

Aplicación del Modelo Integrado de Desarrollo (BIM) en el Diseño de Proyectos para Oficina Abierta

Application of the Building Information Model (BIM) to the Design of Open Plan Office Projects

Julián Alfonso
Tristáncho Ortiz
Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería
jalristanchoo@udistrital.edu.co

Leonardo Emiro
Contreras Bravo
Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería
lecontrerasb@udistrital.edu.co

Luis Fernando
Vargas Tamayo
Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
Facultad de Ingeniería
lfvargast@udistrital.edu.co

Resumen

La industria del mueble en Colombia está en permanente competencia con multinacionales donde los procesos de especificación y diseño de proyectos son altamente automatizados. Las empresas nacionales del mueble, PYMES en su mayoría, deben implementar sistemas eficientes para el diseño y venta de proyectos de oficina abierta, reemplazando los métodos manuales tradicionales, sin perder el enfoque sobre el mercado nacional. Las técnicas de Modelo Integrado de Desarrollo (BIM) se han usado para combinar la información geométrica (dimensiones y ubicación) suministrada en un diseño CAD convencional, con la información de costos, la de planeación y la de construcción en proyectos arquitectónicos. La disminución de costes en los sistemas CAD, han permitido que esta metodología de diseño se haya expandido a otras ramas de la construcción e ingeniería. En el presente artículo se hace una breve descripción del método BIM y cómo fue implementado en un software (*OffiCAD*) que acoplado con un sistema CAD comercial, permite el diseño asistido de proyectos de oficina abierta. *OffiCAD* integra la información geométrica de diseño realizada en el sistema CAD, con información en base de datos de producto para cotización, visualización de acabados y producción; además de sistemas inteligentes de referenciación, corrección y verificación de errores de diseño.

Palabras clave: BIM, CAD, oficina abierta, amueblamiento, producción.

Abstract

Building Information Modeling (BIM) is a process where the geometric information (size and location) generated in a conventional CAD system is integrated with the cost, planning and construction information for architectural projects. The development of applications BIM has undergone significant development since the late 1990s. The decrease in costs of CAD systems, has allowed this design methodology to be expanded to other areas of engineering and construction. This article provides a brief description for a BIM method and how it was implemented in a new software called *OffiCAD*. This software is integrated to a commercial CAD system that allows full management of design projects in modular furniture systems (also known as open plan projects). *OffiCAD* integrates information of geometric design of CAD system, with information on product database for quotation, visualization with surface finishes and production requirements. In addition, it has a series of intelligent systems for referencing, verification and correction of design errors.

Key words: BIM, CAD, open plan, furnishing, production.

1. Introducción

La fuerte competencia que la industria nacional del mueble tiene con las multinacionales por el mercado local, exige que las empresas colombianas deban evolucionar a un método de diseño de proyectos más automatizado y con un nivel de confiabilidad alto. Las técnicas tradicionales que diseño, cotización y orden de producción, no garantizan que el error humano sea reducido y con ello la pérdida de competitividad se acentúa. Las empresas colombianas dedicadas al sector de diseño en proyectos de oficina abierta corresponden, la mayoría, a la clasificación de PYMES, lo que impide que una fuerte inversión en el departamento de diseño pueda ser realizada. El objetivo de esta investigación es mostrar como el uso de las técnicas BIM (Modelo Integrado de Desarrollo, por sus siglas en inglés), software CAD (Diseño asistido por computador, por sus siglas en inglés) de bajo costo y desarrollo de software desde la academia, puede generar una herramienta muy útil, capaz de aumentar la competitividad y con niveles de inversión manejables para las empresas nacionales.

Representar información geométrica de cualquier proyecto de ingeniería en forma gráfica, por medio de planos de construcción, es una de las técnicas más antiguas y usadas para describir elementos complejos o compuestos por muchas partes individuales. Los sistemas CAD hicieron su aparición a finales de la década de 1970, permitiendo integrar de forma fácil cada uno de los elementos que componen geoméricamente un proyecto. Los sistemas CAD han tenido un gran desarrollo y han llegado a un punto en el cual el diseño virtual (sistemas tridimensionales) de cualquier componente puede ser sometido a complejos sistemas de análisis [11].

