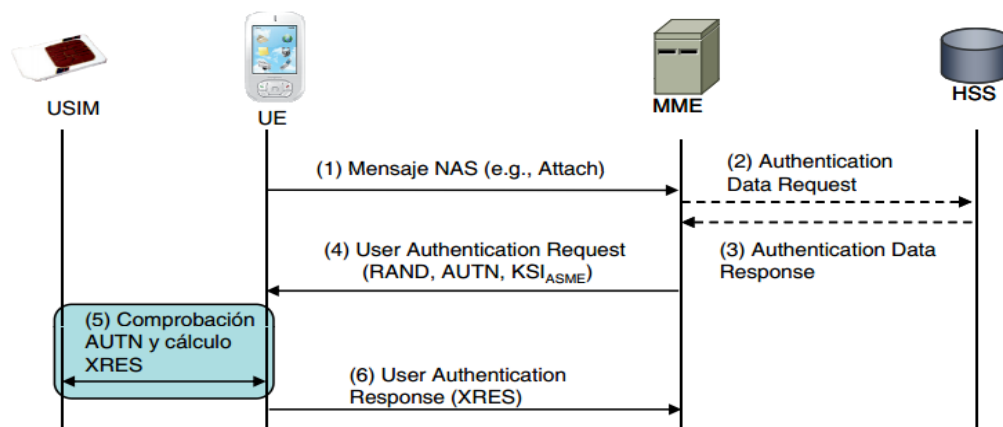


Figura 7. Procedimiento EPS AKA.

Fuente: LTE Nuevas tendencias.

Disparo del procedimiento (1): El procedimiento EPS AKA puede ejecutarse tras la recepción del primer NAS enviado por el terminal móvil durante el inicio de procedimientos tales como el registro en la red, actualización del área de seguimiento y petición de servicio.

Obtención de vectores de autenticación (2) y (3): En caso de que la entidad MME no disponga de vectores de autenticación del usuario, ésta los solicita a la base de datos HSS. En la solicitud de los vectores la entidad MME debe indicar el IMSI del usuario y el tipo de tecnología de acceso que se utiliza (los vectores de autenticación servidor por la base de datos HSS son diferentes para, por ejemplo, E-UTRAN o UTRAN).

Petición de autenticación al usuario (4): El mensaje enviado por la entidad MME contiene el número aleatorio RAND y el parámetro AUTN (Authentication Token), dos de los cuatro parámetros que forman el vector de autenticación. El mensaje también contiene un identificador corto K_{SIASME} que se asocia a la clave K_{ASME} para su identificación en otros mecanismos donde se tenga que proporcionar una referencia a ella.

Comprobación AUTN y generación XRES (5): La tarjeta USIM comprueba la validez del parámetro AUTN que le permite autenticar la identidad de la red con la que está manteniendo el procedimiento EPS AKA.]. Si todo es correcto, la USIM genera el parámetro de respuesta XRES junto con las dos claves CK e IK a partir de las cuales el terminal obtendrá la clave intermedia K_{ASME} .

Respuesta de autenticación (6): El terminal responde con el parámetro XRES proporcionado por la USIM. En la entidad MME se comprueba que el parámetro recibido concuerde con el contenido en el vector de autenticación. En caso de que coincidan, el usuario se considera autenticado(Agusti, 2010).

Conclusiones

Es importante cumplir con los estándares de que ofrece el marco de seguridad ya que con estos se tendrá una guía básica de cuáles son los pasos necesarios a la hora de ofrecer seguridad a los diferentes dispositivos móviles de una red, teniendo en cuenta además los dominios de seguridad que vienen integradas con las categorías de los marcos, dando una base de lo que es la arquitectura de seguridad en el LTE.

Los mecanismos de seguridad de acceso a la red permiten una interacción más cercana con las terminales móviles, al administrar claves de acceso para cada terminal, con el objetivo de permitir un mejor acceso a las redes a las cuales pertenecen, además derivar las claves para cada proceso hace que los servicios que se proveen en la seguridad de acceso sean mucho más ágiles y permiten que los marcos de seguridad establecidos se cumplan, utilizando herramientas como los vectores de autenticación, pasarelas de seguridad o procedimientos como el AKA:

Los algoritmos de cifrado cumplen una función muy importante dentro de las redes inalámbricas ya que con estas se permite proporcionar seguridad en la información que se envía dentro de las redes móviles, haciéndola una herramienta muy útil dentro de la comunicación móvil.

Referencias

Forsberg D., Horn G. et al. LTE Security. (2013). John Wiley and Sons Ltda. 2013.

Panwar N. Sharma S. & Kumar A. (2016). Survey on 5G: The next generation of mobile communications. Elsevier. Physical Communication 18 (2016) pp. 64-68

Dahiman E., Parkvall S. & Skold J.(2011) 4G LTE/LTE-Advanced for mobile Broadband. Elsevier. Academic Press. 2011

Ghosh A., Ratasuk R. (2011). Essentials of LTE and LTE-A. Cambridge Wireless Essential Series. Cambridge University Press. 2011.

Agustí Comes Ramón, Álvarez Francisco Bernardo, Casadevall Palacio Fernando, Ferrus Ferre Ramón, Pérez Romero Jordi, Sallent Roig Oriol. (2010). LTE Nuevas tendencias en comunicaciones Móviles. Fundación Vodafone España.

Lagrange Xavier, Alexander Pelov, Gwendal Simon. (2014). Mooc introduction aux réseaux Mobiles. Telecom Bretagne.

Valbuena Roiman (2013). SEGURIDAD EN REDES 4G: WIMAX O LTE -- ¿CUÁL ES MÁS SEGURA? Seguridad en Redes de Telecomunicaciones e Informática. <http://seguridaddigitalvenezuela.blogspot.com/2013/06/seguridad-en-redes-4g-wimax-o-lte-cual.html>.

Escudero Lázaro. (2010). Criptoanálisis en las comunicaciones 3g. Tierra de lazarus. <http://www.tierradelazaro.com/cripto/3g.htm>

Guía En Línea Para La Estandarización De Prácticas De La Materia Transmisión De Datos

Online Guide for Standardization of Subject of Data Transmission

Angel Poveda. Manuel Alejandro.

Tecnólogo en Sistematización de Datos.

Estudiante, Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

manuel.angel2009@gmail.com

Héctor Julio Fúquene Ardila.

Docente Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

hfuquene@hotmail.com

RESUMEN

El presente proyecto propone la realización de una plataforma de uso específico para el desarrollo de las temáticas, contenidos y actividades prácticas de la materia transmisión de datos en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas; el objetivo es facilitar el desarrollo de dichas actividades a los estudiantes y al docente simplificarle el proceso de verificación y retroalimentación en el proceso de aprendizaje de la temática referenciada. Las temáticas abordadas son: Transmisión asíncrona con null-modem, transmisión inalámbrica con Bluetooth, implementación de una red en estrella partiendo de la elaboración de los patch cord, y la implementación de comunicaciones cliente servidor.

ABSTRACT

The present project develops a specific use platform for the development of the topics, contents and practical activities of the subject data transmission in the Universidad Distrital Francisco José de Caldas; The objective is to facilitate the development of these activities to students and teachers to simplify the process of verification and feedback in the process of learning the subject subject. The topics addressed are: Asynchronous transmission with null-modem, wireless transmission with Bluetooth, implementation of a star network based on the development of patch cord and the implementation of client server communications.

PALABRAS CLAVE - Guía, virtual, metodología, laboratorios, transmisión, datos.

KEYWORDS - Guide, virtual, methodology, laboratories, transmission, data.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se propone una guía virtual para la materia de transmisión de datos, con el fin de mejorar la asimilación de conceptos, agilizar el desarrollo de las prácticas y proveer una herramienta para la presentación de los respectivos informes, facilitando la labor tanto del estudiante como la del docente ya que estos temas son la base para las electivas profesionales enfocadas a Ingeniería en Telemática; mediante el desarrollo de esta guía en línea se pretende mejorar el entendimiento de los temas y el desarrollo de los laboratorios propuestos por el profesor, ya que se contará con formatos, con la información necesaria y útil para el desarrollo de los laboratorios, además, se contará con herramientas que permitirán el seguimiento del progreso de aprendizaje del estudiante por parte del docente.

II. PROBLEMA

Planteamiento Del Problema

El desarrollo de prácticas de laboratorio en un lapso de tiempo que promedia los noventa minutos dificulta los procesos a desarrollar por parte de los estudiantes ya que deben tener una fundamentación teórica previa con la cual puedan apropiarse rápidamente de los aspectos que cubre cada una de las practicas; en conclusión el lapso de tiempo es insuficiente para alcanzar plenamente los objetivos de cada laboratorio; adicionalmente, de la parte del docente el proceso de revisión y retro-alimentación se hace imposible por el tiempo y por la cantidad de estudiantes de cada curso. En este contexto, podemos identificar la necesidad de contar con guías que les permita a las partes involucradas obtener resultados que colmen sus expectativas.

Formulación Del Problema

¿El desarrollo y uso de una guía virtual podrá apoyar la realización de las prácticas del curso de transmisión de datos?

III. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un guía virtual para las prácticas de la materia de transmisión de datos.

IV. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Implementar una base de datos con el fin de almacenar la información de usuarios y calificaciones.
- Diseñar la interfaz de la guía y la programación del mismo.
- Desarrollar un módulo para las prácticas de: transmisión cliente-servidor, transmisión modem nulo, transmisión de datos vía Bluetooth, técnicas de modulación, configuración de red utilizando cableado estructurado y transmisión de datos inalámbricos con módulos Xbee.
- Desarrollar un módulo de evaluación y uno de reportes donde se pueda descargar las calificaciones y lista de estudiantes inscritos al curso.

V. RECURSOS TECNOLÓGICOS

1) *Mooc*

Un curso en línea abierta masiva (MOOC) es un curso en línea destinado a la participación ilimitada y acceso abierto a través de la web. Además de los materiales de un curso tradicional, como son los vídeos, lecturas y cuestionarios, los MOOC

proporcionan forums de usuarios interactivos que ayudan a construir una comunidad para los estudiantes, profesores y los teaching assistants. [1]

Los mooc cumplen con las siguientes características:

- **Ser un curso.** Ha de contar con una estructura orientada al aprendizaje, que suele conllevar una serie de pruebas o de evaluaciones para acreditar el conocimiento adquirido.
- **Ser on line (en línea).** El curso tiene que ser a distancia e Internet debe ser su canal de comunicación. Por lo tanto, no requiere de la presencia física en un aula, pudiéndose seguir desde cualquier lugar donde haya un punto de conexión a Internet.
- **Tener carácter masivo:** El número de posibles matriculados es, en principio, ilimitado o bien en una cantidad muy superior a la que podría contarse en un curso presencial.
- **El alcance del curso debe ser global.** Se debe poder seguir desde cualquier ordenador, independientemente de su ubicación geográfica.

- **Abierto:** Los materiales son accesibles de forma gratuita en Internet. Ello no implica que puedan ser reutilizados en otros cursos.

[2]

2) EVA

Un entorno virtual de aprendizaje es un espacio educativo alojado en la web, conformado por un conjunto de herramientas informáticas que posibilitan la interacción didáctica.

Teniendo en cuenta lo siguiente se presenta las características de un entorno virtual de aprendizaje:

1. Es un ambiente electrónico, no material en sentido físico, creado y constituido por tecnologías digitales.
2. Está hospedado en la red y se puede tener acceso remoto a sus contenidos a través de algún tipo de dispositivo con conexión a Internet.
3. las aplicaciones o programas informáticos que lo conforman sirven de soporte para las actividades formativas de docentes y alumnos.
4. la relación didáctica no se produce en ellos “cara a cara” (como en la enseñanza presencial), sino mediada por

tecnologías digitales. Por ello los EVA permiten el desarrollo de acciones educativas sin necesidad de que docentes y alumnos coincidan en el espacio o en el tiempo. [3]

3) Ova

El Ministerio de Educación Nacional de Colombia (MEN), describe un OVA como "material estructurado de una forma significativa, asociado a un propósito educativo y que corresponda a un recurso de carácter digital que pueda ser distribuido y consultado a través de la Internet. El objeto de aprendizaje debe contar además con una ficha de registro o metadato, consistente en un listado de atributos que, además de describir el uso posible del objeto, permiten la catalogación y el intercambio del mismo". [4]

Características

- **Reusabilidad:** Un Objeto Virtual de Aprendizaje podría ser reutilizado numerosas veces en diferentes temáticas.
- **Actualización fácil y permanente:** Este tipo de objetos pueden ser modificados en cualquier momento para dar vigencia a los contenidos dependiendo de las necesidades.

- **Costos de desarrollo:** Debido a que un OVA o sus mismos componentes pueden servir en distintos contextos de aprendizaje.
- **Reducción de tiempos:** El trabajo y los tiempos de desarrollo e implementación de una materia se reducen.
- **Adaptabilidad:** Un OVA puede ser llevado a cualquier tipo de plataforma o entorno tecnológico educativo (proyecto a largo plazo).
- **Heredabilidad:** A partir de dos OVAS, se puede obtener un nuevo objeto de aprendizaje, esto evita que los profesores lo vuelvan a crear [5]

VI. SOLUCIÓN PROPUESTA

Con lo visto anteriormente se propone para la solución del problema crear un OVA, que cuente con un login para la seguridad de los datos de los usuarios y un sistema de evaluaciones para revisar los conceptos aprendidos.

El sistema se va dividir en los siguientes módulos, módulo de evaluación, contenidos y calificaciones.

A. Módulos de evaluación

Para facilitar la revisión de los contenidos, se plantearan evaluaciones con preguntas de opción múltiple para facilitar la revisión de contenido, estas preguntas serán registradas por el profesor en base al contenido de la página.

Solo una respuesta es válida por pregunta.

Haz clic en la respuesta que consideres correcta. Contesta todas las preguntas y haz clic en el botón Resultados para ver la solución.

1)

sistema de cables, conectores, canalizaciones y dispositivos que permiten establecer una infraestructura de telecomunicaciones en un edificio.

- A) Cableado estructurado
 B) Cableado de red
 C) Servidores web

2)

Par cables de fibra de vidrio, uno para la transmisión de datos y el otro para la recepción de datos. De este tipo de cable de red existen dos tipos: Mono nodo y Multi nodo, diferenciándose entre sí por la distancia que pueden cubrir, siendo el primero el adecuado para ser utilizado en grandes distancias.

- A) Cable UTP
 B) Cable Coaxial
 C) Fibra Óptica

Ilustración 1 : Módulo de evaluación Fuente: Los autores

B. Módulos de contenido

El módulo de contenidos se muestra el tema y el laboratorio del mismo. En un espacio independiente se encuentra el glosario del contenido; los registros se manejan desde la parte del administrador y habrá un usuario con permisos especiales para ayudar el ingreso de temas.

a) *Estudiante*

TEMAS
que es un cliente
Tipos de Cliente
sustentacion
Tipos de servidor
Que es un servidor
Características de un cliente
Elementos Cliente servidor
Cooperacion cliente-servidor
Características de cliente servidor
ARQUITECTURA CLIENTE-SERVIDOR

ARQUITECTURA CLIENTE-SERVIDOR

[Exportar Tema](#)

Es la tecnología que proporciona al usuario final el acceso transparente a las aplicaciones, datos, servicios de cómputo o cualquier otro recurso del grupo de trabajo y/o, a través de la organización, en múltiples plataformas. El modelo soporta un medio ambiente distribuido en el cual los requerimientos de servicio hechos por estaciones de trabajo inteligentes o "clientes", resultan en un trabajo realizado por otros computadores llamados servidores.

Ilustración 2 : Contenidos Estudiante
Fuente: Los autores

b) *Administrador*

Orden	Tema	Título	Fecha	Opciones
1	Cliente-Servidor	que es un cliente	2019-07-07	opc
1	Cliente-Servidor	Tipos de Cliente	2019-07-07	opc
2	Cliente-Servidor	Características de un cliente	2019-07-08	opc
2	Cliente-Servidor	Que es un servidor	2019-07-07	opc
2	Cliente-Servidor	Tipos de servidor	2019-07-07	opc
3	Cliente-Servidor	ARQUITECTURA CLIENTE-SERVIDOR	2019-07-07	opc
3	Cliente-Servidor	Características de cliente servidor	2019-07-08	opc
3	Cliente-Servidor	Elementos Cliente servidor	2019-07-07	opc

Ilustración 3 : Administración de contenidos
Fuente: Los autores

C. *Calificaciones*

El módulo de calificaciones tiene un listado de los estudiantes con sus respectivas notas de las evaluaciones de cada módulo, este permite filtrar por grupo las calificaciones y exportar en las mismas en formato .xls.

a) *Estudiante*

Nombre	Codigo	Grupo	Nota 1	Nota 2	Nota 3	Nota 4	Nota 5	Nota 6
Estudiante	20141578002	301	3	0	3	0	0	0

Ilustración 4 : Calificaciones Estudiante
Fuente: Los autores

b) *Administrador*

Grupo: Todos

Nombre	Codigo	Grupo	Nota 1	Nota 2	Nota 3	Nota 4	Nota 5	Nota 6	Opcion 1	Opcion 2
Estudiante	20141578001	301	10	0	4	1	0	0	<input type="button" value="Grabar"/>	<input type="button" value="Desbloquear"/>

Ilustración 5 : Listado de calificaciones
Fuente: Los autores

c) *Calificaciones*

Codigo	Nombre	Apellido	Grupo	Nota 1	Nota 2	Nota 3	Nota 4	Nota 5	Nota 6
20141578001	Estudiante	Prueba	301	10	0	4	1	0	0

Ilustración 6: Calificaciones Excel
Fuente: Los autores

VII. METODOLOGÍA

Para realizar la propuesta se utilizó la metodología RUP.

RUP Forma disciplinada de asignar tareas y responsabilidades en una empresa de desarrollo (quién hace qué, cuándo y cómo).

RUP es un marco del proyecto que describe una clase de los procesos que son iterativos e incrementales.

RUP define un manejo íntegro de las actividades y de los artefactos que usted necesita elegir de para

construir sus propios proceso y el proceso individual.

RUP es el proceso de desarrollo más general de los existentes actualmente.

Los procesos de RUP estiman tareas y horarios del plan midiendo la velocidad de iteraciones concernientes a sus estimaciones originales. Las iteraciones tempranas de proyectos conducidos por RUP se enfocan fuertemente sobre la arquitectura del software; la puesta en práctica rápida de características se retrasa hasta que se ha identificado y se ha probado una arquitectura firme.

RUP se divide en cuatro fases:

- Inicio (Define el alcance del proyecto)
- Elaboración (definición, análisis, diseño)
- Construcción (implementación)
- Transición (fin del proyecto y puesta en producción)

Planear las 4 fases incluye:

- Asignación de tiempo
- Hitos Principales
- Iteraciones por Fases [6]

VIII. TEMAS

Lo siguiente que se va representar es una descripción de los módulos de cada contenido.

1) *Cliente-Servidor*

En este tema se plantea las bases de la arquitectura cliente servidor explicando cada parte de esta, su funcionamiento básico y una comparación otras arquitecturas de red.

2) *Modem Nulo*

En la unidad de modem nulo se explicará lo que son las trasmisión síncrona y asíncrona, qué es modem nulo, como hacer una conexión y las propiedades del puerto serie.

3) *Bluetooth*

En Bluetooth se explicara la arquitectura de esta tecnología junto a su evolución los protocolos que manejan esta tecnología y las principales diferencias que tiene contra la tecnología inalámbrica.

4) *Técnicas de modulación*

Se explicara las ventajas de la modulación junto las modulaciones más utilizadas, las aplicaciones de estas modulaciones en la vida real y las fórmulas para calcula la atenuación de una señal.

5) *Cableado Estructurado*

Se planteara los elementos principales de una red, los tipos estándares que se utilizan para su creación y las normativas que se deben de utilizar en la creación de la una red.

6) *Xbee*

Se revisara los conceptos de una red zigbee, desde que es una red zigbee sus elementos básicos y los dispositivos que se emplean mirando la diferencia de estos y las antenas utilizables para red.

Con esto claro el estudiante puede crear un interés hacia la materia la cual se presenta los temas de una manera más didáctica para su posterior aplicación por medio de laboratorios sencillos que refuerzan su interés y los temas desarrollados.

Desarrollando este proyecto amplié el conocimiento que tenía sobre las tecnologías aprendidas durante la carrera, además de implementar y aprender nuevas para mejorar el desarrollo, seguridad y optimización del sistema.

IX. CONCLUSIONES

Con el desarrollo del proyecto se pudo evidenciar que puede llegar a ser una herramienta muy útil para optimizar el aprendizaje y afianzar los conocimientos que se obtienen en esta materia que contiene tan basto contenido, proporcionando ayuda a los estudiantes que presenten deficiencias o falta de tiempo para prepararse para la clase.

Además de esto también ayuda con la presentación de trabajos tengan unos criterios de evaluación más claros, estos ayudan a que el estudiante se le califique de una manera más correcta y pueda identificar cuáles son sus deficiencias.

X. REFERENCIAS

- [1] U. A. d. Barcelona, «uab,» [En línea]. Available: <https://www.uab.cat/web/estudiar/mooc/-que-es-un-curso-mooc-1345668281247.html>. [Último acceso: 21 06 2019].
- [2] U. I. d. Valencia, «VIU,» [En línea]. Available: <https://www.universidadviu.es/caracteristicas-que-debe-cumplir-un-curso-mooc-en-espanol/>. [Último acceso: 21 06 2019].
- [3] M. M. I. Salinas, «uca,» Pontificia

Universidad Católica Argentina, [En línea].

Available:

<http://www.uca.edu.ar/uca/common/grupo82/>

[files/educacion-EVA-en-la-escuela_web-](#)

[Depto.pdf](#). [Último acceso: 19 06 2019].

- [4] avaco.unibague, «avaco.unibague,» [En línea]. Available:

[http://avaco.unibague.edu.co/recursos-](http://avaco.unibague.edu.co/recursos-educativos-abiertos/repositorio-de-ovas/item/51-glosario-sobre-ovas)

[educativos-abiertos/repositorio-de-](#)

[ovas/item/51-glosario-sobre-ovas](#). [Último

acceso: 21 06 2019].

- [5] P. A. Gustavo Andrés Díaz, «slideshare,» 17 3 2010. [En línea]. Available:

[https://www.slideshare.net/pablocastell/objetos-](https://www.slideshare.net/pablocastell/objetos-virtuales-de-aprendizaje-ova)

[virtuales-de-aprendizaje-ova](#). [Último

acceso: 21 6 2019].

- [6] M. M. D. FLORES, «USMP,» ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS, [En línea].

Available:

[https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/bolet](https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info49/articulos/RUP%20vs.%20XP.pdf)

[in/fia/info49/articulos/RUP%20vs.%20XP.pdf](#)

[f](#). [Último acceso: 21 06 2019].

Detección y Reconocimiento de Objetos Mediante Visión Robótica

Manuel de Jesús Matuz Cruz[†]
Sistemas y Computación
Tecnológico Nacional de México,
Tapachula, Chiapas México
mjmatuz@tapachula.tecnm.mx

Dante Mújica Vargas
Ciencias Computacionales
Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico
Cuernavaca, Morelos México
dante@cenidet.edu.mx

Jesús Antonio Luna Alvarez
Ciencias Computacionales
Centro Nacional de Investigación
y Desarrollo Tecnológico
Cuernavaca, Morelos México
jesus.luna18ce@cenidet.edu.mx

Resumen. La detección y reconocimiento de objetos mediante visión robótica, hace posible la clasificación y posicionamiento de objetos, ya sea en un plano 2D o 3D. El uso de herramientas como ROS (Robot Operating System), proporciona elementos avanzados, necesarios para el desarrollo e implementación de aplicaciones robóticas como son: librerías, controladores, simuladores, algoritmos, entre otros; permitiendo una reducción de tiempo en la implementación y manejo de complejidad computacional. Se tiene como objetivo, el detectar y reconocer objetos en un entorno específico, además de obtener su ubicación en un plano 3D empleando algoritmos disponibles en ROS; Los algoritmos, realizan el reconocimiento de objetos en superficie empleando sensores proporcionados por la herramienta Kinect V1. La técnica “Superficie de la mesa” hace uso de las mallas de objetos (creados con blender) con los cuales se hace el aprendizaje y facilita llevar a cabo el objetivo de detectar, reconocer y saber la ubicación de un objeto. Los resultados obtenidos por el reconocimiento de objetos de superficie tuvieron un gran desempeño ya que los porcentajes de detección y reconocimiento fueron mayores del 86% además de que las mallas de los objetos fueron ubicadas correctamente en tiempo real.

Palabras claves: ROS (Robot Operating System), IA (Inteligencia Artificial), R-CNN (Convolutional and Recurrent Neural Networks), segmentación, Kinect, blender.

Abstract. The detection and recognition of objects using robotic vision makes it possible to classify and position objects, either in a 2D or in 3D plane. The use of tools such as ROS (Robot Operating Systems), provides advanced elements necessary for the development and implementation of robotic applications such as: libraries, controllers, simulators, algorithms, among others, allowing a reduction of time in the implementation and management of computational complexity. The objective is to detect and recognize objects in a specific environment, in addition to obtaining their location in a 3D plane using algorithms available in ROS; the algorithms will perform the recognition of objects on the surface using sensors provided by the Kinect V1 tool. The “table surface” technique makes use of the meshes of objects (created with blender) with which learning is done and facilitates carrying out the objective of detecting, recognizing and knowing the location of an object. The results obtained by the

recognition of surface objects were greater than 86% and the meshes of the objects were placed correctly in real time.

Keywords: ROS (Robot Operating System) IA (Artificial Intelligence) R-CNN (Convolutional and Recurrent Neural Networks), Segmentation, Kinect, Blender.

1 Introducción

La tecnología, actualmente busca como objetivo, imitar los sentidos del cerebro humano, poder así, realizar tareas más complejas minimizando recursos y tiempo de ejecución, ejemplos de estas tecnologías son: celulares, computadoras, casas domóticas, realidad aumentada, realidad virtual y robots que nos ayudan en las tareas del hogar e inclusive en automóviles que pueden transportarnos de forma autónoma. Para ello existe una ciencia llamada Inteligencia Artificial (IA), la cual, se encarga de estudiar modelos computacionales para poder llevar a cabo un razonamiento inteligente similar al de un ser humano [4]. En esta metodología, se aborda el tema de “Detección y reconocimiento de objetos mediante la visión robótica” el cual es un campo de estudio de la Inteligencia Artificial, donde se pretende llevar a cabo la tarea de simular la visión humana inteligente, para poder separar, identificar y clasificar objetos unos de otros. Para el desarrollo de las actividades, se empleó ROS (Robot Operating System) el cual es un conjunto de bibliotecas de software y herramientas que ayudan a crear aplicaciones de robot [16].

En la literatura, se ha empleado ROS de middleware robótico de código abierto basado en programación orientada a objetos con un robot móvil estructurada en Raspberry Pi. Se emplea un algoritmo R-CNN (Redes Neuronales Convolucionales y Recurrentes) más rápido para un aprendizaje profundo mejorado. Las capacidades de control de robots y detección de objetos se verifican mediante validaciones experimentales. Basado en un kernel de control Raspberry Pi de bajo costo, se desarrolla una interfaz fácil de usar para integrar aplicaciones front-end y back-end. En primer lugar, se necesitan algunos paquetes ROS para el robot móvil para ser diseñados. Luego, se proporcionará la información del entorno capturado para la detección de objetivos utilizando computación acelerada por GPU. En este documento, el sensor Kinect se utiliza para capturar

imágenes y el algoritmo de aprendizaje profundo se implementa en base al middleware ROS [17].

En [12], el sistema se basa en Microsoft Kinect y utiliza redes neuronales profundas (DNN) de vanguardia para la detección y el reconocimiento de objetos. Además, se desarrolló un algoritmo robusto para la estimación de profundidad para superar las limitaciones de precisión de la imagen de profundidad de Kinect que se atribuyen a la presencia de valores de píxeles ruidosos, la gran variación de los valores de píxeles para el mismo objeto y la identificación inexacta del cuadro de delimitación de objetos. El algoritmo de estimación de profundidad propuesto utiliza cálculos estadísticos (es decir, Media, Mediana, etc.) para refinar la imagen de profundidad y eliminar o reducir el efecto de los píxeles ruidosos y otras limitaciones. Los resultados experimentales validan el comportamiento y el rendimiento del sistema completo y demostraron que el algoritmo de estimación de profundidad propuesto ha aumentado la precisión de la estimación de profundidad a un 88% desde un 82% en comparación con los algoritmos tradicionales (5% de mejora de precisión) [12].

2 Detección y reconocimiento

El cerebro humano, detecta y reconoce objetos en imágenes con facilidad, inclusive si existieran variaciones inter-clases, tamaño, localización, color, textura, brillo o presentaran oclusión. La complejidad entonces resulta ser desafiante al momento de interactuar con técnicas y algoritmos basados en optimizar los sistemas de visión por computadora.

Generalmente, un sistema de reconocimiento de objetos está diseñado para identificar objetos específicos en una imagen, de manera que actualmente no existe un sistema artificial que detecte y clasifique los objetos como lo hace el cerebro humano. Sin embargo, una gran variedad de problemas originados en la industria, seguridad, medicina, milicia, robótica, aeroespacial, entre otros, se han resuelto mediante la combinación de diversas técnicas de procesamiento de imágenes y reconocimiento de patrones. Cuando se aborda un problema de reconocimiento de objetos comúnmente se sigue un proceso básico de cinco pasos como se muestra en la figura 1, de igual forma el proceso para la adquisición de la imagen consta de herramientas como se ve en la figura 2.

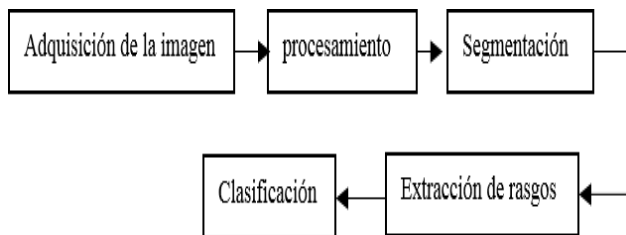


Fig. 1. Proceso básico de la detección y reconocimiento de objetos.

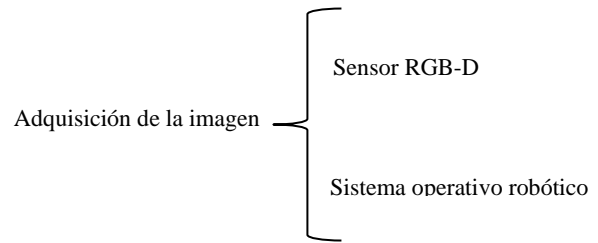


Fig. 2. Etapa adquisición de la imagen [13].

2.1 Sensor RGB-D

De acuerdo con López en [1] un sensor RGB-D está conformado por una cámara RGB y un sensor de profundidad; El primero de ellos genera una imagen RGB tal como lo realiza una cámara convencional; el segundo proporciona una imagen de profundidad que usualmente se encuentra codificada como una imagen en escala de grises. Para la realizar la detección y reconocimiento de objetos se utilizó el sensor Kinect del Xbox 360.

Este sensor tiene una cámara RGB con una resolución VGA de 640x480 píxeles que puede procesar imágenes a una velocidad de 30 cuadros por segundo y tiene una máxima resolución de 1280x960 píxeles. La figura 3 muestra las características del sensor Kinect e ilustra la manera en que trabajan los sensores de profundidad.

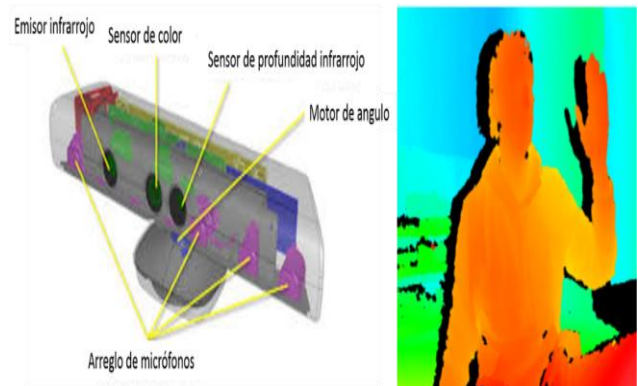


Fig. 3. Sensor Kinect [3] y sensores de profundidad del Kinect [6].

2.2 Sistema operativo robótico

ROS (Robot Operating System), es un sistema operativo que incluye un conjunto de librerías y herramientas que facilitan la construcción de aplicaciones robóticas [13]. Originalmente fue desarrollado en el año 2007 por el laboratorio de Inteligencia Artificial de Stanford y a partir del año 2008 Willow Garage continuó con el desarrollo, teniendo actualmente 11 distribuciones

[2]. Este framework¹ es ampliamente utilizado en el campo de la robótica para la realización de una gran variedad de aplicaciones de investigación, académicas, de servicios o inclusive, para la industria [5]. Su idea básica es hacer que el código sea reproducible, modificable y escalable, de tal forma que se pueda utilizar en otra plataforma robótica, adecuando el código a las necesidades del proyecto [2]. ROS está basado en una arquitectura de grafos con una topología centralizada, en la cual los procesos toman lugar en nodos² que pueden recibir y enviar información de sensores, actuadores de control y de trayectorias [2]. La comunicación entre nodos se establece utilizando tópicos³. Además, cuenta con un visualizador, el cual permite leer la información que el sensor RGB-D proporciona.

2.3 Visualizador del sistema operativo robótico

Rviz es uno de los visualizadores 3D disponibles en ROS para visualizar valores 2D y 3D de los parámetros y tópicos ROS. Rviz ayuda a visualizar mucho de los tipos de mensajes comunes proporcionados en ROS como modelos de robots, transformación de datos 3D de robot (TF), puntos de nube, láser e información de imagen, y una gran variedad de diferentes sensores [7].

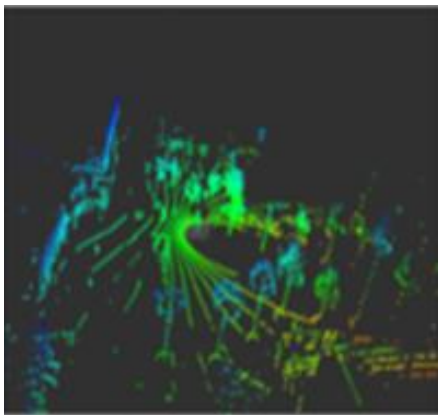


Fig. 4. Ejemplo de visualización de puntos de nube en Rviz [7].

Como se puede observar en la Figura 4 los sensores realizan su trabajo perfectamente, ellos nos muestran la información que recolectan y nosotros podemos interpretarla para darle un significado, pero para que una computadora pueda ser capaz de lograr interpretar la información recabada esta se basa en una serie de algoritmos que son capaces de obtener datos además de las características que se requieran. Estos algoritmos son los receptores y descriptores de características de imagen.

2.4 Descriptores y receptores de características

En los últimos años, los enfoques para describir efectivamente los contenidos de imágenes han sido un tema de gran interés en la investigación de la visión por computadora. Los descriptores de imagen desempeñan un papel clave en la mayoría de los sistemas y aplicaciones de visión artificial.

La función de los descriptores es convertir la información a nivel de píxel en una forma útil que captura los factores más importantes de la escena de la imagen, pero es insensible a los aspectos irrelevantes causados por el entorno variable. El descriptor efectivo puede ignorar los aspectos irrelevantes causados por los cambios en el entorno. Esto debe hacerse además sin comprometer el poder descriptivo del método. Si bien la definición es irrelevante ya que depende de la aplicación, los casos más comunes están relacionados con condiciones de imagen como la iluminación, el ángulo de visión, la escala, el ruido y el desenfoque como se puede apreciar en la Figura 5.



Fig. 5. Tipos de irregularidades de una imagen

El clásico, y uno de los más exitosos de los detectores es SIFT que significa “transformación de la característica invariante de escala”. Aunque SIFT es discriminatorio y robusto para muchas transformaciones geométricas y fotométricas, su procesamiento es lento, lo que limita su aplicación en cierta medida. Se propuso una modificación a SIFT para que sea adaptable a la imagen integral, la cual se puede calcular muy rápido. Llamado “Acelerar la característica robusta” (SURF).

SURF

Es uno de los algoritmos que se emplean en este Proyecto los descriptores son útiles para detectar las características de una imagen y SURF tiene un proceso más rápido.

La entrada de una imagen integral en una posición $(x; y)$ es la suma de todos píxeles en la imagen de entrada I dentro de una región rectangular formada por el origen (parte superior izquierda de una imagen) y $(x; y)$. Por lo tanto, dada una imagen I de tamaño $m \times n$, su imagen integral $I\Sigma$ puede ser computada como:

$$I\Sigma(x, y) = \sum_{u=0}^x \sum_{v=0}^y I(u, v) \quad (1)$$

¹ Framework: Estructura básica utilizada para el desarrollo de aplicaciones [15].

² Nodo: programas ejecutables que realizan funciones concretas [11].

³ Tópico: Es el nombre de un bus encargado de transportar los mensajes entre nodos [10].

Matemáticamente la matriz de Hessian de un punto x en la imagen I en la escala σ se puede calcular mediante

$$H(x, \sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x, \sigma) & L_{xy}(x, \sigma) \\ L_{xy}(x, \sigma) & L_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Donde $L_{xx}(x, \sigma)$ es la convolución de la derivada gaussiana de segundo orden con la imagen I en x , y y es la varianza estándar de la gaussiana. De manera similar para $L_{xx}(x, \sigma)$ y $L_{yy}(x, \sigma)$.

Formalmente, la matriz aproximada de Hessian $\hat{H}(x, \sigma)$ se define por

$$\hat{H}(x, \sigma) = \begin{bmatrix} D_{xx}(x, \sigma) & D_{xy}(x, \sigma) \\ D_{xy}(x, \sigma) & D_{yy}(x, \sigma) \end{bmatrix} \quad (3)$$

Donde $D_{xx}(x, \sigma)$, $D_{yy}(x, \sigma)$ y $D_{xy}(x, \sigma)$ son las convoluciones de los filtros aproximados con la imagen I respectivamente [8].

2.5 Reconocimiento de objetos (ORK)

Esta paquetería contiene la técnica de “superficie de la mesa”, la cual es parte del método “Detector de objetos de la superficie de la mesa” originalmente desarrollado por Marius Muja de la famosa THE FLANN. Este método cuenta con dos partes:

- Buscador de superficies
- Detector de objetos

Con esta paquetería se hace uso del sensor RGB-D, ya que se requiere información de profundidad con nubes de puntos para un entorno tridimensional el cual se puede apreciar con la herramienta RVIZ.

RANSAC

Es un algoritmo iterativo utilizado para estimular los parámetros de un modelo matemático de un conjunto de datos que contiene datos atípicos.

Umbral de distancia t para determinar compatibilidad dato/modelo.

Se requiere elegir un umbral t tal que la probabilidad de que un punto pertenece es un dato típico es α . Este cálculo requiere conocer la distribución de probabilidad de la distancia de un dato típico del modelo. En la práctica se asume que el error es gaussiano de media cero y varianza α . Para un α de 0.95 el umbral utilizado para calcular la homografía es:

$$t = \sqrt{5,99\sigma} \quad (4)$$

Numero de iteraciones.

El número de iteraciones N se calcula en función de la probabilidad p de que por lo menos un subconjunto que se elige aleatoriamente está libre de atípicos. ω es la probabilidad de que

un punto dentro del conjunto de datos sea un dato típico, por lo tanto, $\epsilon = 1 - \omega$ es la probabilidad de encontrar un dato atípico. Para que se cumpla la probabilidad p se tiene que cumplir

$$(1 - \omega^s)^N = 1 - p \quad (5)$$

Por lo tanto

$$N = \log(1 - p) / \log(1 - (1 - \epsilon)^s) \quad (6)$$

Número mínimo T de puntos en el subconjunto de decisión.

El número T se busca que sea similar al número de datos típicos que hay en el conjunto de datos. Por lo tanto, se toma:

$$T = (1 - \epsilon)n \quad (7)$$

En donde n es la cantidad de puntos del conjunto.

K-MEANS

Es un algoritmo de clasificación no supervisado (clusterización) que agrupa objetos en K grupos basándose en sus características. Los objetos se representan con vectores reales de d dimensiones (x_1, x_2, \dots, x_n) y el algoritmo K-means construye k grupos donde se minimiza la suma de distancias de los objetos, dentro de cada grupo $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k\}$, a su centroide. El problema se puede formular de la siguiente forma:

$$\min_s E(\mu_i) = \min_s \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} \|x_j - \mu_i\|^2 \quad (8)$$

En cada actualización de los centroides, desde el punto de vista matemático, se impone la condición necesaria de extremo a la función $E(\mu_i)$ que, para la función cuadrática es

$$\frac{\partial E}{\partial \mu_i} = 0 \rightarrow \mu_i^{(t+1)} = \frac{1}{|S_i^{(t)}|} \sum_{x_j \in S_i^{(t)}} x_j \quad (9)$$

Y se toma el promedio de los elementos de cada grupo como nuevo centroide [14].

Adaptación Proporcional Iterativa

Es un procedimiento de escalado matemático que se puede usar para asegurar que una tabla bidimensional de datos se ajuste de modo que los totales de sus filas y columnas coincidan con los totales de filas y columnas restrictivas obtenidos de fuentes alternativas.

Definición matemática de la adaptación proporcional iterativa

$$P_{ij}(k+1) = \frac{P_{ij}(k)}{\sum_i P_{ij}(k+1)} * Q_i \quad (10)$$

$$P_{ij}(k+2) = \frac{P_{ij}(k)}{\sum_i P_{ij}(k+1)} * Q_j \quad (11)$$

Donde $P_{ij}(k)$ es el elemento en la matriz en la fila i , columna j e iteración k . Q_i y Q_j son el total de filas y columnas predefinidos respectivamente. Las ecuaciones (10) y (11) se

emplean de forma iterativa para estimar nuevos valores de celda y, teóricamente, se detendrán en la iteración m donde:

$$\sum_j P_{ij}(m) = Q_i \text{ y } \sum_i P_{ij}(m) = Q_j \quad (12)$$

A continuación, se muestran los algoritmos de esta fase de detección de objetos:

Algoritmo 1 algoritmo de aprendizaje

1: $KB \leftarrow$ inicia base de conocimiento vacía

Entrada: *objetos*

{Objetos: plantillas obtenidas por un generador de vistas aleatorio}

2: **para cada** *objeto* in *Objetos* **hacer**

3: **si** *objeto* in KB **entonces**

4: *actualizar objeto*

5: **si no**

6: $KB \leftarrow$ agrega *objeto*

7: **fin**

8: **fin**

Algoritmo 2 algoritmo de detección de objetos

1: $KB \leftarrow$ inicia base de conocimiento vacía

Entrada: *segmentos*

2: **para cada** *objeto* in *Objetos* **hacer**

3: **si** centroide de *objeto* (IPF) in *segmentos* **entonces**

4: *Objeto* \leftarrow marcar *objeto* como detectado

5: **fin**

6: **fin**

Así concluye esta sección, donde se describe detalladamente los algoritmos empleados en este proyecto y el funcionamiento que ejecuta cada uno [18].

3 Procedimiento y análisis

El procedimiento consta de 3 secciones las cuales son las siguientes:

3.1 Detección de objetos

La primera etapa consta de la detección, para esto se llevó a cabo en un plano 2D con la ayuda de la paquetería “encontrar objetos en 2D”.

Para la detección de objetos como se ve en la figura 6, se requiere un previo aprendizaje, ya que no se cuenta con algún archivo base de datos con información sobre objetos.

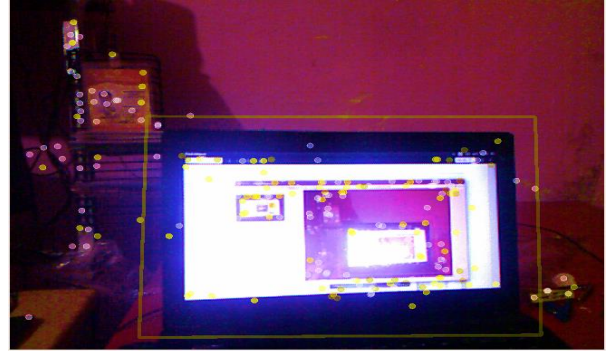


Fig. 6. Detección de objetos

La detección se representa con un marco de un color aleatorio, y en un plano de dos dimensiones. En la siguiente etapa se presenta el reconocimiento de objetos en un plano de tres dimensiones.