En su primera etapa de desarrollo los sistemas CAD poseían entidades gráficas (como líneas, círculos, bloques, etc.) con características geométricas individuales y con información meramente visual. En la actualidad estas entidades se han convertido en objetos, con propiedades, métodos y eventos [5]. Estas características dieron una nueva habilidad geométrica de dibujo paramétrico, además de la posibilidad de adicionar información (no solo geométrica) para imitar el comportamiento real del objeto que representan [1].

De esta forma se origina la metodología BIM, en la cual un plano de dibujo CAD no solo se tiene la información geométrica del proyecto, sino que además incorpora memorias de cálculo estructural, especificaciones de diseño, planificación y control de obra. Se puede considerar que el modelo integrado de desarrollo combina de manera efectiva la información geométrica con la información adicional de construcción, cotización y producción, permitiendo que la información de un proyecto pueda ser administrada de manera completa y efectiva desde un sistema de dibujo asistido por computador [2].

Los objetos BIM, tienen una representación geométrica visible en el sistema CAD, pero además tiene información adicional que puede ser compartida por varias aplicaciones, como sistemas de bases de datos. Un ejemplo de este tipo de objeto es un muro, mientras que en el sistema CAD este elemento tiene una representación dada por dos líneas paralelas, con propiedades geométricas como longitud, altura y ancho, las propiedades BIM adicionales pueden contener información como materiales e inclusive acabados, método constructivo, las especificaciones de los diseñadores y precios unitarios que involucran [8]. La finalidad del BIM es la creación del modelo digital del proyecto,



garantizando la representación volumétrica exacta, costos de materiales, generación de dibujos y detalles coordinados entre los diferentes participantes. Además los BIM al tener la información completa de los proyectos pueden incluso realizar verificaciones mediante algoritmos preestablecidos, creando un nivel alto de confiabilidad sobre el diseño elaborado [1].

En el presente artículo se muestra el diseño de una nueva herramienta de software, orientada para que las PYMES (pequeña y mediana empresa) dedicadas al negocio de mobiliario en proyectos de oficina abierta, puedan integrar de manera efectiva el departamento de diseño y ventas con las demás áreas asociadas al brazo productivo. En este documento primero se hace una descripción de la problemática existente en la industria del mueble y las PYMES en Colombia, además se delinear las estrategias que estas empresas han tomado para poder competir con el mercado extranjero, luego se muestra un marco teórico sobre las técnicas BIM y finalmente se describe el proceso de diseño y los resultados obtenidos al ser implementado en un nuevo software denominado *OffiCAD*. Este trabajo fue desarrollado al interior del grupo de investigación DIMSI (Diseño, Modelamiento y Simulación) de la Facultad de Ingeniería, proyecto curricular en Ingeniería Industrial de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

1.1. La industria del mobiliario para oficina abierta en Colombia

La historia de la industria del mueble en Colombia ha tenido un fuerte incremento desde mediados de los años 70. La expansión de las ciudades y la necesidad de espacios para el trabajo más eficientes y adecuados, generaron el mercado que originó la creación de varias empresas colombianas de muebles y el origen de las líneas de oficina abierta en las empresas ya existentes [7].

La industria del mueble en Colombia generó ventas en el año 2002 por USD \$163.029.227, de las cuales USD \$74.863.627 correspondieron a exportaciones y USD\$39.862.863 a importaciones, lo que corresponde al 0.5% del PIB. Condiciones del mercado como recursos naturales disponibles (madera, acero, textiles, etc.), desarrollo de mano de obra especializada y la reactivación del sector de la construcción, garantizan un crecimiento sostenido de este sector [3].

En cuanto a la metodología usualmente empleada por la industria colombiana para la generación de proyectos de oficina abierta, consiste en la creación de bloques representativos de sus productos en un sistema CAD, los cuales son insertados por parte de un diseñador, cumpliendo las condiciones del levantamiento arquitectónico y número de puestos de trabajo u oficinas necesarias dadas por el cliente. De ese plano final de diseño, se realiza de manera manual o semiautomática un BOM (lista de materiales por sus siglas en inglés), con lo cual se produce una propuesta (tanto de distribución, como económica al cliente). Las asignaciones de propiedades como materiales y acabados, se realizan solo en el momento en que el cliente aprueba la cotización global, llevándolo a cabo de manera manual objeto por objeto. Este procedimiento origina que la orden de producción enviada a planta pueda tener muchos vacíos de información, además que los errores de diseño pueden ser frecuentes, pues estructuralmente es necesario garantizar el número adecuado de apoyos y anclajes, que el diseñador generalmente olvida. Otro problema fundamental del método tradicional para el desarrollo de proyectos de mobilia-

rio de oficina abierta es la necesidad de que el personal de montaje tenga un nivel de experticia muy alto para poder llegar a corregir en obra todos estos problemas, originando retrasos importantes en la instalación y con ello incrementos de costos.

Con el advenimiento de modernas tendencias internacionales de diseño, la industria nacional ha tenido que desarrollar nuevos elementos y someterse a un mercado que es variable rápidamente, con el objetivo de poder competir con los productos desarrollados en el extranjero. Para ilustrar esta situación, considérese por ejemplo un panel (muro divisor usado en los sistemas de oficina abierta). En la manera tradicional, este era construido en una sola lámina o baldosa y enchapado con el material seleccionado. Mientras las tendencias de diseño imponían un sistema basado en múltiples baldosas de diferentes materiales, incluyendo vidrios. El manejo en diseño y en obra de paneles multibaldosa se torna demasiado complejo y con un margen de error muy alto, haciendo que los métodos de cotización y órdenes de producción se vuelvan inmanejables utilizando los métodos habituales mencionados anteriormente. De allí la necesidad del desarrollo de nuevos métodos de diseño junto con herramientas asistidas por computador como la que se describe en este estudio.

2. Descripción de la herramienta *OffiCAD*

Como solución a la problemática de automatización del proceso de cotización, control y orden de producción se planteó el diseño de un software que integre la información CAD con la información de construcción o modelo BIM. Como resultado se obtuvo una nueva herramienta de software llamada *OffiCAD*, la cual está sintonizada con la problemática y requerimientos de la industria del mueble para oficinas en Colombia.

Para obtener la implementación del modelo BIM es necesario identificar cada una de las etapas de diseño e implementación que están comprometidas en un proyecto de oficina abierta (ver Figura 1). Como marco de desarrollo para el software *OffiCAD*, se tomaron como etapas fundamentales: integración geométrica completa con el diseño realizado, verificación de diseño mediante formulas pre-programadas, presentación 3D del proyecto generado (foto realista) y generación de reportes de cotización (cliente), ordenes a proveedores y ordenes de producción.

En la Figura 1 hacia la parte derecha (marcada como *Ejecución del proyecto*), se pueden observar las diferentes etapas que se buscan automatizar y controlar en *OffiCAD*. En ella se integran la parte final del proceso de diseño, la cotización, la orden producción y el montaje final. Las etapas subsecuentes desde la ejecución e instalación del proyecto (manejo durante la vida útil del producto) no se implementaron dentro del software. Se aclara que *OffiCAD* puede ser usado como una herramienta adicional para hacer seguimiento durante la vida útil del proyecto pero no está entre sus objetivos.

En el mercado mundial se encuentran varias herramientas de software para asistir en el proceso de diseño de oficina abierta. Generalmente se trata de desarrollos a la medida y limitados a líneas de productos de empresas extranjeras. Por esta razón, tales herramientas no se adaptan a las necesidades de las compañías nacionales debido a que las condiciones de producción en la industria del mueble en Colombia tiene características especiales (dimensiones máximas, disponibilidad de materias primas y herrajes, máquinas y herra-



mientas, etc.). De igual manera se tienen diferencias culturales, un ejemplo claro de este fenómeno es que uno de los productos más vendidos en el país es la división de oficina que encierra por completo el área de trabajo (paneles piso-techo), ese concepto no es manejado en el extranjero, pues va en contra de la definición misma de oficina abierta [7].