3.2 Reconocimiento de objetos

Para esta etapa se hace uso de la técnica “Superficie de la mesa” que está incluida en la paquetería de Object Recognition Kitchen. Esta técnica requiere “mallas de objetos” para el entrenamiento de su base de datos. Se procedió a la creación de objetos, ya que la base de datos se encuentra vacía.

Creación de objetos

Para el desarrollo de las mallas y creación de los objetos del base de datos se recurrió al programa blender ya que se dedica al modelado de objetos 3D y como se observa en la figura 7.

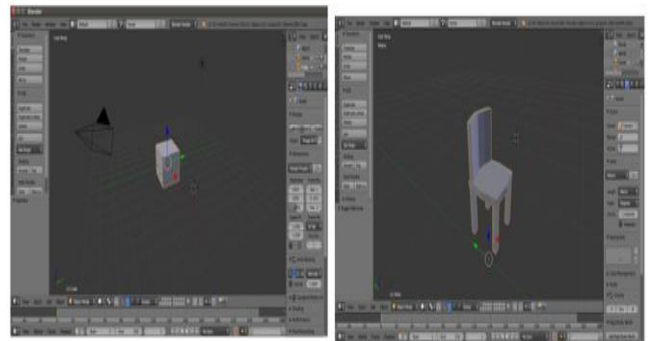


Fig. 7. Interfaz blender y creación de objetos 3D

Se crearon un total de 20 objetos, debido a la poca experiencia en el modelado, los objetos poseen una forma básica de lo que sería en un entorno real, Figura 8 y Figura 9.

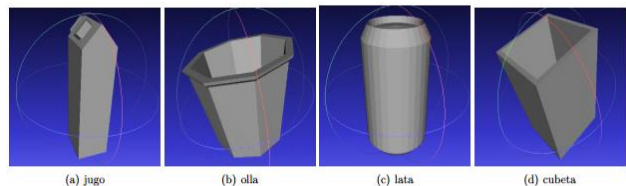


Fig. 8. Malla de objetos 2

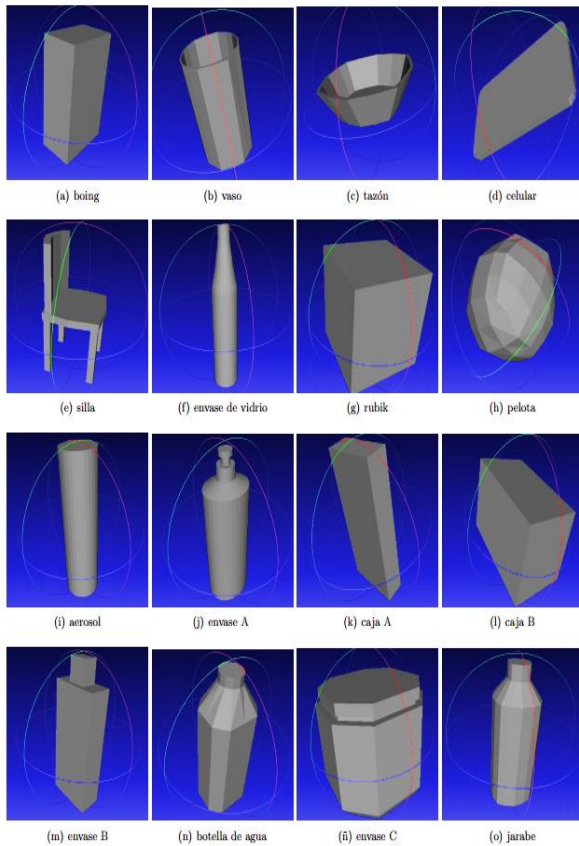


Fig. 9. Malla de objetos 1

Entre más detallada sea la malla del objeto, será mejor el reconocimiento en tiempo real.

Entrenamiento

La paquetería ya cuenta con una base de datos predeterminada, en la cual se almacenará la información recolectada de los objetos que se ingresen.

3.3 Ubicación de los objetos en el plano tridimensional

Las coordenadas exactas de la ubicación donde se encuentra el objeto no se visualizan. Por lo tanto, aprovechando la detección visual que nos proporciona la “superficie de la mesa” en un entorno de profundidad, se indagó en el código fuente, para poder mostrar las coordenadas exactas del o los objetos detectados.

4 Resultados

El detector de imágenes mostró resultados arriba del 86% en la clasificación, y en las pruebas en tiempo real, detectó los objetos que más coincidían con las mallas que fue entrenado como se puede observar en la figura 10.

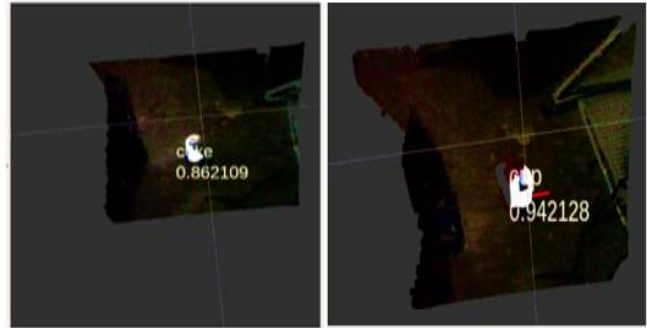


Fig. 10. Prueba 1 y 2

La ubicación de los objetos es mostrada por consola figura 10, y la mínima distancia que debe de tener el sensor de profundidad con el objeto es de 60cm.

5 Conclusión

La detección y el reconocimiento de objetos en el Sistema Operativo Robótico se pudieron llevar a cabo con ayuda del sensor RGB-D y la técnica “Superficie de la mesa” contando con una serie de algoritmos eficientes en el manejo de patrones y agrupamientos además de ejecutarse en un tiempo aceptable por encima del 86% y obteniendo las coordenadas exactas respecto a los sensores del Kinect. Por otra parte, una computadora portátil convencional logra ejecutar la tarea con éxito, pero presenta en ciertas ocasiones ligeros retrasos y cálculos erróneos, quedando como trabajos futuros, lograr la optimización en este tipo de dispositivos. De igual forma, queda como motivación el realizar la experimentación del funcionamiento de algoritmos expuestos en este trabajo pero implementados en unidades de procesamiento gráfico.

6 Agradecimientos

Reconocimiento: los autores expresan su gratitud a CONACYT, así como al Tecnológico nacional de México / CENIDET por el apoyo brindado al departamento de ciencias computacionales, en el cual fue posible llevar a cabo esta investigación que es parte del proyecto 5628.19-p llamado "Sistema embebido para asistencia de conducción basada en lógica difusa tipo-2".

Referencias

1. Berra E., Cuautle J. (2013). Interfaz Natural para el Control de Drone Mediante Kinect., de ResearchGate Sitio web: <https://www.researchgate.net/publication/314171114> Interfaz Natural para el Control de Drone Mediante Kinect Natural Interface Control Using Drone Kinect, ultimo acceso 14 de diciembre del 2018.
2. Blasdel A. et al. (2016). About ROS. Sitio web: <http://www.ros.org>, ultimo acceso 14 de diciembre del 2018

3. Boeing A. (2011). Kinect and OpenKinect on Apple Mac OSX., de blogger.com Sitio web: <http://adrianboeing.blog>, ultimo acceso 14 de diciembre del 2018.
4. Branda C. (2012). Inteligencia Artificial. -, obtenido de Calameo Sitio web: <https://en.calameo.com/read/005142228acf5a83ca73c>, ultimo acceso 14 de diciembre del 2018.
5. Cambridge (2016). Framework.de Cambridge Dictionary Sitio web: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/englishspanish/framework> dictionary/english-spanish/framework, ultimo acceso 14 de diciembre del 2018.
6. Coleman D. et al (2014). ROS.org. Sitio web: <http://wiki.ros.org>, ultimo acceso 14 de diciembre del 2018.
7. Fan B, Wang Z, & Wu F. (2015). Local Image Descriptor: Modern Approaches. Berlin- Alemania: SpringerNature.
8. Flores P. & Braun J. (2011). Algoritmo RANSAC: fundamento teórico., de fing.edu.uy Sitio web: <http://iie.fing.edu.uy/investigacion/grupos/gti/timag/trabajos/2011/keypoints/FundamentoRANSAC.pdf>, ultimo acceso el 14 diciembre del 2018.
9. Gómez W., (2015). Reconocimiento de objetos en fotografías. -, de tamps.cinvestav.mx Sitio web: <https://www.tamps.cinvestav.mx/~wgomez/toptaps/tutorial.pdf>, ultimo acceso el 14 de diciembre del 2018.
10. Joseph, L. (2015). Mastering ROS for Robotics Programming United Kingdom: PACKT Publigshing.
11. Joshep L.. (2017). ROS Robotics Projects. BIRMINGHAM - MUMBAI: Packt Publishing Ltd.. Birmingham - Mumbai: PACKT Publigshing.
12. López D. (2017). Evaluación de las técnicas SLAM disponibles en ROS (TESIS DE MAESTRÍA EN CIENCIAS). Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico, Cuernavaca, Morelos, México.
13. Martinez, A. y Fernández, E. (2013). Learning ROS for Robotics Programming. United Kingdom: PACKT Publishing.
14. Norman P. (1999). Putting Iterative Proportional Fitting on the Researcher's Desk. School of Geography, University of Leeds.
15. Romero J. (2014). Conceptos básicos de ROS.,Sitio web: <https://jromeromarras.wordpress.com/2014/08/27/conceptosbasicos-de-ros/>, ultimo acceso el 14 de diciembre del 2018.
16. ROS. (s.f.). ROS. Obtenido de <http://www.ros.org/> ultimo acceso 14 de diciembre del 2018.
17. Yeong-Hwa Chang, P.-L. C.-W. (2018). Aprendizaje profundo para la identificación de objetos en robots móviles basados en ROS. IEEE xplore. Ahmed Fawzy Elaraby, A. H. (2019). Un sistema de detección y reconocimiento de objetos 3D basado en Kinect con un algoritmo de estimación de profundidad mejorado. IEEE xplore.



Software y Pedagogía

The Catastrophic Visit of the Schols'z Star at the Solar System

Pedro Ignacio Deaza Rincón

Universidad Distrital Francisco José De Caldas
Bogotá, Colombia
pdeaza@udistrital.edu.co

Abstract—Approximately 70000 years ago, the Schols'z Star penetrated the interior of the solar system at a distance of 0.81 light-years from the sun. The disturbance caused in the Oort cloud and in the outer region of the Kuiper Belt, disturbed several million comets, asteroids and minor objects of the solar system. A code in PYTHON in full development, allows us to obtain an approximation to the physical characteristics and the calculation of the probable number of comets launched crossing the orbits of the planets near the sun. Then, the physical effects caused by the Scholsz star on minor objects close to their trajectory within the solar system, by throwing them into the region of the terrestrial planets and causing one or more impacts on the Earth, is probably the cause of the mass extinction occurred 70,000 years

Key words: Solar, system, star, disturbance, comets, asteroids, orbits, planets.

Resumen—Hace aproximadamente 70000 años, la estrella de Schols'z ingreso al interior del sistema solar a una distancia de 0,81 años luz del sol, la perturbación causada en la Nube de Oort y en la región externa del Cinturón de Kuiper, perturbo varios millones de cometas, asteroides y objetos menores del sistema solar. Un código en Python en pleno desarrollo, permitirá una aproximación a las características físicas y calcular el numero probable de cometas lanzados cruzando las orbitas de los planetas cercanos al sol. Entonces, los efectos físicos causados por la estrella de Scholsz sobre los objetos menores cercanos a su trayectoria dentro del sistema solar, lanzándolos a la región de los planetas terrestres y originando uno o varios impactos sobre la Tierra, probablemente sea la causa de la extinción masiva ocurrida hace 70000 años.

Palabras claves: Sistema, solar, estrella, perturbación, cometas, asteroides, orbitas, planetas.

I. INTRODUCTION

The Scholz's Star is identified in the wise catalog as WISE J072003.20â084651.2. The discovery of this star, was reported by the astronomer Ralf-Dieter Scholz in the paper Neighbours hiding in the Galactic plane, a new M/L dwarf candidate for the 8 pc sample, published on January 20, 2014 (R.-D. Scholz [19]). The Scholz's Star, is a binary stellar system located in the Monoceros Constellation, its coordinates in the sky are Right Ascension = 07h 0m 3.254s and Declination

= $-08^{\circ}46'49.90''$, with a apparent magnitude of 18,3. The primary is a red dwarf with a stellar classification of M9 ± 1 and 86 ± 2 jupiter masses. The secondary is a brown dwarf T5 and 65 ± 12 jupiter masses. This binary stellar system has 0,15 solar masses. The two stars orbit at a approximate distance of 0,8 astronomical units with probable period of 4 years and an estimated age of between 3 and 10 billion years. The current distance of the Scholsz Star to the sun is approximately 20 light years. (<http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>) 98 %of computational simulations of the kinematic of this binary stellar system, indicate its transit through the solar system, reaching a minimum distance to the sun, of 0.81 light years equivalent to 51466 astronomical units. Then, the stellar system traversed the Oort Cloud passing through the boundary between the Dispersed Disk and the Kuiper Belt. Mamajek and collaborators, confirmed in an exhaustive study, the passage 70000 years ago, of the stellar system through the solar system. (Eric E. Mamajek, Scott A. Barenfeld, Valentin D. Ivanov, Alexei Y. Kniazev, Petri Vaisanen, Yuri Beletsky, Henri M. J. Boffin [7]).

II. KINEMATICS OF THE NEIGHBORING STARS

The proper motion μ of a star, is calculated by measuring the variation in a time interval Δt of the coordinates right ascension α and declination δ of its position in the sky.

Suppose that a star in a time interval moves from the coordinates (α_1, α_2) to the coordinates (δ_1, δ_2) , then, the components of the proper motion are

$$\mu_{\alpha} = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{\Delta t} \quad (1)$$

and

$$\mu_{\delta} = \frac{\delta_2 - \delta_1}{\Delta t} \quad (2)$$

μ_{α} is called the proper motion in right ascension and μ_{δ} the proper motion in declination. $\alpha_2 - \alpha_1$ and $\delta_2 - \delta_1$ are measured in arc seconds and Δt in years. The magnitude of the proper motion μ in arc second per year, is given by

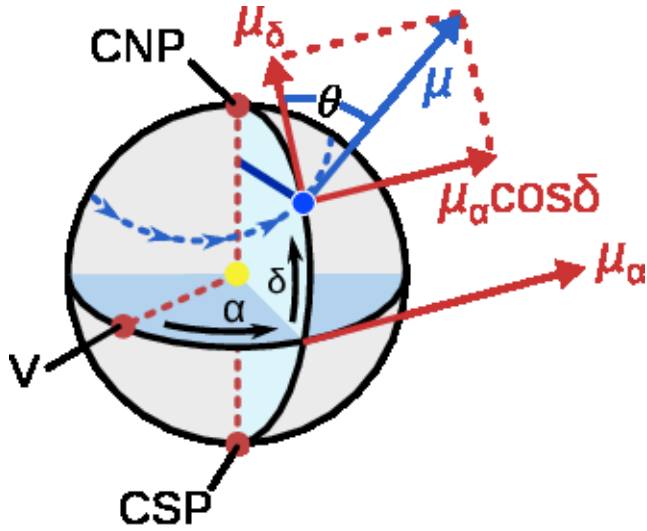


Figure 1. Components of proper motion μ and coordinates right ascension α and declination δ . Brews ohare, Creative Commons.

$$\mu = \sqrt{\mu_\delta^2 + \mu_\alpha^2 \cos^2 \delta} \quad (3)$$

For example, Barnard's Star has the largest proper motion of all stars, moving at 10.3 seconds of arc per year. For very distant stars it is difficult to determine the proper motion.

A star have a space velocity v_s relative to the sun, with a component that is the radial velocity R_v along the line of sight and other component that is othogonal to the line of sight, called tangential velocity v_t .

Then the space velocity is

$$v_s = \sqrt{R_v^2 + v_t^2} \quad (4)$$

in consecuense

$$\phi = \arctan \frac{v_t}{R_v} \quad (5)$$

according to Robert A. J. Matthews [20] it is possible to show that the tangential velocity is

$$v_t \left[\frac{km}{s} \right] = 4.74 d_o [pc] \mu \left[\frac{as}{yr} \right] \quad (6)$$

d_o is the current distance from the sun to the star and is calculated by measuring the parallax Π of the star in arc second

$$d_o [pc] = \frac{1}{\Pi [as]} \quad (7)$$

pc=parsec is the parallax per second. Is the distance at which a star subtends an angle of 1 second of arc over the semi-major axis of the Earth's orbit. The distance of a star to the sun as a function of time is (Robert A. J. Matthews [20]).

$$d(t) [pc] = \sqrt{d_o^2 - (2d_o v_s \cos \phi) t + v_s^2 t^2} \quad (8)$$

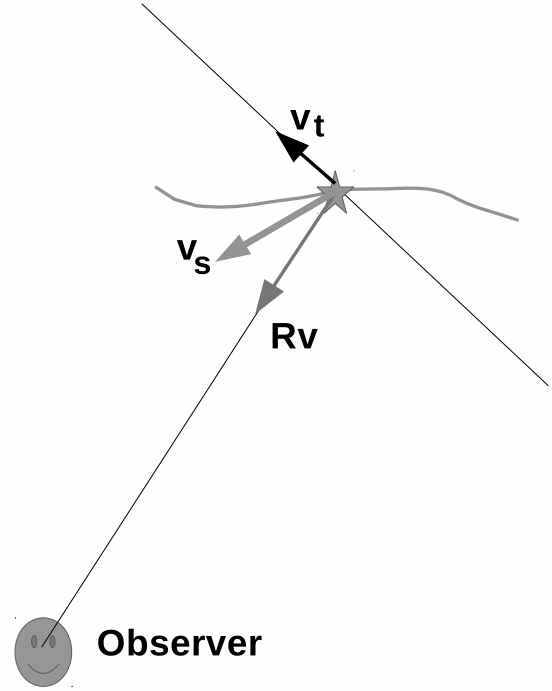


Figure 2. Space velocity and its components, radial velocity R_v and tangential velocity v_t .

The Equation 8 is used to explore the trajectory of the star before and after of the closest approach to the sun. The time in which the closest approach occurs is

$$t_c = \frac{d_o R_v}{R_v^2 + v_t^2} \quad (9)$$

then the calculation of t_c , provides a temporal reference to center a graph of the distance $d(t)$ as a function of time t and facilitate the graphical analysis of the trajectory of a star in a closest approach to the sun. The closest approach distance is

$$d_c = \frac{d_o}{\sqrt{1 + \left(\frac{R_v}{v_t}\right)^2}} \quad (10)$$

which is used to classify neighboring stars that in the past or in the future approach or enter the solar system.

III. SIMULATING THE APPROACH OF THE SCHOLS'Z STAR

The Star of Scholz in his approach to the solar system reached a minimum distance to the sun $d_c \cong 0.81$ light years about 70,000 years ago. Then to explore the trajectory around the maximum approach, requires an interval between -90000 and -50000 years in the time domain. The current distance from the sun to the Scholz Star is $d_o = 6.0$ parsec, the radial velocity $R_v = 83.1$ km/s, the proper motion $\mu = 0.1215$ as/yr. Then

with the equations of the kinematics of the neighboring stars, the basic lines of code are (Kenneth Reitz [11])

```
t=np.arange(-90000, -50000, 0.1)
do1=6.0
Rv1=83.1
vt1=4.74*6.0*0.1215125
vs1=(Rv1**2+vt1**2)**(0.5)*(-0.000001022)
m1=vt1/Rv1
z1=np.arctan(m1)
dt1=((np.sqrt((do1)**2-(2*(do1)*(vs1)
*np.cos(z1))*t+((vs1)**2)*t**2)))*3.26
```

The factor (-0.000001022), is the conversion factor to convert km / s to parsec / year, however in the line corresponding to $d(t)$ it is multiplied by 3.26 light years equivalent to a 1 parsec to plot the distance in light years and the time in years.

To visualize the simulation, the graphical interface is implemented using Tkinter

```
import sys
if sys.version_info[0] < 3:
    import Tkinter as Tk
else:
    import tkinter as Tk
```

and to explore the function $d(t)$, the interactive scientific calculation is implemented, associating the arrows of the keyboard with the algorithm with which the kinematics of the star of scholz with respect to the sun is calculated. (Deaza R. Pedro I. [6])

```
var = Tk.StringVar()
.....
var.set("TO EXPLORE THE FUNCTION USE
THE ARROWS")
.....
def on_key_event(event):

#Flecha derecha
    elif event.key==R:
        global a
        global b
        global x
        if x>=-50000:
            x=-50000
        else:
            x = x + 500
            graficar(x)
#Flecha Izquierda
    elif event.key==L:
        global a
        global b
        global x
        if x<=-90000:
            x=-90000
        else:
```

```
x = x - 500
graficar(x)
else:
    pass
key_press_handler(event, canvas,
                    toolbar)
```

Obviously, the repositories numpy, matplotlib and in particular the module matplotlib.pyplot are used.

IV. NUMBER OF COMETS INJECTED INTO THE INNER SOLAR SYSTEM

Using the argument of Robert A. J. Matthews, the critical semi-major axis is

$$a_c \geq \frac{d(t)}{[1 + (\frac{M_*}{M_\odot})^{\frac{1}{2}}]} \quad (11)$$

For the Scholz Star $\frac{M_*}{M_\odot} = 0.15$ and $d(t) = 0.81$ light years = 51295 AU, then $a_c \geq 36975$ AU. Then the Scholz Star can only significantly perturb objects with orbits for which the semimajor axis is larger than 36975 AU. Using $q_c = CM_{s-ss} = 44455.5$ AU that corresponds to the center of mass of the Sun-Star Scholz System when they are separated 0.81 light years is obtained $r_c = 51104.87$ AU.

The number of comets that will cross the orbit of the Earth is (Robert A. J. Matthews [20])

$$N = \pi n_o \int_{r_c}^{R_o} f(q_c) r^{\gamma-4} [R_o - r^2] dr \quad (12)$$

$R_o = 88361$ AU is the size of the solar system, that is, the distance from the sun to the outer border of the Oort Cloud. $n_o = 6x10^{17}$ is a normalization constant that is deduced assuming a total population of comets in the Oort Cloud of $5x10^{12}$ comets, $f(q_c)$ is the fraction of comets perturbed by Star Scholz's with perihelions less than q_c and is equal to $\frac{4}{r}$ (Robert A. J. Matthews [20], Bayley M. E. and Stagg C. R. [2]).

V. RESULTS

The result of the execution of the code is a graph on which it is possible to perform interactive calculation along of the function $d(t)$ using the arrows on the keyboard. The figure 4, shows the red cursor when the Star Scholz's enters the solar system and below the graph the numerical result of the distance to the sun and the time corresponding to the event. The time is referred to the current time, Then the graph indicates that 74500 years ago, the star was located at a distance from the sun of 1.368 light years.

Using the arrows to continue advancing on the function and explore the approach of the star when it reaches the minimum distance to the sun, figure 5.

In the graph of the figure 6, the red dot shows the Star Scholz's coming out of the solar system.

Calculating the integral of equation 12 and using the following code lines

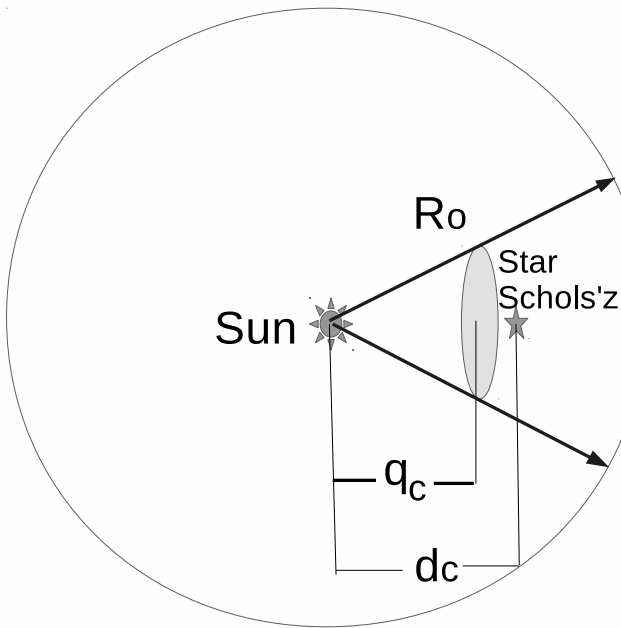
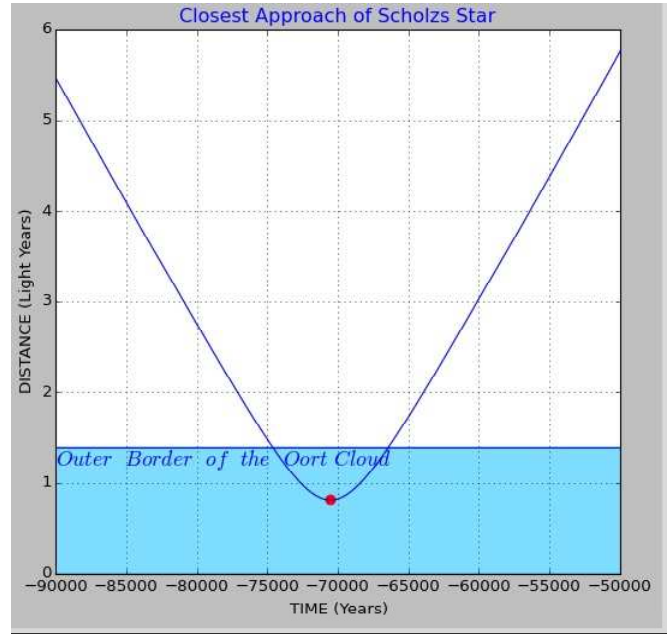
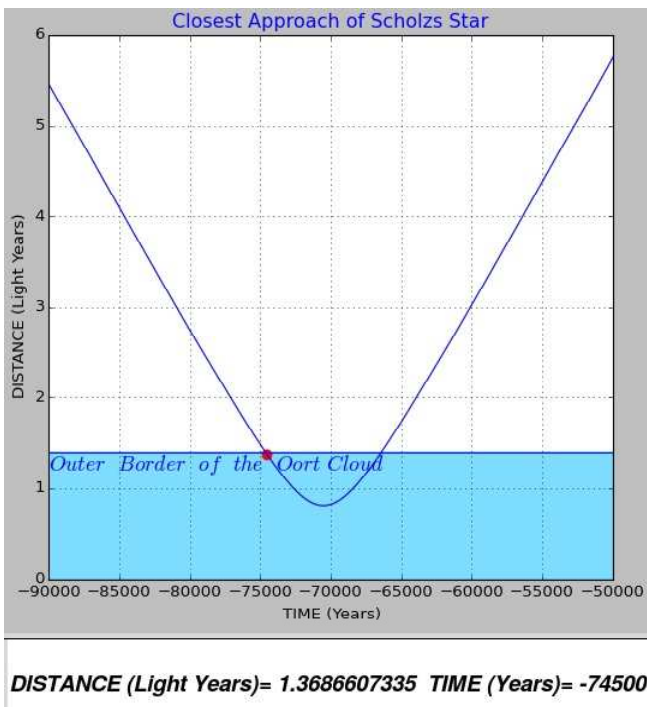


Figure 3. Diagram of the perturbation caused by the approach of the Star Schols'z.



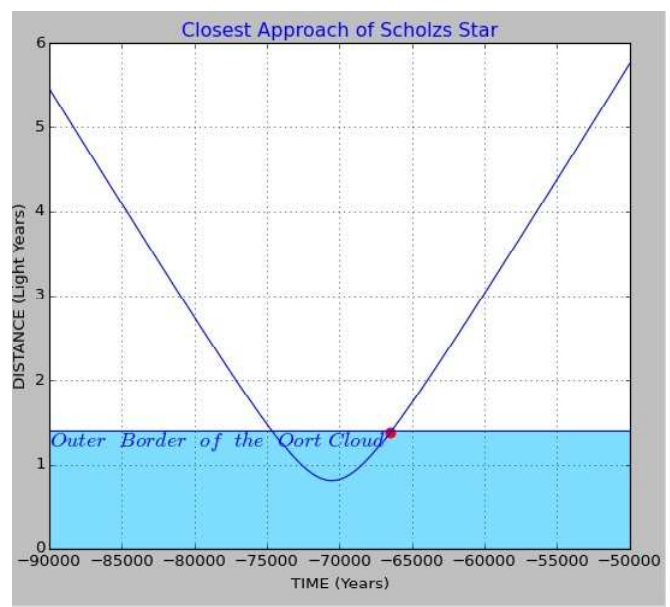
DISTANCE (Light Years)= 0.812755939127 TIME (Years)= -70500

Figure 5. The Star Schols'z reaches the minimum distance from the sun.



DISTANCE (Light Years)= 1.3686607335 TIME (Years)= -74500

Figure 4. Graph of the distance as a function of time. The red dot represents the Star Schols'z.



DISTANCE (Light Years)= 1.38025585215 TIME (Years)= -66500

Figure 6. Star Schols'z coming out of the solar system.

```

import numpy as np
## Parallax (mas)
Pmas=166.00
## Right Ascension (Hours)
RA=7.334237
## Declination (degrees)
D=-8.685
## Proper Motion in Right Ascension (mas)
uRA=-40.3
## Proper Motion in Declination
uD=-114.8
## solar Mass (kg)
Ms=1.989*10**(30)
## Scholz Star Mass (kg)
Mssc=0.15*Ms
## Referential Perihelic Distance (m)
qc=44455.5*1.49*10**(11)
## Radial Velocity (km/s)
Rv=83.1
## Current Distance (Parsec)
do=1000/Pmas
## Proper Motion (as)
U=(np.sqrt((uD**2)+(uRA**2)*
(np.cos(D)**2)))/1000
## tangential Velocity (km/s)
vt=4.74*do*U
## Total Space Velocity (m/s)
vs=(Rv**2+vt**2)**(0.5)*1000
## Gravitational Constant (MKS)
G=6.67*10**(-11)

Kf=((Ms/Mssc**2)*qc*(vs**2))/(8*G)
K=Kf**(0.5)
## Sun-Scholz Star Distance (AU)
dssc=0.81*63115.2
## Average Orbital Distance (AU)
rc=-K*dssc+dssc*(np.sqrt(K*(K+2)))
## Size Solar System
Ro=88361

a=(8./45.)*Ro**(-2.5)
b=(2./9.)*(Ro**(2))*(rc**(-4.5))
c=-(2./5.)*(rc**(-2.5))

t=a+b+c

## Probable Number of Comets
n=(24*np.pi*t)*10**17
## Test Parameters and Calculation Control
print K, rc, do, U, vs, vt

print ('Probable Number of Comets n='), n

Mc=18.3+5*np.log10(0.81/20)
print ('Magnitud Visual Critica '), Mc

```

it turns out the probable number of comets perturbed by the approach of the Star Scholz's

$$N = 3953158 \quad (13)$$

When considering comets less than 5000 AU from the sun, these took less than 8000 years to reach Earth orbit. then the number of comets per year in the vicinity of the Earth is approximately 100 comets per year. 100 comets per year in the vicinity of the Earth, it is sufficient for the probability of a comet-earth collision evaluated from 0 to 1 to exceed the value of 0.8.

Meave Leakey, proposed the most accepted hypothesis about the origin of mass extinction of species on Earth 70,000 years ago, attributes the cause to the explosion of the Toba Volcano. But there is evidence against it, Michael Petraglia of the University of Cambridge concludes that the eruption of Toba Volcano did not have such a catastrophic effect on Earth's climate and human evolution.

Then, the hypothesis of the Scholz Star, whose arguments are based on physical concepts, mathematical formalism and astronomical observations, could be proposed as a more consistent and satisfactory explanation.

VI. CONCLUSIONS

The approach of the Scholz star to the solar system perturbed a significant number of comets and minor objects in the solar system.

A percentage should be captured by the Scholz Star, others ejected out of the solar system and a significant number injected into the inner solar system.

It is possible that the extinction of species 70000 years ago whose cause is attributed to the eruption of the Toba Lake Volcano should be attributed to the impact of one or more comets or minor objects on the Earth.

ACKNOWLEDGMENT

My thanks to the District University Francisco José de caldas of Bogotá, Colombia for its support in all research projects in Solar System Sciences and the Science of Comets.

REFERENCES

- [1] Adam J. Burgasser, Michael Gillon, Carl Melis, et al, WISE J072003.20-084651.2: AN OLD AND ACTIVE M9.5 + T5 SPECTRAL BINARY 6 pc FROM THE SUN, *The Astronomical Journal*, 149:104 (17pp), March 2015.
- [2] Bayley M. E. and Stagg C. R. The origin of short-period comets, *Icarus* 86, 2, 1990.
- [3] C.A. Martinez-Barbosa, L. Jilkova S., Portegies Zwart and A.G.A. Brown, The effect of Galactic stellar encounters on the outer edge of the Solar System's parking zone, *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 000, 1â8, 2002.
- [4] C.A.L. Bailer-Jones, Close encounters of the stellar kind, *Astronomy & Astrophysics manuscript no. stellar encounters 12 December 2014.*
- [5] C. A. L. Bailer-Jones, The completeness-corrected rate of stellar encounters with the Sun from the first Gaia data release, *A&A* 609, A8, 2018
- [6] Deaza R. Pedro I. Interactive Scientific Calculus for the Teaching of the Natural Sciences accepted for publication, District University, 2019.
- [7] Eric E. Mamajek, Scott A. Barenfeld, Valentin D. Ivanov, Alexei Y. Kniazev, Petri Vaisanen, Yuri Beletsky, Henri M. J. Boffin, THE CLOSEST KNOWN FLYBY OF A STAR TO THE SOLAR SYSTEM, *Astrophysical Journal Letters*, 800, L17, 2015

- [8] Gaia Collaboration, A. G. A. Brown, A. Vallenari, T. Prusti, J. H.J. de Bruijne, et al, Gaia Data Release 1 Summary of the astrometric, photometric, and survey properties A&A 595, A2, 2016.
- [9] J. Garcia-Sanchez, P. R. Weissman, R. A. Preston, D. L. Jones, J.-F. Lestrade, D. W. Latham, R. P. Stefanik, and J. M. Paredes, Stellar encounters with the solar system A&A 379, 634â659 2001.
- [10] JOAN GARCIA-SANCHEZ, ROBERT A. PRESTON, DAYTON L. JONES, AND PAUL R. WEISSMAN, JEAN-FRANCOIS LESTRADE, DAVID W. LATHAM AND ROBERT P. STEFANIK, STELLAR ENCOUNTERS WITH THE OORT CLOUD BASED ON HIPPARCOS DATA, THE ASTRONOMICAL JOURNAL, 117 : 1042-1055, February 1999.
- [11] Kenneth Reitz, Python Guide Documentation, <https://buildmedia.readthedocs.org/>
- [12] Kiusalaas J. Numerical Methods in Engineering with Python USA: Cambridge University Press, 2005.
- [13] Kumar B.P. A. Python for Education India: Inter University Accelerator Centre, 2010
- [14] Lan Zhang, Hans-Walter Rix, Glenn van de Ven, Jo Bovy, Chao Liu, and Gang Zhao, THE GRAVITATIONAL POTENTIAL NEAR THE SUN FROM SEGUE K-DWARF KINEMATICS, The Astrophysical Journal, 772:108 (14pp), 2013 August 1.
- [15] Landau R., Paez M. J., Bordeianu C. A Survey of Computational Physics USA: Princeton University Press, 2012
- [16] P. A. Dybczynsky, Simulating Observable comets I. The Effects of a Single Stellar Passage Through or Near the Oort Cometary Cloud, A&A 396, 283-292, 2002.
- [17] P. Nurmi, M. J. Valtonen and J. Q. Zheng. Periodic variation of Oort Cloud flux and cometary impacts on the Earth and Jupiter. Mon. Not. R. Astron. Soc. 327, 1367-1376, 2001
- [18] Paul R. Weissman, Star Passages Trough the Oort Cloud, Earth, moon and Planets 72: 25-30, 1996.
- [19] R.-D. Scholz, Neighbours hiding in the Galactic plane, a new M/L dwarf candidate for the 8 pc sample, Astronomy & Astrophysics manuscript no. aa23015-13 January 20, 2014.
- [20] Robert A. J. Matthews, The close approach of star in the solar neighbourhood, Q. J. R. astr. soc. 35, 1-9 1994.
- [21] V.V. Bobylev, Searching for Stars Closely Encountering with the Solar System, Astronomy Letters, Vol. 36, No. 3, 2010.
- [22] V.V. Bobylev, Search for Close Stellar Encounters with the Solar System from Data on Nearby Dwarfs, Astronomy Reports, 2017, Vol. 61, No 10, pp. 883-890, 2017
- [23] V.V. Bobylev, A.T. Bajkova, Searching for Stars Closely Encountering with the Solar System Based on Data from the Gaia DR1 and RAVE5 Catalogues, Astronomy Letters, 2017, Vol. 43, No 8, pp. 559-566. 2017.

Proyecto Interdisciplinario en Apoyo al Modelo Educativo de Enseñanza Basado en Competencias

Alanís Cantú Reynaldo
Universidad Politécnica del Estado
de Guerrero
Comunidad de Puente Campuzano
Carretera Federal Iguala – Taxco
K.M. 105, C.P. 40321
Municipio de Taxco de Alarcón,
Guerrero
52+7331029960
ralanis@upeg.edu.mx

Mota Cruz Juan Esteban
Universidad Politécnica del Estado
de Guerrero
Comunidad de Puente Campuzano
Carretera Federal Iguala – Taxco
K.M. 105, C.P. 40321
Municipio de Taxco de Alarcón,
Guerrero
52+7331029960
jmota@upeg.edu.mx

Alanís Navarro José Andrés
Universidad Politécnica del Estado
de Guerrero
Comunidad de Puente Campuzano
Carretera Federal Iguala – Taxco
K.M. 105, C.P. 40321
Municipio de Taxco de Alarcón,
Guerrero
52+7331029960
aalanis@upeg.edu.mx

RESUMEN

En este trabajo se presenta el resultado del desarrollo de un proyecto transversal, integrador e interdisciplinario entre la carrera de Ingeniería en Telemática y su orientación a estudios meteorológicos de la carrera de Ingeniería en Energía y Tecnología Ambiental en la Universidad Politécnica del Estado de Guerrero (UPEG) y de qué manera apoyó en el modelo educativo de enseñanza basado en competencias. Se presenta el proceso seguido y el uso de un modelo que lo representa.

ABSTRACT

This paper presents the result of the development of a transversal, integrating and interdisciplinary project between the degree in Telematics Engineering and its orientation to meteorological studies of the Engineering in Energy and Environmental Technology career at the Universidad Politécnica del Estado de Guerrero (UPEG) and how he supported the educational model of competency-based education. The process followed and the use of a model that represents it is presented.

Categorías y Descriptores Temáticos

K.3.2 Computer and Information Science Education; Accreditation, Computer science education, Curriculum, Information systems education, Literacy, Self-assessment

El permiso para hacer copias digitales o impresas en parte o en la totalidad de este artículo, se otorga sin tener que cubrir una contribución financiera, siempre y cuando sea para uso personal o en el aula, que las copias que se realicen o se distribuyan no sean con fines de lucro o ventaja comercial y que las copias conserven este aviso y los datos de la cita completa en la primera página. Para otro tipo de copias, o volver a publicar el artículo, para almacenarlos en servidores o redistribuirlo en listas de correo, se requiere una autorización previa de los autores y/o una posible cuota financiera.

9o. Congreso Internacional de Computación CICOM 2019, (17 al 19 de octubre del 2019), Cartagena, Colombia.

Términos Generales

Educación, modelo de calidad, ingeniería de software.

Palabras clave

Modelo de empresas de desarrollo de software, calidad de desarrollo de software, educación.

Keywords

Model of software development companies, software development quality, Education.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de proyectos en las diferentes carreras que se imparten en las universidades en general y en particular, en las politécnicas, tienen como finalidad apoyar a los estudiantes en su formación académica, profesional y social. Los proyectos colaboran en el proceso enseñanza aprendizaje de los alumnos favoreciendo la maduración de las competencias que deben de desarrollar en los diferentes ciclos que componen la carrera. En particular, la carrera de Ingeniería en Telemática (IT) tiene 3 ciclos. La materia en la que se desarrolló el proyecto interdisciplinario fue Ingeniería de Software (ISW) que pertenece al tercer ciclo de la carrera, en el octavo cuatrimestre. En dicha materia se sugiere el desarrollo de un proyecto real. Normalmente los proyectos que se desarrollan son de orientación telemática, integrando tecnologías de la información y telecomunicaciones. Los proyectos desarrollados no llevan una aplicación específica. En esta ocasión, se pidió a los alumnos que orientaran su producto en un área específica en ingeniería. Los alumnos de la carrera de Ingeniería en Energía (IE) y la de Ingeniería en Tecnología Ambiental (ITA) requerían el monitoreo de variables meteorológicas en áreas determinadas a diferentes alturas. Estas carreras disponen de estaciones meteorológicas fijas para realizar el monitoreo ambiental, por lo que requerían de un sistema móvil. Los alumnos de la carrera de TI, además de cursar en dicho cuatrimestre la materia de ISW, cursan Ingeniería Económica (IE), Sistemas de Comunicación (SC), Seguridad Informática (SI), Programación en Internet (PI) y Microprocesadores e Interfaces (MI). Se analizó con los diferentes docentes de dichas asignaturas y se decidió que se podía desarrollar un producto que cubriera todas las materias y lo que se necesitaba era orientar el producto a una aplicación útil en alguna área de

ingeniería. Se platicó con los alumnos de las carreras de IE e ITA y se acordó desarrollar un sistema móvil para el monitoreo de variables meteorológicas. El sistema no solo registró las variables meteorológicas, sino que enviaba los datos a un servidor, se encriptaba la información y se podía consultar vía Internet por medio de sistemas móviles de comunicación (gadgets). Además, los alumnos simularon la formación de una empresa de consultoría y desarrollo de sistemas telemáticos, incluyendo la simulación de financiamiento a su empresa y producto. Este proyecto, además de ser transversal e integrador para la carrera de IT, se realizó de manera interdisciplinaria al desarrollar un producto orientado a una aplicación de monitoreo meteorológico para las carreras de IE e ITA. El proyecto favoreció orientar a los alumnos a la profesionalización incorporando escenarios competitivos reales en desarrollos profesionales, en proyectos de investigación y extensión. Es importante hacer notar que, en las Universidades, la carrera de Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones (TIC) están integradas por profesionistas con grados académicos tanto de maestría como con doctorado en las áreas de conocimiento relacionadas y algunos cuentan también con experiencia profesional y docente. En la estructura organizacional de la carrera los docentes pueden ser profesores de asignatura (PA) o profesores de tiempo completo (PTC). Ambos están frente a grupo impartiendo clase en las diferentes materias que conforman la currícula de la carrera. En el caso de los PTC es hasta el 60 o 70 por ciento de su tiempo y el resto se distribuye en: investigación, asesoría, tutoría y extensión. Se cuenta también con infraestructura en telecomunicaciones, conectividad, bibliográfica, así como espacios físicos donde se desarrollan prácticas en las diferentes áreas del conocimiento propias de la carrera. En particular, la carrera de IT que se imparte en la Universidad Politécnica del Estado de Guerrero (UPEG) subdividida, como se mencionó, en 3 ciclos en los cuales, al término de cada ciclo, el estudiante ha desarrollado una serie de competencias. En la UPEG, el modelo de enseñanza aprendizaje es *Enseñanza Basada en Competencias* (EBC) [1], los alumnos a partir de diferentes actividades desarrollan competencias. Como se mencionó, en las materias se proponen proyectos para apoyar el desarrollo, maduración y evaluación de las competencias, siendo: **saber saber, saber hacer** y **saber ser** [2]. El alcance de producto en estos proyectos se establece de tal forma que se puedan concluir en un cuatrimestre, tiempo que dura el ciclo escolar. El no tomar en consideración lo mencionado, da como consecuencia productos telemáticos de poca aplicabilidad o impacto real o, lamentablemente, que no se concluyan. Al decidir los docentes de las materias mencionadas proponer la creación de un producto que integrara todas las materias del cuatrimestre, ayudó a que se desarrollara en el ciclo escolar correspondiente, de forma completa y útil. Por lo tanto, este proyecto colaboró en el proceso aprendizaje enseñanza acorde al EBC. Los proyectos propuestos se orientan a desarrollo e investigaciones reales con impacto social significativo que puedan orientar a los alumnos a recibir una formación e información académica, así como profesional. Ello conduciría a que los alumnos aprendan, se capaciten, desarrollen las competencias mencionadas y propuestas en el modelo educativo EBC y logren formar empresas de desarrollo o consultoría integradas a la sociedad, es decir, se profesionalicen progresivamente durante su carrera [3].