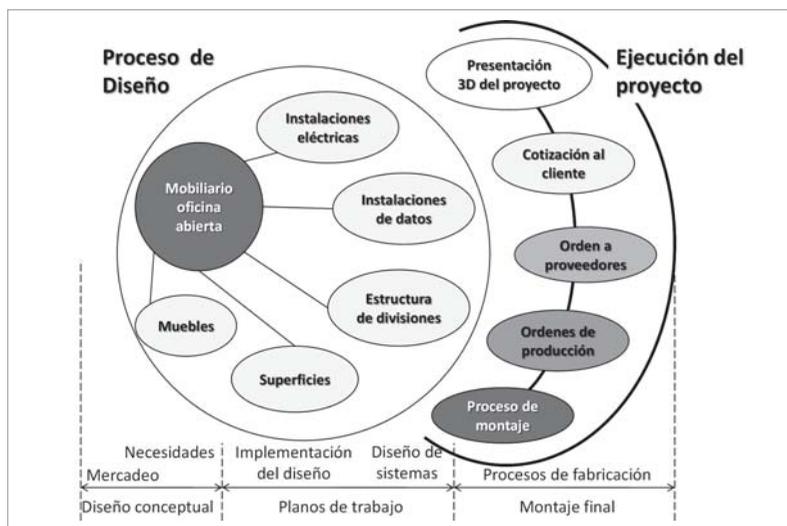


Figura 1. Modelo integrado de información para proyectos de oficina abierta (esquema adaptado de [1]).

La situación descrita es particularmente latente en las pequeñas y medianas empresas en Colombia (PYMES). La solución por la que generalmente optan las PYMES es el uso de sistemas CAD no especializados como AutoCAD® (que ayudan en el diseño con planos arquitectónicos) y la creación de librerías de bloques con su línea de productos, realizando de manera semiautomática los procesos de cotización y a partir de allí las ordenes de producción. En la migración de un sistema semiautomático como el referido anteriormente, a un nuevo sistema que integre la tecnología BIM, es fundamental que las PYMES logren reducir al mínimo los gastos y tiempos necesarios de implementación, así como la reutilización de los datos y plataformas computacionales disponibles en sus empresas. Por estas razones, el mercado objetivo del software *OffiCAD* son las PYMES dedicadas al diseño y montaje de muebles y oficina abierta en Colombia.

2.1. Estructura de objetos gráficos y programación en AutoCAD®/IntelliCAD®

AutoCAD® ha sido el líder mundial de los software CAD de uso general para computadores de escritorio durante las últimas tres décadas. Es un software muy versátil y completo para toda la etapa de generación de planos 2D y 3D [10]. La calidad de AutoCAD® siempre ha punteado en la industria internacional, pero los costos asociados por licencia son muy altos para ser asumido por PYMES colombianas. En la última década, una nueva herramienta llamada IntelliCAD®, originada en AutoCAD®, ha surgido como un motor CAD alternativo. IntelliCAD® puede ser usado como un objeto dentro de programas especializados [9]. Con base en este se han desarrollado de manera colaborativa otras aplicaciones de software completamente compatibles con los objetos

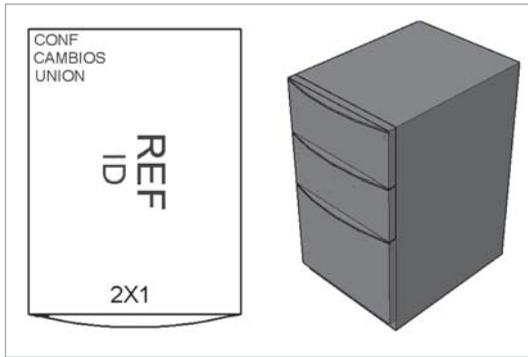


Figura 2. Bloques del producto Cajonera. (Izq.) Vista 2D en planta con atributos de información. (Der.) Representación 3D.

de programación y archivo nativo de AutoCAD®. Productos como ZWCAD®, ProgeCAD® y BricsCAD® (que usan motor gráfico IntelliCAD®) tienen rangos de precios por licencia de alrededor de USD \$600, que los hacen atractivos si se comparan con el costo de USD \$4.000 de una licencia de AutoCAD®.

OffiCAD es una herramienta que se ubica bajo esta misma línea de trabajo. AutoCAD® maneja entidades gráficas denominadas bloques (*blocks*), las cua-

les son copias almacenadas en disco de un conjunto de entidades básicas. Los bloques pueden tener propiedades alfanuméricas extras denominadas atributos. Mientras el bloque es una copia exacta de la definición creada en un dibujo externo, los atributos son completamente independientes para cada copia, por lo tanto los diferentes bloques insertados pueden tener información personalizada [10].

Para permitir la integración BIM [4] con AutoCAD®/IntelliCAD®, se crearon (o adaptaron) una serie de bloques con la representación 2D y 3D de los distintos elementos que componen la línea de producto de una empresa típica de oficina abierta. Esta fue la primera etapa del desarrollo de *OffiCAD*. En la Figura 2 se puede ver un ejemplo de bloque para un elemento del sistema, con su representación 2D y 3D.