OBJETIVOS

Presentar los resultados del desarrollo de un proyecto transversal, integrador e interdisciplinario que permita apoyar en el desarrollo y maduración de las competencias propuestas en el modelo EBC en la carrera de IT en la UPEG, apoyar el desarrollo profesional de los

alumnos, así como el uso de un modelo del proceso para la definición de dichos proyectos.

METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

La carrera de IT está dividida en tres ciclos de formación. Al final de cada ciclo, los alumnos han desarrollado diferentes competencias acordes con el modelo EBC. En el tercer ciclo de formación se logran las siguientes competencias (no se listan todas, solo aquellas que impactan en los objetivos planteados en este trabajo):

C1 Evaluar la situación actual de una empresa para mejorar su funcionamiento mediante la detección de necesidades.

C2 Proponer nuevos proyectos de sistemas de comunicaciones e información para cubrir las necesidades del cliente por medio de innovaciones tecnológicas.

C3 Planear sistemas de comunicaciones para proponer soluciones de vanguardia, mediante su valoración.

C4 Proponer equipos y medios de comunicaciones para ofrecer soluciones factibles mediante la evaluación tecnologías existentes.

C5 Implementar tecnología de comunicaciones para solucionar problemas de comunicación mediante la elección de equipo y medios.

En la materia de ISW se plantea el desarrollo de un proyecto real. Teniendo en consideración que dicho tipo de proyectos pueden necesitar más tiempo que la duración del ciclo escolar (16 semanas), se analizó la posibilidad de realizarlo de manera transversal e integradora con el resto de las materias. Las materias que se cursan además de la de ISW son las que se muestran en la figura 1.

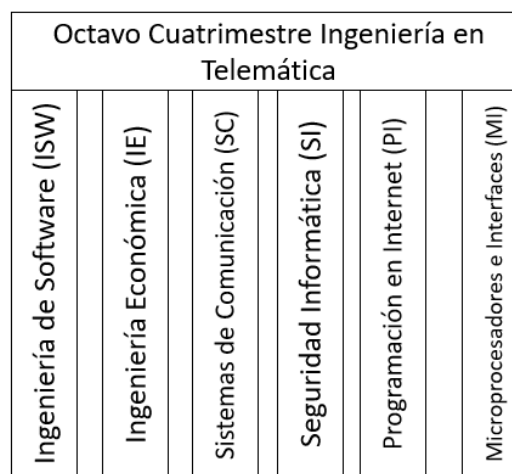


Figura 1 Materias octavo cuatrimestre en carrera Ingeniería en Telemática

Cada materia tiene su propio manual de asignatura donde se indica el contenido de la materia, las competencias, objetivos, sugerencia de evidencias de producto, de conocimiento y de actitud. Podría decirse que se desarrollan de manera independiente implicando que cada materia proponga un proyecto en particular, ello dando como consecuencia que los alumnos desarrollen por lo menos 5 proyectos diferentes. Si se realiza de esa manera, es posible que cada proyecto tenga un alcance limitado o que no se concluya a tiempo. Ante lo

anterior, el docente de la materia de ISW propuso a la academia la posibilidad de realizar un proyecto transversal integrador. Los docentes de las otras materias aceptaron previo un análisis de los manuales de asignatura. Por otra parte, se sabía que los alumnos de las carreras de IE e ITA tenían un proyecto de monitorear variables meteorológicas en áreas determinadas a diferentes alturas. En la figura 2 se muestra esquemáticamente el ámbito del problema.

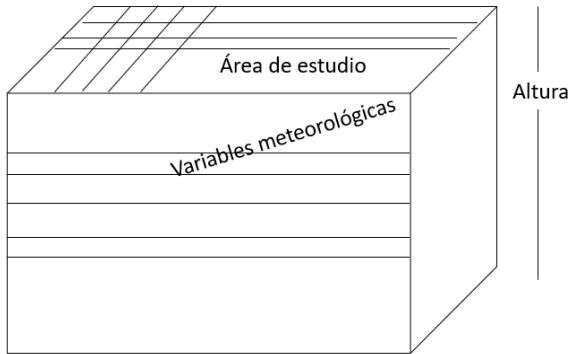


Figura 2 Ámbito del problema. Área de estudio y monitoreo meteorológico a diferentes alturas.

El proyecto se propuso a los alumnos e inició el desarrollo de este, siendo transversal, integrador e interdisciplinario. En la figura 3 se presenta el modelo esquemático del proceso que se siguió.

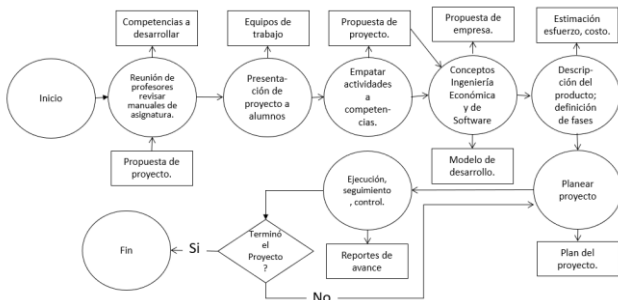


Figura 3 Modelo de proceso para selección y elaboración de proyecto transversal, integrador e interdisciplinario.

En la tabla 1 se muestra las materias y las competencias relacionadas.

La solución propuesta para el monitoreo fue un dispositivo conocido como CanSat [4]. Este dispositivo tiene la característica que debe de tener las dimensiones de una lata de refresco y en ella debe de incluirse todos los componentes de un satélite. La transmisión de los datos se hizo vía bluetooth. Los datos transmitidos eran registrados en un servidor. Para garantizar la seguridad de los datos, estos fueron encriptados. Los usuarios del sistema podían consultar los datos registrados por el dispositivo vía Internet o usando dispositivos móviles como smartphone. El proyecto se planificó en la materia de ISW y se realizó la estimación de esfuerzo, para posteriormente estimar el costo del producto. Cada equipo formó una empresa, incluyendo organigrama, presupuesto de gastos indirectos, financiamiento, punto de equilibrio.

En las materias de SC, SI, PI, MI, se definió y desarrolló el producto. El producto consta tanto de hardware (sensores,

Competencia	Materias					
	ISW	IE	SC	SI	PI	MI
C1	X	X				
C2			X	X	X	X
C3	X	X				
C4			X	X	X	X
C5			X	X	X	X

Tabla 1 Relación competencia materia.

emisores, receptores, microprocesadores, computadoras) como de software, por lo que este proyecto integró los elementos de un sistema telemático. La aplicación se orientó hacia un área de ingeniería (IE, ITA) cuyas funciones son de utilidad para ellos al tener un registro de las variables meteorológicas en el tiempo y en el espacio. Los datos se encriptaron para agregar un atributo importante en los sistemas que es protegerlos de posibles robo o plagio. Al desarrollar un solo proyecto que involucra a las materias del cuatrimestre se comparten tiempo, lo que hace posible desarrollar un producto útil y se recrea la forma profesional de trabajo. En la siguiente figura se muestra de manera esquemática la integración que da esta forma de desarrollo de proyectos.

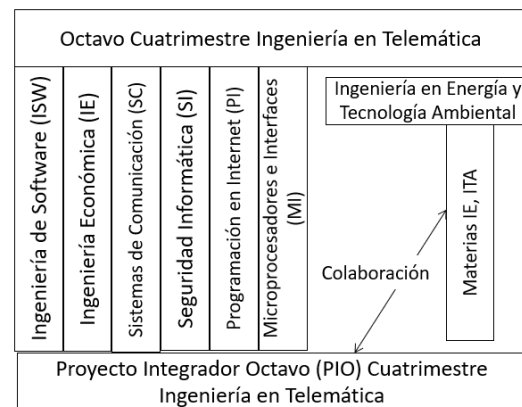


Figura 4 Proyecto transversal integrador interdisciplinario.

RESULTADOS

El desarrollo del proyecto ayudó significativamente a madurar las competencias propuestas al final del tercer ciclo de formación de la carrera IT. Los alumnos formaron equipos de trabajo en las materias donde se desarrolló el producto, SC, SI, PI, MI dirigiendo el proyecto. Las materias de ISW e IE son soporte metodológico y financiero. El docente de ISW se responsabilizó del desarrollo del proyecto. En ISW, como se muestra en la figura 3, se determinó el modelo de desarrollo del producto. La ISW propone, dependiendo del tipo de producto, tiempo de desarrollo, usuario, experiencia de los integrantes del equipo, diferentes modelos de proceso. El proceso genérico es Análisis, Diseño, Construcción, Pruebas, Mantenimiento [5]. A partir de los atributos mencionados, el modelo que se siguió es "cascada" [6]. Este es un resultado importante, pues es parte de la competencia C1 y C2. A partir del modelo, se aplican los conocimientos adquiridos en la materia de Gestión y Evaluación de Proyectos, donde se propone el WBS (Work Breakdown Structure por sus siglas en inglés) lo cual pone en juego las habilidades del equipo de trabajo (alumnos en este

caso) para detallar el producto a desarrollar, proponer los roles de los integrantes, sus responsabilidades y a que entregables se ligan. Ello también sustenta una propuesta real de un cronograma de actividades. Con el resultado anterior, en la materia de IE se puede iniciar la creación de una empresa y grupo de consultoría, que es parte de los objetivos y de las competencias C3 y C4. Los alumnos propusieron la empresa, el organigrama, la infraestructura, realizaron estimación de costo de desarrollo e infraestructura, buscaron y propusieron planes de financiamiento. El producto, el CanSat, así como el sistema de almacenamiento de los datos y las aplicaciones para consultarlos se propuso en las materias MI, PI, SI, SC que impactan en las competencias C4 y C5. De los problemas que tuvieron que enfrentar y resolver como equipo de trabajo fue establecer el alcance del producto. El alcance de producto es la especificación del producto que se desarrollará y entregará en el proyecto y lo que no quedaba claro es si solo era el desarrollo del CanSat y hacerlo volar o solo el CanSat. Se decidió por solo realizar el CanSat, pues ninguna de las carreras involucradas ofrece preparación para ello. Para probar el funcionamiento del CanSat, el equipo de trabajo lo montó en una tirolesa dando resultados satisfactorios. La sociedad de alumnos de la carrera de ITA de la UPEG organizó el primer congreso estudiantil de Tecnología Ambiental. Uno de los equipos de la carrera de IT inscribió el proyecto y obtuvo un tercer lugar. Sintetizando, los resultados son los siguientes: el artefacto CanSat, el sistema de registro y almacenamiento de datos, la consolidación de un grupo de trabajo con perfil de grupo consultor, la formación de una empresa consultora, el plan del proyecto. El proyecto se presentó con la evaluación de todos los maestros involucrados en las materias, así como el director de la carrera. Los alumnos y maestros experimentaron la formalización que requieren las actividades profesionales reales. El proyecto tuvo impacto social positivo al elaborar un producto que puede ser utilizado por el sector agrícola o por los ingenieros y maestros de las carreras IE e ITA. También un impacto social positivo es el trabajo en equipo que es parte de las competencias que deben desarrollar los alumnos. El buscar financiamiento para el proyecto, establecer flujos de efectivo, depreciación de los equipos, indirectos, entre otros conceptos financieros y contables, logró que los alumnos valoraran su trabajo y el uso efectivo del tiempo. La exposición con los diferentes maestros promovió en los alumnos el elaborar por una parte una presentación ágil y objetiva, y por otra, defender su propuesta de solución. Se estableció colaboración con alumnos de las carreras de Tecnología Ambiental e Ingeniería en Energía en los desarrollos CanSat, pero se considera que más adelante, se podría formalizar e intensificar esta colaboración, inclusive, sería una línea de investigación y desarrollo para la carrera de IT. La colaboración entre la dirección de la carrera, los maestros y alumnos logró resultados que evidencian el consolidar líneas de investigación y de aplicaciones industriales y comerciales formalmente. Un Análisis Situacional del Trabajo realizado en la región (Taxco de Alarcón, Igual, Chilpancingo Guerrero) donde participaron personas tanto del sector gubernamental, industrial como comercial, el resultado fue la detección de necesidades inmediatas y potenciales que podrían ser resueltas por profesionistas de la carrera de IT pudiendo así plantear líneas de trabajo desde la academia en la carrera para la integración con la sociedad. El resultado de este proyecto muestra la posibilidad de formalizar la academia adoptando algún modelo de empresas consultoras y de desarrollo de aplicaciones telemáticas.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presentaron los resultados de desarrollar un proyecto transversal integrador e interdisciplinario, así como el modelo de proceso que orienta la formalización de la selección, planteamiento, elaboración y su realización para este tipo de proyectos. El modelo orienta en lo mencionado a los docentes de las diferentes materias en un cuatrimestre común, en este caso, el octavo, pero también se podría entre diferentes cuatrimestres de la misma carrera o entre materias de otras carreras como se expuso en esta experiencia. Las competencias listadas en la sección correspondiente fueron desarrolladas, implementadas y evidenciadas con éxito. De los resultados obtenidos se puede concluir que la realización de trabajos de este tipo en un ambiente escolar permite madurar a los alumnos en cuanto a su perfil profesional y orienta a la profesionalización de la carrera de IT en la UPEG. Las condiciones, circunstancias y entorno hacen factible la implementación del modelo y el grupo docente, así como los alumnos tienen el perfil para ello. Los alumnos mostraron interés en aprender tanto aspectos teóricos y conceptuales que se logran en el desarrollo de proyectos puramente académicos de la carrera, así como también la aplicación a situaciones reales. Este proyecto podría ser el inicio de una línea de investigación y desarrollo como se mencionó, así como una oportunidad de colaboración entre diferentes carreras. La experiencia de los alumnos de concebir, planear y realizar un grupo de consultoría y una empresa los apoya a que se motiven al auto empleo, así como a proponerse como grupos que pueden ser contratados estilo “*outsourcing*”. También se puede elaborar un catálogo de productos y servicios que pueden consolidar líneas de desarrollo e investigación que serían proyectos institucionales propuestos por la dirección de la carrera. Los resultados obtenidos muestran la capacidad actual y potencial que tiene la carrera y sus integrantes. El afianzamiento implicaría incorporar la carrera de IT a modelos de empresa para la profesionalización y certificación, técnicas y metodologías de desarrollo de sistemas telemáticos como el *Personal Software Processes (PSP)* con enfoque académico [7], integrarlo con el *Team Software Processes (TSP)* [8], identificar en los manuales de asignatura las competencias, habilidades y aptitudes de la planificación y dirección de proyectos telemáticos para su desarrollo en los alumnos y finalmente formalizar a la carrera como empresa de desarrollo de sistemas telemáticos con **Modelo de Procesos de Software (MoProSoft)** [9], [10].

REFERENCIAS

- [1] Bellocchio Albornoz, M. (2009). *Educación basada en competencias y constructivismo un enfoque y un modelo para la formación pedagógica del siglo XXI* (No. F/378 B4).
- [2] Orden Hoz, A. D. L. (2011). Reflexiones en torno a las competencias como objeto de evaluación en el ámbito educativo. *Revista electrónica de investigación educativa*, 13(2), 1-21.
- [3] Ríos, G. C., & Daza, G. S. (2006). La vinculación universitaria y sus interpretaciones. *Ingenierías*, 9(30), 19.
- [4] Bermúdez Reyes, B. (2016). Cansat: lata-satélite. *Ciencia UANL*, 19(81), 71-75.
- [5] Pressman, Roger S. *Software engineering: a practitioner's approach*. Palgrave Macmillan, 2011.
- [6] Vázquez-Ingelmo, A., and F. J. García-Peñalvo. "Modelos de proceso." (2019).
- [7] Gómez, O. S., Aguilera, A. A., Gómez, G. E., & Aguilar, R. A. (2016). Estudio del Proceso Software Personal (PSP) en un entorno académico. *ReCIBE*, 3(2).
- [8] Ardila, C. A., & Pino, F. J. (2013). Panorama de gestión cuantitativa de procesos de desarrollo de software en pequeñas organizaciones. *Sistemas & Telemática*, 11(26), 29-46.
- [9] Oktaba, H., Esquivel, C. A., Ramos, A. S., Martínez, A. M., Osorio, G. Q., López, M. R., ... & Lemus, M. Á. F. (2005). Modelo de Procesos para la Industria de Software MoProSoft. *Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS), Distrito Federal, México*.
- [10] Martínez Cárdenas, g. A. (2015). *Adaptación de MoProSoft para la Producción de Software en Instituciones Académicas* (Doctoral dissertation, Instituto Tecnológico de Colima).

Reconocimiento de señas utilizando la cámara Real Sense SR300

José Luis Molina Salgado
Departamento de Ciencias
Computacionales
Tecnológico Nacional de
México/cenidet
Cuernavaca, México
joseluis.molina@cenidet.edu.mx

Máximo López Sánchez
Departamento de Ciencias
Computacionales
Tecnológico Nacional de
México/cenidet
Cuernavaca, México
maximo@cenidet.edu.mx
(Autor corresponsal)

Aaron Enrique Santiago Nava
Departamento de Ciencias
Computacionales
Tecnológico Nacional de
México/cenidet
Cuernavaca, México
aaron.santiago18ce@cenidet.edu.mx

Andrea Magadán Salazar
Departamento de Ciencias
Computacionales
Tecnológico Nacional de
México/cenidet
Cuernavaca, México
magadan@cenidet.edu.mx

Gabriel González Serna
Departamento de Ciencias
Computacionales
Tecnológico Nacional de
México/cenidet
Cuernavaca, México
gabriel@cenidet.edu.mx

RESUMEN

Actualmente el desarrollo de sistemas interpretadores de la lengua de señas está basado en un proceso de desarrollo largo y complejo, limitados en unos casos a la detección de sólo unas cuantas señas. El presente trabajo describe el desarrollo de un sistema que permite reconocer señas de la mano derecha, utilizando la cámara Real Sense SR300, con la finalidad de ser una alternativa para el desarrollo de sistemas intérpretes de la lengua de señas. Para la evaluación del método, sobre los que se mencionarán posteriormente, se seleccionaron algunos gestos de letras y se compararon los resultados con los de los otros métodos.

PALABRAS CLAVE

Lenguaje de Descripción de Gestos, Reconocimiento de gestos, Lenguaje de Señas Mexicano, Real Sense, Project Gesture.

1 Introducción

La lengua de señas mexicana está compuesta por la dactilología y los ideogramas. Se conoce como

dactilología a la técnica de hablar con los dedos y las manos, está representada principalmente mediante el abecedario. Cada palabra se puede representar con la posición de mano correspondiente de cada letra que la conforma. Por otro lado, los ideogramas representan una palabra con una o varias posiciones de mano. En este caso se pueden representar la mayor parte de palabras del diccionario.

Actualmente, la tarea de desarrollar sistemas que interactúen con gestos manuales es un proceso arduo y de un elevado tiempo de desarrollo. Utilizando un lenguaje de descripción de gestos a través de construcciones de codificación, se permite declarar gestos de manera fácil, esto debido a que las propuestas tecnológicas actuales permiten que la elaboración de estos sistemas se ajuste a las necesidades de los usuarios finales. Dentro de la tecnología que se ha utilizado en el presente trabajo está el kit de desarrollo de *Project Gesture* y sensor de profundidad *Real Sense SR300*.

2 Motivación

La motivación principal para el desarrollo del presente proyecto, consiste en poder ofrecer un sistema que permita que usuarios con limitaciones de comunicación de habla y escucha, cuenten con las herramientas para poder incorporarse en actividades diarias en función de mejorar la interacción con personas de su entorno.

Se estima que más de mil millones de personas viven con algún tipo de discapacidad; o sea, alrededor del 15% de la población mundial (según las estimaciones de la población mundial en 2010) La OMS (Organización Mundial de la Salud) estima que 466 millones de personas sufren pérdida auditiva, 432 millones de adultos y 34 millones de niños [1].

Según las cifras del Censo de Población y Vivienda realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) en el año 2010, en México, 5.1% de la población total del país presentan algún tipo de discapacidad, es decir 739 mil 270 habitantes (Ver Figura 1) [2].

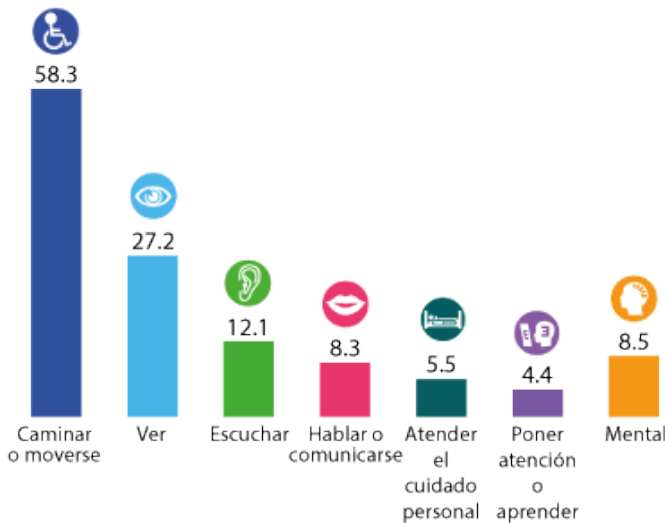


Figura 1. Porcentaje de la población con discapacidad según dificultad en la actividad. [1]

3 Trabajos previos

Actualmente existen varios dispositivos que se encargan de la captura de las señas, algunos de ellos son las cámaras web, el sensor *Kinect* y el dispositivo *Leap Motion*, de igual manera existen varias herramientas utilizadas para lograr la identificación de cada seña.

La mayoría de los trabajos con respecto a la detección de señas buscan llevar su interpretación al formato de texto, desplegando el significado en la pantalla de la computadora o en dispositivos móviles.

En [3] presentan un sistema capaz de identificar diez señas alfanuméricas diferentes (cinco letras y cinco números) pertenecientes a la Lengua de Señas Mexicana (LSM), para lograrlo utilizan el sensor *Kinect* en la captura de señas y el algoritmo de aprendizaje *Adaboost* para el entrenamiento del sistema. A diferencia del trabajo anterior, en [4] utilizan el dispositivo *Leap Motion* para realizar la captura de las señas, en él detectan siete señas pertenecientes a la Lengua de Señas Americana (ASL, por sus siglas en inglés) utilizando un árbol de decisión para lograr la clasificación de las señas.

Las redes neuronales también han estado presentes en estos trabajos, como el sistema para el reconocimiento de 37 señas pertenecientes a la ASL presentado en [5], donde por medio de la cámara de un teléfono celular capturaban las señas y mediante la implementación de una Red Neuronal Artificial (ANN, por sus siglas en inglés) lograban el reconocimiento. Otros trabajos que implementaron una ANN fueron [6] y [7] en los que los sistemas reconocían 24 y 26 caracteres de la ASL respectivamente.

Existen dispositivos capaces de capturar los impulsos eléctricos de los brazos como lo es el brazalete *MYO*, gracias a esto no es necesario estar situados delante de un receptor. En [8] presentan una propuesta utilizando dos dispositivos *MYO* (uno para cada brazo), en él se recogen 21 señales emitidas por cada brazalete, el modelo de predicción lo obtuvieron utilizando los

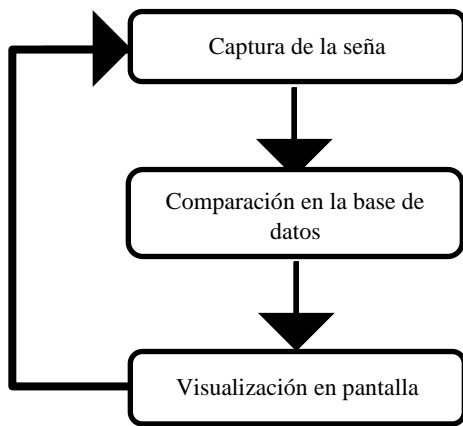
algoritmos: perceptron multicapa, y optimización mínima secuencial.

Es importante mencionar que en el desarrollo de sistemas intérpretes de la lengua de señas también se encuentran aquellos trabajos en los que también desarrollan sus dispositivos que utilizarán como interfaz para la captura de datos de la mano, en [9] desarrollaron un par de guantes en los que integraron sensores *flex* y giroscopios que eran conectados a dos tarjetas *arduino uno*. Otro trabajo similar es presentado en [10] donde arman un semi-guante utilizando cinco sensores *flex*, uno para cada dedo de la mano, controlado por un *arduino Pro mini*, enviando la información de la seña detectada a un teléfono celular, a través de Bluetooth, mostrando en su pantalla la letra identificada.

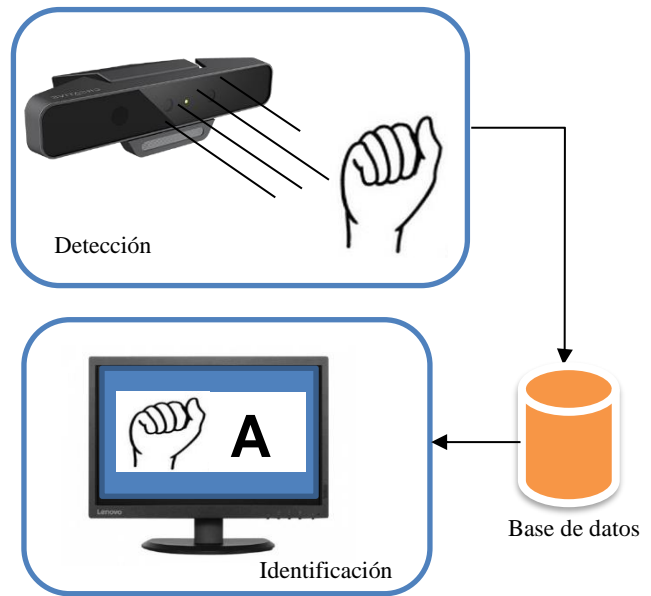
El uso de estos métodos suele requerir de gran cantidad de datos de entrenamiento para cada una de las señas que se desea identificar o los datos de salida que arroje el dispositivo con el que se esté trabajando, esto con la finalidad de tener una mejor respuesta por parte del sistema, sumándole a eso el tiempo en que tardará el sistema en ser entrenado variando del método que se utilice.

4 Metodología

Para el desarrollo del presente proyecto se ha propuesto la siguiente metodología (ver Figura 2):



(a)



(b)

Figura 2. Diagramas: (a)Diagrama del sistema. (b)Arquitectura del sistema.

4.1 Cámara Real Sense SR300

La cámara *Intel® RealSense™ SR300* (ver Figura 3) integra un subsistema de sonido con doble micrófono, ofrece una cámara a color full 1080p que funciona a 30 cuadros por segundo (FPS) y brinda una distancia óptima de entre 0,2 m y 1,5 m para la mejor percepción de profundidad [11].



Figura 3: Cámara Real Sense SR300. [10]

Características:

- Reconocimiento de gestos de mano que se pueden utilizar para múltiples propósitos de UI (User Interface).



```
var a = new HandPose("A", new PalmPose(Hand.RightHand, PoseDirection.Forward),
new FingerPose(new[] {Finger.Pinky,Finger.Ring,
Finger.Middle,Finger.Index },
FingerFlexion.Folded,PoseDirection.Down),
new FingerPose(Finger.Thumb, FingerFlexion.Open));
```

Figura 4. Código en lenguaje C# que describe la posición de la mano correspondiente a la letra A de la lengua de señas mexicana.

- Capacidad de escaneo 3D que reconstruye la forma y el aspecto de un objeto del mundo real en una malla de triángulos 3D.
- Una característica de segmentación de fondo elimina o sustituye la imagen detrás de la cabeza y los hombros del usuario
- La capacidad de seguimiento y reconocimiento de rostros identifica la presencia y las características faciales de un usuario, admitiendo hasta 78 puntos de referencia para un mayor nivel de precisión y reconocimiento de expresiones.

4.2 Lenguaje de descripción de gestos

En [12] proponen un método llamado lenguaje de descripción de gestos (GDL, por sus siglas en inglés) el cual permite crear descripciones de posturas estáticas y gestos corporales. Se implementa como un conjunto de reglas en las cuales se va definiendo cada posición de las partes del cuerpo utilizando los ángulos de separación entre ellas.

5 Desarrollo

Para el desarrollo del sistema se utilizó el kit de desarrollo de *Project Gesture* de *Microsoft* en el cual por medio de proposiciones para los dedos y la palma se puede definir una posición de mano, asignándole un significado. Como se muestra en la Figura 4 se describen en qué estado se encuentran los dedos y en este caso la posición de la palma con respecto a la cámara. Es necesario saber hasta qué cantidad de descripciones se deben hacer para un solo gesto, si se satura de descripciones el gesto, en cierto punto, no podría ser detectado debido a que se le estará pidiendo al sistema que sea demasiado preciso, por otro lado, si

la descripción es muy pobre, el sistema podría detectar gestos parecidos al deseado.

```
new PalmPose(Hand.RightHand, PoseDirection.Forward),
new FingerPose(new[] {Finger.Pinky,Finger.Ring,
Finger.Middle,Finger.Index },
FingerFlexion.Folded,PoseDirection.Down),
new FingerPose(Finger.Thumb, FingerFlexion.Open));
```

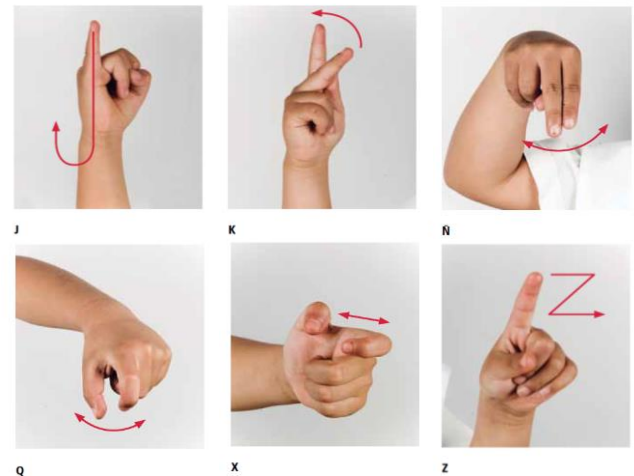


Figura 5. Letras en la LSM que tienen movimiento. [13]

6 Experimentos y resultados

La identificación de señas correspondiente a las letras del alfabeto del lenguaje de señas mexicano como se muestra en [2] ha sido bastante acertada probada con señas estáticas como los son las primeras 5 letras de alfabeto que utilizan, pero existen 6 que deben llevar movimiento como se muestra en la Figura 5. Una ventaja de *Project Gesture* es que permite los movimientos en las señas permitiendo reconocer estas letras sin necesidad de cambiarlas por señas estáticas.

7 Conclusión

En este artículo se presenta el lenguaje de descripción de gestos de *Project Gesture* de *Microsoft* como alternativa a la detección de gestos manuales, acelerando los tiempos de desarrollo de estos sistemas

debido a que no es necesario recolectar imágenes para entrenar los sistemas de reconocimiento. Una desventaja es que solo trabaja con las manos, teniendo mejores resultados con una sola mano que utilizando las dos para el reconocimiento, por lo cual una oportunidad de trabajo de investigación y desarrollo, es ampliar el *framework* de *Project Gesture* para que pueda reconocer tanto los movimientos de las manos como los que se hagan en la cara y en combinación con el cuerpo, aprovechando las características del *Real Sense*.

AGRADECIMIENTOS

Nuestros agradecimientos al CONACYT por su apoyo en la beca a estudiantes participantes.

Al TecNM por su apoyo ya que este trabajo es resultado del proyecto: CEN-PYR-2019-5356

REFERENCIAS

- [1] OMS. (2019, 03 17). Sordera y pérdida de la audición. Retrieved from <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/deafness-and-hearing-loss>
- [2] INEGI. (2019, 03 29). Cuéntame. Retrieved from <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/discapacidad.aspx?tema=P>
- [3] J. Jiménez, A. M. (10 de Octubre de 2017). Mexican Sign Language Alphanumerical Gestures Recognition using 3D Haar-like Features. Latin America Transactions, IEEE, 2000-2005.
- [4] Ponlawat Chophuk, K. P. (2018). Fist American Sign Language Recognition Using Leap Motion Sensor. International Workshop on Advanced Image Technology. Chiang Mai: IEEE.
- [5] Mohiminul Islam, S. (2017). Real Time Hand Gesture Recognition Using Different Algorithms Based on American Sign Language. International Conference on Imaging, Vision & Pattern Recognition. Bangladesh: IEEE.
- [6] Rangel Daroya, D. P. (2018). Alphabet Sign Language Image Classification Using Deep Learning. Proceedings of TENCON (págs. 28 - 31). Jeju: IEEE.
- [7] Deepali Naglot, M. K. (2016). Real Time Sign Language Recognition using the Leap Motion Controller. International Conference on Inventive Computation Technologies. Coimbatore: IEEE.
- [8] Malika Vachirapipop, S. S. (2017). Sign Translation with Myo armbands. International Computer Science and Engineering Conference (págs. 148 - 152). Bangkok: IEEE.
- [9] Hardik Rewari, V. D. (2018). Automated Sign Language Interpreter. Eleventh International Conference on Contemporary Computing. Noida: IEEE.
- [10] Boon Giin Lee, S. M. (2018). Smart Wearable Hand Device for Sign Language Interpretation System With Sensors Fusion. IEEE Sensors Journal, 1224 - 1232.
- [11] Tecnología Intel® RealSense™. (26 de 03 de 2019). Obtenido de <https://software.intel.com/es-es/realsense/sr300>
- [12] Tomasz Hachaj, M. R. (2014). Rule-based approach to recognizing human body poses and gestures in real time. International Conference on Distributed Multimedia Systems (págs. 81-99). Pittsburgh: Springer (2018).
- [13] María Esther Serafín de Fleischmann, R. G. (2011). *Manos con voz. Diccionario de lengua de señas mexicana*. D.F.: Conapred y Libre Acceso A.C.

Apropiación y Aplicación a una Gestión sostenible en una Revisión general de respuesta a la demanda, sus implicaciones y Oportunidades en Colombia

Favian Moncadaⁱ

1. Autor Favian Leonardo Moncada Pinzon Engineering Department, Corporación de Educación Tecnológica Colsubsidio – Airbus Group | Bogotá D.C., Colombia; <https://orcid.org/0000-0002-7538-0672>

Abstract: This document allows us to have a general overview of DR Demand Response management, and their respective implications by drawing a roadmap regarding its implementation and simulation, taking into account mainly that the Demand to Demand Offer allows us to provide a solution to provide energetic capacity and reliability to the constantly evolving network on which the collective intelligence or Smart Grid is enhanced. This document shows some technologies of demand management that can be dispatched within which are: Direct Load Control, Interruptible Load, Automated, Time Variation, Time Valuation. Some aspects to take into account are the Network restriction services, Security of supplies, Balance and economic markets (Financial Movement) assuming that the DR have a charging dynamic of electric power assessed between the end user and the energy retail producer . DR programs are also essential to improve the reliability of the system and the overall profitability taking into account a Latin American and country regional panorama. The control systems of the demand response management are based on the algorithms of the same which can face challenges such as photovoltaic networks in combination with electrical systems (electrical appliances), giving as a response a possibility to contribute in the task of managing particular energy loads, as a result of this would imply cost savings, load reductions. These algorithms tend to take a single solution factor, such as energy costs, maximum load among others, so that demand management on the client side DSM (Demand side management) becomes more important in order to improve the efficiency and sustainability generating a control on the peak of DR demand management, recalculate the load curve and improve costs, technical aspects for infrastructure use, generation and transmission of energy. The algorithm systems that adapt to the system depending on their needs through a mathematical formulation as a minimization of the problem with a limited number of loads, the HEM algorithms (home energy management) Handles high power loads according to the priority in households below certain levels enabling DR potentials.

Keywords: Response demand; control; energy management systems; Algorithm; Power Renewable.

Resumen: Este documento nos permite tener una visión general de la gestión de (DR Demand Response) Respuesta a la demanda y sus respectivas implicaciones al trazar una hoja de ruta con respecto a su implementación y simulación, teniendo en cuenta principalmente que la Oferta a la Demanda nos permite proporcionar una solución para suministrar capacidad energética y confiabilidad a la red en constante evolución en la que se mejora la inteligencia colectiva o Smart Grid. Este documento muestra algunas tecnologías de gestión de la demanda que se pueden trabajar, entre las que se encuentran: Control de carga directa, Carga interrumpible, Automatizada, Variación de tiempo, Valoración de tiempo. Algunos aspectos a tener en cuenta son los servicios de restricción de la red, la seguridad de los suministros, el equilibrio y los mercados económicos (movimiento financiero), asumiendo que la RD tiene una dinámica de carga de energía eléctrica evaluada entre el usuario final y el productor minorista de energía. Los programas de DR también son esenciales para mejorar la confiabilidad del sistema y la rentabilidad general teniendo en cuenta el panorama regional de América Latina y el país. Los sistemas de control de la gestión de respuesta a la demanda se basan en los algoritmos de los mismos que pueden enfrentar desafíos como las redes fotovoltaicas en combinación con los sistemas eléctricos (aparatos eléctricos), lo que ofrece como respuesta la posibilidad de contribuir en la tarea de gestionar cargas de energía particulares. Como resultado de esto, implicaría ahorros de costos y reducciones de carga. Estos algoritmos tienden a tomar un solo factor de solución, como los costos de energía, la carga máxima entre otros, por lo que la gestión de la demanda en el lado del cliente DSM (Gestión del lado de la demanda) se vuelve más importante para mejorar la eficiencia y la sostenibilidad, generando un control en el entorno. El pico de la gestión de la demanda de DR, recalculan la curva de carga y mejoran los costos, aspectos técnicos para el uso de la infraestructura, generación y transmisión de energía. Los sistemas de algoritmos que se adaptan al sistema según sus necesidades a través de una formulación matemática como una minimización del problema con un número limitado de cargas, los algoritmos HEM (gestión de energía en el hogar) manejan cargas de alta potencia según la prioridad en hogares por debajo de ciertos niveles permitiendo potenciales de DR.

Palabras clave: demanda de respuesta; controlar; sistemas de gestión de la energía; Algoritmo; Energía Renovable.

1. Introduction

En un mundo en constante crecimiento y con un mercado energético en ascenso es necesario mecanismos de verificación más precisos para prevenir posibles contingencias y es como la gestión eléctrica surge como respuesta a estos interrogantes con el ánimo de buscar nuevos mercados [1], la respuesta a la demanda (DR) es una respuesta a un mercado en constante crecimiento y con infinitas posibilidades que suele estar definida en los cambios de los patrones de consumo en respuesta a los cambios de los precios esto para introducir un menor consumo en un determinado tiempo a través de diversas tecnologías[2], o a los pagos de incentivos diseñados para introducir un menor uso de la electricidad, en períodos de altos precios de mercado beneficios que podrían llegar en algunos casos de hasta a una reducción del Costo diario de energía del 30% [3].

La DR posee grandes cualidades y permite mejorar la eficiencia de los mercados energéticos, particularmente aquellos que buscan integrar una gran fracción de generación de energía renovable, y en este orden de ideas la administración de la red del lado de la demanda en una respuesta activa (ADR), es una opción real para implementar estrategias en una interacción entre la oferta y la demanda de electricidad que requiera herramientas de modelado integradas [4]. Pero que quiere decir esto que la DR es un nueva área desafiante para la mayoría utilidades y administradores de la red eléctrica [5], la DR activa, busca e integra la estrategia más común para la optimización del consumo de energía [6], además el crecimiento poblacional y en razón a esto de recursos tan preciados como el energético y su gestión se hacen cada día más necesarios, la sostenibilidad y la competitividad van evolucionando, a la par de los modelos de negocio esto incluye los grandes

monopolios económicos [7],[8].

La participación de la Respuesta a la demanda posee algunas características esenciales y se dividen esencialmente en dos las despachables y las no despachables, según la procedencia de la señal en este caso para la toma de decisiones del usuario [9], con un gran potencial de reducción energética que garantice una participación viable en el mercado [10] con una gestión DR que puedo aportar de forma significativa a un funcionamiento más eficiente de los sistemas de energía eléctrica [11] en un futuro inmediato. Antes de determinar los tipos de respuesta a la demanda es importante entender la dinámica del mercado eléctrico y como respuesta de esto algunos fundamentos:

a) La energía eléctrica es variable en cuanto al tiempo, algunas veces será alta su demanda y otras veces será baja, y no es almacenable, junto con su producción posee algunas restricciones a mediano plazo.

b) Su legislación es cambiante dependiendo de la región además se tienen restricciones de capacidad y oferta [9].

2. Respuesta a la demanda Despachables

La Respuesta a la demanda despachable nos permite, dar solución para proporcionar capacidad, energética y confiabilidad a la red. Proporcionando cabida energética en áreas con características restringidas, dichos servicios de oferta a la demanda despachables integra tecnológicamente servicios programados o automatizados que utilizan un sistema de almacenamiento de energía (Baterías, almacenamiento térmico, entre otros), teniendo en cuenta la capacidad de modificar la carga en franjas horarias, donde encontramos diversas categorías industriales, comerciales y residenciales, estos servicios varían dependiendo del cliente. Los clientes con ofertas a la demanda despachables, típicamente gestionan la DR para recibir pagos por reducciones a la demanda con sus respectivas restricciones Comerciales y contractuales. A continuación se muestran algunas tecnologías propias de la gestión a la respuesta a la demanda despachable.

- **Control de Carga Directa:** Básicamente es un control sobre el mercado que opera en función de los operadores del sistema, activándose en respuesta al movimiento de tasación mayorista junto con las restricciones de la red y tiene su mayor utilidad en sistemas de cogeneración, un ejemplo de esto es cuando un sistema que en este caso puede ser una red inteligente recibe una solicitud de apagar un sistema energético (ejemplo sistemas de enfriamiento) directamente, ayudando la disminución de energía inmediata, y a su vez en la utilización de sistema de producción (Calderas, calefacción), beneficiando un ahorro en algunos sistemas de potencia en una reducción aproximada de 23%, mantenimiento los sistemas constante y en un rendimiento aceptable[11]. Adicionalmente el Control directo de carga me puede brindar una mayor aceptabilidad de rango de tarifas que en muchos casos como[12] , adquieren un impacto visible en el pago de la factura por parte del usuario
- **Automatizada:** la automatización es un término utilizado ampliamente en la industria para traer avance tecnológico a la industria, podemos encontrar diversos temas de trabajo como lo son industriales a través de PLC (panel lógico programable) o sistemas de control menos convencionales como lo son circuitos integrados programables o embebidos, siendo transformadores en la industria de la energía desde la concepción del diseño de la misma en sistemas autónomos que según [13] , son una gran ventaja en zonas apartadas o remotas, la inclusión de este tipo de sistemas inteligentes en la una propuesta de oferta a la demanda supone una planificación y puede proporcionar ahorros económicos e impacto en su capacidad de respuesta que para [14], tendría un impacto en la optimización de los diversos procesos llevados a cabo , (etapas, perdidas, mantenimientos, confiabilidad, valor de recuperación, costos operacionales). Como parte de la evaluación de los últimos años y la que falta por darse es importante tener en cuenta que el crecimiento nos va permitir cambios significativos

en el desarrollo e integración de las nuevas tecnologías [15].

- **Carga Interrumpible:** La administración de la carga es un proceso de equilibrio diario entre el usuario, la demanda y la empresa suministradora o reguladora de energía [16], Básicamente el tipo de respuesta a la demanda por carga interrumpible está basado en el control de carga directa pero para usuarios industriales con necesidades de carga flexibles que en algunos ejemplos agropecuarios, Requieren la activación de calderas para ciertas horas del día, es importante para aliviar la necesidad de carga que según [17], es fundamental para los programas de carga interrumpible en tiempo y espacio, teniendo en cuenta las capacidades mínimas y los tiempos de duración de energía, a su vez permite un mejoramiento en los sistemas de DR jugando un papel crítico en la administración del sistema de operación basado en los diferentes parámetros de uso garantizando la propuesta en varios escenarios de uso [18].