Cada uno de los atributos son configurados automáticamente por *OffiCAD* de acuerdo a los datos de entrada suministrados por el usuario y condiciones de inserción originados por AutoCAD®/IntelliCAD®. Solo los atributos de uso general como el ID y REF son visibles al diseñador. En estos atributos ocultos se incluye toda la información no geométrica necesaria para la especificación, cotización y montaje de un producto de la línea.

2.2. Esquema de la base de datos para producto en *OffiCAD*

Toda la información necesaria para generar los diferentes informes, cotizaciones y ordenes de pedido en *OffiCAD*, se almacena en una base de datos de Microsoft Access® (ver Figura 3). Cada insumo necesario para construir un producto de venta se especifica en la tabla *Producto*. En esa tabla se incluyen también las fórmulas necesarias para generar el producto a partir de elementos simples.

Cada producto de venta está clasificado según su tipo: sillas, almacenamiento, superficies, bases, accesorios, etc. (Tabla *Familia*). Esta tabla permite reunir los objetos para producción y uso en la etapa de diseño. Existe otro parámetro de agrupación que es la relación de grupo de materiales (*Grup_Mat*) que aglomera la información de materiales disponibles por familia de productos. En la tabla *Medida* se almacenan las diferentes configuraciones dimensionales que un producto puede tener.

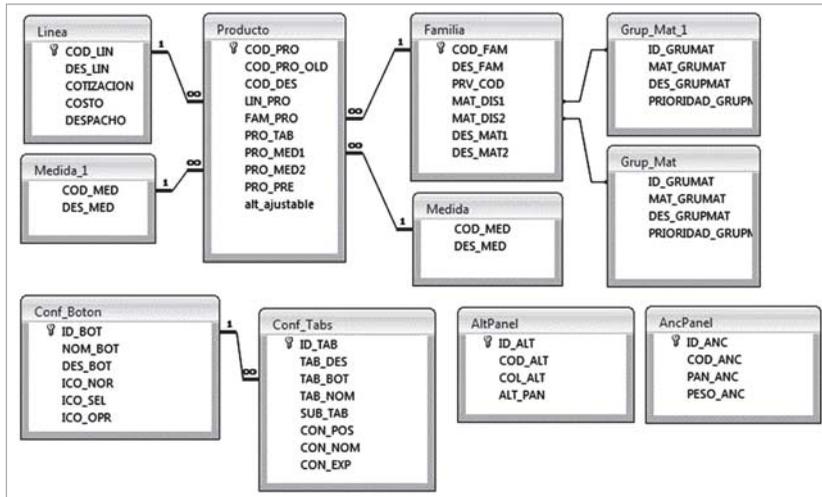


Figura 3. Estructura y relación entre tablas base de datos de producto OffiCAD.

La base de datos mostrada permite tener codificaciones estandarizadas para los objetos de la línea de producto. Cada producto tiene codificada dos dimensiones independientes configurables (*Medida*), dos materiales principales independientes agrupadas con acabados disponibles (*Grup_Mat*), una línea de producto asociada, costo asociado y proveedores disponibles. Existe además una agrupación de las diferentes líneas de producto, usada para configurar la forma como el usuario ingresa para seleccionar y configurar los objetos (*Conf_Boton* y *Conf_Tabs*). *OffiCAD* se configura automáticamente de acuerdo a la información suministrada por la base de datos, de tal manera que es posible mantener una lista de configuraciones disponibles para la empresa, así como personalizar la interfaz gráfica del programa, visualización de comandos, ubicación de elementos, logos y eslogan de la empresa.

2.3. Descripción del funcionamiento de *OffiCAD*

Debido a la presencia de AutoCAD®/IntelliCAD® dentro de la industria del mueble en Colombia, se desarrolló *OffiCAD* con el objetivo de agrupar la información generada en AutoCAD®/IntelliCAD®, con la información especificada en la base de datos de producto, convirtiéndose en el integrador BIM del sistema.

AutoCAD®/IntelliCAD® posee muchos métodos de personalización, integración de aplicaciones externas y acceso a datos. Lenguajes de programación internos como AutoLISP, v-Lisp o VBA (Visual Basic for Applications), permite automatizar fácilmente tareas individuales en planos. La integración mediante los objetos COM / Activex, permite que aplicaciones externas puedan interactuar con AutoCAD®/IntelliCAD® de manera segura y eficaz [2].