Dentro de las energías No Despachables tenemos dos muy importantes como lo son:

- **Variación del tiempo - VDT:** Los programas de variación del tiempo se establecen en una hora determinada según el mes, la semana, el día y a un la hora, bajo ciertas reglas que son realizadas por el consumidor y el proveedor de energía, dando paso a procesos en los que el minorista tiene el precio a su favor y algunas ventajas para usar el tiempo y afectar la demanda utilizando un marco de gestión óptimo de consumo energético [19], el estudio económico de este tipo supone una tasación dinámica planteada en una gestión de modelo de compras que según [20], resulta en un costo beneficio y bastante importante, que en algunos casos como [21], se muestran tasas variables en el tiempo que revelan gran parte de la diferencia en los resultados trabajados con la DR en relación a los precios en horas pico, adicionalmente en VDT se permitiría una caracterización de las señales de voltaje y corriente variables al tiempo con un tratamiento de señales que gestionarían la calidad energética garantizando así estabilidad energética [22].
- **Por comportamiento de tiempo o tasación de Tiempo de Uso (TDU):** En este caso existe una dinámica de trabajo por parte del usuario como del generador, como el minorista, los cuales determinan un valor del precio de la energía [9], beneficiando en algunos ejemplos casos en plantas energéticas en china que con el TDU Reducen el costo total de la electricidad mediante la distribución de más gases secundarios durante el período de precio máximo, mientras se distribuyen menos gases secundarios a los durante el período de precios valle [23], en sistemas fotovoltaicos se estaría solventando el tiempo de tasación energético permitiendo el uso de energía solar con mayor eficiencia en hasta 48 sistemas de PV comparados con sistemas híbridos con mejoras relativas en los sistemas que estaría entre el 15 y el 90 % por ciento garantizando la mejora del servicio eléctrico [24] en TDU

Programas utilizados en respuesta a la demanda teniendo en cuenta su eficiencia

- Los programas están orientados hacia los aspectos de precios e incentivos que requieran la viabilidad del sistema sustentado en [25], para incentivos más eficientes según la composición de ciudades y países en determinados periodos de tiempo, las condiciones climáticas son cambiantes y determinantes, como lo son cambios en la tasa de precios o en las ofertas [26].
- Para algunos usuarios donde cuentan con necesidades particulares y enfocadas en necesidades que involucran un gran número de áreas de tecnológicas [27], esto en un contexto de programas y escenarios residenciales, comerciales, industriales y especiales, siendo relevante las características del terreno (Uso de la tierra), el uso de enfoques, características de instalación, Tamaño de la propiedad, todo esto varía

dependiendo de las características del programa y en preferencia de los usuarios [28].

- Con la implementación de la reestructuración y la desregulación en la industria eléctrica, los operadores han introducido algunos aspectos de eficiencia y economía de los sistemas de energía se vuelven significativas [29]. Algunos aspectos a tener en cuenta son los servicios de restricción de Red, Seguridad de suministros, Mercados de balance y económicos (Movimiento Financiero) asumiendo que los DR tienen una dinámica de tasación de energía eléctrica tasado entre el usuario Final y el productor minorista de energía. Los programas de DR también son esenciales para mejorar la fiabilidad del sistema y la rentabilidad global. Sin embargo, la implementación efectiva de los programas de DR requiere un diseño sistemático y científico que en muchos casos involucra un proceso de enseñanza [30] y un mercado de electricidad que funcione de manera saludable. Una señal de precios apropiada y razonable durante el proceso de compensación del mercado de la electricidad es la clave para proporcionar la dirección correcta para todos los participantes del mercado [31].

3. Panorama General DR

El Mercado de respuesta a la demanda en algunos países, supone unos grandes retos teniendo como participación en el mercado eléctrico un aprovechamiento tan solo del 8,71 % sobre unos potenciales bastante favorables, para finales de 2015, la región contaba con un total de 171.381 MW de capacidad hidroeléctrica, 12.175 MW de eólica, 1.983 MW de solar, 17.061 MW provenientes de biomasa, 1.499 MW de geotérmica y 5.280 MW asociados a energía nuclear (Ver figura 1).

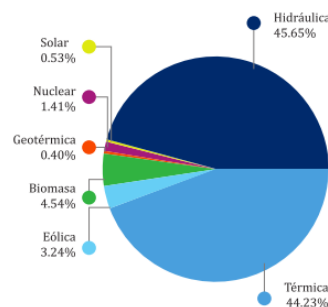


Figura 1 Matriz energética eléctrica de latino América y el caribe (ALC), [32].

Dentro del análisis realizado según [32], Brasil cuenta con una gran riqueza natural en recursos renovables siendo un país referente para la región con una relación en capacidad estructural en materia general en energía hidráulica, eólica, de biomasa y nuclear, con capacidades instaladas de 91.650 MW, 7.633 MW, 13.257 MW y 2.007 MW respectivamente para finales del año 2015, asimismo, Chile es el país con mayor capacidad instalada de energía solar con 1.052 MW y México es líder en energía geotérmica con 874 MW instalados. Adicionalmente Solo Brasil, Argentina y México cuentan con centrales de generación nuclear en la región de ALC, con capacidades instaladas de 2007 MW, 1763 MW y 1510 MW [32]. Las Redes eléctricas inteligentes en América latina [33], proporcionan algunos estudios que consideran la DR como un diseño ideal para evaluar dentro de una red inteligente[34], ya que existen efectos positivos de DR sobre el desempeño económico y ambiental de sistemas de generación de energía únicos o híbridos [35], la tecnología sin lugar a dudas es parte fundamental en el acceso y desarrollo del mismo teniendo en cuenta grado de programación, automatización de proceso, con referencia a la capacidad de respuesta de la demanda.

Un vistazo general para América latina en materia tecnológica nos permite identificar que se tiene el potencial para adaptar o crear nuevas tecnologías y contribuir con el desarrollo sostenible en algunas líneas tecnológicas sobre DR centrándose en la reducción de pérdidas no técnicas, aplicación de medidor inteligentes y mejora de la infraestructura eléctrica con unas condiciones bastantes

favorables, en Argentina como parte de la contribución a la integración de respuesta a la demanda con redes inteligentes Energía Argentina SA (ENARSA), se están implementando acciones de mejora frente al seguimiento activo del equipo asociado con el sistema de transmisión [36], además con el fin de dar un mayor impulso al cambio de modelo energético, para el caso de Brasil se tiene una línea tecnológica un poco más robusta teniendo en cuenta que desde 2010 se ha comenzado estudios profundos sobre el tema un ejemplo es el modelo que se utilizó para implementar un sistema de aranceles hora vs tiempo real en la ciudad de sete lagoas, esto permitiría mejorar la eficiencia y calidad de la energía [37], el proyecto piloto permitiría gestionar la energía eléctrica a través de una red apoyada por sistemas de medición inteligente con un impacto cuyo objetivo es de 3670 consumidores, mediante el sistema se tendría una oferta por demanda gestionada por medidores inteligentes en una red inteligente.

Para otros países como Chile se ha ideado una estrategia de política energética 2012 – 2030 titulado estrategia nacional de Energía donde se promueve la generación distribuida con medidores inteligentes centrando en Balance neto con una proyección de gestión de energía por DR en Redes inteligentes, estos son algunos de los casos en los cuales se puede analizar una pequeña inducción sobre DR en algunos países de Latinoamérica, Según [38] se podrían producir mejoras en las emisiones de gases contaminantes en un 21% y 14%, respectivamente. En sistemas energéticos futuros y más inteligentes, los precios de la energía que varían en función del tiempo permiten una respuesta indirecta a la demanda (DR) para ayudar al sistema de suministro eléctrico a satisfacer la demanda [39].

En algunos países Europeos se está implementando adecuadamente, un sistema mensual de precios de medición neta que resultaría en las instalaciones fotovoltaicas más grandes para el hogar (capacidad nominal media de 4,2 kWp / hogar), adicionalmente el uso del sistema de reducción de impuestos reduce la instalación por hogar (2,1 kWp / hogar) [40]. La respuesta activa a la demanda (DSR) proporcionará una oportunidad significativa para mejorar la flexibilidad del sistema eléctrico un ejemplo de esto es en Gran Bretaña (GB), Resultado del despliegue de DSR en un horizonte temporal de 50 años a partir de 2010 se estimó en alrededor de £ 60 mil millones para el sistema de energía GB. Aunque el ahorro de costes logrado en la red de gas no fue significativo, se demostró que el DSR tendrá un papel crucial en la mejora de la seguridad del suministro de gas [41].

Los resultados de optimización de la mejor combinación sin y con la estrategia DR han sido comparado, y se pueden lograr grandes ahorros que viabilizan los proyectos, de acuerdo con las particularidades de cada uno [42], los consumidores ajustan su propio nivel de carga horaria en respuesta a los precios en tiempo real (RTP) de la electricidad para maximizar su utilidad [43], el sistema de gestión de la energía doméstica (HEMS) es esencial para que los consumidores residenciales de electricidad participen activamente en los programas de respuesta a la demanda (DR) [44] otro ejemplo es la capacidad de almacenamiento de energía de las estructuras de edificios, así como el desarrollo de la electrónica de potencia asociada, permite que los sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) sean explotados como recursos de respuesta a la demanda (DR). En particular, los sistemas HVAC han sido integrados en programas de DR con mecanismos de precios de electricidad [3]. El cambio de la calefacción de espacio residencial del uso de calderas de gas hacia el uso de bombas de calor se reconoce como un método para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y aumentar la eficiencia energética y la fuente de energía [45].

En cuestiones prácticas se debe evaluar el costo de la infraestructura de DR, el costo de la activación de la DR y el costo de perder la vida útil de los componentes eléctricos. Y recibiendo el castigo de la calidad de la energía todo debe ser tomado en consideración [46]. La demanda de flexibilidad en los sistemas eléctricos y la transición a la Red Inteligente está aumentando las oportunidades de respuesta a la demanda (RD). Sin embargo, hay muchas barreras que impiden que se realice todo el potencial de DR. El desbloqueo de este potencial, a través de la identificación de facilitadores DR, puede ser ayudado a través de la clasificación y análisis sistemático de las barreras DR. La consideración de los aspectos técnicos y comerciales / sociales tanto de los sistemas de energía como de los dominios de la tecnología de la información y la comunicación (el "Internet de las cosas") proporciona una contribución fundamental para mejorar la comprensión de la RD dentro

del paradigma Smart Grid, las barreras se han clasificado inicialmente como fundamentales y secundarias.

- Las barreras fundamentales incluyen las clases de barreras que Naturaleza humana intrínseca (barreras sociales y económicas), ya (Barreras tecnológicas).
- Las barreras secundarias a instituciones antropogénicas (regulaciones, mercados) o comportamiento, resultados de las retroalimentaciones en respuesta a la participación [47].

4. Algoritmos en Respuesta a la demanda:

La gestión para Redes eléctricas enfrenta bastantes desafíos como lo serían redes fotovoltaicas en combinación con sistemas eléctricos (electrodomésticos), dando como respuesta una posibilidad de contribuir en la tarea de administrar cargas de energía en particular como resultado ahorros de costos, reducciones de carga. La DR posee un campo de estudio que pretende dar salida a estos fenómenos a través de algoritmos que con el propósito de dar una solución, nos permitan tener múltiples beneficios esto teniendo en cuenta que el algoritmo tiene un tiempo de trabajo predecible y garantizaría unos resultados viables como lo serían un flujo de datos y modelado que necesitaría un sistema de control en un edificio o casa inteligente (smart city) conectados que permitan la integración de la gestión energética en tiempos estimados con fuentes renovables [48].

La DR se enfocaría en optimizar patrones de consumo con la utilización de algoritmos heterogéneos, métodos de optimización y estructura de comunicación, estos diversos esquemas de control, se desarrollan con diferentes organizaciones de acuerdo a las necesidades de carga basada en el comportamiento y control directo e indirecto proporcionando una visión general de los esquemas de control, así como diferentes formas de representar un edificio [49]. Estos algoritmos suelen tomar un solo factor de solución, como lo serían costos de energía, carga máxima entre otros [50], por lo que la gestión de la demanda del lado del cliente DSM (Demand side management) toma mayor importancia con el objetivo de mejorar la eficiencia y sostenibilidad generando un control sobre el pico de la gestión de la DR, recalcular la curva de carga y mejorar costos, aspectos técnicos para la utilización en infraestructura, generación y transmisión de energía [50], los sistemas de algoritmos que se adaptan al sistema dependiendo de sus necesidades a través de un formulamiento matemático como una minimización del problema con un número limitado de cargas, los algoritmos HEM (home energy management) Maneja cargas de potencia altas de acuerdo a la prioridad en los hogares por debajo de ciertos niveles posibilitando los potenciales de DR [51], los algoritmos en DR consideran en su mayoría un solo objetivo en cuenta como suele ser por ejemplo costos, reducciones de carga entre otros [52], Además se han realizado revisiones de interés de campo y de desarrollo de algoritmos considerando múltiples objetivos [50].

La Modelación de respuesta a la demanda consideraría varios objetivos definido por un objetivo múltiple restringido CMOP [53], [54], bajo ciertas suposiciones se debe considerar varias restricciones con respecto a los dispositivos para cumplir con el área de aplicación se elige un modelo de optimización, bajo ciertos paradigmas de investigación una solución se remonta a modelos de función considerando un área de aplicación [55]. Por lo cual tenemos algunos casos por nombrar sobre los cuales se realiza la gestión de la DR por algoritmos de toma de decisión como lo son en algunos casos:

- A. Algoritmo holístico de DR del centro de datos para suavizar la fluctuación de potencia de la línea de conexión de la microRed: En este artículo se trata una problemática basada sobre la gestión en energética de un servidor o un centro de datos con requerimientos energéticos basados en algoritmos e Inteligencia Artificial (IA), la energía renovable posee grandes retos como lo son la intermitencia en la señal y el suministro de energía eléctrica a sistemas CPU – GPU, para resolver este problema y conservar la estabilidad de los datos y su manejo en la Nube en este artículo se presenta un algoritmo de suavizado de fluctuación de potencia de la línea de conexión considerando la respuesta holística del centro teniendo como resultado[56]:

- a) Superar las limitaciones de tratar la carga del centro datos como una carga de

trabajo incontrolable en la investigación tradicional de DR, contando con un modelo de planificación de recursos del centro de datos para realizar la capacidad de control de la DR.

- b) Se proponen dos nuevos mecanismos, uno que sería el método de programación de la carga de trabajo del clúster del servidor con el mecanismo de cambio de tiempo, y dos el mecanismo de respuesta dinámica de almacenamiento de energía de la UPS del centro de datos con una fuente de alimentación ininterrumpida.
 - c) Combinando estos dos mecanismos como DR holística del centro de datos, Se utiliza un algoritmo de suavizado de fluctuación de potencia de línea de enlace para mejorar la confiabilidad de la fuente de alimentación, lo cual es beneficioso tanto para la alta densidad como para la precisión del sistema.
- B. Sistema de gestión de DR con ventana de tiempo discreto usando algoritmo de aprendizaje supervisado: el sistema de administración de energía utiliza una red Inteligente con un algoritmo de DR que permite el desplazamiento de cargas programables en un hogar que minimice la factura de energía eléctrica utilizando un esquema de precios por hora uso, aprendiendo los patrones de uso de los consumidores para permitir que los aparatos programables puedan funcionar de manera autónoma [57].
- C. Un nuevo algoritmo de DR para la gestión de la intermitencia solar fotovoltaica: En este Trabajo se presenta un nuevo algoritmo para gestionar la intermitencia solar fotovoltaica en edificios ecológicos mediante la técnica de gestión de respuesta a la demanda (DRM). El algoritmo DRM propuesto utiliza el sistema de aire acondicionado y ventilación mecánica (ACMV) del edificio para compensar dinámicamente el déficit de energía generado por el sistema fotovoltaico solar a partir de su capacidad nominal. Por ejemplo, la solución desarrollada reducirá la demanda de carga del sistema ACMV igual a la caída de la generación solar al controlar la velocidad del ventilador. Esto asegurará que la cantidad de energía suministrada por la red al edificio seguirá siendo la misma (como antes de la caída de la generación solar) y por lo tanto, no afectará la estabilidad de la red. Sin embargo, dado que el sistema ACMV está directamente relacionado con la salud / comodidad de los ocupantes del edificio, la solución propuesta también incluirá la gestión del almacenamiento de energía y programas de eliminación de carga basados en la prioridad para brindar apoyo cuando la temperatura de la habitación (aire acondicionado) o el nivel de CO (ventilación) esté por encima del regulador límite. Se desarrolló un modelo térmico para la variación de la temperatura del edificio para probar y analizar el algoritmo propuesto para gestionar dinámicamente la fluctuación de la energía solar fotovoltaica [58].

5. Un Vistazo al Panorama General en Colombia

Colombia está entrando en una época de modernización de sus redes eléctricas por medio de la proyección de implementación de redes inteligentes (RI) con la aprobación del 2001 de la ley para promover las energías alternativas y en las 1994 reformas que dividen los costos administrativos del sector eléctrico en generación, transmisión, distribución y comercialización. Se plantean políticas como la de “Colombia Inteligente”, Propuesta en la se promociona la búsqueda de Respuestas a soluciones, desde la generación hasta el consumo final en base a la búsqueda de un mejor desempeño en consecuencia un mejor servicio a los usuarios, utilizando la nueva propuesta tecnológica. [37]

A la fecha la iniciativa tiene en cuenta actores sobre salientes que obtengan que los proyectos de investigación y desarrollo integren los actores involucrados como lo son ofertas de mercado, desarrollos de proyectos propios para alcanzar objetivos de país y compromisos internacionales, para el 2016 se finiquita la hoja de ruta a través de la Visión 2030 Colombia, documento realizado por la unidad de planeación energética UPME, donde se proyecta un panorama general que involucra redes inteligentes, vehículos eléctricos entre otras teniendo en cuenta para esto al banco interamericano de

desarrollo en conjunto con el ministerio de la información y las comunicaciones con el apoyo técnico y el objetivo de identificar el marco más apropiado para la implementación de RI en Colombia, considerando las temáticas prioritarias como: Infraestructura RI y Proteger el medio Ambiente y mejorar en el aseguramiento de alimentos como respuesta al cambio Climático, además de las eficiencia energética e integración de las energías Renovables que incluye no sólo los retos que debe afrontar el país con el fin de poner en práctica esta visión de RI, sino también las tareas y requisitos que deben llevarse a cabo [59].

Adicionalmente algunos artículos como los que se muestran a continuación nos dan un panorama general:

- **Simulación de escenarios de crecimiento de la demanda en el mercado eléctrico colombiano: una integración de dinámica de sistemas y sistemas dinámicos.** El modelado y la simulación de los mercados de electricidad han involucrado cada vez más el uso de un enfoque de dinámica de sistemas (SD). El enfoque en el estudio del tiempo representado y simulado con software bajo la metodología de sistemas Dinámicos con el desarrollo de algoritmos en un crecimiento de la respuesta a la demanda en el mercado eléctrico en combinación de dinámica de sistemas y modelos. La combinación de las metodologías puede abrir la puerta a un método de análisis nuevo y alternativo para los modelos del mercado eléctrico e incluso para cualquier modelo SD [60].
- **Respuesta de la demanda en el mercado eléctrico Colombiano: modelado e implementación web:** Para este caso se presenta un análisis sobre RD por desconexión trabajo en el cual se da una respuesta por incentivos permitiendo la coordinación y participación de usuarios y evalúa económicamente el costo del servicio que oferta un operador de Red del mercado eléctrico Colombiano [61].
- **Políticas para la autogestión de electricidad en el sector residencial urbano de Colombia:** Se realiza un análisis basado hipótesis dinámicas en respuesta al sector eléctrico teniendo en cuenta la crisis climática, los altos precios de la energía, y la oferta y demanda de energía, consumo detallados del sector residencial, en un esfuerzo para promover la conservación, la eficiencia, la implementación de la tecnología y el cambio de fuente de energía con el objetivo esencial de evaluar diferentes políticas para la autogestión de electricidad en el sector residencial urbano de Colombia, por medio de un modelo de simulación en dinámica de sistemas [62].
- **Beneficios Económicos de la Gestión de la Demanda y la Energía Autogenerada en el Contexto de la Regulación Colombiana:** se analizan los beneficios económicos de un sistema de respuesta a la demanda con autogeneración e implementación de energías renovables. El sistema está conectado a la red tradicional y, tiene las opciones de participar en programas de DR y exportar excedentes de generación. Las variables del modelo de gestión, fueron identificadas a partir de las leyes y lineamientos establecidos por las entidades del sector eléctrico colombiano. Con la ayuda de un modelo de Simulación Montecarlo [63].
- **Propuesta de implementación de programas de gestión de demanda de energía eléctrica para el sector residencial en Colombia:** Se analiza la implementación de Programas de Gestión de Demanda para el sector residencial en Colombia, en base a los conceptos y experiencias registradas, estructura del mercado eléctrico y se presenta la implementación de conceptos de Gestión de Demanda, tecnologías de medición de energía eléctrica bajo las cuales se obtuvieron mediciones hora a hora del consumo de energía, que permitieron identificar tópicos en los perfiles diarios de demanda para usuarios residenciales. Se concluye con el diseño de un modelo de difusión basado en Dinámica de Sistemas, para identificar escenarios que favorezcan en implementación de Programas de gestión de DR [64].
- **Programación de carga de potencia industrial considerando respuesta a la demanda:** Las carga de potencia Industrial en un entorno de la red inteligente, para una de

respuesta a la demanda (DR) ha atraído una atención considerable para los consumidores industriales de electricidad. Hay una variedad de obstáculos de optimización involucrados en los programas de recuperación, especialmente en el proceso de programación industrial de carga de potencia. Como una interacción amigable entre las empresas de servicios públicos y los consumidores de electricidad industrial, el programa de DR desempeña un papel importante para suavizar la curva de carga, mejorar la confiabilidad de la red eléctrica y reducir los costos para los consumidores de electricidad [65].

- **Ley 1715 - 13 de Mayo 2014 Por Medio de la cual se Regula a la Integración de las Energías Renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional:** La Principal motivación para la creación de la Ley 1715 de 2014 del Congreso colombiano, es regular la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional, es impulsar el desarrollo de tecnologías que aprovechen de manera eficientes los recursos naturales con el menor impacto posible, como parte de la meta estatal de ser una nación competente en los mercados energéticos renovables y alineada con el objetivo mundial de disminuir los efectos del cambio climático [66].

6. Principales resultados del análisis de DR

Los principales aportes que se dan sobre DR se han convertido en uno de los componentes esenciales de los sistemas de energía recientemente desregulados, ya que puede ofrecer muchas características distinguidas, como disponibilidad, rapidez y aplicabilidad. Los Programas de respuesta a la demanda (DRP) pueden contribuir a reducir los efectos intermitentes de los recursos energéticos renovable, al igual que también pueden utilizarse para bajar los altos precios de la energía, ocurridos en los mercados mayoristas de electricidad o cuando la seguridad de los sistemas de energía está en riesgo.

Los principales resultados de la revisión en un panorama general de DR y sus implicaciones en el mercado eléctrico [32] nos permite prever de manera general un crecimiento en el mercado latino Americano y del caribe de entre el 5 y 8 % con posibles mejoras de entre 14 y 21 % en diversificación de energía solar, Geotérmica, Biomasa, Eólica, térmica e hidráulica, y es determinante la influencia de los programas de respuesta a la demanda de emergencia para mejorar la confiabilidad de la Red eléctrica en caso de Generación o falla de las unidades. Las líneas tecnológicas y dentro de estas la IA a partir de algoritmos de respuestas como resultados propios de la DR en los siguientes casos permitiendo:

- El control predictivo: Aporte que es importante dentro la DR puesto que permite la utilización de una estrategia de optimización que hace uso de un modelo de proceso para predecir la acción y efecto sobre el sistema energético, que supone un caso de estudio en el cual se tienen como ejemplo una planta universitaria, contemplando la utilización de las instalaciones cerca del horario pico en días determinados en un sistema de cogeneración de energía el cual brinda calor, Refrigeración Aire acondicionado (HVAC) dentro de la planta universitaria demostrando mejoras considerables en el aprovechamiento de un sistema por encima del 100 por ciento y ahorros del 11% en cada categoría y cerca de dos tercios de ahorros del sistema de enfriamiento y un tercio más del sistema de aire acondicionado a continuación se muestra una gráfica en la cual se tiene comparación de potencias de enfriamiento de energía para el día de referencia y prueba (Ver figura 2) [48].

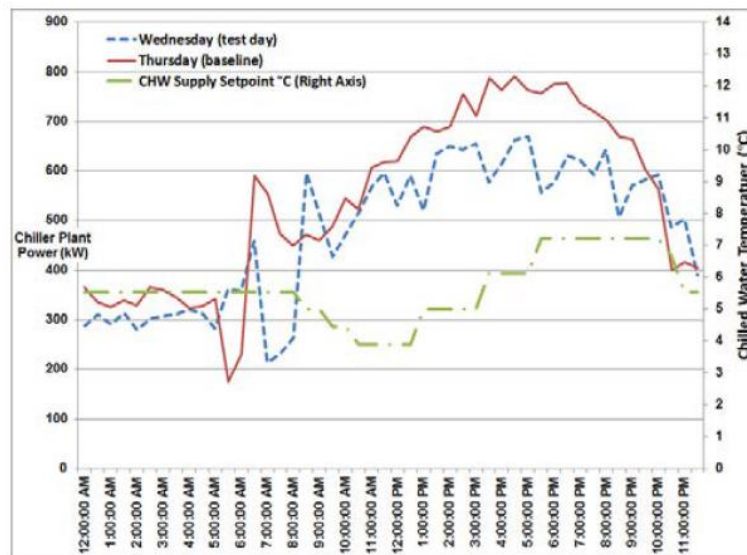


Figura 2. Planta de energía. test Wednesday vs Thursday, [48].

Teniendo en cuenta las condiciones similares entre los dos días tomados dentro del caso se determina mejoras en la gestión energética como se menciona anteriormente. El Modelo predictivo de control (MPC) podría aplicarse a este sistema de energía del distrito en particular que produciría un programa de operación optimizado para el sistema de HVAC basado en la demanda pico de la red (utilizando el precio predicho en tiempo real), patrones conocidos de ocupación en la vivienda. La optimización equilibraría los costos de energía y el consumo total de energía dentro de los límites del confort térmico [48].

- Las redes inteligentes y la continua necesidad del trabajo de control de gestión de la demanda[49], teniendo en cuenta las necesidades de una casa de uso doméstico se permitiría mejoras en:
 - El equilibrio de potencia en las redes con una alta proporción de recursos de distribución energética que se puede mejorar mediante la capacidad de respuesta de los edificios a las señales o comandos.
 - Se establecen políticas de carga eficaces, escalables e incorporables con diferentes controladores de DR con posibilidades de implementación y verificación en pruebas de campo, clasificación de gestión de la demanda en controladores con diferentes características.
 - Bajo diferentes visiones de sistemas DSM se puede estandarizar y evaluar cuantitativamente la conveniencia de los controladores bajo especificaciones técnicas, siendo un insumo para la utilización de estas tecnologías en un futuro cuando estén disponibles.

Dentro del desarrollo del algoritmo y su correspondiente gestión DR y aplicación es importante tener en cuenta su utilidad en la DR de algunos objetivos como lo serían:

- Crear un modelo de trabajo entre el usuario y la utilidad para la reducción de la tarifa utilizando el análisis de algoritmo PAR (Peak Average Ratio) en cada interacción con el cliente y también considerando el cambio en las horas pico de carga programando los dispositivos con la posibilidad de que el algoritmo de respuesta a la demanda, funcione con múltiples usuarios en una localidad, demostrando su comportamiento dinámico en un enfoque en diferentes técnicas de computación suave con la adición de fuentes de energía renovables. De este modo, se puede desarrollar una caja de herramientas DSM completa para la gestión del área del hogar utilizando las técnicas actuales.
- Un sistema de administración residencial (HEM) ver figura 3, que hace parte de una red inteligente con potencial de habilitar aplicaciones de respuesta a la demanda con diferentes cargas energéticas (Refrigeración, calentadores, Ac) que brinda los siguientes

aportes [51] :

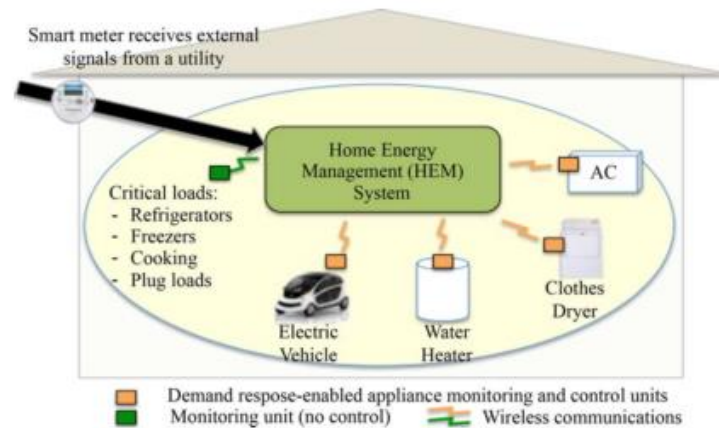


Figura 3. Arquitectura HEM. [51],

- Con unas determinadas características de temperatura, tiempo rangos de tiempo y referencias de voltaje esto determina los siguientes beneficios y aportes como lo serían: Diseño de un algoritmo que garantiza el consumo total de energía por debajo del nivel límite de DR especificado en un tiempo de kilovatios y minutos o horas específicas según equipos de alto o bajo consumo con consumo constante por cargas críticas para el HEM, adicionalmente siempre el consumo total del hogar, debe permanecer por debajo del límite especificado según la DR.
- En [51] se presenta una gestión inteligente para el hogar (HEM) algoritmo para aplicaciones de DR con resultados de simulación y muestras de algoritmo HEM propuesto que pueden controlar y administrar de manera proactiva y eficaz el funcionamiento del dispositivo para mantener el consumo total del hogar por debajo de un límite de demanda específico, Configuración prioridad de carga y el nivel de comodidad del cliente.
- Programación de múltiples objetivos de consumo óptimo de energía en redes inteligentes, En [53], se consideró un administrador de servicios públicos que gestiona el consumo de energía de un grupo de usuarios residenciales de redes inteligentes, con un problema de programación de carga restringido de optimización de objetivos múltiples CMOP. El primer objetivo de CMOP es minimizar el costo total diario de consumo de energía de todos los usuarios de la comunidad y el segundo es maximizar la comodidad de vivir en esta comunidad. Para resolver este CMOP, en [53], se propone una versión modificada de operador evolución diferencial (MOEA / D-DE) y selecciona la opción más adecuada para la validación de datos:
 - NSGA II para validar la comparación de resultados obtenidos por MOEA / D-DE. Sobre la base de los resultados de la simulación, se observa que, como se esperaba, MOEA / D-DE supera a NSGA II en el tratamiento de este problema restringido de programación de carga de optimización de objetivos múltiples.
 - Sistema de gestión de la energía en el hogar de moda (MHEMS). Se propone un panorama muy similar al del [51], Se ha desarrollado un sistema de gestión de energía de hogares (MHEMS) para un hogar residencial y su estrategia de control general se muestra en la Figura 4.

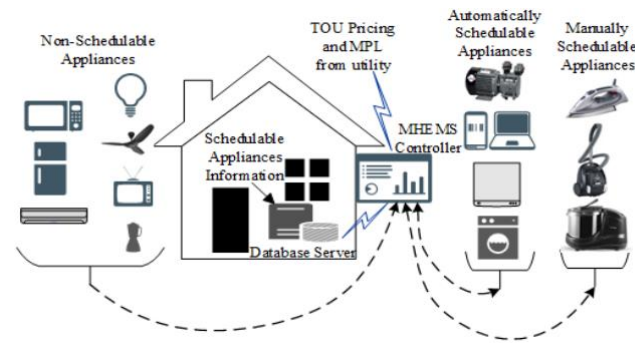


Figura 4. Control del flujo del sistema Moderno de gestión de energía doméstica para DR, [57].

Esta propuesta de gestión de DR trabaja con un control centralizado en un escenario de electrodomésticos programables y no programables analizado en una tabla propia de [57], utilizados en la India clasificados de la siguiente forma (a) dispositivos no programables, (b) programables manualmente y (c) programables automáticamente. Los aparatos que pueden incluirse en la programación pero que requieren la intervención humana continuamente durante su período de operación se clasifican como programables manualmente. Todos los demás dispositivos que se incluyen para la programación se clasifican como programables automáticamente siempre que se requiera la intervención humana para la configuración inicial.

En la Figura 5 se muestra el diagrama de flujo del algoritmo que habilita el modelo de sistema de administración de energía en el hogar (MHEMS).

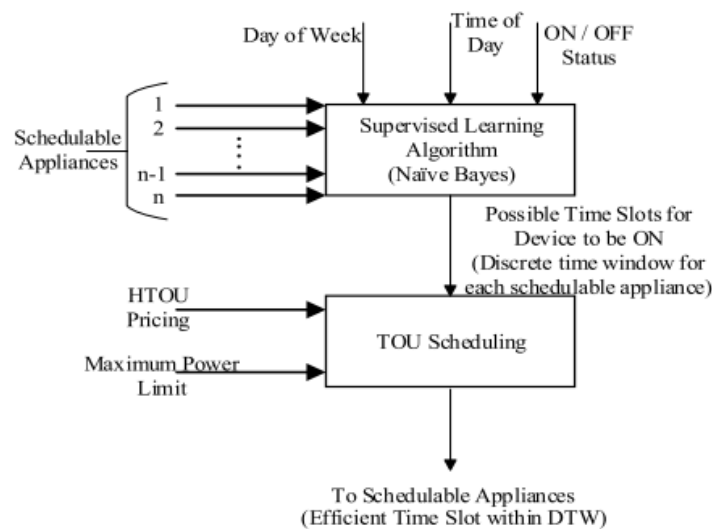


Figura 5. Diagrama de flujo de la tabla del sistema de gestión de energía de la casa moderna, [57].

MHEMS utiliza el clasificador Naïve Bayes¹ para encontrar la ventana de tiempo discreta de cualquier dispositivo programable, tanto manualmente como automáticamente. La ventana de tiempo discreto le da al usuario espacios de tiempo preferibles para que un dispositivo en particular se encienda. Naïve Bayes usa el historial pasado de datos de dispositivos programables que se almacenan en el servidor de la base de datos para proporcionar la ventana de tiempo discreto para cada dispositivo programable de un hogar residencial. El patrón de uso de los aparatos varía durante el transcurso de un día y durante una semana. Utilizando el estado de encendido / apagado de los dispositivos, la hora del día y el día de la semana para encontrar la ventana de tiempo discreto exacta para cada dispositivo programable de un hogar residencial.

¹ Teorema de Probabilidad anti condicional

En cualquier intervalo de tiempo, si el consumo de energía es mayor que el nivel de estandarizado, los dispositivos programables que funcionan en ese intervalo de tiempo en particular se trasladan al siguiente intervalo de horario de tarifa de baja electricidad. Aquí se confirman dos condiciones. La primera condición es si la próxima franja horaria de baja tarifa de electricidad disponible está dentro de la DTW y la segunda es si el consumo total de energía de la siguiente franja horaria de baja tarifa de electricidad es menor que el MPL de la empresa de servicios públicos [57].

- Un nuevo algoritmo de respuesta a la demanda para la gestión (DRM) de la intermitencia solar fotovoltaica en un sistema que utiliza cargas controlables en un edificio, con sistemas de aire acondicionado y ventilación (ACMV), para compensar dinámicamente el déficit de energía suministrada por los sistemas solares fotovoltaicos. El trabajo con el algoritmo está contemplado para compensar la caída y déficit de la generación solar a partir de la capacidad nominal de los inversores solares (kWac). Obteniendo resultados como la reducción de la demanda de carga de los ventiladores en el sistema ACMV igual a la caída de la generación solar al controlar la velocidad del ventilador. Esto asegurará que la cantidad de energía suministrada por la red al edificio seguirá siendo la misma (como antes de la caída de la generación solar) y, por lo tanto, no afectará la estabilidad de la red. Adicionalmente se incluye un programa de almacenamiento de energía a pequeña escala y de eliminación de carga basado en la prioridad para brindar apoyo cuando la temperatura ambiente (aire acondicionado) o el nivel de CO (ventilación) está por encima del límite reglamentario. El algoritmo tiene algunas limitantes como serian el que no cubran la carga de baterías con un exceso de energía solar fotovoltaica. Se considera que el almacenamiento de energía a pequeña escala se cargará durante el período de poca actividad durante la noche y será utilizado durante el día por el sistema DRM para compensar la fluctuación solar.

Se establece un algoritmo DRM que podría servir como base para el desarrollo de la gestión (Ver figura 6.)

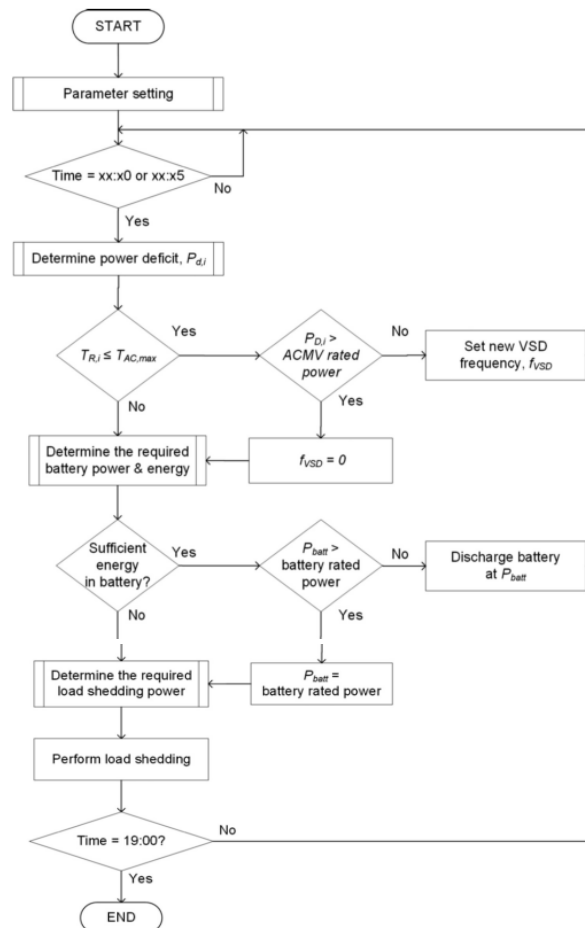


Figura 6. Propuesta algoritmo DRM, [58].

La figura 6 muestra el algoritmo DRM propuesto para la gestión de la intermitencia solar fotovoltaica, para compensar la caída en la potencia de salida de energía solar fotovoltaica desde su capacidad nominal de kWac, el algoritmo se ejecuta en intervalos de 5 minutos según la potencia real de la energía solar fotovoltaica, la temperatura de la habitación, el estado de carga de la batería (SoC) y la disponibilidad de cargas interrumpibles, sin embargo, para facilitar la ilustración, solo se utiliza el sistema de aire acondicionado en el análisis. La potencia nominal del sistema ACMV, P_m , la potencia nominal del inversor solar, P_r , PV, frecuencia del sistema eléctrico, f_s , capacidad de energía de la batería, C_{batt} , potencia nominal de la batería, batería y configuración de prioridad de carga interrumpible, ρ_{IL} , son otra entrada de parámetros para el algoritmo DRM propuesto.

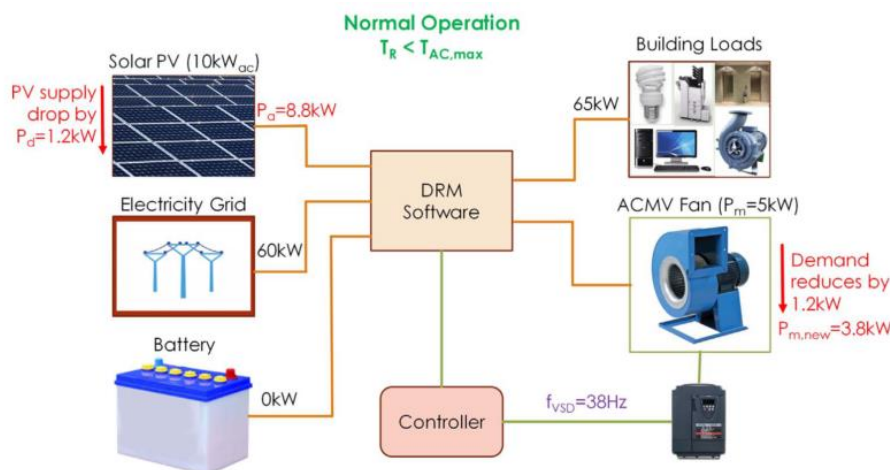


Figura 7. Control de velocidad del ventilador centrífugo ACMV, [58].

Adicionalmente se muestra un diagrama de bloques que como se puede apreciar en la figura 7 nos ilustra el control del ventilador centrífugo ACMV en respuesta a la caída en la salida de energía solar fotovoltaica (control de lazo de cerrado), esto quiere decir que cuando la temperatura ambiente está por debajo del TAC, máx, estos valores se ajustan según potencias de salida y entrada, mediante la reducción de la demanda de potencia del ventilador en lugar de una carga completa. La reducción de la demanda de energía del ventilador centrífugo ACMV igual a la caída de la producción de energía solar fotovoltaica garantizará que la cantidad de energía extraída de la red eléctrica se mantenga igual a la propuesta o estandarizada. [58]

7. Conclusiones

Este documento nos muestra un vistazo general sobre la respuesta a la demanda DR y sus diferentes beneficios. Se tiene un panorama general y una visión de país en cuanto lo que tiene por venir tanto el mundo como la región latinoamericana y los diferentes países, con la inteligencia verde. El trabajo que se viene por los próximos años va ser bastante enriquecedor y como parte de esas propuestas se determina en gran medida la necesidad integrar diversas propuestas de trabajo como lo serían la gestión de un sistema energético en casa (HEM) por respuesta a la demanda (DR). A partir de las diversas problemáticas que se puedan ir abordando se tiene la oportunidad de contribuir con la evolución y mejora de los diferentes mecanismos tecnológicos que irán surgiendo como puede ser mantener la demanda total del hogar por debajo del límite, posibles ajustes en el consumo y preferencias de uso y manejo de la energía, los clientes pueden necesitar sacrificar su nivel de comodidad hasta cierto punto (es decir, la temperatura de la habitación supera la configuración de preferencia).

Además, es posible que un evento de DR pueda crear una alta demanda fuera del pico debido a la compensación de la carga. Esto implica que hay un límite en la cantidad de DR que se puede realizar con una compensación de carga de carga después de un evento de DR. Se demostraron con la

verificación de documentación los beneficios a los servicios públicos de distribución eléctrica y los agregadores de DR al proporcionar una visión de los límites y potenciales de DR disponibles en los mercados residenciales.

Se analizaron algunos algoritmos y se determinaron diferentes ventajas a partir de la implementación o simulación de los mismos como serían:

- Disminuir la factura de consumo de electricidad del consumidor. Esto teniendo en cuenta los diferentes escenarios en los cuales se encontraran dispositivos programables. Se alcanzaría programando los dispositivos en el intervalo de tiempo de tarifa baja.
- La reducción de la demanda de carga máxima en el período de tarifa baja. Se establecería la reprogramación de los dispositivos programables dentro de la Red.
- Los resultados simulados indican claramente que, los algoritmos desarrollados reducen la demanda de carga máxima y satisface la comodidad del consumidor
- La comodidad de los consumidores se mantiene altamente al programar los dispositivos programables dentro de las características que lo permitan.

Se determinó que algunos algoritmos nos permiten realizar una de gestión de respuesta a la demanda (DRM) para superar la intermitencia solar fotovoltaica. El algoritmo DRM propuesto utiliza una combinación de reducción de carga ACMV, reducción que se basada en la prioridad y almacenamiento de energía de la batería para administrar la intermitencia solar fotovoltaica. Las principales ventajas del algoritmo DRM propuesto incluyen:

- No comprometer el confort térmico del ocupante, ya que no depende completamente de la reducción de carga ACMV
- Menor potencia de cálculo debido al parámetro mínimo y al corto intervalo de tiempo.
- Solo se requiere un pequeño sistema de almacenamiento de batería, lo que reduce significativamente el costo total del sistema.

Se presentan algunos estudios con resultados obtenidos que como se muestran en los casos¹² demuestran claramente la capacidad del algoritmo DRM propuesto para superar la fluctuación de la energía solar fotovoltaica mediante el suministro de la potencia fotovoltaica nominal en todo momento. El Estudio de caso 2³ demuestra que el uso del sistema ACMV en el algoritmo DRM no causa incomodidad al ocupante, por lo que la temperatura de la habitación siempre puede mantenerse por debajo del punto de ajuste de temperatura máximo preestablecido. El estudio de caso 3⁴ muestra que una potencia nominal ACMV más grande con almacenamiento de energía a pequeña escala permitirá que el algoritmo DRM compense efectivamente la fluctuación de la generación fotovoltaica solar al tiempo que garantiza un impacto mínimo en el confort térmico de los ocupantes y en los eventos de reducción de carga mínimos.

² Estudio de caso I: análisis funcional básico, [58].

³ Estudio de caso II: Análisis funcional con modelo térmico Caso, [58].

⁴ Estudio de caso III: Impacto del dimensionamiento del equipo Caso, [58].

REFERENCIAS

- [1] A. V. Escobar., “Gestión de la energía eléctrica domiciliaria con base en la Gestión Activa de la Demanda. Tesis Doctoral. Universidad Distrital Francisco José de Caldas.,” Universidad Distrital Francisco Jose de caldas, 2016.
- [2] V. Orejuela, D. Arias, and A. Aguila, “Response of Residential Electricity Demand Against Price Signals in Ecuador,” *Proc. 2015 IEEE Thirty Fifth Cent. Am. Panama Conv.*, no. Concapan XXXV, pp. 373–378, 2015.
- [3] M. A. Fotouhi Ghazvini, J. Soares, O. Abrishambaf, R. Castro, and Z. Vale, “Demand response implementation in smart households,” *Energy Build.*, vol. 143, pp. 129–148, 2017.
- [4] A. Arteconi, D. Patteeuw, K. Bruninx, E. Delarue, W. D’haeseleer, and L. Helsen, “Active demand response with electric heating systems: Impact of market penetration,” *Appl. Energy*, vol. 177, pp. 636–648, 2016.
- [5] D. Hurley, P. Peterson, and M. Whited, “Demand Response as a Power System Resource: Program Designs, Performance, and Lessons Learned in the United States,” *Regulatory Assistance Project*, no. May. p. 76, 2013.
- [6] F. Lauro, F. Moretti, A. Capozzoli, and S. Panzieri, “Model predictive control for building active demand response systems,” *Energy Procedia*, vol. 83, pp. 494–503, 2015.
- [7] J. A. P. Lopes, N. Hatziaargyriou, J. Mutale, P. Djapic, and N. Jenkins, “Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 77, no. 9, pp. 1189–1203, 2007.
- [8] R. Schleicher-Tappeser, “How renewables will change electricity markets in the next five years,” *Energy Policy*, vol. 48, pp. 64–75, 2012.
- [9] C. A. Ramírez Escobar, “Los Precios del Mercado Mayorista de Electricidad como Expresión de la Participación Activa de la Demanda: Aplicación de la Economía Experimental,” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA, 2012.
- [10] M. Curtis, J. Torriti, and S. T. Smith, “A comparative analysis of building energy estimation methods in the context of demand response,” *Energy Build.*, vol. 174, pp. 13–25, 2018.
- [11] M. Vallés Rodríguez, P. Frías Marín, J. Reneses Guillén, and L. González Sotres, “Gestión Activa de la Demanda para una Europa más eficiente,” *Anales De Mecánica Y Electricidad*, no. 2009, pp. 55–61, 2013.
- [12] M. J. Fell, D. Shipworth, G. M. Huebner, and C. A. Elwell, “Public acceptability of domestic demand-side response in Great Britain: The role of automation and direct load control,” *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 9, pp. 72–84, 2015.
- [13] G. Prinsloo, R. Dobson, and K. Schreve, “Carbon footprint optimization as PLC control strategy in solar power system automation,” *Energy Procedia*, vol. 49, pp. 2180–2190, 2013.
- [14] M. Humayun, A. Safdarian, M. Ali, M. Z. Degefa, and M. Lehtonen, “Optimal capacity planning of substation transformers by demand response combined with network automation,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 134, pp. 176–185, 2016.
- [15] C. Girón, F. J. Rodríguez, L. Giménez de Urtasum, and S. Borroy, “Assessing the contribution of automation to the electric distribution network reliability,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 97, no. October 2017, pp. 120–126, 2018.
- [16] K. Kostková, L. Omelina, P. Kyčina, and P. Jamrich, “An introduction to load management,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 95, pp. 184–191, 2013.
- [17] S. Yao, H. Liu, D. Lu, and X. Yuan, “Time-space Characteristic of Interruptible Load on Dispatch Solution,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 48, no. 28, pp. 1355–1358, 2015.
- [18] X. Jian, L. Zhang, X. Miao, Y. Zhang, and X. Han, “Designing interruptible load

- management scheme based on customer performance using mechanism design theory,” *Int. J. Electr. Power Energy Syst.*, vol. 95, pp. 476–489, 2018.
- [19] M. T. Angulo and J. X. Velasco-Hernandez, “Robust qualitative estimation of time-varying contact rates in uncertain epidemics,” *Epidemics*, vol. 24, no. April 2017, pp. 98–104, 2018.
- [20] C. Águila *et al.*, “Propuesta de mejora en la gestión de empresas del rubro de distribución de energía eléctrica Propuesta de mejora en la Gestión de compras de un grupo de empresas del rubro de distribución de energía eléctrica Para optar por el grado académico de Maestro e,” UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS ESCUELA, 2018.
- [21] A. Faruqui, S. Sergici, and C. Warner, “Arcturus 2.0: A meta-analysis of time-varying rates for electricity,” *Electr. J.*, vol. 30, no. 10, pp. 64–72, 2017.
- [22] K. Thirumala, Shantanu, T. Jain, and A. C. Umarikar, “Visualizing time-varying power quality indices using generalized empirical wavelet transform,” *Electr. Power Syst. Res.*, vol. 143, pp. 99–109, 2017.
- [23] X. Zhao, H. Bai, and J. Hao, “Research on the load shifting potential of on-site power plants with byproduct gasholders in steel enterprises under time-of-use power price,” *Energy Procedia*, vol. 142, pp. 2704–2710, 2017.
- [24] J. M. Bright, S. Killinger, D. Lingfors, and N. A. Engerer, “Improved satellite-derived PV power nowcasting using real-time power data from reference PV systems,” *Sol. Energy*, vol. 168, no. November 2017, pp. 118–139, 2018.
- [25] M. F. Hung and T. H. Huang, “Dynamic demand for residential electricity in Taiwan under seasonality and increasing-block pricing,” *Energy Econ.*, vol. 48, pp. 168–177, 2015.
- [26] H. T. Haider, O. H. See, and W. Elmenreich, “Residential demand response scheme based on adaptive consumption level pricing,” *Energy*, vol. 113, pp. 301–308, 2016.
- [27] M. Fera, R. Macchiaroli, R. Iannone, S. Miranda, and S. Riemma, “Economic evaluation model for the energy Demand Response,” *Energy*, vol. 112, pp. 457–468, 2016.
- [28] J. Ko and D. Kim, “Employer-based travel demand management program: Employer’s choice and effectiveness,” *Transp. Policy*, vol. 59, no. June, pp. 1–9, 2017.
- [29] F. Zaeim-Kohan, H. Razmi, and H. Doagou-Mojarrad, “Multi-objective transmission congestion management considering demand response programs and generation rescheduling,” *Appl. Soft Comput. J.*, vol. 70, pp. 169–181, 2018.
- [30] V. Guti, T. H. Ach, I. Hidr, and L. Habana, “La formación de ingenieros desde el enfoque Ciencia , Tecnología y Sociedad The training of engineers Technology and Society from the approach on Science ,” La Habana, Cuba, pp. 16–28, 2017.
- [31] F. Wang, H. Xu, T. Xu, K. Li, M. Shafie-khah, and J. P. S. Cataliç^{1/20}, “The values of market-based demand response on improving power system reliability under extreme circumstances,” *Appl. Energy*, vol. 193, pp. 220–231, 2017.
- [32] S. S. S. B. Yecid A. Muñoz Maldonado¹ , Ronald F. Güiza Pineda², “ANÁLISIS DE INTEGRACIÓN REGIONAL CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE (ALC),” *ENERLAC.*, Bucaramanga, colombia, pp. 106–125, 2017.
- [33] D. J. M. Gers¹, “AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES,” *Recibido: 01/nov/2016 y Aceptado: 30/jun/2017 ENERLAC. Volumen I. Número 1. Octubre, 2017 (24-41)*, Quito, Ecuador, pp. 24–41, 2017.
- [34] Y. Jiang *et al.*, “Day-ahead stochastic economic dispatch of wind integrated power system considering demand response of residential hybrid energy system,” *Appl. Energy*, vol. 190, pp. 1126–1137, 2017.
- [35] S. Nojavan, M. Majidi, A. Najafi-Ghalelou, M. Ghahramani, and K. Zare, “A cost-emission model for fuel cell/PV/battery hybrid energy system in the

- presence of demand response program: ϵ -constraint method and fuzzy satisfying approach,” *Energy Convers. Manag.*, vol. 138, pp. 383–392, 2017.
- [36] CIDEL, “Congreso INternacional de Distribución Eléctrica 22,23 y 24 de Septiembre de 2014,” *CIDEL 2014*, 2014. [Online]. Available: <http://www.cidel2014.com/sesiones.asp?lang=esp>.
- [37] D. J. M. Gersl, “AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: ESTADO DEL ARTE DE LAS REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES,” *Recibido 1/ Noviembre/2016 y Aceptado 30/junio/2017*, p. 21, 2017.
- [38] G. R. Aghajani, H. A. Shayanfar, and H. Shayeghi, “Demand side management in a smart micro-grid in the presence of renewable generation and demand response,” *Energy*, vol. 126, pp. 622–637, 2017.
- [39] T. H. Pedersen, R. E. Hedegaard, and S. Petersen, “Space heating demand response potential of retrofitted residential apartment blocks,” *Energy Build.*, vol. 141, pp. 158–166, 2017.
- [40] E. Nyholm, M. Odenberger, and F. Johnsson, “An economic assessment of distributed solar PV generation in Sweden from a consumer perspective – The impact of demand response,” *Renewable Energy*, vol. 108, Elsevier Ltd, Göteborg, Sweden, pp. 169–178, Jun-2017.
- [41] M. Qadrdan, M. Cheng, J. Wu, and N. Jenkins, “Benefits of demand-side response in combined gas and electricity networks,” *Appl. Energy*, vol. 192, pp. 360–369, 2017.
- [42] A. Chauhan and R. P. Saini, “Size optimization and demand response of a stand-alone integrated renewable energy system,” *Energy*, vol. 124, Elsevier B.V., India, pp. 59–73, 2017.
- [43] J. Wang, H. Zhong, X. Lai, Q. Xia, C. Shu, and C. Kang, *Distributed real-time demand response based on Lagrangian multiplier optimal selection approach*, vol. 190. Lisbon, Portugal: Elsevier Ltd, 2017.
- [44] S. Nojavan, M. Majidi, and K. Zare, “Risk-based optimal performance of a PV/fuel cell/battery/grid hybrid energy system using information gap decision theory in the presence of demand response program,” *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 42, no. 16, pp. 11857–11867, 2017.
- [45] E. Reihani, M. Motalleb, M. Thornton, and R. Ghorbani, “A novel approach using flexible scheduling and aggregation to optimize demand response in the developing interactive grid market architecture,” *Appl. Energy*, vol. 183, pp. 445–455, 2016.
- [46] B. Baeten, F. Rogiers, and L. Helsens, “Reduction of heat pump induced peak electricity use and required generation capacity through thermal energy storage and demand response,” *Appl. Energy*, vol. 195, pp. 184–195, 2017.
- [47] X. Han, S. You, and H. Bindner, “Critical kick-back mitigation through improved design of demand response,” *Appl. Therm. Eng.*, vol. 114, pp. 1507–1514, 2017.
- [48] T. M. Lawrence, R. T. Watson, and M. Boudreau, “Data flow requirements for integrating smart buildings and a smart grid through model predictive control,” *Procedia Eng.*, vol. 180, pp. 1402–1412, 2017.
- [49] A. M. Kosek, G. T. Costanzo, H. W. Bindner, and O. Gehrke, “An Overview of Demand Side Management Control Schemes for Buildings in Smart Grids.”
- [50] D. Behrens, T. Schoormann, and R. Knackstedt, “Developing an Algorithm to Consider Multiple Demand Response Objectives Applying an Algorithm Engineering-Oriented Approach for the Residential Context,” vol. 8, no. 1, pp. 2621–2626, 2017.
- [51] M. Pipattanasomporn, S. Member, M. Kuzlu, and S. Rahman, “An Algorithm for Intelligent Home Energy Management and Demand Response Analysis,” pp. 1–8, 2012.
- [52] R. B. M. P. Author, *Residential Demand Response Algorithms: State-of-the-Art, Key Issues and Challenges*, 1st ed. University, Incheon, South Korea: IEEE

- Transactions on Smart Grid.
- [53] T. Yanan, D. Srinivasan, and A. Trivedi, “Multi Objective Optimal Energy Consumption Scheduling in Smart Grids,” 2017.
- [54] J. M. Lujano-rojas and J. Contreras, “Multi-objective demand response to real-time prices (RTP) using a task scheduling methodology s Cort e Tom a,” vol. 138, 2017.
- [55] A. R. Hevner, S. T. March, J. Park, and S. Ram, “Design Science in Information Systems Research,” vol. 28, no. 1, seul, korea, pp. 75–105, 2013.
- [56] T. Yang, Y. Zhao, H. Pen, and Z. Wang, “Data center holistic demand response algorithm to smooth microgrid tie-line power fl uctuation,” *Appl. Energy*, vol. 231, no. December 2017, pp. 277–287, 2018.
- [57] G. K. Chellamani and P. V. Chandramani, “Demand Response Management System with Discrete Time Window using Supervised Learning Algorithm,” *Cogn. Syst. Res.*, p. 11, 2018.
- [58] B. Sivaneasan, N. K. Kandasamy, M. L. Lim, and K. P. Goh, “A new demand response algorithm for solar PV intermittency management ☆,” *Appl. Energy*, vol. 218, no. March, pp. 36–45, 2018.
- [59] M. Conceptual, J. José, M. Flórez, R. Andres, E. Martinez, and R. Ferreira, “Parte I Antecedentes y Marco Conceptual del Análisis, Evaluación y Recomendaciones para la Implementación de Redes Inteligentes en Colombia,” Bogota, 2016.
- [60] J. D. Morcillo, C. J. Franco, and F. Angulo, “Simulation of demand growth scenarios in the Colombian electricity market : An integration of system dynamics and dynamic systems,” *Appl. Energy*, vol. 216, no. February, pp. 504–520, 2018.
- [61] L. Alejandro, A. Barragán, E. R. Trujillo, and F. Santamaría, “Respuesta de la demanda en el mercado eléctrico Colombiano : modelado e implementación web Demand response in the Colombian electricity market : modeling and web implementation,” p. 22, 2018.
- [62] M. Z. Carvajal, “Políticas para la autogestión de electricidad en el sector residencial urbano de Colombia,” Universidad Nacional de Colombia, 2014.
- [63] Á. R. Restrepo, S. E. Nope, and D. E. Enríquez, “Beneficios Económicos de la Gestión de la Demanda y la Energía Autogenerada en el Contexto de la Regulación Colombiana Economic Benefits of Demand Management and Self-Generated energy in the Context of Colombian Regulations,” vol. 29, no. 1, pp. 105–116, 2018.
- [64] J. Sebastián, G. Marín, J. Sebastián, and G. Marín, “Propuesta de implementación de programas de gestión de demanda de energía eléctrica para el sector residencial en Colombia Propuesta de implementación de programas de gestión de demanda de energía eléctrica para el sector residencial en Colombia,” Universidad Nacional de colombia, 2015.
- [65] H. Cui and K. Zhou, “Industrial power load scheduling considering demand response,” *J. Clean. Prod.*, vol. 204, pp. 447–460, 2018.
- [66] E. congreso de Colombia, *Ley 1715 - 13 de Mayo 2014 Por Medio de la cual se Regula a la Integración de las Energías Renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional*, no. May. Bogot, 2014.
- [67] N. Oconnell, P. Pinson, H. Madsen, and M. Omalley, “Benefits and challenges of electrical demand response: A critical review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 39, pp. 686–699, 2014.

Aspectos fundamentales del Internet de las Cosas para las Ciudades Inteligentes: caso Colombia

Brayan David Ruiz Rubiano

Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia,
bdruizr@correo.udistrital.edu.co

Juan Carlos Suarez García

Facultad Tecnológica, Universidad Distrital Francisco José De Caldas, Bogotá, Colombia,
juacsuarezg@correo.udistrital.edu.co

RESUMEN

En este artículo, se plantea la manera que tecnologías como el Internet de las Cosas benefician el desarrollo de ciudades inteligentes orientado a hacia la calidad de vida. También se presenta una arquitectura tecnológica y aspectos clave a la hora de implementar proyectos que intervienen ciudades inteligentes que consiste en: infraestructura de comunicaciones, sensores y dispositivos, centros de control e Interfaces de comunicación. Adicionalmente se presenta un análisis del estado de los avances relacionados con ciudades inteligentes en ciudades Colombianas como Bogotá, Medellín y Cali. Finalmente se presenta unas alternativas basadas en casos de estudio para problemas de 3 ciudades de Colombia en los que se puede aplicar Internet de las Cosas como tecnología a favor de las ciudades inteligentes, como es el caso de mejorar la seguridad ciudadana, establecer un sistema de monitoreo para desbordamiento de ríos y quebradas y por último un sistema de gestión de ambulancias y atención de emergencias de salud.

ABSTRACT

In this paper, we discuss how technologies such as the Internet of Things benefit the development of Smart cities through increasing quality of life. It also presents a technological architecture and key aspects when implementing projects that intervene in smart cities that consist of communications infrastructure, sensors and devices, control centers and communication interfaces. Additionally, it presents an analysis of the state of progress related to intelligent cities in Colombian cities such as Bogota, Medellin and Cali. Finally, we alternatives present alternatives based on case studies for problems in 3 cities in Colombia in which the Internet of Things can be applied as technology in favor of intelligent cities, such as improving citizen safety, establishing a monitoring system for overflowing rivers and streams, and finally a system for ambulance management and health emergency care..

CCS CONCEPTS

• Computer systems organization~Sensor networks • Computer systems organization~Real-time system architecture • Hardware~Sensor applications and deployments

PALABRAS CLAVE

Internet de las Cosas, Ciudad Inteligente, Sensores, Desarrollo Urbano, Colaboración.

KEYWORDS

Internet of Things, Smart City, Sensors, Urban Development, Collaboration.

1 INTRODUCCIÓN

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU) en su grupo temático sobre Ciudades Inteligentes y Sostenibles, definen a una Ciudad Inteligente y Sostenible como una ciudad innovadora que aprovecha las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y otros medios para mejorar la calidad de vida, la eficiencia del funcionamiento y los servicios urbanos y la competitividad, al tiempo que se asegura de que

responde a las necesidades de las generaciones presentes y futuras en lo que respecta a los aspectos económicos, sociales, ambientales y culturales[1].

Se está viviendo un fenómeno de cambio, una sociedad Hiperconectada, en la que cada vez es más fácil tener acceso a Internet desde cualquier dispositivo, esta circunstancia favorece al concepto de una sociedad colaborativa; oportunidad que promueve que la ciudadanía forme parte integral de la gestión de la ciudad a través de plataformas y dispositivos TIC.

El diseño de ciudades inteligentes no se refiere únicamente instaurar una vanguardia tecnológica y tener los últimos dispositivos de punta, sino realmente evolucionar, transformar el modo de vida de los habitantes urbanos a favor de un bienestar de manera sostenible.

2 NECESIDAD DEL INTERNET DE LAS COSAS EN LAS CIUDADES INTELIGENTES

Para el año 2018, según un estudio de las Naciones Unidas más de la mitad de la población a nivel mundial vive en zonas urbanas. Este estudio prevé que para el año 2050 la población mundial aumente un 13%, sobre todo en países en desarrollo [2].

Ante un escenario de crecimiento poblacional en las ciudades, se genera una amenaza directa en la forma de vida de las personas, la urbanización establece factores de cambio, tanto económico, demográfico, social y ambiental. Por esta razón se debe implementar planes que permitan soportar estos factores de cambio y, por ende, es donde se crea la oportunidad de mejorar la calidad de vida en las ciudades, en este caso por medio de la tecnología.

Por lo tanto, el Internet de las Cosas (*Internet of Things* - IoT) es una tecnología que permite adaptarse a las necesidades del crecimiento poblacional en las ciudades. El uso de dispositivos conectados de forma segura entre sí brinda solución a típicos problemas de las ciudades que se hacen más evidentes cuando hay una mayor población. Con infraestructura de IoT se pretende mejorar la calidad de vida que tienen las personas al usar diferentes servicios en las ciudades y también ayudar a que entidades u organizaciones que brindan esos servicios, puedan mejorar y evolucionar a través de los datos que se les suministre.

El Reto es realizar proyectos que permitan integrar la gestión de la ciudad con la tecnología, de este modo combatir típicos problemas relacionados con seguridad, gestión de tráfico, control de emergencias, suministro eléctrico, control de contaminación, uso eficiente de recursos, gobierno y participación ciudadana, entre otros.

3 ARQUITECTURA TECNOLÓGICA DE LAS CIUDADES INTELIGENTES

En cualquier aplicación de ciudades inteligentes se aborda procesos, tecnologías y personas. Estos elementos se convergen en la siguiente arquitectura que es propuesta por el Banco Interamericano de Desarrollo [3]:

3.1 Infraestructura de Comunicaciones

Es la base de una ciudad inteligente, en esta capa se encuentra todas las redes de datos y dispositivos de comunicación que soportan las aplicaciones digitales. Esta infraestructura puede utilizar tecnologías alámbricas como inalámbricas para brindar una conexión de alta disponibilidad, veloz y segura con los dispositivos y personas que utilizan los servicios de la ciudad inteligente.

Es muy importante diseñar esta infraestructura en *Internet Protocol Version 6* (IPv6) como protocolo de comunicación base; dado el alto número de conexiones entre sensores y dispositivos, cada uno de ellos requiere una dirección IP para conectarse a internet. IPv6 ofrece un espacio de direcciones mucho más grande, mejoras en la seguridad, un formato de cabecera más eficiente, mayor calidad de servicio (QoS) y un nuevo protocolo para la interacción con nodos cercanos [4]. Sin embargo, en infraestructuras ya existentes donde se utiliza IPv6 se puede utilizar una solución Dual Stack (Red híbrida IPv4 / IPv6) mientras se realiza la transición total de IPv4 a IPv6.

En cuanto a la red troncal, la conexión que comunique servidores, cuartos de control y centros de operación se recomienda utilizar un medio físico como fibra óptica para garantizar una mayor velocidad en la comunicación, esta tecnología también se puede implementar en conexiones de última milla, donde por ejemplo se conecte edificios, plazas públicas, puntos de concentración de sensores, etc.

3.1.1 Protocolos inalámbricos para IoT en las ciudades.

Las ciudades que están en pleno desarrollo para alcanzar a ser una ciudad inteligente, deben acoplarse a los protocolos que se han establecido dentro del IoT. Ya que el objetivo es poder instaurar una comunicación efectiva no solo con los habitantes de la ciudad sino con otras ciudades que ya implementan IoT. Para esto una ciudad en desarrollo debe preguntarse ¿qué tipo de protocolo usar para sus redes internas?, ¿cuáles interferencias se encuentran en el entorno que puedan afectar a la construcción de esta?, ¿Qué tecnologías de IoT tienen bajo consumo de energía? Y ¿sobre qué frecuencia va a trabajar las redes inalámbricas?; Para resolver estas dudas se habla acerca de un concepto llamado LPWAN:

Las redes tipo LPWAN (*Low Power Wide Area Network*) son de baja potencia y es diseñada para lograr comunicaciones de largo alcance, pero con una velocidad de bits baja, se utilizan para conexión de sensores que operan con batería [5], es decir, para la mayoría de los dispositivos domésticos que no necesitan enviar bastante información al usuario, como por ejemplo si la lavadora acaba el proceso de lavado o si el horno microondas ya calentó la comida. Esta red permite conectar dispositivos en intervalos de 15 milisegundos lo cual aumenta la vida útil de la batería de hasta unos 10 años. Todas estas ventajas hacen que el uso esta tecnología sea un candidato fuerte para ser implementado en ciudades inteligentes. A continuación, se mencionan algunos protocolos y tecnologías para IoT basados en tecnología LPWAN:

- **LoRa:** Es utilizado para radios de baja frecuencia, sus características son propietarias, por lo que su implementación se hace un poco más robusta ya que se necesita una licencia. Fue desarrollada por Cycleo en Francia. Ofrece alta sensibilidad de recepción y modulación de espectro que permite aumentar el rango de la tasa de bits. Este tipo de red se vuelve interesante cuando usemos aplicaciones discretas como en edificios inteligentes en donde no sea necesario una red celular.
- **LoRaWAN:** Es un protocolo de código abierto que usa la tecnología LoRa, se caracteriza por ser una red de área amplia con baja potencia, el nombre se debe a su fundadora Lora Alliance, este estándar de red apunta a conexiones bidireccionales seguras con un largo alcance, pero con bajas velocidades de bits, su gran alcance permite comunicaciones a equipos de difícil acceso como los garajes, sótanos o montañas. Su topología típica es estrella, soporta una encriptación de AES 128 y tiene un bajo consumo de energía. Con esta red se pueden conectar Gateways para recibir y enviar información hacia los nodos, es decir, hacia los dispositivos domésticos [6].
- **SIGFOX:** En esta alternativa de red se pueden enviar hasta 140 mensajes al día, tiene un protocolo de metadatos que incluye una marca de tiempo e identifica a cada dispositivo conectado como único. Su consumo de energía es bajo alargando la vida útil de la batería de hasta 15 años, utiliza frecuencias libres como las ISM y tiene la capacidad de controlar todos los dispositivos conectados desde un solo punto [7]. Los accesorios que pueden aprovechar este tipo de red son desde termostatos, detectores de humo, localizadores, entre otros.
- **LTE-M:** La red LTE-M es una red de baja potencia y largo alcance, permite conectar módulos más pequeños a un costo más bajo, proporciona una cobertura extendida el cual permite reutilizar bases ya instaladas de tecnología LTE. Es utilizado en contadores inteligentes y hasta en máquinas expendedoras, dispositivos de seguridad y médicos [8].

3.2 Sensores y Dispositivos

En esta capa se encuentran los sensores y dispositivos de monitoreo, los sensores son dispositivos que detectan y miden los fenómenos físicos, tales como humedad, temperatura, cantidad de Co2 etc. Esta detección y captura se convierte en datos que son procesados en tiempo real. Al hablar de conjunto de sensores, se implementan las redes de sensores que, a través de protocolos inalámbricos como Bluetooth, Zig Bee y el grupo de protocolos LPWAN, permite conectarse entre los mismos sensores Comunicación máquina

a máquina (M2M) generando redundancia de enlaces y dispositivos garantizando de tal forma que los datos generados del fenómeno que se esté midiendo no dejen de generarse.

Dado el avance de la tecnología, ahora es más fácil medir cualquier variable, los sensores son cada vez más pequeños y baratos, cuentan con más funcionalidades y hasta pueden estar dotados de microprocesadores. Son sistemas ubicuos y pueden implementarse en cualquier ambiente.

Las cámaras como objeto de monitoreo juegan un papel importante en el desarrollo de las ciudades inteligentes, pueden ser usadas para temas de seguridad, telemedicina, educación, tránsito y detección de emergencias. Estas cámaras también se implementan en ambientes móviles como drones, automóviles y motos que brindan apoyo en diferentes entidades como policía, bomberos, autoridades de control de emergencias etc.

Cabe resaltar que un teléfono inteligente también es un dispositivo con múltiples sensores muy sofisticados, estos incluyen GPS, NFC (*Near Field Communication*), Brújula, Micrófono, Cámara, Acelerómetro, Giroscopio entre otros. Esto permite que sea más fácil que la ciudadanía apoye el proceso de las ciudades inteligentes, un claro ejemplo son las aplicaciones de tránsito como Google Maps y Waze que además de brindar la ruta con menor tiempo, cada usuario de la aplicación está suministrando su posición geográfica, la velocidad y el trayecto, datos que después de ser procesados por estas aplicaciones, ayudan a proporcionar la mejor ruta a millones de usuarios.

El auge de los sensores, se ha desarrollado metodologías como *Sensing as a Service* [9], en donde se brindan las mediciones de sensores como un servicio desde perspectivas tecnológica, económica y social, acoplándose a los ideales del Internet de las Cosas.

Se debe garantizar la interoperabilidad de los sistemas, en este caso los distintos dispositivos puedan intercambiar información y operar sin problema, para lograrlo se propone que la comunicación entre los sensores y centro del control se puede manejar a través del protocolo *Message Queue Telemetry Transport* (MQTT), este es un protocolo que se adapta a las necesidades de IoT: consume muy poco ancho de banda, su uso en los dispositivos consume poca energía, soporta autenticación mediante certificados SSL/TLS y puede ser utilizado en la mayoría de los sistemas embebidos con pocos recursos (CPU, RAM, etc.)

3.2.1 Seguridad en dispositivos IoT.

La implementación de internet de las cosas en ciudades requiere que muchos datos viajen en las infraestructuras de red públicas, cuyos datos pueden ser privados o públicos de acuerdo de su origen, por lo tanto, es susceptible a ataques informáticos o a la fuga de información. Es importante que en la planeación de instalación de tecnología IoT se realicen esquemas de seguridad con el fin de proteger los datos que viajan en estas redes.

Una amenaza informática para los dispositivos de IoT puede afectar la accesibilidad del dispositivo, la integridad de la información que contiene y la identidad de los usuarios, todo esto puede ser usado para suplantar identidades y manipular información, teniendo en cuenta que el objetivo del IoT es interconectar cualquier cosa. Un virus puede modificar el comportamiento de estos dispositivos como, por ejemplo: apagar la nevera, llevar al máximo la temperatura del horno, abrir las puertas, cortar el servicio de teléfono, etc. Este tipo de amenazas se pueden materializar si no se aplican modelos de seguridad.

Es fundamental aplicar medidas de seguridad para mitigar los riesgos en el uso de estos dispositivos de IoT, lo primero es poder controlar el acceso al dispositivo más aún si la interfaz esta públicamente en internet mediante mecanismos de autenticación que por lo general tienen credenciales de acceso de fábrica donde es necesario cambiarlo urgentemente. Es necesario aplicar un mecanismo de cifrado seguro y contraseñas de 7 o más caracteres, siempre utilizar cifrados SSL/TLS en los protocolos de comunicación de extremo a extremo. En caso del que el dispositivo requiera acceso por fuera de la red local, es indispensable hacerlo por medio de una VPN (*Virtual Private Network*) que nos permitirá controlar los dispositivos de red con total seguridad [10]. Además, es recomendable no utilizar los puertos de comunicación TCP/UDP por defecto y sobre todo cerrar el acceso a los puertos que no se estén utilizando. Otro aspecto importante para mantener un dispositivo seguro es mantener actualizada el software o firmware con la última actualización facilitada por el fabricante, si el dispositivo no tiene actualizaciones de software o de firmware lo recomendable es mantener el dispositivo oculto en la red sin que se publique en internet. Para facilitar la administración de

dispositivos en red doméstica, se emplea el protocolo UPnP (*Universal Plug and Play*) que está diseñado para facilitar la interconexión automática de dispositivos de red y hace de forma automática la apertura de puertos a internet cuando se necesita. En varias ocasiones los dispositivos traen consigo aplicaciones móviles para la administración y control del dispositivo, la descarga de estas aplicaciones procure hacerlo desde las tiendas virtuales oficiales para evitar que la aplicación se encuentre modificada.

Estos métodos de seguridad si se aplican ayudarían a fomentar el uso del IoT de forma segura y responsable. Igualmente es deber de los fabricantes de los dispositivos brindar al usuario dispositivos seguros y con opción de recibir actualizaciones de seguridad futuros.

3.3 Centros de Control

Los proyectos de IoT para las ciudades en la mayoría de los casos, requieren que la información generada por los sensores y dispositivos en tiempo real sea analizada y centralizada, esto se hace a través de los centros de control.

En los centros de control se procesa toda la información, el reto es recopilar esa información, filtrarla, interpretarla y ofrecer en tiempo real, una respuesta adecuada, además de analizar los datos históricamente, que permiten anticipar acontecimientos futuros y apoyar el desarrollo de nuevos servicios y/o políticas públicas. Para esto se requiere una infraestructura tecnológica (Servidores, almacenamientos físicos y software de análisis, procesamiento y visualización de datos), infraestructura física (salas de operación, múltiples pantallas con Dashboards) y el personal a nivel administrativo, siempre y cuando los centros de control estén por fuera de las entidades y organizaciones públicas se debe tener representantes de cada entidad creando un ambiente colaborativo.

Otra ventaja de implementar centros de control es la capacidad de almacenar y procesar grandes volúmenes de datos, con esto se facilita el desarrollo de sistema de gestión por resultados (*Results-Based Management*) en los cuales se puede hacer seguimiento en los planes de desarrollo y de gobierno por medio de indicadores, que pueden ser consultados por la ciudadanía en general.

Para el diseño de la infraestructura de los servidores y almacenamientos se debe considerar que el sistema posea características propias de los sistemas distribuidos como son: concurrencia, heterogeneidad, extensibilidad, fiabilidad, seguridad, escalabilidad, tratamiento a fallos y transparencia al ciudadano. Se debe tener en cuenta que para la infraestructura de servidores no siempre la mejor opción es tener un centro de datos en el sitio, en algunos casos es mejor utilizar empresas que provean Infraestructura como servicio (IaaS), básicamente subcontratar servicios en la nube que se vayan acomodando a las necesidades del sistema.

3.4 Interfaces de comunicación

La última capa de esta arquitectura está relacionada con el nivel más cercano a los ciudadanos, es la manera que la ciudadanía puede interactuar con la ciudad inteligente por medio de aplicaciones móviles, datos abiertos, redes sociales y páginas web accesibles que funcionan como plataformas colaborativas.

Las aplicaciones móviles pueden permitir la visualización y recolección de datos que permiten la gestión colaborativa de los ciudadanos, para esto se propone desarrollar aplicaciones móviles Híbridas y aplicaciones web progresivas, que con un único desarrollo permiten su fácil despliegue multiplataforma.

Para la comunicación e integración de servicios en las ciudades es primordial utilizar una interfaz en común, como por ejemplo lo propone la arquitectura *Representational State Transfer* (REST), que provee una comunicación cliente servidor en la que se permite compartir información con una sintaxis universal independiente del lenguaje de programación en la que se implemente, con este tipo de arquitecturas se pueden ofrecer servicios web que sirvan como APIs para proveer la comunicación entre entidades, empresas y organizaciones.

Mucha información proveniente de entidades públicas y privadas relacionada a los servicios que pueden ser gestionados por las ciudades inteligentes debe ser de forma abierta, de manera que los múltiples sectores involucrados han de cooperar para lograr mejores resultados a través del análisis de la información contextual en tiempo real. Para lograr esto debe existir una política de datos abiertos que aporte transparencia entre los procesos y servicios que brindan las entidades u organizaciones.

4 SITUACIÓN ACTUAL EN COLOMBIA

En Colombia se han hecho avances tecnológicos en las ciudades, sin embargo, aún falta mucho para que se consideren ciudades inteligentes, ya que solo se ha concentrado en crear edificaciones inteligentes y aplicaciones, pero aún faltan retos en tema de movilidad, inclusión social, cambio climático, Big Data, entre otros. Aun así, la IESE Business School de la Universidad de Navarra, en su estudio titulado “Cities in Motion” del 2015 considera a ciudades como Bogotá, Medellín y Cali como ciudades sostenibles de Latinoamérica tal como lo muestra la tabla 1, recopilación del documento de FEDESARROLLO [11].

Tabla 1: Rankings internacionales de Smart Cities para Latinoamérica.

Ciudad	Cities in Motion-IESE	Puesto
Santiago de Chile	59,45	1
México D.F	55,89	2
Bogotá	55,03	3
Buenos Aires	57,51	4
Rio de Janeiro	42,64	5
Medellín	51,73	6
Montevideo	51,12	7
Lima	52,13	
Cali	50,67	

Para que las ciudades colombianas sigan avanzando en temas de tecnología y principalmente en IoT se debe invertir en generar vocación tecnológica con sus habitantes, originar nuevos empleos de calidad e impulsar la innovación. El ministerio de las TIC ha implementado los kioscos de Vive Digital que capacita a la comunidad e impulsa al desarrollo tecnológico para resolver problemas del entorno como por ejemplo el transporte público, los resultados de implementar estos kioscos de vive digital ha llevado a que por ejemplo Bogotá sea la ciudad más digitalizada en Latinoamérica después de Santiago de Chile.

Bogotá hace uso de las TIC en sus redes de Transmilenio y SITP implementado el pago digital del transporte público por medio de tarjetas con tecnología NFC, también junto la Alcaldía Local han brindado zonas de Wi-Fi gratis con conexión a internet en algunas de las estaciones de Transmilenio para sus pasajeros, igualmente existe una red de cámaras de seguridad en puntos estratégicos de la ciudad para los organismos de seguridad y control, estas cámaras son capaces de detectar rostros, objetos y placas de vehículos, adicionalmente se encuentra un proyecto en curso para modernizar a los taxis con el uso de tabletas digitales para brindar un mejor servicio y seguro de taxi, por ultimo a nivel de gobierno y participación ciudadana, cuenta con plataformas virtuales para realizar trámites y pagos de impuestos desde casa u oficina.

Bogotá Adicionalmente cuenta con dos iniciativas tecnológicas que promueven las futuras aplicaciones de una posible ciudad inteligente como lo son “Mapas de bogota” y la plataforma de datos abiertos de Bogotá. La plataforma de “Mapas Bogotá” es un recurso diseñado por los miembros de la Infraestructura Integrada de Datos Espaciales para el Distrito Capital – IDECA, para que el público interesado pueda conocer en detalle la ciudad, a través de la publicación de información básica y consulta de imágenes aéreas a través del tiempo. Esta aplicación web, al igual que los mapas físicos, ofrece planos de calles, avenidas y rutas de movilización

dentro de cada área, así como también se identifican mediante símbolos y convenciones, lugares de interés como bibliotecas, museos, parques, iglesias, centros comerciales, entre otros.

Del mismo modo la Administración Distrital ha fortalecido la plataforma de datos abiertos de Bogotá, cuyo objetivo es promover la transparencia, el acceso a la información pública, la competitividad, el desarrollo económico, y la generación de impacto social a través de la apertura, la reutilización de los datos públicos, y el uso y apropiación de las TIC de acuerdo con la estrategia de Gobierno en Línea de Colombia. En el 2018 esta plataforma cuenta con 263 conjuntos de datos provenientes de 49 entidades distritales. [12]

En el caso de Medellín se creó miMedellin [13] el cual impulsa al desarrollo tecnológico de la ciudad recibiendo hasta 11000 ideas ciudadanas, fortaleciendo la estrategia de atraer nuevas empresas TIC, igualmente tienen gran cobertura de conexión a internet gratis en las 16 comunas, además a ciudad cuenta un sofisticado sistema de transporte que integra el Metro, Metrocable y buses eléctricos que facilita a la ciudadanía a tener una mejor movilidad, además la comuna 13 cuenta con un sistema de escaleras eléctricas carácter público y gratuito.

Adicionalmente la ciudad cuenta con el sistema inteligente de movilidad de Medellín (SIMM), que tiene cámaras de foto detección y monitoreo, semáforos interconectados en red y paneles informativos. La información generada es transmitida al centro de control de la secretaria de Transporte y Tránsito que recolecta, procesa y analiza datos del tráfico para la elaboración de estrategias y acciones que disminuyan los efectos negativos de la circulación vehicular, mejorando los tiempos de atención, regulación y control del tráfico y aportando a la disminución de la accidentalidad vial [14]. Conjuntamente la cuenta de twitter Secretaría de Transporte y Tránsito informa a la comunidad acerca de la información recolectada en los centros de control.

Cali la capital del valle de Colombia, cuenta con Vivelabs el cual son espacios de capacitación tecnológica para la comunidad ya sea televisión digital, desarrollo de software, video juegos, etc. Tiene los infoCalis [15] que son salas de acceso gratuito a internet, se han instalado cámaras térmicas para la detección temprana de incendios, también cuenta con cámaras de vigilancia y detección de infracciones y una conexión entre centros hospitalarios permitiendo que los usuarios solo tengan una sola historia clínica.

5 CASOS DE ESTUDIO

A continuación, se describe la solución tecnológica a 3 casos en ciudades de Colombia en los que se puede implementar IoT para mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

5.1 Seguridad Ciudadana Caso Bogotá

Bogotá al igual que otras megas ciudades enfrenta problemas de seguridad, en este caso relacionadas con la violencia interpersonal, el hurto a viviendas, establecimientos y personas.

Este sistema exige coordinar varias entidades para monitorear y actuar de forma discreta, respetando los derechos y privacidad de los ciudadanos, dicho esto se propone implementar un sistema de cámaras, sensores y botones de pánico, ubicados en sitios estratégicos por toda la ciudad que estén comunicados con un centro de control, que se encargará de centralizar la información obtenida de los dispositivos.

El sistema está enfocado en sitios públicos, calles de alta concurrencia y en zonas residenciales; en las zonas de alta concurrencia se ubican cámaras en edificios, postes de energía y semáforos, cada una de ellas conectada a un Gateway MQTT, lo que hará más fácil la comunicación y el manejo de zonas delimitadas por parte del centro de control. Las imágenes de video vigilancia se podrán conectar a un sistema cognitivo de procesamiento digital de imágenes tal como lo ofrecen plataformas en la nube como: Azure (Vision), Amazon (Rekognition), IBM (Watson Visual Recognition), entre otros. Este sistema aparte de detectar rostros y placas de vehículos, podrá detectar patrones de comportamiento de personas; con esto facilitaría la toma de decisiones por las autoridades competentes para actuar de manera preventiva, siempre y cuando que sea posible y antes que los problemas ocurran o se vuelvan más graves.

En las zonas residenciales se propone conectar los circuitos cerrados de video vigilancia al centro de control, de forma que sea este que informe y de alerta a las autoridades de algún suceso, adicionalmente se plantea ubicar botones de pánico que accionen una alarma e informen a las autoridades la ubicación específica de forma inmediata.

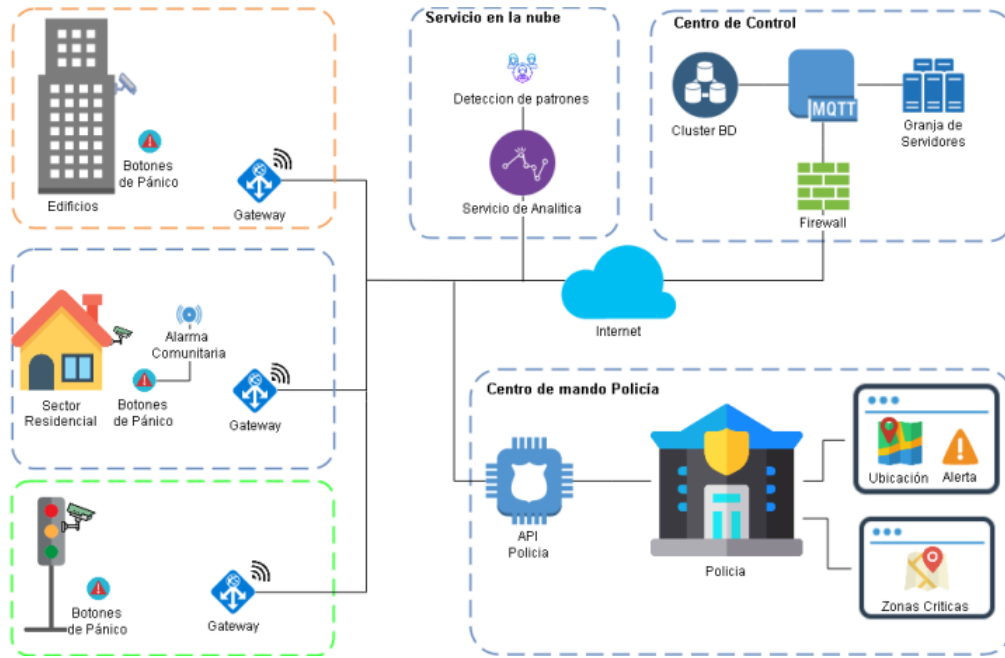


Figura 1: Arquitectura general del Sistema seguridad ciudadana

Las autoridades competentes recibirán la información del centro de control en tiempo real a través de una interfaz que ubica la estación de policía más cercana, además a través de los datos históricos se podrá hacer un seguimiento de las incidencias y ubicación de los hechos más comunes relacionados con inseguridad, en los que estas autoridades podrán implementar estrategias metodológicas en seguridad ciudadana en esos sectores en particular.

5.2 Gestión de inundaciones Caso Barranquilla-Cartagena

Ciudades como Barranquilla y Cartagena presentan cada vez más riesgo de sufrir inundaciones a causa de las lluvias que generan de forma directa desbordamiento de arroyos cercanos a estas ciudades.

Se propone un sistema que ubique una red de sensores en las orillas de los ríos y quebradas, estos sensores se encargarán de identificar y alertar situaciones de emergencia, datos que serán enviados un centro de control para ser procesados. De esta manera a cada rio y quebrada se le podrá hacer un seguimiento de forma constante y en tiempo real, información que será entregada a las autoridades competentes para la implementación de acciones pertinentes al caso de emergencia.

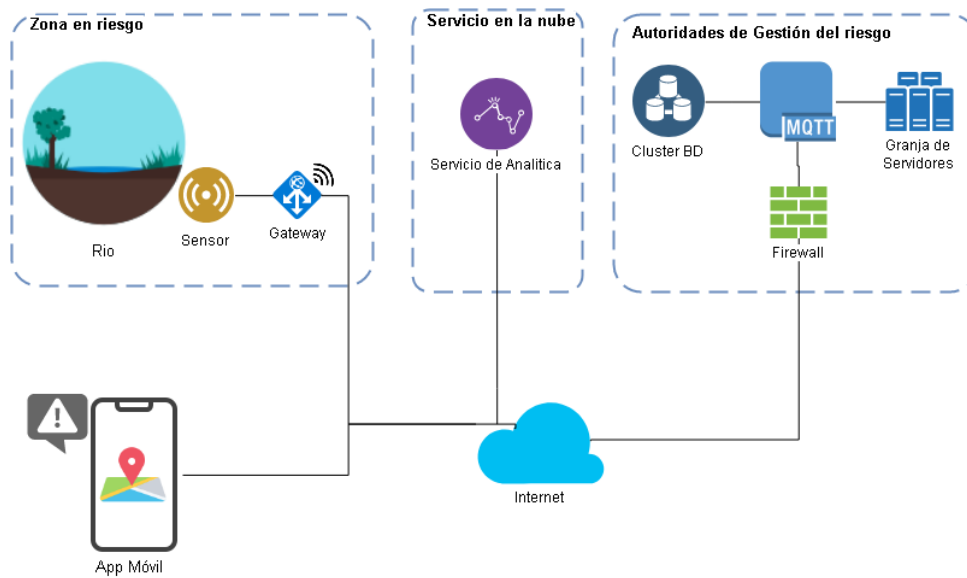


Figura 2: Arquitectura general del Sistema Inundaciones

El sistema podrá notificar a la ciudadanía sobre las zonas de posibles inundaciones por medio de una aplicación móvil. En caso de que ya exista la inundación la aplicación podrá informar acerca de las medidas de respuesta adecuada a la emergencia, calles que se encuentran inundadas y rutas alternas. De la misma manera las autoridades podrán analizar los datos ambientales recolectados para tomar decisiones en las zonas de mayor riesgo y evitar futuras emergencias.

5.3 Gestión de Ambulancias y Servicios de Salud

Ante una emergencia de salud cada segundo cuenta para salvar vidas, este es un aspecto fundamental para brindar una atención adecuada a los pacientes.

Se propone implementar un sistema en que se integre y comunique las ambulancias con los centros hospitalarios de toda la ciudad de forma instantánea, este sistema requiere que se comparta la historia clínica de los pacientes de manera electrónica, y sin excepción por parte de las entidades prestadoras de salud tanto públicas como privadas.

El flujo del sistema funcionará de la siguiente manera: En primera instancia la ambulancia recoge al paciente, el sistema plantea que se interconecte con el sistema de semaforización de la ciudad y que a cada ambulancia se le pueda hacer seguimiento satelital en tiempo real vía GPS, en donde se le pueda brindar la mejor ruta y asegurar la apertura de los semáforos por los que la ambulancia va transitando, generando los mínimos retrasos entre el origen y destino. Cuando la ambulancia recoge al paciente, se le realiza una valoración inicial, información que es compartida con los centros hospitalarios para que puedan estar preparados con antelación a la llegada del paciente en cuanto a personal médico especializado y equipos médicos pertinentes con el caso. Si el paciente requiere una atención específica, es decir necesita una atención que solo la brinda centros hospitalarios con determinadas características, el sistema dirige a la ambulancia hacia el centro hospitalario adecuado, esto evita que el paciente sea remitido a diferentes hospitales.

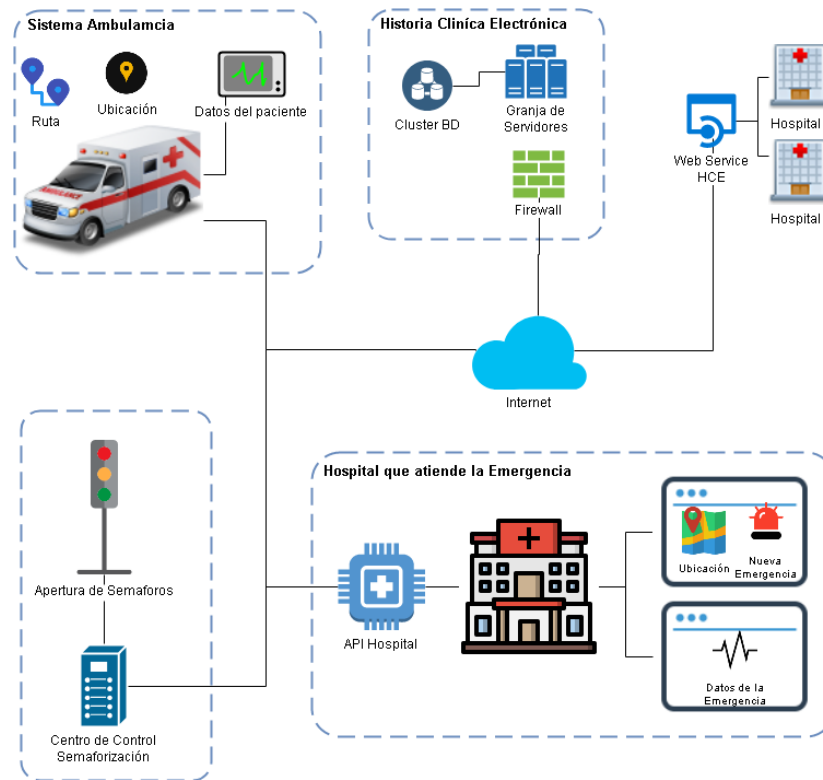


Figura 3: Arquitectura general del Sistema Ambulancias

En las ambulancias se tendrá una aplicación móvil con dos módulos, uno para gestionar la ruta y otro módulo para acceder al historial clínico del paciente, hacer el reporte de la valoración inicial, detalles y características específicas de la emergencia, en donde también se podrá enviar información multimedia (fotos y video) si es requerido. En los centros hospitalarios se tendrá una aplicación web que recibirá las solicitudes y requerimientos de los pacientes próximos a llegar en las ambulancias.

Este sistema se puede aplicar a cualquier ciudad de Colombia que cuente con varios hospitales.

6 CONCLUSIONES

El Internet de las Cosas ofrece la capacidad de monitorear, administrar y controlar dispositivos de forma remota, y de crear nuevos conocimientos e información procesable a partir de flujos masivos de datos en tiempo real que son aplicables a las Ciudades Inteligentes.

Construir una ciudad Inteligente se deben afrontar retos como lo son:

- Infraestructura tecnológica adecuada que soporte las características de comunicación necesarias para proyectos de IoT, tales como seguridad, escalabilidad, concurrencia, flexibilidad entre otros.
- Compromiso de los ciudadanos de hacerse partícipes e inclusivos de la ciudad inteligente.
- Creación de política de datos abiertos, generando confianza en los sistemas de ciudades inteligentes y permitiendo integrar la información de diferentes entidades.
- En Colombia existen diferentes proyectos en marcha acerca de la gestión de servicios de forma inteligente en diferentes ciudades, pero estos proyectos actúan de manera independiente y les falta una integración con otros subsistemas que podrían actuar de manera colaborativa.

REFERENCIAS

- [1] FG-SSC. (2015). Grupo Temático sobre Ciudades Inteligentes y Sostenibles. Recuperado 10 febrero, 2019, de <https://www.itu.int/es/ITU-T/focusgroups/ssc/Pages/default.aspx>

- [2] ONU-DAES. (2018). Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo. Recuperado 12 febrero, 2019, de <https://www.un.org/development/desa/es/news/population/2018-world-urbanization-prospects.html>
- [3] Bouskela, M., Casseb, M., De Luca, C., & Facchina, M. (2016). La ruta hacia las smart cities: Migrando de una gestión tradicional a la ciudad inteligente. Recuperado de <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7743/La-ruta-hacia-las-smart-cities-Migrando-de-una-gestion-tradicional-a-la-ciudad-inteligente.pdf>
- [4] Salazar, J., & Silvestre, S. (2016). INTERNET DE LAS COSAS. Recuperado de https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/100921/LM08_R_ES.pdf/7743/La-ruta-hacia-las-smart-cities-Migrando-de-una-gestion-tradicional-a-la-ciudad-inteligente.pdf
- [5] Asociación Open Soruce Iberia. (s.f.). ¿Qué es una red IOT (LPWAN)? Recuperado 11 marzo, 2019, de <https://osiberia.org/que-es-una-red-iot-lpwan/>
- [6] Sabas, A. (2018). Haciendo IoT con LoRa: Capitulo 1.- ¿Que es LoRa y LoRaWAN? Recuperado 14 marzo, 2019, de <https://medium.com/beelan/haciendo-iot-con-lora-cap%C3%ADtulo-1-qu%C3%A9-es-lora-y-lorawan-8c08d44208e8>
- [7] Cabello, C. (2016). Así es SIGFOX, la red alternativa para el Internet de las cosas - Nobbot. Recuperado 13 marzo, 2019, de <https://www.nobbot.com/redes/sigfox-la-red-para-el-internet-de-las-cosas/>
- [8] Luna, N. (2018). ¿Qué es la red LTE-M? Recuperado 14 marzo, 2019, de <https://www.entrepreneur.com/article/310671>
- [9] Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Geocakopoulos, D. (2013). Sensing as a service model for smart cities supported by Internet of Things. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 25(1), 81–93. <https://doi.org/10.1002/ett.2704>
- [10] Centro de Seguridad TIC de la Comunitat Valenciana. (s.f.). SEGURIDAD EN INTERNET DE LAS COSAS: Estado del arte. Recuperado de [http://www.csirtcv.gva.es/sites/all/files/downloads/%5BCSIRT-CV%5D%20Informe-Internet de las Cosas.pdf](http://www.csirtcv.gva.es/sites/all/files/downloads/%5BCSIRT-CV%5D%20Informe-Internet%20de%20las%20Cosas.pdf)
- [11] Cámara Colombiana de Informática y Telecomunicaciones, Fedesarrollo. (2016, abril). ¿Qué tan inteligentes son las ciudades colombianas? Coyuntura TIC. Recuperado de <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/3087>
- [12] Cruz Alemán, G. A., Gamboa Hernández, J. E., Martínez Medina, S., González Cruz, B. C., Gacha Encalada, L. P., & Alta Consejería TIC. (2018). Bogotá Ciudad Inteligente. Recuperado de <http://ticbogota.gov.co/documentos/hacia-la-transformacion-bogota-inteligente>
- [13] Diario El Tiempo. (2017, 13 Junio). Medellín, cuarta ciudad más inteligente de Latinoamérica según estudio. Recuperado 21 marzo, 2019, de <https://www.eltiempo.com/colombia/medellin/medellin-cuarta-ciudad-mas-inteligente-de-latinoamerica-segun-estudio-98360>
- [14] Secretaría de Movilidad de Medellín. (s.f.). Sistema Inteligente de Movilidad de Medellín (SIMM). Recuperado 21 marzo, 2019, de <https://www.medellin.gov.co/simm/>
- [15] Alcaldía de Cali. (2015). Cali, ciudad inteligente. Recuperado 22 marzo, 2019, de http://www.cali.gov.co/tic/publicaciones/112244/cali_ciudad_inteligente/

Modelo de proyección social universitario basado en innovación abierta

Sonia Alexandra Pinzón
Nuñez
Universidad Distrital Francisco José
de Caldas
Bogotá, Colombia
spinzon@udistrital.edu.co

Juan Carlos Guevara Bolaños
Universidad Distrital Francisco José
de Caldas
Bogotá, Colombia
jcguevarab@udistrital.edu.co

Carlos Alberto Vanegas
Universidad Distrital Francisco José
de Caldas
Bogotá, Colombia
cavanegas@udistrital.edu.co

RESUMEN

El concepto de innovación abierta se propuso como la forma en que las organizaciones interactúan con los entes externos con el objeto de crear un flujo de conocimiento que permitiera la expansión de los mercados. La creación de un ecosistema abierto que facilite la interacción de diferentes organizaciones, personas o entidades para intercambiar ideas, datos y conocimiento facilita la generación de estrategias para enfrentar los retos que se presentan en cualquier organización.

Al revisar la teoría de la innovación abierta, se propone una investigación que permita promover desarrollo social de una comunidad aplicando este enfoque con el apoyo de las tecnologías de información y las comunicaciones. El objeto de este artículo es describir el Modelo de proyección social basado en Innovación abierta que ha sido aplicado en un programa académico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas como estrategia para el desarrollo social y estará enfocado a resolver una problemática que se ha detectado en la localidad de Ciudad Bolívar de la ciudad de Bogotá haciendo uso de las TIC.

ABSTRACT

The concept of open innovation was proposed as the way in which organizations interact with external entities in order to create a flow of knowledge that allows the expansion of markets. The creation of an open ecosystem that facilitates the interaction of different organizations, people or entities to exchange ideas, data and knowledge that facilitate the generation of ideas to face the challenges that arise in any organization.

By revisiting the theory of open innovation, a research is proposed that allows promoting social development of a community, applying this approach with the support of Information

El permiso para hacer copias digitales o impresas en parte o en la totalidad de este artículo, se otorga sin tener que cubrir una contribución financiera, siempre y cuando sea para uso personal o en el aula, que las copias que se realicen o se distribuyan no sean con fines de lucro o ventaja comercial y que las copias conserven este aviso y los datos de la cita completa en la primera página. Para otro tipo de copias, o volver a publicar el artículo, para almacenarlos en servidores o redistribuirlo en listas de correo, se requiere una autorización previa de los autores y/o una posible cuota financiera.

8o. Congreso Internacional de Computación CICOM 2019, (17 al 19 de octubre del 2019), Cartagena, Colombia.
Copyright 2019 Universidad Autónoma de Guerrero, Universidad Distrital Francisco José de Caldas,

Technologies and Communications. The aim of this paper is to

describe the Social Projection Model based on Open Innovation that has been applied in a academic program of Universidad Distrital Francisco José de Caldas as a strategy for social development and will be focused on solving a problem that has been detected in the town of the Ciudad Bolívar using ICT.

Términos Generales

Tecnologías de la información y la comunicación TIC, Innovación social, proyección social, extensión universitaria, gestión de conocimiento.

Palabras clave

Innovación Abierta, Desarrollo sostenible, Innovación social, proyección social, Ciudades Inteligentes.

Keywords

Open innovation, sustainable development, social innovation, social projection, smart cities.

1. INTRODUCCIÓN

Las organizaciones en materia económica han integrado la innovación como un medio que les permitan mejorar sus procesos y productos, convirtiéndose en un factor diferencial en el marco de la competitividad [1]. La retroalimentación que las organizaciones pueden obtener por parte de entidades externas puede facilitar la identificación de los puntos débiles y las ventajas de su proceso de producción, además les permite obtener un conjunto de ideas para mejorar dichos procesos e incluso mejorar sus productos o servicios, de tal manera que el intercambio de conocimiento con su entorno puede garantizar su sostenibilidad y permanencia en el mercado, lo cual impacta los indicadores de desarrollo del país [2].

Actualmente las empresas han abierto sus procesos organizacionales y se han separado del proceso cerrado de innovación [3], de tal forma que involucran a sus clientes y han establecido relaciones o convenios con el estado y la academia para intercambiar el conocimiento [4] e ideas externas que les permita mejorar sus modelos de negocio e innovar sus productos, procesos o servicios, potenciando su competitividad, de esta forma están aplicando el paradigma de innovación abierta [5]. Dentro de este paradigma se han identificado varios factores que las empresas tienen actualmente a su favor, entre estos se encuentra, el acceso a la información, las tecnologías de

información y comunicación TIC, el acceso a financiación externa para el desarrollo de la innovación, los programas y políticas de gobierno existentes para fomentar la ciencia, tecnología e innovación [6].

Por otra parte, el desarrollo económico de un país depende del crecimiento en el sector productivo e industrial, lo que implica que los gobiernos definan políticas y programas que fomenten la investigación e innovación, creando las condiciones para: incentivar la inversión a nivel local e internacional, incrementar las oportunidades de acceso a empleos formales, mejorar la calidad de vida de la población y disminuir los índices de pobreza, tal como lo indican los análisis hechos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos OCDE [7]. Estas políticas también incluyen estrategias que facilitan la interacción entre el estado, la empresa y la academia generando grupos de trabajo para el intercambio de conocimiento dentro de su proceso de cooperación. En este ámbito, la gestión de conocimiento cumple un papel fundamental en la innovación creando redes de trabajo colaborativo e impulsando la transferencia de conocimiento, lo cual permite fortalecer las habilidades de los participantes, así como los procesos que estos realizan incrementando la productividad al mismo tiempo que se reducen los costos [8].

Desde la perspectiva de la innovación social también se han planteado modelos que incorporan las relaciones entre empresa, estado y academia como actores que intervienen en el desarrollo económico y social de una comunidad, generando conocimiento, proyectos de innovación y modelos de negocio que resuelven problemáticas de la población [9-10]. Pero la necesidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes a través del uso de nuevas tecnologías y al mismo tiempo resaltando la importancia que tiene la Universidad (academia) como generadora de conocimiento [11], ha creado una nueva relación que incluye a la sociedad como un actor importante como usuario de ese conocimiento [12].

En este sentido, se propone el Modelo de proyección social basado en innovación abierta como estrategia para el desarrollo social en la localidad Ciudad Bolívar, recogiendo un conjunto de proposiciones acerca de los modelos de innovación, con el objeto de ser implementado inicialmente dentro del proyecto curricular de Tecnología en Sistematización de Datos e Ingeniería en Telemática como una política de extensión y proyección social y posteriormente en la unidad de extensión de la Facultad Tecnológica de la universidad Distrital Francisco José de Caldas.

2. OBJETIVO

Plantear un modelo de proyección social universitaria que incorpore los conceptos sobre innovación social.

3. METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

Para entender como el modelo propuesto integra los aportes desde la perspectiva de la innovación social, se describen a continuación algunos paradigmas relacionados con innovación de forma general.

3.1. Innovación

La Innovación puede ser definida “como la capacidad de generar e incorporar conocimientos para dar respuestas creativas a los problemas del presente” [1]. Ha sido aplicado inicialmente en el

ámbito empresarial como respuesta a la alta competitividad en los mercados y como proceso para garantizar la sostenibilidad de las empresas, con el objeto de mejorar sus productos, procesos y/o servicios de forma exitosa [13]. En consecuencia, las empresas que no invierten en innovación corren alto riesgo de salir del mercado o ser desplazadas por otras. Pero existen varios contextos en los cuales la innovación genera un valor agregado en la generación de nuevos artefactos permitiendo transformar el entorno de una comunidad [14].

La transformación es el resultado de identificar las necesidades, generar ideas viables e implementarlas en un producto mejorado, haciendo uso de una infraestructura que contenga elementos científicos, tecnológicos e industriales. Desde la perspectiva de Sábato [9] “No basta una vigorosa infraestructura científico-tecnológica para asegurar que un país será capaz de incorporar ciencia y técnica a su proceso de desarrollo: es menester, además, transferir a la realidad los resultados de la investigación”, de tal forma que se genere una dinámica, en este caso representada por un triángulo, en la cual fluye el conocimiento sobre las relaciones que se puedan establecerse entre los sectores de Gobierno, Estructura Productiva e Infraestructura Científico Tecnológica, cada uno de estos ubicados en un vértice, siendo el gobierno la base para impulsar los otros dos sectores con los aportes presupuestales. Por otra parte, la transferencia de conocimiento entre la Estructura productiva e Infraestructura Científico tecnológica debe ser irrompible, aunque en algunos casos difícil de establecer. Estas relaciones y flujos han sido representados en la siguiente figura.

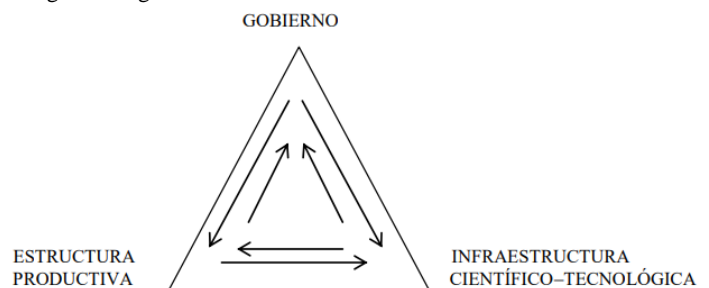


Figura 1. Triángulo de Sábato: flujos entre las relaciones Gobierno, Estructura productiva e Infraestructura Científico-Tecnológica [9].

Por otra parte, los sistemas de innovación definen dinámicas de intercambio dentro de los sistemas de producción que se basan en la transferencia de conocimiento entre varios sectores. Por ejemplo, el modelo Triple Hélice establece un sistema de interacciones entre el estado, empresas como actores productivos y las universidades como actores científicos [10], cuyo objetivo es innovar los procesos productivos dentro del ámbito económico. En este caso este modelo concuerda con el triángulo de Sábato en interrelacionar la empresa con actores o elementos externos, pero definiendo intersecciones en las cuales se genera un tipo de conocimiento que genera una serie de relaciones híbridas, tal como se observa en la Figura 2.



Figura 2. Relaciones y flujos en modelo Triple Hélice.

3.2. Innovación Abierta

La innovación abierta, es un paradigma que han adoptado muchas organizaciones con el objeto de mejorar el proceso de innovación, disminuir costos y tiempos de producción, obteniendo el mayor provecho del conocimiento del sector externo. Adicionalmente propicia la transferencia de tecnología y conocimiento como un flujo de doble vía, interna y externa. Internamente las organizaciones poseen sus propios recursos tales como el capital, la infraestructura tecnológica y el humano incluido el conocimiento del quehacer organizacional y productivo, cuya sinergia permite sacar adelante su modelo de negocio y los procesos productivos, pero debido a la alta competitividad de los mercados las empresas se han visto abocadas a expandir y abrir sus modelos de tal forma que involucran recursos externos, para ello deben interactuar con otros. Por ejemplo, a través de alianzas o convenios, las empresas pueden obtener capital, adaptar nuevas tecnologías y generar transferencia de conocimiento de externos relacionados con su objeto de comercialización, como se representa en la siguiente Figura 3.

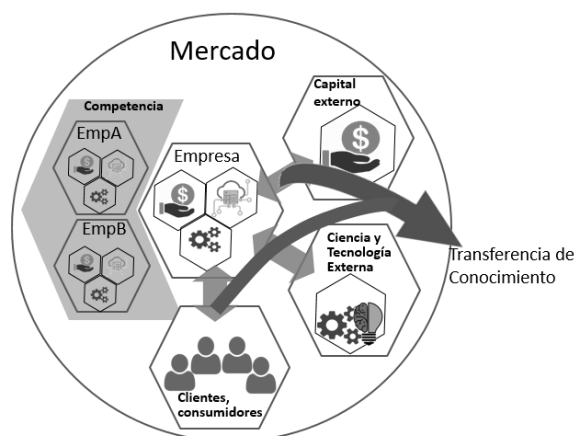


Figura 3. Relaciones y flujos en la Innovación Abierta.

En este modelo la gestión de conocimiento es muy importante, ya que es la que permite obtener la información sobre los gustos y necesidades de los clientes y consumidores, además de información de nuevas tecnologías o nuevos conocimientos, que en la actualidad gracias a las redes de datos se han creado canales

de comunicación a través de internet, lo que facilita ampliamente la transferencia de ese conocimiento [15].

Adicionalmente, este modelo de innovación ha fomentado el desarrollo y la expansión de muchas empresas, así como la creación de empresas derivadas de las ya existentes como: networking, son empresas que actúan como intermediarias de innovación como resultado de las relaciones externas y las empresas spin-off, aquellas empresas que se por uno o varios empleados de una empresa que se retiran de la empresa inicial para crear una nueva de forma independiente para llevar a cabo ideas que no se desarrollaron en la empresa original, finalmente las spin-out, son empresas creadas por los mismos propietarios de la empresa origen con el objeto de venderlas posteriormente, luego de incrementar su valor [16].

3.3. Innovación Social

La innovación social es un término que actualmente ha tomado bastante relevancia, debido a los avances tecnológicos, al impulso del emprendimiento y a las nuevas políticas que incentivan programas de innovación empresarial con fines de investigación, cuyo enfoque principal radica en mejorar la calidad de vida de las personas [17], inicialmente aquellas que tienen discapacidades o se encuentran marginadas o sufren algún tipo de discriminación, pero no existe una definición genérica que incide cual es el alcance de esta. Respecto a la innovación abierta, cuyo objetivo es mejorar los procesos, productos y servicios de una empresa para mantener sus procesos productivos y elevar sus índices de competitividad y ganancias, en este caso, la innovación social está enfocada a mejorar los servicios y productos en función del bienestar de la sociedad [18].

Las empresas, el estado y la academia establecen redes de colaboración y cooperación de tal forma que incluyen a las personas y/o comunidades como generadores de ideas para el desarrollo de productos y servicios en beneficio de estas, partiendo de sus características y necesidades en cuanto a salud, movilidad, seguridad, educación, sostenibilidad y medio ambiente, entre otros. En respuesta de esta interacción se han generado incubadoras, clúster, parques tecnológicos y programas que trabajan en función de estos objetivos fomentando la participación ciudadana [19]. La Figura 4 representa estas relaciones y los posibles flujos de transferencia de conocimiento.

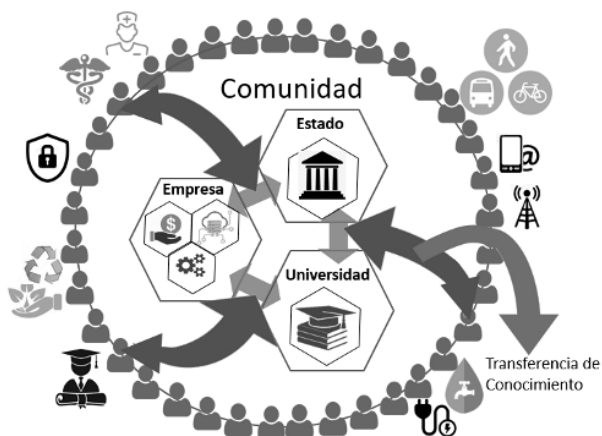


Figura 4. Relaciones y flujos en la Innovación Social.

4. PROPUESTA

El escenario definido dentro del paradigma de innovación abierta se traslada al ámbito universitario, como un modelo de proyección social para el proyecto curricular de Tecnología en Sistematización de Datos e Ingeniería en Telemática, en el que se articulan la investigación, la extensión y la academia para brindar alternativas tecnológicas a las necesidades de la comunidad, a partir del trabajo entre comunidad, gobierno y universidad [22].

El modelo incorpora varios componentes que se aprecian en la figura 5, tales como: Áreas de trabajo, líneas de trabajo, programas y proyectos de proyección social y comunidad.

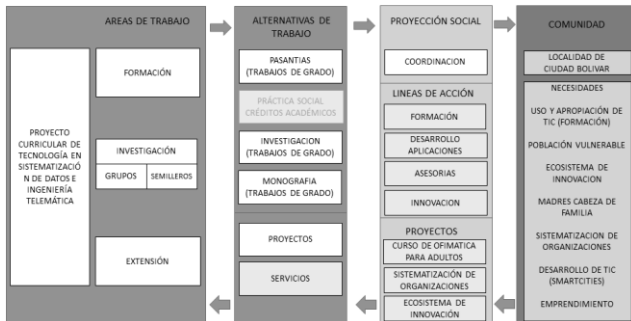


Figura 5. Componentes del modelo de proyección social propuesto.

Áreas de trabajo: definidas como los escenarios en los cuales los profesores y estudiantes desarrollan las actividades relacionadas con la academia, investigación y extensión dentro del proyecto curricular, cuyos resultados se consolidan en proyectos, productos y producción académica.

Líneas de trabajo: Son los medios a través de los cuales se pueden desarrollar proyectos de proyección social, en los cuales los estudiantes pueden realizar proyectos o prestar servicios a través de varias modalidades de trabajo de grado como: pasantías, monografías y monitorías de investigación bajo la dirección de los profesores.

Programas y proyectos de proyección social: conjunto de alternativas que se desarrollan a partir de las necesidades generadas por la comunidad y en las que se involucran las áreas de trabajo. En estos se tiene como base la participación de la comunidad tanto en los procesos de retroalimentación como en el desarrollo. Es aquí donde el modelo aplica el paradigma de innovación abierta para lograr la transferencia de conocimiento desde la Universidad hacia la Comunidad y viceversa.

Comunidad: involucra los actores que participan en los procesos de proyección social, en este caso se pretende crear relaciones con entidades de gobierno como estrategia para hacer un acercamiento a los demás actores como entidades educativas, empresas, organizaciones, asociaciones o habitantes de la ciudad. A partir de estas relaciones se hacen acercamientos que permiten determinar las necesidades en las que se enfocan las líneas de trabajo.

5. RESULTADOS

El proyecto curricular del programa de Tecnología en Sistematización de Datos e Ingeniería en Telemática de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ha dirigido varios proyectos de proyección social desde el año 2018, enfocados

inicialmente en la Formación en TIC y al desarrollo de aplicaciones para la localidad de Ciudad Bolívar, los cuales han propiciado la participación de los profesores y estudiantes de los grupos de Investigación Imaginet y Metis del Proyecto Curricular [22].

5.1. Proyecto de Formación TIC

Para llevar a cabo el proyecto de Formación en TIC para la localidad de Ciudad Bolívar se estableció una estrategia de colaboración entre el proyecto curricular y la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar, creando un equipo de trabajo conformado por una docente de la Universidad y una funcionaria de la Alcaldía local quien coordina los portales interactivos de la localidad, estos portales son espacios que se encuentran ubicados en los barrios de la localidad dentro del área de impacto del proyecto curricular, los cuales están dotados con la infraestructura que permite el uso de equipos informáticos e internet, los cuales están bajo la dirección de la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar. La Figura 6 muestra la ubicación de los portales en donde se ha realizado la formación y como estos se encuentran en el área de influencia de la Universidad.

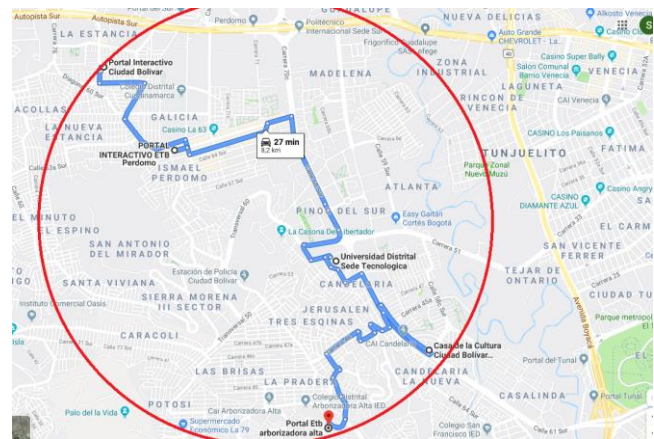


Figura 6. Ubicación de los portales interactivos objeto del proyecto.

De esta manera se ha llevado a cabo una convocatoria dirigida a los habitantes de la localidad que dio como resultado la formación de 52 participantes en el año 2018 y en la actualidad se cuenta con la participación de 70 habitantes, incluidos estudiantes de varios colegios que han participado en cursos de temáticas TIC como: desarrollo de juegos móviles, competencias en internet y programación Python y diseño de objetos 3D.

Los cursos de formación propuestos fueron definidos de acuerdo a las necesidades detectadas por la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar y diseñados por los grupos de investigación del Proyecto Curricular de Tecnología en Sistematización de Datos e Ingeniería en Telemática, según las posibilidades de cooperación que se establecieron, de tal forma que los docentes y estudiantes de la Universidad coordinaron el proceso de capacitación en los portales designados para tal fin.

En lo referente al proceso de retroalimentación se observó un alto grado de satisfacción y el interés por mantener la participación en este tipo de programas, solicitando la continuidad de proyectos similares.

5.2. Desarrollo de Aplicaciones

A partir del trabajo realizado en los portales se pudo encontrar otro tipo de necesidades, en este caso relacionadas con los barrios de la localidad que se encuentran en la periferia de la ciudad y en los cuales los habitantes se dedican a la producción agrícola y alimentos lácteos, en donde se encontró que tenían dificultades para comercializar sus productos debido a su ubicación, por lo cual tenían que acudir a intermediarios, lo que hacía que sus ingresos no correspondieran a su producción y que sus productos llegaran a sus clientes con un precio más alto. A partir de esta problemática se planteó el desarrollo de una plataforma de comercialización en la cual los productores pueden ofrecer sus productos y los clientes establecer contacto con ellos para efectuar la compra, al mismo tiempo que se pueden ofrecer otros servicios como transporte de productos, este servicio fue propuesto por los mismos beneficiarios a partir de sus propias necesidades.

Esta plataforma ha sido desarrollada por estudiantes del proyecto curricular y actualmente, se encuentra en la fase de validación, siendo una herramienta que beneficiará el desarrollo económico de la ciudad.

5.3. Trabajo futuro

Actualmente, se están evaluando los contenidos de asignaturas electivas con el propósito de enfocarlas al desarrollo de prácticas empresariales y sociales. Adicionalmente se está aplicando la dinámica de participación desde los grupos y semilleros de investigación para que los docentes y estudiantes puedan ofrecer diversos servicios para la localidad y al mismo tiempo hacer propuestas de proyectos de grado enfocados al planteamiento de aplicaciones para satisfacer otras necesidades detectadas en la localidad de Ciudad Bolívar en pro de un desarrollo sostenible.

6. CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto “PROYECCIÓN SOCIAL DE FORMACIÓN EN TIC PARA LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR”, ha permitido unir esfuerzos entre el la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar y la Universidad Distrital, para trabajar con el propósito de impactar la comunidad de la ciudad, especialmente en los habitantes que desean mejorar los procesos de participación; permitiéndoles familiarizarse con el uso de las TIC, mejorando sus habilidades y destrezas en este campo y logrando una mayor proyección de dichas entidades hacia la comunidad.

El modelo de proyección social, ha permitido crear una dinámica en la que el proyecto curricular se vincula a la comunidad y la hace partícipe de los proyectos, generando en los habitantes un sentido de pertenencia, de igual manera los proyectos generados tienen un valor agregado dada la participación activa de los beneficiarios en el desarrollo de los mismos.

7. REFERENCIAS

[1] J. Giménez, “Impacto de la innovación sobre el rendimiento de las empresas constructoras: un estudio empírico en España”, julio 2015, disponible en <http://www.gaedpyme.upct.es/index.php/revista1/article/view/99/128>

- [2] H. J. Gómez. D. Mitchell, "Innovación y emprendimiento en Colombia: balance, perspectivas y recomendaciones de política, 2014-2018. Bogotá: FEDESARROLLO, 2014.
- [3] Ph. Herzog. J. Leker. "Open and closed innovation – different innovation cultures for different strategies". *International Journal of Technology Management (IJTM)*, Vol. 52, No. 3/4,322-343. Octubre 2010.
- [4] C. Bernal, G. FRACICA, J.S. FROST. "Análisis de la relación entre la innovación y la gestión del conocimiento con la competitividad empresarial en una muestra de empresas en la ciudad de Bogotá". *Estudios Gerenciales*, Universidad ICESI. vol. 28, p. 303-315. 2012.
- [5] H. W. Chesbrough. "Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology". Boston: Harvard Business School Press, 2003, p 43-62.
- [6] Política Nacional de fomento a la investigación y a la innovación, Colombia construye y siembra futuro. Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Francisco José de Caldas, Colciencias. 2008.
- [7] OCDE. "Estudios de la OCDE de las políticas de innovación: COLOMBIA", 2013. Disponible en: <http://repositorio.colciencias.gov.co/handle/11146/535>
- [8] J. C. Guevara B, G. A. Cavando N, M. Pérez P. "Framework de gestión del conocimiento (FGC) basado en capas ". *Visión Electrónica*, algo más que un estado sólido, Vol. 10, No. 1, 1-105, enero-junio 2016.
- [9] J. A. Sábato, N. Botana. "La ciencia y la tecnología en el desarrollo futuro de América Latina". 1986. Disponible en: http://docs.politicasci.net/documents/Teoricos/Sabato_Botana.pdf
- [10] H. Etkowitz. "La triple hélice: universidad, industria y gobierno Implicaciones para las políticas y la evaluación". 2002. Disponible en: <http://www.sivu.edu.mx/portal/noticias/2009/VinculacionLatriplehelice.pdf>
- [11] J. Arias, C. Aristizábal. "Transferencia de conocimiento orientada a la innovación social en la relación ciencia-tecnología y sociedad". *Pensamiento & Gestión*. Editorial Universidad del Norte. No. 31. p. 137-166. 2011.
- [12] M.E. Morales, P.E. Sanabria, D. Caballero. "Características de la vinculación universidad-entorno en la Universidad Nacional de Colombia". 2015. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-68052015000100011&lng=en&tlng=es
- [13] T. Müller-Prothmann, N. Dörr. "Innovationsmanagement. Strategien, Methoden und Werkzeuge für systematische Innovationsprozesse". München: Hanser.2009. p. 7-12.
- [14] F. García, Conceptos sobre innovación: Contribución al análisis PEST (Política, economía, sociedad, tecnología). Plan estratégico 2013-2020. Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. 2012. Disponible en: https://www.acofi.edu.co/wp-content/uploads/2013/08/DOC_PE_Conceptos_Innovacion.pdf
- [15] R. Martínez. "Analysis of open innovation communities from the perspective of Social Network Analysis". *Intangible Capital*, vol.9. Nro. 1. p. 46-64. 2013.
- [16] López, J.; García, A. Innovación abierta: desafíos organizacionales de este modelo de gestión de la innovación

- para las empresas. *Revista Galega de Economía*, vol. 19. No. extraordinario. 2010. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/391/39115737008/>
- [17] J. Abreu. *Innovación social: Conceptos y etapas*. Daena: International journal of good conscience. vol. 6. Nro. 2. pp. 134-138. 2011. ISSN 1870-557X
- [18] J. E. Ezponda, L. Merino. "Cambio de paradigma en los estudios de innovación: el giro social de las políticas europeas de innovación". *ARBOR: Ciencia, Pensamiento y Cultura*. Vol. 187 - 752. noviembre-diciembre. p. 1031-1043. 2011. doi: 10.3989/arbtor.2011.752n6002
- [19] European Commission. "Guide to Social Innovation". 2013. Disponible en: <http://s3platform.jrc.ec.europa.eu/-/guide-to-social-innovation>
- [20] Compes 3582: Política Nacional De Ciencia, Tecnología E Innovación. Consejo Nacional de Política Económica y Social. Colombia. Departamento Nacional de Planeación. 2009. Disponible en: <https://www.ceo.org.co/images/stories/ceo/centro-documentacion/documento-conpes-3582-politica-nacional-ciencia-tecnologia-innovacion-ceo.pdf>
- [21] *Estrategia nacional de apropiación social de la ciencia, tecnología y la innovación*. Colciencias. 2010.
- [22] S. A. Pinzón, J.C. Guevara, L.F. Wanumen. *La Innovación social y desarrollo de proyectos tecnológicos: una oportunidad para hacer extensión universitaria*. Octavo Congreso Internacional de Computación (CICOM 2018). Taxco-Mexico (2018).p.416-422. ISSN 2462-9588. Disponible en: <https://comunidad.udistrital.edu.co/cicom2019/files/2019/05/MemoriasCicom2018.pdf>.

GDevelop como una herramienta para el desarrollo de Juegos basados en plataformas para la apropiación de TIC

Sonia Alexandra Pinzón N
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Cl. 68D Bis A Sur N° 49F - 70
Candelaria La Nueva IV Etapa
(571) 3158791716
spinzon@udistrital.edu.co

Luis Felipe Wanumen Silva
Universidad Distrital Francisco José
de Caldas
Cl. 68D Bis A Sur N° 49F - 70
Candelaria La Nueva IV Etapa
(571) 3133528584
lwanumen@udistrital.edu.co

Yaqueline Garzón Rodríguez
Universidad Distrital Francisco José
de Caldas
Cl. 68D Bis A Sur N° 49F - 70
Candelaria La Nueva IV Etapa
(571) 316365527
ygarzonr@udistrital.edu.co

RESUMEN

En el presente artículo se describe la propuesta de formación en realizada desde el proyecto curricular de Tecnología en Sistematización de Datos de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, con los habitantes de la localidad de Ciudad Bolívar de Bogotá, en relación con el acercamiento a aquellos habitantes que aún no han tenido contacto con la programación y desean incursionar en esta área. Adicionalmente, se propone como una alternativa para que motivar al desarrollo de tecnologías sin necesidad de tener que recurrir a un amplio conjunto de conceptos de programación orientada a objetos, o incluso a programación funcional, haciendo uso de una herramienta para el desarrollo de juegos.

Para lo anterior, se presenta un marco referencial en el que se describen algunos conceptos relacionados con el desarrollo de juegos, posteriormente se explica brevemente la propuesta de hacer uso de la herramienta GDevelop para crear juegos y finalmente se describen los resultados obtenidos frente a este tipo de proyectos sociales, con el objeto de disminuir la brecha digital,

El permiso para hacer copias digitales o impresas en parte o en la totalidad de este artículo, se otorga sin tener que cubrir una contribución financiera, siempre y cuando sea para uso personal o en el aula, que las copias que se realicen o se distribuyan no sean con fines de lucro o ventaja comercial y que las copias conserven este aviso y los datos de la cita completa en la primera página. Para otro tipo de copias, o volver a publicar el artículo, para almacenarlos en servidores o redistribuirlo en listas de correo, se requiere una autorización previa de los autores y/o una posible cuota financiera.

8o. Congreso Internacional de Computación CICOM 2019, (17 al 19 de octubre del 2019), Cartagena, Colombia.
Copyright 2019 Universidad Autónoma de Guerrero, Universidad Distrital Francisco José de Caldas,

haciendo uso de las TIC.

ABSTRACT

This article describes the training proposal carried out from the curricular project of Tecnología en Sistematización de Datos of the Francisco José de Caldas District University, with the inhabitants of the town of Ciudad Bolívar de Bogotá, in relation to the approach to those inhabitants who have not yet had contact with the programming and wish to enter this area. Additionally,

we proposed as an alternative to motivate the development of technologies without having to resort to a wide range of object-oriented programming concepts, or even functional programming, using a tool for game development.

For the above, a referential framework is presented in which some concepts related to the development of games are described, then the proposal to make use of the GDevelop tool to create games is briefly explained and finally the results obtained against this type are described of social projects, in order to reduce the digital divide, using ICT.

Categorías y Descriptores Temáticos

Applied computing Education [Interactive learning environments].

Términos Generales

Juegos de plataforma, herramientas para el desarrollo de juegos. Tic en Educación.

Palabras clave

Gamificación, desarrollo de software, proyección social, uso y apropiación de TIC.

Keywords

Gamification, software development, social projection, use and appropriation of ICT..

1. INTRODUCCIÓN

El Proyecto Curricular de Tecnología en Sistematización de Datos e Ingeniería en Telemática de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, desde el año 2017 ha adelantado varios proyectos de Formación en TIC en la Localidad de Ciudad Bolívar, como una estrategia de proyección social para el uso y apropiación de TIC en los habitantes de la localidad.

Basado en el eje misional de extensión y proyección social de la Universidad en el cual se incluye la transferencia de conocimiento producto de su actividad académica como objeto para contribuir al desarrollo social, económico y productivo de las comunidades, ha definido la normativa a través del Instituto de Extensión y Educación para el Trabajo y Desarrollo Humano IDEXUD, como el eje fundamental para la creación de proyectos interinstitucionales y programas de educación para el trabajo y el desarrollo humano [12] [13].

Por lo anterior, el proyecto curricular definió una política para el desarrollo de proyectos encaminados a la localidad de Ciudad Bolívar, con el objeto de definir cursos, talleres o procesos de formación que podían ofrecerse a la comunidad, convocando a los docentes y estudiantes a participar de este proceso [11]. Como resultado de esta convocatoria varios docentes, elaboraron una estrategia pedagógica, con la cual se pudieran desarrollar aplicaciones de software básicas que no involucraran demasiado conocimiento de la programación. Encontrando el desarrollo de juegos de plataforma una buena alternativa para ello, ya que existían varias herramientas que cumplían con estas características[3].

En este sentido, se diseñó un curso en el que se hizo uso de la herramienta GDevelop para crear juegos y se realizó una capacitación a un grupo de ciudadanos de la localidad, cuyo desarrollo obtuvo una amplia aceptación y el reconocimiento por parte de la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar.

2. OBJETIVO

Utilizar la herramienta GDevelop para el desarrollo de Juegos basados en plataformas en procesos de uso y apropiación de TIC en habitantes de la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá.

3. METODOLOGÍA Y PROCESOS DE DESARROLLO

Para dar cumplimiento al objeto del proyecto, se propuso hacer uso de los portales interactivos de la localidad Ciudad Bolívar en donde se encuentra ubicado el proyecto Curricular de Tecnología en Sistematización de Datos e Ingeniería en Telemática, de tal forma que se obtuvo el permiso para hacer la capacitación en dichos espacios por medio de la coordinación de los portales de la ETB y la coordinación de sistemas de la Alcaldía Local de Ciudad Bolívar. En los cuales se llevó a cabo una convocatoria que inicialmente dio como resultado la participación de 50 habitantes de la localidad, a los cuales se les ofertó un abanico de opciones de formación que incluía cursos sobre programación en Python, competencias para internet y diseño de juegos[11].

A continuación, se describe el proceso de formación realizado en el grupo de diseño de juegos.

3.1. Uso de Moodle.

Moodle[8] ha sido uno de los sistemas de gestión de aprendizaje LMS más utilizados en lo que se refiere a procesos de formación, ya que open source, además su instalación y uso son relativamente accesibles y fáciles de utilizar[3], en el caso del proyecto la Universidad cuenta con esta plataforma para la gestión de varios de los cursos que se desarrollan, por lo cual se ha utilizado para el registro de los participantes y gestión de los contenidos del proceso de formación planteado en este proyecto.

Los temas propuestos en los cursos, fueron desarrollados en un 70% de manera presencial y un 30% de actividades virtuales, [4] soportadas con guías diseñadas para realizar en cada una de las sesiones, las cuales permiten aplicar una tecnología que permite

apoyar los procesos de enseñanza aprendizaje [6], por medio de material digital publicado en la Plataforma Virtual Moodle de la Facultad Tecnológica, donde podrían tener acceso al curso en el cual se encontraban inscritos. La Figura 1 muestra el acceso a la plataforma.

Para el control de actividades en la plataforma virtual Moodle, se validó el registro de ingreso a la plataforma y el cumplimiento de los trabajos propuestos en esta, junto con el material elaborado para el proceso de formación [5]. Adicionalmente el participante pudo desarrollar actividades y acceder a recursos de consulta que le permitieron ampliar sus conocimientos y aclarar las dudas que se presentaron durante los ejercicios prácticos de cada sesión.



Figura 1. Acceso a la Plataforma virtual.

3.2. Los juegos de plataforma

Para el proceso de formación se ha seleccionado la implementación de juegos de plataformas, ya que estos son uno de los tipos de juego más comunes y que han sido usados por un amplio número de personas que van desde la categoría infantil hasta adultos, en los que los jugadores reales son representados por actores que tienen la capacidad de moverse, saltar, correr y desplazarse por una serie de plataformas, en busca de obtener un premio al finalizar [7].

Este tipo de juegos se remonta en los años 80, como resultado del auge que tuvieron las máquinas arcade y juegos como Donkey Kong y Pacman. Pero su furor lo obtuvieron con la entrada triunfal de Super Mario Bros en 1985 y con la aparición de las consolas NES (Sistemas de Entretenimiento de Nintendo)

Los juegos y en especial los videojuegos, siempre han tenido un efecto motivador que los convierte en un elemento cuyo enfoque puede ser utilizado en el aprendizaje por su aporte lúdico en la educación [9]. Por otra parte, permiten desarrollar un conjunto de habilidades dado que enfrentan al jugador a la toma de decisiones y estimulan la imaginación [10]. Estas características son de gran significado por lo cual se optó por incluir los juegos para hacer que una persona común sienta el interés de implementar un juego es sencillo.

Adicionalmente el uso de los videojuegos puede ser potencializadores del aprendizaje que logran el desarrollo de varios aspectos los cuales pueden ser agrupados en las siguientes vertientes: aspectos cognitivos, destrezas y habilidades, aspectos socializadores y aportan ampliamente en la alfabetización digital.

En la tabla 1 se describen algunas de las características de estos componentes.

Aspectos cognitivos	Destrezas y Habilidades	Aspectos socializadores	Alfabetización digital
<ul style="list-style-type: none"> - Memorización de hechos. - Observación de los detalles. - Aumento de la atención. - Percepción y reconocimiento espacial. - Descubrimiento inductivo. - Aumentan la capacidad del empleo de símbolos. - Capacidades lógicas y de razonamiento. - Comprensión lectora y vocabulario. - Conocimientos geográficos, históricos, matemáticos. - Resolución de problemas y planificación de estrategias. 	<ul style="list-style-type: none"> - Autocontrol, autorregulación y autoevaluación. - Implicación y motivación. - Instinto de superación. - Inversión de esfuerzo que es reconocido de forma inmediata. - Habilidades motrices, de reflejos y respuestas rápidas. - Ejercitación de la fantasía. - Estimulación de la constancia. - Percepción visual, coordinación óculo-manual, y percepción espacial. - Curiosidad e inquietud por probar y por investigar. - La motivación y la estimulación auditiva y visual que suponen los VJ, aumentan el dominio de destrezas tecnológicas. - Permiten el aprendizaje por acierto-error sin riesgo 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumenta la autoestima: proporcionan un sentido de dominio, control y cumplimiento. Debido en gran parte a que existen recompensas personalizadas - Interacción con amigos de manera no jerárquica (presencial o a distancia) - Aumentan la tolerancia ante el fracaso. - El aprendizaje encubierto característico de los VJ vence las resistencias que se pueden objetar al aprendizaje formal. 	<ul style="list-style-type: none"> - Se convierten en una herramienta para introducir al participante en el mundo de la informática. - Facilita el aprendizaje a través de las TIC. - Desarrolla habilidades de forma intuitiva a través de la práctica.

Tabla 1. Características de los aspectos potencializadores de aprendizaje de los videjuegos [Marqués].

3.3. Uso de GDevelop para el desarrollo de juegos de plataforma

Se ha seleccionado GDevelop como una herramienta que permite el desarrollo de juegos son necesidad de tener que conocer a profundidad la programación. Lo más importante de esta herramienta es que puede ser usada por cualquier persona que no haya tenido contacto con el desarrollo de aplicaciones, pero que conozca

mínimamente cómo usar un computador para propósitos de oficina [2] [9].

La metodología empleada para el desarrollo del juego se basó en tres fases correspondientes a: Diseño del Juego e implementación.

Diseño del Juego

Para el diseño del juego se indicó a cada participante que debía definir los componentes principales del juego tales como: objetivo del juego, personaje principal, NPC enemigos [1] (contrincantes o enemigos), Puntaje, niveles, diseño de interfaz. Para ello se definió un formato en el cual se hacía la descripción de cada uno, tal como se observa en la Figura 1.

- Objetivo del Juego:** Consiste en plasmar de forma descriptiva en que consiste el juego y cuál es la meta de este.
- Selección del personaje principal:** Describir el personaje, los comandos de teclado que deberán utilizarse para llevar a cabo las acciones que debe realizar ej: saltar (Ctrl+ Flecha arriba), caminar (Flecha derecha o izquierda), correr (Ctrl+ Flecha derecha o izquierda), etc.
- NPC enemigos y puntaje:** corresponderá a la descripción de los elementos con los que el personaje principal deberá combatir, los cuales podrán restarle puntaje o disminuir vidas y aquellos que deberá recolectar para obtener puntos, por ejemplo: gemas, banderines, escudos, monedas, etc.
- Niveles:** Descripción de cantidad y complejidad de los niveles que deberá pasar el personaje principal.
- Diseño de interfaz:** Corresponde a un diagrama previo de pantalla del juego.

TECNOLOGÍA EN SISTEMATIZACIÓN DE DATOS E INGENIERÍA EN TELEMÁTICA UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS			
PROYECTO FORMACIÓN TIC PARA LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR 2018			
CURSO: JUEGOS MÓVILES	DOCENTES: Luis Felipe Wanumen Silva Sonia Alexandra Pinzón		
PORTAL: PERDOMO	PARTICIPANTE: LUIS FELIPE SARMIENTO		
FORMATO DISEÑO JUEGO			
OBJETIVO DEL JUEGO:			
El personaje principal que Tendrá un máximo de 3 vidas y recogerá cubos de color, evitando las hélices o molinos para llegar a la meta.			
PERSONAJE PRINCIPAL	NPC		NIVELES
	CONTRINCANTES	PUNTAJE	
Un Robot podrá saltar, caminar o correr, utilizando las teclas de flechas para moverse y la tecla control para hacer las siguientes acciones: - Caminar: Flecha derecha o izquierda - Saltar: Ctrl+ Flecha arriba - Correr: Ctrl+ Flecha derecha o izquierda	Hélices, cada vez que toque una hélice perderá una vida.	Cada cubo le dará 100 puntos si es de color azul, 50 de color rojo.	Tres niveles donde aparecerán mayor cantidad de hélices
DISEÑO DE INTERFAZ			

Figura 1. Formato para diseño del Juego.

Implementación

Para lo anterior se les indicó a los participantes cómo crear una escena básica de un juego con un actor y una plataforma, indicando paso a paso como agregar las imágenes preestablecidas que se encuentran en la biblioteca de GDevelop, tal como se observa en la imagen 2 [14].

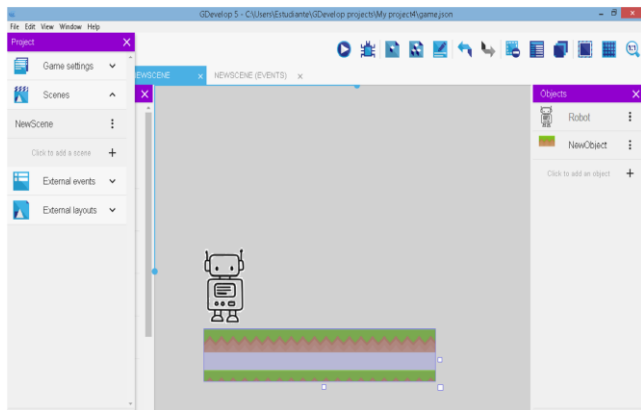


Figura 2. Creación de Escenas del Juego en GDevelop.

Luego de que cada participante diseñara las escenas se logró crear un nivel básico con el cual se cumplieron con las expectativas planteadas.

4. RESULTADOS

Los participantes lograron editar las imágenes y recrear los actores que se encontraban de forma predeterminada en el juego, lo que generó gran expectativa por los resultados. Durante el proceso de diseño los participantes desarrollaron habilidades en el uso de editores gráficos básicos, para obtener las imágenes que se incorporaron en el juego.

Finalmente, por medio de la herramienta se generaron varios juegos, en la figura 3 se observa el resultado de uno de ellos.



Figura 3. Creación de Escenas del Juego en GDevelop

En lo referente al proceso de retroalimentación se observó un alto grado de satisfacción y el interés por mantener la participación en este tipo de programas, solicitando la continuidad de proyectos similares. En la Figura 4 se muestran los resultados en relación al proceso de formación.

Por otra parte, se evidenció que el proceso de formación aumentó el interés de los participantes en el uso de TIC.

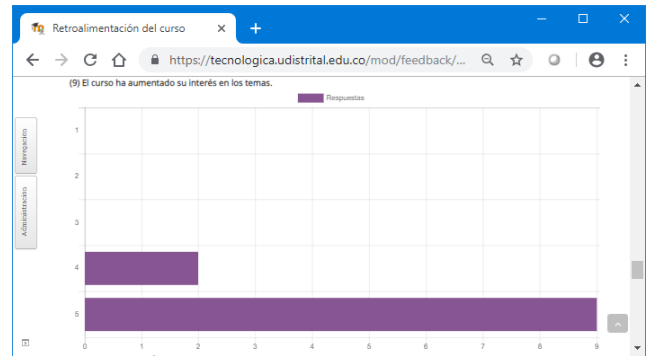


Figura 4. Nivel de interés en uso de TIC.

Lo anterior permite garantizar que el desarrollo del proyecto cumplió con las expectativas propuestas inicialmente, además de crear un espacio para definir nuevos proyectos con beneficio para la comunidad.

5. CONCLUSIONES

El uso de herramientas como Gdevelop, ha facilitado los procesos de formación orientados a los habitantes de la localidad de ciudad bolívar, permitiendo desarrollar habilidades respecto al uso de las TIC de una manera más amigable e interactiva.

Este proceso ha sido un proceso incluyente en el cual se convocó a la comunidad sin ningún tipo de distinción, solo con la motivación de participar y mejorar la comunicación por medio de dichas tecnologías; permitiendo un impacto social favorable para la localidad.

La aceptación que ha tenido este tipo de capacitación ha permitido generar nuevos proyectos de formación, dada la amplia aceptación por parte de los participantes en el proceso.

6. REFERENCIAS

- [1] Chero Caamaño, J. G. (2019). Estudio de usabilidad de videojuegos web utilizando la metodología de desarrollo sum. Disponible en: <http://186.3.32.121/bitstream/48000/14536/1/ECFIC-2019-ISIS-DE00019.pdf>
- [2] Correa, J. D. C. (2015). Digitopolis II: Creación de videojuegos con GDevelop. Jose David Cuartas Correa. Disponible en: https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=CLaJDA AAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=GDevelop+para+juegos&ots=G8gbaOTjV9&sig=vW5JTrdJlrg9k3KiLGYceM08YII&redir_esc=y#v=onepage&q=GDevelop%20para%20juegos&f=false
- [3] Curbelo, D., & DA SILVA, M. Habilidades para la sociedad en red a partir del uso de videojuegos en las XO del Plan Ceibal. Trabajo presentado en las IX Jornadas de Investigación de la Facultad de Ciencias Sociales, Udelar, Montevideo, 13-15.
- [4] Domínguez Lázaro, M. R. (2010). Moodle, una plataforma formativa con gran proyección en los nuevos modelos de enseñanza. Didáctica, Innovación y Multimedia, (19), 0001-14.

- [5] Forero, R. Hacia nuevos ambientes de aprendizaje Inducción a la educación a distancia, Veracruz: OEA/Universidad Veracruzana, 2000.
- [6] ICFES, Contextualización de la enseñanza virtual en la Educación Superior, Bogotá: ICFES, 2002.
- [7] Marqués, Pere. "Los videojuegos." Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad de educación, UAB. 2001. Disponible en: peremarques.pangea.org/videojue.htm
- [8] Moodle.org. (2019). Moodle - Open-source learning platform | Moodle.org. [online] Disponible en: <https://moodle.org/>
- [9] Oña Diaz, R. N., Diaz, O., & Alonso, N. (2018). Software interactivo en el aprendizaje del movimiento parabólico de la asignatura de Física, de los estudiantes de primer año de Bachillerato General Unificado (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil, Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias de la Educación).
- [10] Pérez Latorre, Óliver. "Géneros de juegos y videojuegos: una aproximación desde diversas perspectivas teóricas." Comunicació: revista de recerca i d'anàlisi [en línia], 2011, p. 127-146. Disponible en: <https://www.raco.cat/index.php/Comunicacio/article/view/242624/325287> [Consulta: 15-10-19]
- [11] Pinzón, Sonia, Guevara, Juan C, Wanumen Luis F. La Innovación social y desarrollo de proyectos tecnológicos: una oportunidad para hacer extensión universitaria. Octavo Congreso Internacional de Computación (CICOM 2018). Taxco-Mexico (2018).p.416-422. ISSN 2462-9588. Disponible en: <https://comunidad.udistrital.edu.co/cicom2019/files/2019/05/MemoriasCicom2018.pdf>.
- [12] Universidad Distrital, «Acuerdo 002 de 2000 del Consejo Superior Universitario,» 2000. [En línea]. Disponible en: http://sgral.udistrital.edu.co/xdata/csu/acu_2000-002.pdf
- [13] Universidad Distrital, «Acuerdo 004 de 2013 del Consejo Superior Universitario,» [En línea]. Disponible en: <http://idexud.udistrital.edu.co/idexud/reglamentacion/AS004-2013.pdf>
- [14] Wiki.compilgames.net. (2019). How to make a platform game [GDevelop wiki]. [online] Disponible en: <http://wiki.compilgames.net/doku.php/gdevelop5/tutorials/platform-game/start>.

Modelo de Articulación como Herramienta de Trabajo Cooperativo entre Dependencias Universitarias y los Centros ACACIA

I

Juan Carlos Guevara B[†]
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Bogotá Colombia
jcguevarab@udistrital.edu.co

Gloria Andrea Cavanzo N
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Bogotá Colombia
gacavanzon@udistrital.edu.co

Luis Felipe Wanumen
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Bogotá Colombia
lwanumen@udistrital.edu.co

RESUMEN

En el presente artículo describe el proceso y los resultados obtenidos del proceso de investigación que se siguió para el diseño del modelo de articulación de los Centros ACACIA y que fue uno de los resultados del Proyecto ACACIA. El diseño del modelo de articulación implicó la integración de teorías de gestión por procesos, trabajo cooperativo y gestión del conocimiento. A continuación, se presentan los principales referentes teóricos que soportan el modelo, luego se muestra la metodología de investigación, luego se describe el modelo de articulación y luego se mencionan los resultados obtenidos de la aplicación del modelo.

CCS CONCEPTS

•Information Systems, Social and professional topics

KEYWORDS

Centro Acacia, Trabajo cooperativo, modelo de articulación, gestión por procesos

1. Introducción

En el contexto actual de las organizaciones, el trabajo cooperativo es una necesidad para el desarrollo de las actividades de las empresas y organizaciones que dependen de grupos y equipos de trabajo, los cuales son elementos esenciales para el desarrollo e innovación organizacional. Una estrategia para facilitar la articulación entre los integrantes de una organización, así como el de las dependencias es la incorporación de actividades de trabajo cooperativo en los procesos estratégicos, misionales y de apoyo de las organizaciones. Las universidades no son ajenas a esta necesidad, sin embargo, procesos no se incorporan actividades de trabajo cooperativo que faciliten la articulación entre las personas que integran las diferentes dependencias de las universidades.

Los Centros ACACIA “Centros de Cooperación para el Fomento, Fortalecimiento y Transferencia de Buenas Prácticas que Apoyan, Cultivan, Adaptan, Comunican, Innovan y Acogen a la comunidad universitaria”, son dependencias universitarias que buscan fomentar la integración universitaria para producir recursos didácticos y tecnológicos y en la generación de estrategias de fomento socio afectivo a poblaciones en riesgo de exclusión

universitaria y que actualmente se encuentran funcionando en cuatro universidades de América Latina: Universidad Distrital Francisco José de Caldas (Colombia), Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Perú), Universidad de Antofagasta (Chile) y Universidad de la Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense. Los Centros ACACIA son el resultado del proyecto ACACIA (561754-EPP-1-2015-1-CO- EPPKA2-CBHE-JP) que fue cofinanciado por el programa Erasmus+.

Los Centros ACACIA son dependencias universitarias que en este momento se encuentra empezando a funcionar y ofrecer sus servicios a profesores, estudiantes, dependencias y organizaciones externas (instituciones de gobierno, empresa y comunidad). El proceso de articulación entre las actividades que realizan los Centros ACACIA y las dependencias internas de las universidades y entidades externas implicó el diseño de un modelo de articulación que orientará y facilitará el proceso. El modelo de articulación, es un modelo conceptual que permite visualizar, organizar y articular los diferentes elementos que permiten a un Centro ACACIA articular las actividades que realizan con las dependencias de la universidad y las entidades externas para ofrecer o implementar nuevos servicios. El modelo de articulación tiene dentro de sus componentes principales los procesos estratégicos, misionales y de soporte del Centro y actividades de trabajo cooperativo que los soportan.

2. Gestión por procesos

A finales de los años noventa toma relevancia la gestión de calidad en las organizaciones y el énfasis en ver las organizaciones como sistemas. A partir de estos avances, la gestión por procesos fue adquiriendo cada vez más importancia para las organizaciones, sin embargo, fue varios años después que las empresas empezaron a adoptar los sistemas de gestión con un enfoque en los procesos [1].

En [1], los autores realizan una revisión bibliográfica del concepto de gestión por procesos y entre las diversas definiciones se tiene que es “la forma de gestionar toda la organización basándose en los Procesos” que generen salidas que “a su vez satisfaga los requerimientos del cliente... y de las partes interesadas” [1, p. 5].

La gestión por procesos nace de la necesidad de las organizaciones por contar con estructuras flexibles que permitan operar de manera más eficaz, adaptarse al entorno cambiante, fomentar las

capacidades de aprendizaje y crear valor para sus clientes y partes interesadas, todo esto con el fin de alcanzar sus objetivos [1]

Algunas de las principales ventajas de este enfoque son que permite alinear los objetivos de las organizaciones con lo que los clientes esperan y necesitan, permite evidenciar de mejor forma la estructura de los flujos de recursos como materiales e información, así como como la forma en que se crea valor en cada

Para comprender de manera visual, la estructura de la Unidad Funcional de la organización se crea un mapa de procesos el cual es un diagrama que permite, los procesos que la conforman, sus interrelaciones y hacia qué fin se orienta. El mapa de procesos permite ver a la organización como un sistema que está compuesto por una serie de diferentes procesos interrelacionados entre sí, mostrando no solo las interacciones internas sino como cada proceso se relaciona con los diferentes grupos de interés de la organización, tales como los clientes, proveedores, intermediarios, etc., cosa que los organigramas por sí solos no permiten [2]. Si se incluyen los subprocesos en un mapa de procesos se le denomina mapa de procesos de alto nivel. El mapa de procesos incluye una visión más sistémica y global de los procesos de la organización, resaltando principalmente que la satisfacción del cliente es resultado de un coherente desarrollo del Proceso de Negocio en su conjunto y no por el correcto desarrollo individual de cada área y actividad de la empresa, es por ello que el mapa de proceso incluye la visión del cliente [3].

Para la elaboración del mapa de procesos de una organización [3] recomienda tener en cuenta la cadena de valor de Porter, para a través de ella identificar los Procesos Clave u Operativos de la organización así como la visión sistémica de estos procesos proyectada hacia el cliente y los objetivos globales de la organización, luego se completa el mapa de procesos con los procesos de apoyo que se colocarán en la parte superior del gráfico y los procesos de gestión que se colocarán en la parte inferior. Mientras tanto los procesos relacionados a la planificación estratégica se colocarán de forma transversal en el gráfico ya que ellos son los que aseguran la coherencia entre todos los procesos de la organización para lograr los objetivos corporativos que se hayan propuesto.

Otros autores como [4] adicionan al paso anterior de la identificación de los procesos, una segunda etapa que consiste en determinar la secuencia e interacciones entre los procesos.

En resumen, la generación de un adecuado mapa de procesos de una organización puede permitir ver a «nivel macro» y de forma sistémica la organización, lo que a su vez favorece una mejor gestión al ponerse en evidencia las interacciones críticas de los procesos y las relaciones “causa-efecto” que de ella se generen. Además, es una herramienta que se enfoca en “la comprensión de la orientación de la empresa hacia el cliente” [3, p. 73] y permite ver la organización más allá de las dependencias jerárquicas que existan, enfocándose en el trabajo en equipos interfuncionales y los roles de cada persona para el alcance de los objetivos de la organización y la generación de valor al usuario.

3. Trabajo cooperativo

A mediados de los 80, a partir del surgimiento y auge de las computadoras personales, se inicia un cambio radical en las relaciones personales, tanto en el ámbito laboral como de las redes

de comunicación en general, por lo tanto el trabajo cooperativo empieza a redefinirse en nuevas maneras, iniciándose el interés por “analizar las interacciones en el trabajo colaborativo entre las personas mediando tecnología basada en computadoras” [5, p. 32], lo que dio origen al trabajo cooperativo asistido por computadora, conocido por sus siglas en inglés CSCW (Computer supported Cooperative Work).

La CSCW se enfoca en el estudio de las “interacciones con vistas a la colaboración efectiva de grupos de personas” [5, p. 32], abarcando áreas multidisciplinarias tales como las ciencias sociales y de la computación, utilizando técnicas como la ingeniería de software, sistemas distribuidos, inteligencia artificial e ingeniería de software.

Unido al CSCW se encuentra otro concepto de igual importancia llamado “groupware”, el cual es “el software y las tecnologías de computadores y comunicaciones utilizadas por un sistema colaborativo” [5, p. 32]. Este concepto permite definir a nivel general el CSCW como “la disciplina que describe como desarrollar aplicaciones groupware, teniendo además como objeto de estudio teórico y práctico cómo las personas trabajan en cooperación, y como afecta el groupware al comportamiento del grupo” [6, p. 23].

El groupware, el cual incluye tanto el software como el hardware, se enfoca en aumentar la eficacia del trabajo cooperativo, el cual se basa en varios niveles o pilares claves, que se relacionan entre sí y dan soporte a la interacción grupal, es decir suministran la funcionalidad necesaria para trabajar en grupo, estos pilares son la comunicación, colaboración y coordinación. [5, p. 23], y se les conoce como el paradigma de las 3C de Ferber, a la cual posteriormente se le agregan los niveles de resolución de conflictos y cooperación, al que se le conoce como el paradigma de las 5C [7], a continuación, se explica las 5C:

3.1 Comunicación

La comunicación es un proceso, del cual se pueden identificar distintos elementos: participantes, información transmitida y medio, y pueden distinguirse principalmente dos tipos: Comunicación síncrona, cuando el envío y recepción de la información ocurre en un mismo periodo de tiempo, y es asíncrona cuando el envío y la recepción de la información ocurren en diferente momento [8] [5] [6] [7].

3.2 Colaboración

Se refiere a la interacción entre varios participantes para la obtención de un objetivo en común. La colaboración exige un alto grado de participación y coordinación de los integrantes para alcanzar el objetivo propuesto. La colaboración puede ser síncrona o asíncrona [8] [5] [6] [7].

3.3 Coordinación

La coordinación es la actividad que gestiona las diferentes dependencias entre las actividades realizadas en grupo con el fin de lograr un objetivo, algunas actividades de coordinación incluyen la supervisión directa, estandarización de procedimientos de trabajo, etc. La coordinación es de gran importancia ya que de ella depende que tan efectiva es la comunicación y la colaboración, y se modela identificando las leyes y normas que rigen el funcionamiento de la organización [5] [6].

3.4 Resolución de Conflictos

Se refiere a las “técnicas para detectar, manejar y solucionar las diferencias entre los participantes cuando necesitan acceder a recursos compartidos o limitados” [7, p. 5].

3.5 Cooperación

La cooperación se entiende la “intensión del usuario de trabajar con otros para alcanzar una meta” [7, p. 5], la cooperación implica la división de responsabilidades que generan resultados individuales que luego pueden ser unidos para la obtención de un objetivo común [7]. La cooperación puede obtenerse a través de las 4C’s anteriores.

3.6 Ingeniería de la colaboración

La ingeniería de la colaboración es una disciplina anexa a la ingeniería del software, que se enfoca en el trabajo colaborativo, se refiere a canalizar los esfuerzos individuales con el fin de un objetivo común. Para [9] el trabajo colaborativo debe incluir un sentido de pertenencia, esto con el objetivo de crear un vínculo entre el grupo, para ello deben tomarse en cuenta los diversos puntos de vista, interpretaciones y formas de hacer las cosas de los diversos miembros del grupo. La ingeniería de la colaboración es un enfoque que “busca diseñar, estructurar y manejar prácticas u procesos de trabajo colaborativo para ejecutar tareas que se deben realizar varias veces (o recurrentes) y que se pueden completar usando o desplegando un diseño similar cada vez que se requiera para que lo ejecuten” [10, p. 28]

En [11] se contextualizan algunos conceptos como: “la definición de roles, la asignación de responsabilidades, la especificación de escenarios de colaboración y la evaluación de actividades colaborativas”, para entender estos patrones de colaboración los cuales permitirá obtener una guía de la ejecución del proceso de colaboración. Para esto lograr obtener dicho patrón de colaboración se usa los denominados Thinklets, que son las “reglas de comportamiento, seguimiento y validación de tareas en forma colaborativa” [11, p. 28]. En [12, p. 90] se define un thinklet como “la unidad más pequeña del capital intelectual necesario para crear un patrón de la colaboración repetible y predecible, entre las personas que trabajan hacia un objetivo”.

4. Metodología

El objetivo principal de la propuesta del proyecto ACACIA comprende la conformación de un Centro ACACIA en las siguientes universidades: UNMSM, URACCAN y UDFJC. La realización de este objetivo implicó el diseño de un marco de trabajo que integrara los componentes definidos en la propuesta del Proyecto ACACIA y elementos organizativos y estructurales necesarios para el funcionamiento de un Centro ACACIA obtenidos del desarrollo del proyecto, esto con el propósito de contar con un modelo de marco de trabajo replicable y transferible que permita orientar a las universidades en la implementación de un Centro ACACIA. Dentro de los principales elementos estructurales que hacen parte del marco de trabajo para soportar el funcionamiento del Centro ACACIA están los módulos: Convoca, Cultiva, Apoya, Empodera e Innova los cuales tienen la responsabilidad de desarrollar los procesos misionales y apoyar las actividades de los procesos estratégicos y de soporte. Otro elemento clave para el funcionamiento del Centro ACACIA es el modelo de

articulación que tiene el propósito de visualizar y orientar la manera como el Centro se interrelaciona con dependencias, instituciones externas, organizaciones y entre los módulos.

Una vez definido el propósito del trabajo a desarrollar, se determinó la Investigación en Ciencia del Diseño como el método de investigación para el diseño del marco de trabajo y sus componentes. Este método busca el diseño de artefactos a través de un conjunto de iteraciones entre tres elementos: el contexto del artefacto (las universidades que van a contar con un Centro ACACIA), la base de conocimiento (referentes teóricos que sirven de base) y para soportar el diseño del artefacto (marco de trabajo y sus componentes). El método en Investigación en Ciencia del Diseño es adaptado y adoptado por Dresh, Pacheco y Valle [12] del propuesto por Hevner [13] para la producción y evaluación de artefactos ligados a las ciencias de la información. El método normalmente implica la anidación de iteraciones de ensayo y error selectivo que ponen a prueba una o más hipótesis provistas por los diseñadores.

El método de investigación en ciencia del diseño se complementa con la aplicación de dos marcos de trabajo: el Framework de Gestión del Conocimiento Colaborativo F-CKM y el Framework de Gestión del Conocimiento F-KM. Los marcos de trabajo hacen parte de los temas de la base de conocimiento que se recopiló para soportar el diseño del modelo de articulación. La aplicación de los marcos de trabajo F-KM y F-CKM permitió orientar el diseño de la estructura y los componentes del modelo de articulación. También sirvieron de base para diseñar un modelo que pueda ser transferible a organización que requieran articular el desarrollo de actividades con dependencias de la universidad y entidades externas y cuenten con estructuras organizativas similares a las del Centro ACACIA [14] [15].

5. Modelo de articulación

El diseño del modelo articulación, implicó el desarrollo de varias iteraciones del procesos de investigación. En cada iteración se realizaron un conjunto de actividades que posibilitaron la obtención del diseño del modelo. En la última iteración, que permitió obtener la última versión del modelo, el conjunto de actividades que se llevaron a cabo en seis etapas: Identificación de las actividades de articulación del Centro ACACIA, articulación a través de proceso, definición de actividades de trabajo cooperativo, diseño del modelo de articulación, aplicación del modelo de articulación al Centro ACACIA e integrar las actividades de trabajo cooperativo a una plataforma informática. A continuación se describen las cuatro primeras etapas, las últimas se describen en el siguiente capítulo.

5.1 Identificación de actividades de articulación

La atención de las solicitudes de los usuarios de servicios del Centro ACACIA: estudiantes, profesores, personal administrativo, dependencias de la universidad, instituciones de gobierno y organizaciones externas, implica que se tengan procesos de articulación interna y externa que permitan atender los requerimientos de los usuarios. Las solicitudes quedan registradas en Centro como casos, los cuales son atendidos por equipos de trabajo que puede contar con la participación de integrantes de los módulos, dependencias de la universidad, instituciones del estado u organizaciones externas dependiendo de las necesidades del caso. Los integrantes del equipo se articulan a través de actividades de articulación que se implementan a través de actividades de trabajo cooperativo. Las actividades de articulación principalmente son

abordadas por los módulos al momento de ejecutar una actividad de los procesos misionales, estratégicos y de soporte que ejecutan los módulos para atender un caso. Las actividades de articulación son formalizadas por el módulo Convoca. A continuación, se describen los tipos de articulación que tiene el Centro.

5.2 Articulación con dependencias universitarias

El módulo Convoca articula el trabajo que realiza el Centro ACACIA con otras dependencias de la universidad a través del servicio de formalización de protocolos de trabajo entre el CADEP y entidades internas y externas. Este servicio comprende los siguientes procedimientos: Establecer contactos y definir actividades de colaboración. Estos procedimientos se ejecutan a partir de las solicitudes que recibe de la coordinación del Centro y de los módulos.

El procedimiento establecer contactos, tiene por objeto la búsqueda de dependencias universitarias que puedan apoyar el desarrollo de un servicio, o una estrategia o el diseño de un artefacto en el que el CADEP se encuentren trabajando. Este procedimiento implica las siguientes actividades: 1) Determinar el servicio, estrategia o artefacto que se esté abordando, 2) Establecer contacto, 3) Evaluar contacto, 4) Formalizar contacto, 4) Informar oportunidades y 5) Mantener contacto.

Procedimiento definir actividades de colaboración, tiene como objeto establecer actividades de colaboración que puedan fortalecer la articulación entre los integrantes de los Centro ACACIA y los representantes de las dependencias de la universidad para atender un servicio, el desarrollo de una estrategia o el diseño de un artefacto. Este procedimiento implica las siguientes actividades: 1) Determinar necesidad, 2) Definir requerimientos, 3) Diseño del servicio colaborativo, 4) Prueba del servicio colaborativos, 5) Validación del servicio colaborativos y 6) Puesta en marcha del servicio colaborativo.

5.3 Articulación con organizaciones externa

El módulo Convoca articula el trabajo que realiza el Centro ACACIA con otras instancias universitarias a través del servicio de formalización de protocolos de trabajo entre el Centro y entidades internas y externas. Este servicio, tiene por objeto el de formalizar las relaciones con las diferentes organizaciones externas con el propósito de apoyar el desarrollo de una estrategia o el diseño de un artefacto en el que el Centro se encuentren trabajando para atender el requerimiento de un caso. El servicio comprende los siguientes procedimientos: Establecer contactos y definir actividades de colaboración. Los procedimientos se ejecutan a partir de las solicitudes que recibe de la coordinación del Centro y de los módulos.

El procedimiento de establecer contactos, tiene por objeto formalizar las relaciones con organizaciones externas para apoyar el desarrollo de un servicio, o una estrategia o el diseño de un artefacto en el que el Centro ACACIA. Este procedimiento implica las siguientes actividades: 1) Determinar el servicio, estrategia o artefacto que se esté abordando, 2) Establecer contacto, 3) Evaluar contacto, 4) Formalizar contacto, 4) Informar oportunidades y 5) Mantener contacto.

El procedimiento de definir actividades de colaboración, tiene como objeto establecer actividades de colaboración que faciliten el trabajo articulado entre los integrantes del Centro ACACIA y los representantes de las organizaciones externas para atender un

servicio, el desarrollo de una estrategia o el diseño de un artefacto. Este procedimiento implica las siguientes actividades: 1) Determinar necesidad, 2) Definir requerimientos, 3) Diseño del servicio colaborativo, 4) Prueba del servicio colaborativos, 5) Validación del servicio colaborativos y 6) Puesta en marcha del servicio colaborativo.

5.4 Articulación entre módulos

El módulo Convoca articula el trabajo que se realiza entre los módulos Convoca, Cultiva, Empodera, Innova y Apoya a través del servicio de formalización de protocolos de integración interna entre módulos. Este servicio, tiene por objeto el de formalizar las relaciones entre las actividades que realizan los módulos de manera conjunta con el propósito de apoyar el desarrollo de una estrategia o el diseño de un artefacto en el que el Centro se encuentren trabajando para atender el requerimiento de un caso. El servicio implica el desarrollo de los siguientes procedimientos: Búsqueda de contactos, definir actividades de colaboración y evaluar. Los procedimientos se ejecutan a partir de las solicitudes que recibe de la coordinación del Centro y de los módulos.

5.5 Articulación a través de procesos

El principal elemento articulador que tiene una organización son los procesos. Estos procesos se clasifican en procesos misionales, procesos estratégicos y procesos de soporte. La ejecución de los procesos de una organización implica la integración y articulación interna y externa de personas, dependencias y organizaciones externas para el desarrollo de sus objetivos (servicio o producto). Los procesos posibilitan organizar las actividades que realizan las dependencias y personas de una organización, son una pieza clave en el ensamblaje de una organización. Los procesos hacen parte de los elementos de direccionamiento de una organización, orientan, integran y articulan sus actividades.

Los procesos dentro del Centro ACACIA se pueden visualizar en capas: en primera capa se encuentran los procesos estratégicos del Centro: Gestión directiva, gestión de calidad y gestión de comunicaciones. En la segunda capa se encuentran los procesos misionales: Estudio de caso, diseño y desarrollo, formación, asesoría, orientación y acompañamiento y difusión y diseminación. En la tercera capa se encuentran los procesos de soporte: gestión administrativa y de recurso y gestión de laboratorios y de TIC.

Procesos estratégicos

A continuación, se describen los procesos estratégicos diseñados para el Centro ACACIA:

- Gestión directiva: Este proceso tiene por objetivo la de planear, coordinar y supervisar las acciones y estrategias necesarias para dar cumplimiento a los objetivos del Centro ACACIA, a través de la integración de esfuerzos humanos, técnicos y económicos que garanticen el ofrecimiento de sus servicios con eficiencia, eficacia y transparencia y promover el seguimiento y evaluación sistemático y oportuno

- Gestión de calidad: Este proceso tiene por objetivo el de coordinar la planeación, ejecución, seguimiento, evaluación y mejora del sistema de gestión de calidad para el Centro ACACIA procurando el cumplimiento de la política y los objetivos del Centro ACACIA a través de la gestión de las relaciones con sus partes interesadas y de sus riesgos y oportunidades en un marco de excelencia en el desempeño técnico y humano.

- Gestión de comunicaciones: Este proceso tiene por objetivo el de gestionar las comunicaciones internas y externas del Centro ACACIA usando para ello, los diferentes medios disponibles

Procesos misionales

A continuación, se describen los procesos misionales diseñados para el Centro ACACIA:

- Diagnóstico: Este proceso tiene el objetivo de recibir las solicitudes de caso, definir el tratamiento o intervención y asignar la participación de cada módulo según la necesidad identificada.

- Difusión y disseminación: Este proceso tiene el objetivo de divulgar en toda la comunidad universitaria los resultados de las propuestas, proyectos, acciones e intervenciones alcanzados por el Centro ACACIA orientados a generar soluciones frente a los casos tratados.

- Diseño y desarrollo: Este proceso tiene el objetivo de satisfacer los requerimientos de atención de casos, a través del diseño y desarrollo de proyectos y programas orientados a la solución de retos académicos y laborales, para miembros de la comunidad universitaria diversa, en riesgo de exclusión.

- Formación: Este proceso tiene el objetivo de proponer, crear e impartir las estrategias de formación conforme a los requerimientos de los casos y las necesidades previamente identificadas.

- Asesoría, orientación y acompañamiento: Este proceso tiene el objetivo de gestionar la prestación de servicios de asesoría, orientación y/o acompañamiento solicitados por la comunidad universitaria o entidades externas en conformidad con previa identificación y valoración de necesidades.

Procesos de soporte

A continuación, se describen los procesos de soporte diseñados para el Centro ACACIA:

- Gestión administrativa y de recursos: Este proceso tiene por objetivo el de gestionar las relaciones y comunicaciones internas y externas, manejar la información, coordinar las actividades contractuales y administrar los recursos necesarios y el desempeño de las personas para el cumplimiento de los propósitos y la correcta realización de las actividades del CADEP Acacia, con criterios de disponibilidad, oportunidad y confiabilidad.

- Gestión de laboratorios y de TIC: Este proceso tiene por objetivo el de administrar, mantener y controlar el uso, disponibilidad y aprovechamiento de los elementos de laboratorio y recursos informáticos necesarios para el normal desarrollo de las actividades de los módulos del Centro ACACIA en el marco de las directrices institucionales establecidas

Los procesos son el elemento integrador y articulador de las actividades que realizan las dependencias y personas en el Centro ACACIA. Se ejecutan cuando llega al Centro una solicitud por parte de uno de los usuarios del Centro: estudiante, profesor, personal administrativo, dependencias de la universidad, institución de gobierno y organización externa. Las solicitudes quedan registradas en Centro como casos, los cuales son atendidos por equipos de trabajo. En este momento en el que un caso es atendido, se ejecutan los procesos que tengan relación con el caso. Los procesos comprenden un conjunto de actividades que son realizadas por los módulos de manera articulada y cooperativa.

Los módulos cuentan con un conjunto de elementos que orientan las actividades que realizan: objetivos, funciones, servicios, procedimientos y recursos. Estos elementos son la base del funcionamiento del módulo y de su interrelación con otros elementos del modelo conceptual o marco de trabajo. Los módulos se articulan interna y externamente a través de los procesos misionales, estratégicos y de soporte del Centro ACACIA.

En el momento en que los módulos se articulan para el desarrollo de una actividad, los módulos brindan los servicios que permiten cumplir con la estrategia definida para atender la solicitud realizada por el usuario de los servicios del Centro. Los servicios que ofrece cada módulo se integran al flujo de las actividades del proceso que este en ejecución y las personas se articulan a través de actividades de trabajo cooperativo que permiten cumplir con la estrategia definida.

La estrategia de trabajo definida para atender un caso que entra al centro implica la ejecución de uno o varios flujos de procesos. En las actividades que se desarrollan en los flujos de procesos participan representantes de los módulos, dependencias de la universidad y organizaciones externas de acuerdo a los requerimientos de la estrategia. En la definición de la estrategia quedan definidos elementos que posibilitan el trabajo cooperativo como los roles de los participantes, estrategias de coordinación, comunicación y colaboración que quedan registradas en la plataforma de administración de casos.

5.6 Definición de actividades de trabajo cooperativo

En la ejecución de los procesos estratégicos, misionales y de soporte del Centro ACACIA, se realizan actividades donde se articulan módulos, dependencias de la universidad y organizaciones externas para llevarlas a cabo. Estas actividades requieren elementos de trabajo cooperativo que faciliten su desarrollo. Los elementos de trabajo cooperativo que intervienen en el desarrollo de una actividad cooperativa son: comunicación, coordinación, colaboración, resolución de conflictos, cooperación y patrones de trabajo cooperativo.

5.7 Diseño del modelo de articulación

Un modelo de articulación que tenga en cuenta los usuarios que utilizan los servicios, la estructura conceptual, la estructura organizativa, la infraestructura tecnológica, los tipos de articulación que se realizan y los elementos de trabajo cooperativo necesarios para el diseño de actividades de trabajo cooperativo que se maneja en el Centro ACACA debe permitir relacionar todos estos factores que influyen en la articulación del centro entre módulos, dependencias de la universidad, instituciones de gobierno y organizaciones externas. Una estructura que permita relacionar los anteriores factores, es una estructura por capas donde cada factor o la integración de varios, integran una capa. En cada capa, se pueden definir los elementos relacionados con cada factor, además cada capa desempeña una función. Las capas tienen elementos que permiten caracterizarla y cumplir su función. Las capas que conforman el modelo son: Capas de comunidad, Capa de organización, Capa de colaboración y Capa de infraestructura. A continuación se describe cada una de las capas del modelo.

Capa de comunidad

La capa comunidad tiene la función de definir el conjunto de usuarios que utilizan los servicios y recursos de la organización con el propósito de atender las actividades que realizan o una necesidad específica que tienen. La definición de los usuarios de la organización se realiza identificando las personas, dependencia u organizaciones que utilizan los servicios de la organización. En el caso de Centro ACACIA se establecieron los siguientes usuarios: profesores, estudiantes, personal administrativo, dependencias de la universidad, organizaciones (instituciones externas y empresas) que hacen parte del grupo de usuario que utilizan los servicios y recursos que ofrece el Centro ACACIA

Los usuarios son quienes activan los procesos del Centro ACACIA a través de una solicitud de servicio que hacen llegar de manera directa o por correo electrónico. El director del Centro revisa la solicitud, la cual, si es viable para el Centro ACACIA se constituye en un caso. El caso es analizado por el equipo de coordinadores de módulo, quienes establecen la estrategia de trabajo. La estrategia activa los procesos misionales que se necesiten y articula las actividades que realizan los módulos. Una vez el equipo de coordinadores de módulo definen la estrategia de trabajo, se ponen en contacto con el usuario: profesor o estudiantes o personal administrativo o dependencias de la universidad u organizaciones que realizó la solicitud para confirmar que su solicitud va ser atendida por el Centro. Posteriormente se define un plan de acción conjunto que brinde una alternativa a la solicitud. Este plan de acción contiene un conjunto de actividades que permiten llevar a cabo la alternativa definida. Una vez se culmina el plan de acción de la estrategia el registro de caso se cierra.

Capa de organización

La capa de organización tiene la función de definir los elementos que orientan y soportan el funcionamiento de la organización. Esta capa se divide en dos subcapas: la subcapa gestión, que contiene los elementos de direccionamiento estratégico que orientan y alinean las actividades que realizan los órganos y personas que conforman la organización y la subcapa estructura que contiene los órganos, las personas y estructura que soportan el funcionamiento de la organización. Las subcapas de gestión y estructura trabajan de manera articulada. La subcapa de gestión orienta y articula todas las actividades organizacionales y la subcapa de estructura desarrolla los procesos de la organización.

La subcapa de gestión se encuentra conformada por la visión, misión, objetivos, funciones, servicios y procesos (procesos estratégicos, procesos misionales y procesos de soporte) de la organización. Estos elementos son de carácter organizativo, se definen con el propósito de alinear y articular los esfuerzos y las actividades que se realizan dentro de la organización. Los procesos son el principal elemento de articulación de los diferentes componentes que conforman los niveles del marco de trabajo. Los procesos misionales son los que permiten realizar la razón de ser de la organización. Los procesos estratégicos son los están orientados a la gestión de la organización. Los procesos de soporte son los orientados a apoyar las actividades misionales y de gestión de la organización.

La subcapa de estructura se encuentra conformada, por los órganos operativos (departamentos, módulos, dependencias) responsables, las personas y la estructura que soportan el funcionamiento de la organización. En el caso del Centro ACACIA, los órganos son los módulos Convoca, Cultiva, Empodera, Innova y Apoya. Los

módulos cuentan con un conjunto de elementos que orientan las actividades que realizan: objetivos, funciones, servicios, procedimientos y recursos. Estos elementos son la base del funcionamiento del módulo y de su interrelación con otros elementos del modelo conceptual o marco de trabajo. Los módulos se articulan interna y externamente a través de los procesos misionales, estratégicos y de soporte del Centro ACACIA.

Capa de colaboración

La capa de colaboración tiene la función de definir los elementos de trabajo cooperativo que intervienen en la desarrollo de actividades que requieren trabajo cooperativo. Los elementos de trabajo cooperativo permiten el diseño de una actividad de trabajo cooperativo. Las actividades de los procesos estratégicos, misionales y de soporte que requieren articulación de dependencias internas y externas y personas pueden ser apoyadas con actividades de trabajo cooperativo para soportar su desarrollo.

La capa de colaboración está conformada por comunicación, coordinación, colaboración, resolución de conflicto, cooperación, patrones de colaboración y thinklets. En el Centro ACACIA, los elementos de trabajo cooperativo son utilizados para diseñar actividades de trabajo cooperativo que soporten las actividades de los procesos misionales, estratégicos y de soporte que requieran articulación entre módulos, dependencias de la universidad, entidades del estado y organizaciones externa durante la ejecución de la actividad.

Capa de infraestructura

La capa de infraestructura tiene la función de definir los elementos que soportan el funcionamiento de las actividades que realizan los órganos (departamentos, módulos, dependencias) y el personal de la organización. Esta capa se divide en dos subcapas: la subcapa plataformas, que contiene el conjunto de plataformas tecnológicas que soportan las actividades de los procesos misionales, estratégicos y de soporte que realizan las personas de la organización. La subcapa de espacio físico, que contiene el conjunto de espacios físicos donde opera la organización. Las subcapas de plataformas y de espacios físicos trabajan de manera articulada para soportar las capas de organización y comunidad, brindando las plataformas informáticas que sistematizan los procesos de la organización y los espacios para el desarrollo de las actividades de la organización.

La subcapa de plataformas está constituida por las plataformas tecnológicas que sirven de soporte a las actividades operativas del Centro: Sistema administrador de aprendizaje EDx, Gestión ACACIA sistematiza los procesos misionales implementado sobre la plataforma Mantis, Administración ACACIA sistematiza los procesos estratégicos que se implementó sobre la plataforma Mantis y Colabora ACACIA apoya las actividades de trabajo cooperativo entre los integrantes del Centro ACACIA que se desarrolló sobre la plataforma HumHub.

La subcapa de espacios físicos está constituido por los espacios con que cuenta el Centro: el laboratorio, diseñado para el diseño de estrategias pedagógicas y didácticas, así como el de artefactos tecnológicos orientados a atender las necesidades de inclusión y accesibilidad que requieren los integrantes del nivel de comunidad y la oficina del Centro ACACIA que constituye el sitio de trabajo donde se encuentra instalado el Centro ACACIA.

7. Resultados

El modelo de articulación se utilizó para configurar la plataforma informática Colabora CACIA. El modelo orientó las adaptaciones que se realizaron a la plataforma informática Hum Hub que se seleccionó para soportar las actividades de trabajo cooperativo que los integrantes del Centro ACACIA requieren para el desarrollo de las actividades de los procesos estratégicos, misionales y de soporte que llevan a cabo.

El modelo de articulación se utilizó para definir actividades de trabajo cooperativo en la plataforma Gestión ACACIA. El modelo orientó la adaptación de la plataforma informática Mantis en el momento de la definición de la estrategia que van a desarrollar los módulos y otros actores para atender un caso, incorporando elementos de trabajo cooperativo como: la asignación de roles y la asignación de responsabilidades.

El modelo de articulación fue sometido a las dos iteraciones que se realizaron dentro del proceso de validación. En cada iteración se recibieron observaciones y se realizaron refinamientos al funcionamiento de la plataforma Colabora ACACIA. Después de cada iteración a la plataforma Colabora ACACIA se le integraron nuevas funcionalidades para fortalecer las actividades de trabajo cooperativo.

El modelo de articulación es uno de los elementos de transferencia del Centro a otras instituciones interesadas en implementar un Centro ACACIA en su institución. El modelo de articulación ofrece orientación sobre como diseñar e implementar actividades de trabajo cooperativo para soportar las actividades de los procesos estratégicos, misionales y de soporte del Centro. En las actividades de los procesos también se determinan las necesidades de articulación que se tiene el centro ACACIA.

El contar con una plataforma de trabajo cooperativo que apoye las actividades de los procesos estratégicos, misionales y de soporte del Centro permitió fortalecer el trabajo que realizan los módulos y el personal del Centro para atender los servicios que ofrece. La plataforma Colabora ACACIA es utilizada por los Centros ACACIA de la UDFJC y URACCAN para soportar las tareas que diariamente realizan los integrantes de los módulos Convoca, Cultiva, Empodera, Innova y Apoya y el personal administrativo del Centro.

8. Conclusiones

El modelo de articulación ofrece la posibilidad de brindar una visión abstracta y controlada sobre la manera como se realiza la articulación entre módulos, con dependencias universidades, instituciones de gobierno y organizaciones. El modelo de articulación es un elemento clave para que otros miembros de la organización u otras instituciones conozcan la manera como se realizan las actividades de articulación en el Centro ACACIA.

El modelo de articulación es una herramienta útil para el proceso de transferencia de un Centro ACACCIA a las universidades interesadas porque posibilita contar con un modelo que permite visualizar la manera como se realiza la articulación entre módulos, con dependencias universidades, instituciones de gobierno y organizaciones en el Centro ACACIA. En el momento de transferir la manera como realizar articulación en el Centro ACACIA a una institución interesada, el modelo facilita su comprensión.

El diseño del modelo de articulación permitió determinar que en el diseño de un modelo se requiere contar con un método de investigación, una metodología para construirlo y una estrategia de

validación. El método de investigación orienta las etapas por las que tiene que pasar el diseño del modelo para obtener el resultado deseado. La metodología de construcción es importante para obtener una base conceptual de como armar el modelo. La estrategia de validación que debe estar integrado con el método de investigación determina el grado de aceptación de los usuarios del modelo y brinda retroalimentación para mejorarlo.

La aplicación del modelo de articulación dentro de un Centro ACACIA implica el desarrollo de las actividades que plantea cada uno de los componentes que se muestran en el modelo. El desarrollo de estas actividades implica un trabajo riguroso y metódico ya que de lo contrario en Centro puede quedar sin un elemento clave, por ejemplo el diseño de los procesos misionales implicó el diseño del proceso, el modelado del proceso, la documentación del proceso, la sistematización del proceso y la capacitación de las actividades sistematizadas del proceso. Si las anteriores actividades no se desarrollan el elemento procesos del modelo de articulación no se aplica adecuadamente.

El modelo de articulación para ser utilizado por las instituciones interesadas en contar con un Centro ACACIA, requiere de un proceso de transferencia que oriente la manera de aplicar y adaptar a la institución los diferentes elementos que lo conforman. Este proceso contempla la explicación de la manera como se deben aplicar cada uno de los elementos del modelo

Referencias

- [1] Y. Malhotra, Enterprise Architecture: An Overview, Primera edición ed., 1996.
- [2] D. Ruiz Fuentes, R. Almaguer Torres, I. Torres Torres y A. Hernández Peña, «La gestión por procesos, su surgimiento y aspectos teóricos,» *Ciencias Holguín*, vol. XX, n° enero-marzo, pp. 1-10, 2014.
- [3] R. Pressman, Ingeniería del Software. Un enfoque práctico, Quinta edición ed., McGraw-Hill, 2002.
- [4] D. Chen y F. Vernadat, «Standard on enterprise integration and engineering-state of the art,» *Int.J. Computer Integrated Manufacturing*, vol. 17, n° 3, pp. 235-253, 2004.
- [5] M. Noguera, «Modelado y análisis de sistemas CSCW siguiendo un enfoque de Ingeniería dirigida por Ontologías,» Universidad de Granada - Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Granada, 2009.
- [6] M. Sosa, R. Zarco y A. Postiglioni, «Modelando Aspectos de Grupo en Entornos Colaborativos para Proyectos de Investigación,» *Revista de Informática Educativa y Medios*, vol. 3, pp. 22-31, 2006.
- [7] M. Arias Báez, «Estado del arte sobre la conformación de equipos de trabajo,» Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, 2012.
- [8] J. Isla Montes, «Modelo conceptual de sistemas cooperativos en base a patrones en AMENITIES,» Universidad de Granada, Granada, 2007.

- [9] J. L. Jurado y C. Pardo, «La gestión de proyectos de software, una prospectiva en la aplicación de estrategias en la ingeniería colaborativa,» *Lámpsakos*, vol. 1, nº 9, pp. 26-33, 2013.
- [10] G. Galindo y D. Chavez, *Tesis: Plataforma de trabajo colaborativo*, Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2017.
- [11] J. L. Jurado y C. Pardo, «La gestión de proyectos de software, una prospectiva en la aplicación de estrategias en la ingeniería colaborativa,» *Lámpsakos*, vol. 1, nº 9, pp. 26-33, 2013.
- [12] A. Dresch, D. Pacheco y J. A. Valle, *Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement*, Springer, 2014.
- [13] A. Hevner, *Design Science in Information Systems Research*, MIS Quarterly, 2004.
- [14] J. C. Guevara, G. A. Cavanzo y E. González, «Sistema de gestión del conocimiento para generación de escenarios didácticos para la diversidad,» *Tecnura*, vol. 20, pp. 108-121, 2016.
- [15] J. C. Guevara, G. A. Cavanzo y M. «. Pérez, «Framework de gestión del conocimiento (FGC) basado en capas,» *Visión Electrónica*, vol. 10, nº 1, pp. 1-10, 2016.

Los cursos MOOC en el marco de los Centros ACACIA, un aporte clave en la reducción de la deserción universitaria

Gloria Andrea Cavanzo
Nisso[†]
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Bogotá Colombia
gacavanzon@udistrital.edu.co

Juan Carlos Guevara Bolaños
Facultad Tecnológica
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Bogotá Colombia
jguevarab@udistrital.edu.co

Fernando Martinez
Rodríguez
Facultad de Ingeniería
Universidad Distrital Francisco
José de Caldas
Bogotá Colombia
fmartinezr@udistrital.edu.co

ABSTRACT

Dropout is one of the main problems that affects higher education institutions, where a part of the students of university institutions leave them periodically, generating concern for personal aspects that can affect students as a result of not complying with a personal objective for the loss of time and resources invested in their training process, as well as the time, infrastructure and financial resources that universities invest and especially if they are public universities, where their resources come from public funds [1]. University dropout is a problem that affects a large part of Latin American universities and its origin is found in different factors such as: lack of financial resources, deficiencies in vocational guidance that students have when selecting the academic program, the social environment of the student, physical and cognitive condition of the students, exclusion, weaknesses in the training acquired in the school, accessibility, poor conditions of teaching work (limitations in technological resources, laboratories, access to bibliographic sources, among others) and difficulties that they arise during the student's training process that prevent him from having an adequate academic performance. [2. 3. 4]. The university dropout generates consequences that affect not only universities, but society and states, who invest resources for the training of their professionals and not realizing causes inequity, exclusion, limitations of access to the working world of people, impact negative in the personal, economic and social development of people and discontent [4]. Attrition is a phenomenon that must be attended to in universities and that requires new alternatives to attend it.

The application of strategies to prevent, and reduce attrition is a fundamental factor for the development of university institutions. Currently, university education institutions have used different strategies to prevent and reduce drop-out, such as: strengthening the work of professors with teamwork with other professors, evaluation systems focused on the academic advisory process, evolution of the test system, adequate number of students per course [5], tutorials to detect students' academic needs and their solution, promotion of reading circles that allow strengthening learning and reflection skills, implemented online courses to strengthen the knowledge acquired in the subjects of the academic programs [6], the incorporation of technological tools to strengthen

the teaching and learning processes of the students, among others. Another strategy that can be used is the one proposed by the ACACIA Project, which consists of the design of pedagogical and technological strategies to meet the needs of the vulnerable population. The design of these strategies seeks the integrated work of technological and pedagogical aspects for the presentation of alternatives aimed at students who, due to their surroundings, are exposed to conditions of vulnerability and that makes them candidates to leave the academic program to which they belong. The ACACIA project was proposed, designed and implemented by researchers from eleven universities in Latin America and three universities in Europe that had funds from the ERASMUS + Program of the European Union under the grant agreement Higher Education - International Capacity Building - Acacia - (561754-EPP-1-2015-1-CO-EPKA2-CBHE-JP and the institutional support of each of its institutions.

The main objective of the ACACIA project was the design and creation of three ACACIA centers (called CADEP) in Peru, Colombia and Nicaragua, which currently work in a network with other centers that have been created in Chile and Peru. The ACACIA Centers have the purpose of designing pedagogical strategies and technologies to serve students who are in conditions of vulnerability that may affect their student status. The ACACIA Centers are university units that work around university drop-outs in universities and when they are articulated in a network, they address the problem of dropping out in the Latin American and Central American region, providing statistics and relationships between drop-outs and student affective states, strategies didactic-technological and reduction of desertion, consolidating itself as a precise tool to face the phenomenon of desertion in the region. Among the alternatives available to the ACACIA Centers are the MOOC courses that were developed during the development of the ACACIA project and that have now been used as a strategy to strengthen the inclusion and accessibility of knowledge by students and thus address to these two factors that affect the permanence of students in academic programs. This article describes the design and construction process of the MOOC courses of the ACACIA Centers. The article begins with the concept of MOOC, then describes the research methodology that was used to obtain the MOOC courses, then describes the MOOC courses that are

currently mounted in the ACACIA Center and finally conclusions are provided on the process carried out.

KEYWORDS

Cursos MOOC, MOOC accesible, deserción, inclusión, accesibilidad

1 Introducción

La deserción es uno de los principales problemas que afecta a las instituciones de educación superior, donde una parte de los estudiantes de las instituciones universitarias las abandonan de manera periódica, generando preocupación por los aspectos personales que pueden afectar a los estudiantes fruto de no cumplir un objetivo personal por la pérdida de tiempo y recursos invertidos en su proceso de formación, así como los recursos de tiempo, infraestructura y financieros que invierten las universidades y en especial si son universidades públicas, donde sus recursos provienen de fondos públicos [1]. La deserción universitaria es un problema que afecta a gran parte de las universidades de América Latina y su origen se encuentra en diferentes factores como: falta de recursos económicos, deficiencias en la orientación vocacional que tienen los estudiantes al momento de seleccionar el programa académico, el entorno social del estudiante, condición física y cognitiva del estudiantes, exclusión, debilidades en la formación adquirida en el colegio, accesibilidad, las malas condiciones de trabajo docente (limitaciones en recursos tecnológicos, laboratorios, acceso a fuentes bibliográficas, entre otras) y dificultades que surgen durante el proceso de formación del estudiante que le impiden tener un rendimiento académico adecuado. [2] [3] [4]. La deserción universitaria genera consecuencias que afectan no solo a las universidades, sino a la sociedad y los estados, quienes invierten recursos para la formación de sus profesionales y al no concretarse provoca inequidad, exclusión, limitaciones de acceso al mundo laboral de las personas, impacto negativo en el desarrollo personal, económico y social de las personas y descontento [4]. La deserción es un fenómeno que debe ser atendido en las universidades y que requiere nuevas alternativas para atenderla.

La aplicación de estrategias que permitan prevenir, y disminuir la deserción es un factor fundamental para el desarrollo de las instituciones universitarias. Actualmente las instituciones de educación universitaria han empleado diferentes estrategias para prevenir y disminuir la deserción como: fortalecer el trabajo del profesos con trabajo en equipo con otros profesores, sistemas de evaluación centrados en el proceso de asesoría académica, evolución del sistema de prueba, número adecuado de estudiantes por curso [5], tutorías para detectar necesidades académicas de los estudiantes y solución de las mismas, fomento de círculos de lectura que permitan fortalecer las capacidades de aprendizaje y reflexión, implementaron los cursos en línea para fortalecer los conocimientos adquiridos en las asignaturas de los programas académicos [6], la incorporación de herramientas tecnológicas para fortalecer los procesos de enseñanza aprendizaje de los estudiantes,

entre otras. Otra estrategia que se puede emplear es la que plantea el Proyecto ACACIA, que consiste en el diseño de estrategias pedagógicas y tecnológicas para atender las necesidades de la población vulnerable. El diseño de estas estrategias se busca el trazo integrados de aspectos tecnológicos y pedagógicos para el planteamiento de alternativas dirigidas a estudiantes que por el entorno que los rodea están expuestos a condiciones de vulnerabilidad y que los hace candidatos de abandonar el programa académico al que pertenece. El proyecto ACACIA fue planteado, diseñado e implementado por los investigadores de once universidades de América Latina y tres universidades de Europa que contaron con fondos del Programa ERASMUS + de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención Educación Superior - Creación de capacidad internacional - Acacia- (561754-EPP-1-2015-1-CO-EPKA2-CBHE-JP) y el apoyo institucional de cada una de sus instituciones.

El proyecto ACACIA tuvo como objetivo principal el diseño y creación de tres centros ACACIA (denominados CADEP) en Perú, Colombia y Nicaragua, los cuales actualmente funcionan en red con otros centros que se han creado en Chile y Perú. Los Centros ACACIA tienen el propósito de diseñar estrategias pedagógicas y tecnologías para atender estudiantes que se encuentren en condiciones de vulnerabilidad que pueden afectar su condición de estudiante. Los Centros ACACIA son dependencias universitarias que trabajan alrededor de la deserción universitaria en las universidades y cuando se articulan en red abordan el problema de la deserción en la región de América Latina y Central proporcionando estadísticas y relaciones entre deserción y estados afectivos de los estudiantes, estrategias didácticas-tecnológicas y disminución de la deserción, consolidándose como una herramienta precisa para enfrentar el fenómeno de la deserción en la región. Dentro de las alternativas con que cuentan los Centros ACACIA están los cursos MOOC que se elaboraron durante el desarrollo del proyecto ACACIA y que ahora han sido utilizados como estrategia para fortalecer la inclusión y accesibilidad al conocimiento por parte de los estudiantes y de esta manera hacer frente a estos dos factores que afectan la permanencia de los estudiantes en los programas académicos. En el presente artículo se describe el proceso de diseño y construcción de los cursos MOOC de los Centros ACACIA. El artículo empieza con el concepto de MOOC, posteriormente se describe la metodología de investigación que se utilizó para la obtención de los cursos MOOC, posteriormente se describen los cursos MOOC que actualmente están montados en los Centros ACACIA y finalmente se brindan conclusiones del proceso realizado.

2 MOOC

MOOC es unos acrónimos de "Massive Open Online Course", es decir, cursos en línea abiertos y masivos, que aparecieron finalizando la primera década del 2000, y se caracteriza por poder recibir una gran cantidad de participantes, además hay una gran variedad de cursos que según el interés del estudiante los toma. Por esta razón, son cursos heterogéneos en una gran variedad de aspectos: edad, profesión, niveles y objetivos académicos [1]. Existen MOOC para prácticamente todas las materias esto se evidencia cuando más de 800 universidades al redor del mundo ofrecen estos cursos [2] muchos de ellos ofreciendo certificaciones

dándole a los usuarios la facilidad de mostrar sus conocimientos en el ámbito laboral. Los MOOC son un elemento integrador entre la divulgación, la formación universitaria, revolución digital, que rompe los moldes de la educación universitaria tradicional [3]. Además, democratiza el conocimiento, tiene flexibilidad de horarios, facilita el aprendizaje colaborativo [4] [1].

Los MOOC se caracterizan desde su nombre por: ser un curso, es decir, tiene objetivos, evaluaciones y debe existir alguna interacción entre profesores y alumnos. Es abierto, cualquier persona lo puede tomar sin tener requisitos, aunque hay más implicaciones de abierto esta es su principal característica pues a medida que han evolucionado los MOOC algunos dejaron de ser gratuitos. Los MOOC no requieren espacios físicos se desarrollan en línea, sólo se requiere acceso a internet. Y por último son masivos, las plataformas que soportan estos cursos deben tener la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de variación de inscritos al curso [3].

Según [4] los MOOC tienen una estructura común: elementos teóricos, prácticos y algunos colaborativos. El curso se estructura en una sucesión de módulos los cuales incluyen tareas, actividades, videos lecturas y enlaces.

Existen varias clasificaciones de MOOC pero la más generalizada es su división en 2 grupos, los cMOOC y los xMOOC [5] [6]. Los cMOOC se basan en una visión conectivista donde se crean redes, se genera nuevo conocimiento, se le da importancia a la creatividad, la autonomía y la colaboración [3]. Los xMOOC, enfatiza más enfoque de aprendizaje tradicional a través de presentaciones de video y pruebas [5], los que se ofrecen a través de plataformas comerciales como Coursera, edX y Udacity [3].

El funcionamiento de los MOOC involucra compañías que en asociación con universidades o académicos individuales generan los cursos que se ofrecen. Las universidades o los académicos individuales son responsables del contenido y la calidad de los cursos, mientras que la empresa se encarga de la producción y su facilitación técnica [5]. Los cinco principales proveedores de MOOC por usuarios registrados son [2]: Coursera, edX, XuetangX, Udacity y FutureLearn.

El Centro ACACIA, decidió escoger la plataforma edX, pues con referencia a los costos esta plataforma esta ofrece más cursos gratuitos y es más sencilla a la hora de inscripción pues no tiene requisitos como tener tarjeta de crédito, los cursos pueden estar por un periodo largo aunque no necesariamente se puede obtener un certificado

3 Metodología

El objetivo principal de la propuesta del proyecto ACACIA comprende la conformación de un Centro ACACIA en las siguientes universidades: UNMSM, URACCAN y UDFJC. La realización de este objetivo implicó el diseño de un marco de trabajo que integrara los componentes definidos en la propuesta del Proyecto ACACIA y elementos organizativos y estructurales necesarios para el funcionamiento de un Centro ACACIA obtenidos del desarrollo del proyecto, esto con el propósito de contar con un modelo de marco de trabajo replicable y transferible que permita orientar a las universidades en la implementación de un Centro ACACIA. Dentro de los principales elementos estructurales que hacen parte del marco de trabajo para soportar el

funcionamiento del Centro ACACIA están los módulos: Convoca, Cultiva, Apoya, Empodera e Innova los cuales tienen la responsabilidad de desarrollar los procesos misionales y apoyar las actividades de los procesos estratégicos y de soporte. Dentro de los procesos misionales del Centro ACACIA están la formación donde los MOOC juegan un papel fundamental para facilitar la inclusión y accesibilidad e los estudiantes y de esta manera hacer frente a estos dos factores que afectan la permanencia de los estudiantes en los programas académicos.

Una vez definido el propósito del trabajo a desarrollar, se determinó la *Investigación en Ciencia del Diseño o Design science research* como el método de investigación para el diseño del marco de trabajo y sus componentes. Este método busca el diseño de artefactos a través de un conjunto de iteraciones entre tres elementos: el contexto del artefacto (las universidades que van a contar con un Centro ACACIA), la base de conocimiento (referentes teóricos que sirven de base) y para soportar el diseño del artefacto (marco de trabajo y sus componentes). El método en Investigación en Ciencia del Diseño es adaptado y adoptado por Dresh, Pacheco y Valle [7] del propuesto por Hevner [8] para la producción y evaluación de artefactos ligados a las ciencias de la información. El método normalmente implica la anidación de iteraciones de ensayo y error selectivo que ponen a prueba una o más hipótesis provistas por los diseñadores. Tres son las fuentes principales que permiten esta selectividad: 1) La experticia de los diseñadores para vincular el entorno con la base de conocimiento disponible (referentes teóricos) para comprenderlo en relación con la meta a cumplir, 2) La experticia de los diseñadores para estructurar el modelo según el vínculo construido, entre la base de conocimiento y la comprensión del entorno, en relación con la meta a cumplir y 3) La experticia de los diseñadores para someter a prueba y sistematizar las consecuencias de seguir los diseños previos, mediante alguna manera específica de considerar el entorno o contexto en que ha de servir el modelo, e incorporar o abandonar, paulatinamente, las hipótesis a partir de las cuales se han realizado los diseños previos, según se adecuen o no al propósito intentado o según el potencial de incremento de la base de conocimiento advertido en ellas.

El papel de la base de conocimiento, de la meta (diseño del curso MOOC y sus componentes) y del contexto juega de manera diferente en cada tipo de iteración; en las de primer orden, en las anidadas, el contexto y meta aparecen como formas ideadas, como representaciones emergentes fruto de la práctica y experticia en el uso de la base de conocimiento por parte de los diseñadores; mientras que en las iteraciones de segundo orden, en las que anidan, aparecen cosificadas como estructura interna de la versión del curso MOOC así como en el medio de actuación del curso MOOC. Entonces el curso MOOC mismo toma su ser interfaz y puede ser probado en tanto tal. En la Figura 1. Marco de trabajo de la Ciencia del Diseño para Investigación en Sistemas de Información o Design Science Framework for Information Systems Research, se muestra la relación entre el contexto y el diseño del curso MOOC, así como la relación entre el diseño del curso MOOC con la base de conocimiento a medida que se diseña un curso MOOC.

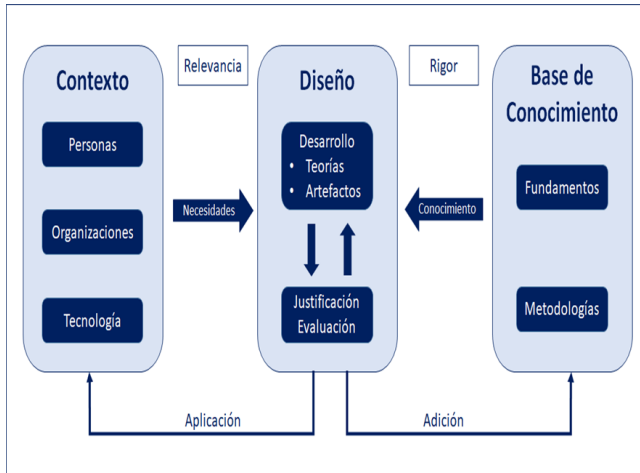


Figure 1: Figura adaptada de Design Science Framework for Information Systems Research Hevner [8]

Los cursos MOOC se construyeron en la etapa de diseño del método de investigación pasando por varias iteraciones que permitieron incorporar nuevos recursos de conocimiento a la construcción de los MOOC y aplicaciones en las universidades donde se implementó un Centro ACACIA que hacen parte del contexto. Las diferentes iteraciones del proceso de investigación permitieron obtener cursos MOOC de acuerdo a las necesidades de los Centros ACACIA. En cada iteración del proceso de investigación en la etapa de diseño se realizaron diseños, desarrollos, adaptaciones, evaluaciones y validaciones de los cursos MOOC. En el diseño y construcción de los MOOC se aplicaron diferentes metodologías de construcción de MOOC, entre las que se encuentran las de Montoro [9], Zapata [10], SCOPEO [11] y Zhu [12]. A partir del análisis e integración de las anteriores metodologías se definió la metodología de construcción de los cursos MOOC, la cual comprende las siguientes etapas: 1) Definición de las metas del curso, 2) Determinar el contenido programático del curso, 3) Recopilación de material, 4) Definición de los modelos pedagógico y didáctico, 5) Definición de actividades, 6) Definición del proceso de evaluación, 7) Construcción del curso MOOC, 8) Pruebas del curso MOOC, 9) Depuración del curso MOOC y 10) Puesta en marcha del curso MOOC. Las anteriores etapas orientaron la construcción de un curso MOOC en cada iteración del método de investigación. Las iteraciones del proceso de investigación permitieron que cada curso MOOC, se mejorara a partir de la interacción con el entorno donde se recibieron observaciones de estudiantes, administrativos y profesores que tomaron el curso y fortaleciera a partir de nuevos componentes teóricos que se incorporan a la base de conocimiento para atender los requerimientos que plantearon estudiantes, profesores y administrativos que tomaron el curso.

4 Resultados: Los cursos MOOC de los Centros ACACIA

El proceso de investigación definido permitió la construcción de los Cursos MOOC definidos en proyecto ACACIA para cada uno de los módulos del Centro ACACIA: Empodera, Cultiva, Empodera, Apoya y Convoca. Los cursos se encuentran dirigidos a

estudiantes, profesores y personal administrativo de acuerdo al tema que aborda. Los actores de que intervienen en el desarrollo de los cursos son: 1) Estudiante, consumidor del curso (cualquier persona de la comunidad; docentes, estudiantes, administrativos, vigilantes, personal de servicios), 2) Profesor, es el encargado de diseñar y construir el curso, de marcar la trayectoria de aprendizaje, de crear actividades y de establecer los recursos que utilizará para optimizar el curso, 3) Tutor, es el encargado de acompañar al estudiante en el trasegar del curso, 4) Plataforma de cursos, es la plataforma utilizada para almacenar y poner a disposición de la comunidad los cursos en esta caso la plataforma edX fue la seleccionada, 5) Administradores de la plataforma, son los encargados de mantener funcionando la plataforma edX donde se encuentran almacenados los cursos y 6) El programa académico que reconoce los créditos académicos del curso. La dirección donde se puede acceder a los cursos MOOC del Centro ACACIA es la siguiente: <https://edx.planestic.udistrital.edu.co/>.

Los cursos del Centro ACACIA, son cursos MOOC accesibles, es decir, cursos con características de acceso universal, orientados para que cualquier persona independiente de sus características físicas los puedan tomar. Lo anterior implicó incluir videos transcripción que permita visualizar a las personas que no puedan oír el contenido del curso lo puedan leer. También, los cursos están desarrollados sobre la plataforma edX que sigue los estándares que permite el uso de traductores de pantalla para personas ciegas. Además de lo anterior, los cursos abordan temas orientados a disminuir la exclusión y prevenir la deserción de los estudiantes, que permiten a la comunidad de estudiantes, profesores y administrativos recibir orientaciones de elementos claves para el manejo de la accesibilidad en documentos, presentaciones, interacción con personas sordas y ciegas, instalaciones físicas y ambientes de aprendizaje accesibles. El incorporar la anterior orientación ha permitido, que los cursos generen conciencia sobre los problemas de accesibilidad como factor de exclusión y por ende, generen pérdida de permanencia de los estudiantes en los diferentes programas académicos.

En la actualidad los cursos son utilizados por estudiantes, profesores y administrativos de las instituciones de educación superior que cuentan con un Centro ACACIA: Universidad Distrital Francisco José de Caldas en Bogotá (CADEP UDFJC), Universidad Nacional Mayor de San Marcos en Lima (CADEP UNMSM), Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe Nicaragüense en Nueva Guinea (CADEP URACCAN) y Universidad de Antofagasta en Antofagasta (CADEP UA), las universidades que hacen parte de la Red RIESC (Red de Instituciones de Educación Superior con CADEP) y estudiantes, profesores y administrativos de universidades de América Latina interesados en temas de inclusión, deserción y accesibilidad. Los cursos están a disposición de las comunidades universitarias de América Latina a través de las páginas Web de los diferentes Centros ACACIA que se encuentran funcionando y que se encuentran vinculados a la Red RIESC. La dirección del portal de la Red RIESC es la siguiente: <https://acacia.red/>. Los cursos son ofrecidos y coordinados por cada uno de los módulos de los Centros ACACIA periódicamente.

Algunos de los cursos MOOC que se ofrecen los módulos de los Centros ACACIA son los siguientes:

Módulo Empodera

Creación de documentos digitales accesibles: Este curso está dirigido a todas las personas que deseen aprender a crear documentos accesibles, para que estos se puedan comprender o utilizar por cualquier usuario, sobre todo por aquellos que presenten algún tipo de discapacidad visual. El participante aprenderá a crear documentos accesibles haciendo uso del editor de texto Word de Microsoft al igual que con uno de los editores de texto de software libre como lo es Libre Office Writer. 2 Cohortes – 273 estudiantes – 59 Certificados

Formación docente para la generación de adaptaciones: Es en este curso se contemplan dos dimensiones: la primera relacionada con las transformaciones que vienen produciéndose en las universidades ante el ingreso de poblaciones que rompen con ese perfil tradicional y que conlleva a considerar cambios estructurales tanto en los principios misionales como en el compromiso social y académico. La segunda interesada en ahondar la relación educación-tecnología y así situar el acceso a la información y construcción de conocimiento durante el proceso enseñanza-aprendizaje, especialmente tomando en cuenta el caso de los estudiantes sordos y con discapacidad visual, quienes requieren de adaptaciones, como la subtítulos e interpretación y la audiodescripción. 2 Cohortes – 75 Estudiantes – 10 Certificados

Mini-curso: Básico de lengua de señas: Este curso está dirigido a todas las personas que deseen aprender una forma básica de comunicación con personas sordas. El participante aprenderá a saludar, realizar preguntas básicas, dar indicaciones, entre otros aspectos, elementales para la interacción con personas no oyentes, de igual forma aprenderá a interactuar con el Centro de Relevos del MINTIC. 1 Cohorte – 25 Estudiantes – En curso

Módulo Cultiva

Ambientes de aprendizaje accesibles con incorporación de afectividad: El curso se concibe para profesores, estudiantes y funcionarios vinculados a procesos académicos de Instituciones de Educación Superior. Los estudiantes deben tener competencias profesionales básicas en lectura y manejo de plataformas y en el reconocimiento de ambientes de aprendizaje. Algunas de las referencias bibliográficas sugeridas se encuentran en inglés, por lo tanto, es aconsejable un nivel intermedio en el mismo. Este recurso estará adaptado para la accesibilidad de personas en condición de discapacidad sensorial, y para personas con español como segunda lengua (presentaciones temáticas en contraste, audio descripción de infografías y recursos). 2 Cohortes – 162 estudiantes – 49 Certificados

Curso sobre creación de diseños didácticos y uso de referentes: El Curso sobre Diseños didácticos y uso de referentes fue desarrollado en el marco del Proyecto ACACIA como un recurso del Módulo de Cultiva del Centro de Apoyo y Desarrollo Educativo y Profesional (CADEP) orientado a ofrecer al profesorado universitario nociones y elementos para el diseño de propuestas didácticas accesibles y con incorporación de afectividad. Pretende ofrecer una manera de ver el aula universitaria como un escenario para el diseño didáctico accesible y afectivo en la formación profesional. Para ello propone el uso de distintos recursos creados en Cultiva y en especial, los referentes curriculares generados en ALTER-NATIVA (2015) y

otros que los profesores consideren pertinentes para fundamentar sus diseños didácticos. 1 Cohorte – 25 estudiantes – 0 Certificados

Módulo Innova

Creación de tecnologías innovadoras para la inclusión: Este tiene como objetivo el desarrollo de las capacidades de innovación en el buen uso, reutilización y creación de aplicaciones y dispositivos orientados a cubrir necesidades educativas específicas de las poblaciones en riesgo de exclusión universitaria. De igual forma el curso pretende introducir generalidades sobre la innovación. Al finalizar este curso aprenderás qué es la innovación y el ciclo de vida de un proceso de Innovación. También aprenderás sobre la importancia de la propiedad intelectual en las actividades de innovación. Adicionalmente, aprenderás sobre la innovación en el sector educativo y el papel que tienen las tecnologías para la inclusión educativa. 1 Cohorte – 85 estudiantes – En curso

Evaluación de Tecnologías Innovadoras: Este curso tiene como objetivo el desarrollo de las capacidades de innovación en el buen uso, reutilización y creación de aplicaciones y dispositivos orientados a cubrir necesidades educativas específicas de las poblaciones en riesgo de exclusión universitaria. El curso se concibe para profesores, estudiantes y funcionarios vinculados a procesos académicos de Instituciones de Educación Superior. Los participantes deben tener competencias profesionales básicas en lectura y manejo de plataformas y en el reconocimiento de ambientes de aprendizaje. Este recurso está adaptado para la accesibilidad de personas en condición de discapacidad sensorial y para personas con español como segunda lengua. 1 Cohorte – 79 estudiantes – En curso

Uso de tecnologías para la inclusión: Este curso está dirigido a profesores universitarios y equipos interesados en conocer y fortalecer las prácticas inclusivas en la educación superior. Proporciona guías para la detección y atención de situaciones conflictivas generadas por la intolerancia que pueden llevar a la exclusión de alumnos o profesores universitarios. 1 Cohorte – 77 estudiantes – En curso

Módulo Apoya

Fomento de la interculturalidad y de la diversidad universitaria: El contenido del curso se centra en explicar de modo práctico y sencillo el uso de las guías de integración generadas en el proyecto ACACIA que versan sobre: intolerancia a la diversidad sexual, violencia de género, violencia intrafamiliar, conflicto armado, diversidad étnica y cultural, problemas psicosociales, discapacidad e intolerancia religiosa. 1 Cohorte – 95 estudiantes – 17 Certificados

4 Conclusiones

El diseño y construcción de cursos MOOC implica incorporar aspectos pedagógicos y didácticos que orienten el proceso de enseñanza - aprendizaje de los estudiantes que toman el curso y elementos tecnológicos que faciliten y soporten el desarrollo de las actividades del curso.

Dentro de los factores que afectan la permanencia de los estudiantes en los programas académicos están la exclusión y la accesibilidad a los contenidos. Lo anterior implica incorporar elementos de accesibilidad en los cursos MOOC que permita a estudiantes con limitaciones visuales y auditivas tener la posibilidad de acceder a los contenidos y participar en las actividades de los cursos. El propósito debe ser el diseño de cursos MOOC accesibles para todos.

Somos unos convencidos tanto desde el proyecto ACACIA que acaba de concluir al igual que desde la Red de Instituciones de educación superior con Centros Acacia (RIESC), que estos cursos vienen contribuyendo y contribuirán a disminuir la deserción de estudiantes en las universidades.

Referencia

- [1] R. Martelo, K. Herrera and N. Villabona, "Estrategias para disminuir la deserción universitaria mediante series de tiempo y multipol," *Revista Espacios*, vol. 38, no. ISSN 0798 1015, p. 25, 2017.
- [2] G. Olave, I. Rojas and M. Cisneros, "Deserción universitaria y alfabetización académica," *Educ.Educ.*, vol. 16 No. 3, no. ISSN 0123-1294, pp. 455-471, 2013.
- [3] D. Barragán and L. Patiño, "Elementos para la comprensión del fenómeno de la deserción universitaria en Colombia. Más allá de las," *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, Vols. Vol. IX, No. 16, no. 1900-5016, pp. 55-66, 2013.
- [4] R. Ruiz, J. García and M. Pérez, "CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LA DESERCIÓN ESCOLAR EN EL BACHILLERATO: CASO," *Ra Ximhai*, Vols. Vol. 10, No. 5, no. 1665-0441, pp. 51-74, 2014.
- [5] A. Velez and D. López, "Existen estudios donde implementan soluciones o estrategias para disminuir o prevenir la deserción como en Cambruzzi et al., (2015), que presentan un sistema de análisis de aprendizaje para tratar este problema en los cursos a distancia en la educación un," *Educación y educadores*, vol. Vol 7, no. 0123-1294, pp. 177-203, 2004.
- [6] V. Corona, S. Reyes, S. Martinez and C. Rivas, "Estrategias para la disminución de los índices de reprobación en el Instituto Tecnológico de Pachuca," *Revista de Sistemas y Gestión Educativa*, vol. Vol.3 No.9, no. 2410-3977, pp. 62-69, 2016.
- [7] F. J. García, Á. Fidalgo and M. L. Sein, "Los MOOC: un análisis desde una perspectiva de la innovación institucional universitaria," *La Cuestión Universitaria*, vol. 9, pp. 117-135, 2017.
- [8] D. Shah, "By The Numbers: MOOCS in 2017," 10 10 2019. [Online]. Available: <https://www.classcentral.com/report/mooc-stats-2017/>.
- [9] P. Pernías and S. Luján, "Los MOOC: orígenes, historia y tipos," Centro de Comunicación y Pedagogía, [Online]. Available: <https://www.centrocp.com/los-mooc-origenes-historia-y-tipos/>. [Accessed 10 10 2019].
- [10] R. De Castro, Á. Hernández, I. Jimenez, F. Jimenez, S. Muñoz and R. Sánchez, "Los MOOC," Universidad de Salamanca, [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/losmooc/estructura>. [Accessed 10 10 2019].
- [11] M. Gaebel, "Massive Open Online Courses MOOCs," European University Association Occasional Papers, Brussels, 2013.
- [12] G. Conole, "Los MOOCs como tecnologías disruptivas: estrategias para mejorar la experiencia de aprendizaje y la calidad de los MOOCs," *Campus Virtuales*, vol. 2, no. 2, pp. 16-28, 2013.
- [13] A. Dresch, D. P. Lacerda and J. A. V. Antunes Jr, Design Science Research "A Method for Science and Technology Advancement", Springer International Publishing, 2015.
- [14] A. Hevner, "Desing Science in Information Systems Research," *Mis Quarterly*, 2004.
- [15] G. Montoro, O. Muruzábal, G. Sandoval and C. Wee, "7 pasos para diseñar un MOOC de calidad: Una propuesta para la colaboración entre profesores y diseñadores de aprendizaje," in *EMOOCs 2017*, Madrid, 2017.
- [16] M. Zapata, "El diseño instruccional de los MOOC y el de los nuevos cursos abiertos personalizados," *RED-Revista de Educación a Distancia*, vol. Núm. 45. Artic. 2., no. 1578-7680, 2015.
- [17] SCOPEO, "SCOPEO INFORME N°2: MOOC: Estado de la situación actual, posibilidades, retos y futuro," Univeridad de Salamanca, Salamanca, 2013.
- [18] M. Zhu, A. Sari and C. Bonk, "A Systematic Review of MOOC Research Methods and Topics: Comparing 2014-2016 and 2016-2017," in *EdMedia + Innovate Learning 2018*, Amsterdam, 2018.