En la Figura 4 se muestra parte del modelo de clases implementadas dentro de AutoCAD®/IntelliCAD® para integración con aplicaciones externas mediante Activex. Cada una de las entidades gráficas existentes dentro del CAD posee métodos y propiedades que pueden ser leídas o modificadas por la aplicación externa. Es así como un dibujo o plano se convierte en realidad en una base de datos de entidades gráficas con características como ubicación, capa, color, tipo de línea, etc.

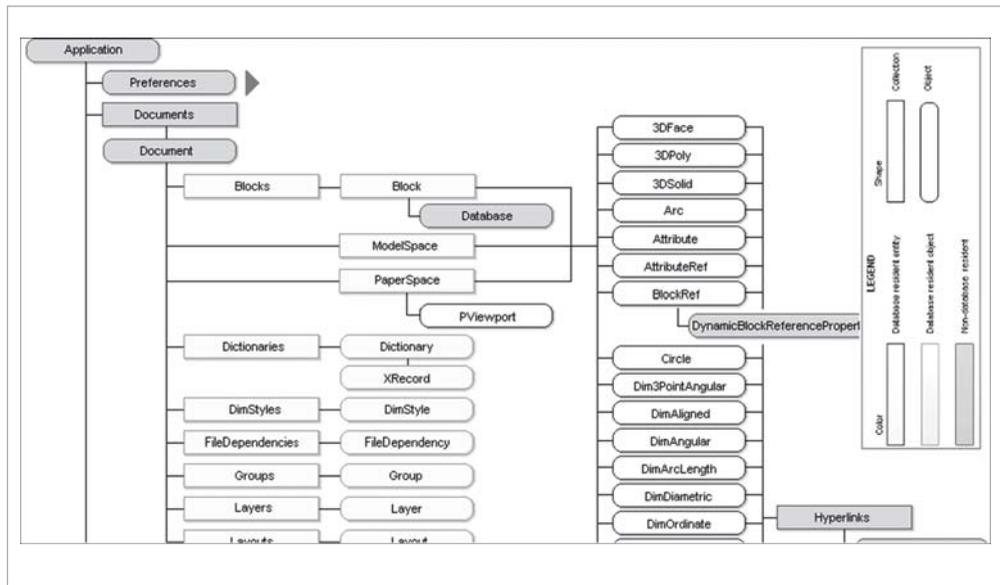


Figura 4. Fragmento del modelo de objetos AutoCAD®/IntelliCAD® [5].

Como lenguaje de programación para *OffiCAD* fue seleccionado Visual Basic .NET, el cual es una de las herramientas de desarrollo de aplicaciones más rápidas del mercado y compatible en su totalidad con las versiones de Windows XP®, Vista y 7 [6]. Visual Basic ha sido uno de los lenguajes de programación más extendidos en la computación debido a su fácil aprendizaje, además de sus capacidades de integración con diferentes aplicaciones que exhiben sus objetos COM como es el caso de AutoCAD®/IntelliCAD® en la plataforma Windows.

La Figura 5 muestra el proceso de integración que realiza *OffiCAD* sobre el diseño de un proyecto de oficina abierta. La información de proveedores y producción es ingresada dentro de la base de producto la cual alimenta a *OffiCAD*, informando el catálogo de productos y configuraciones disponibles. El diseñador a través de la interfaz de usuario, configura el producto a usar y procede a conectarse con AutoCAD®/IntelliCAD®, donde ubica e inserta en su posición el objeto seleccionado. Repitiendo la labor de inserción de objetos configurados con el proceso de diseño estético y ergonómico, se genera la distribución adecuada del proyecto según los requerimientos del cliente. *OffiCAD* ofrece además una serie de herramientas de verificación de diseño, que buscan disminuir al mínimo los errores humanos cometidos durante esta etapa.

Una vez se ha culminado el proceso de diseño el usuario puede generar una visualización del proyecto terminado (en planta, tridimensional o foto-realista) al cliente o con una cantidad de detalles adicionales a la unidad de instalación de la empresa. Al mismo tiempo el diseñador puede generar y enviar una propuesta económica a través del cruce de información geométrica de AutoCAD®/IntelliCAD® con la base de datos de producto. Si el proceso iterativo del diseñador con el cliente culmina satisfactoriamente, *OffiCAD* puede generar de manera automática toda la información necesaria para los departamentos de producción y compra.

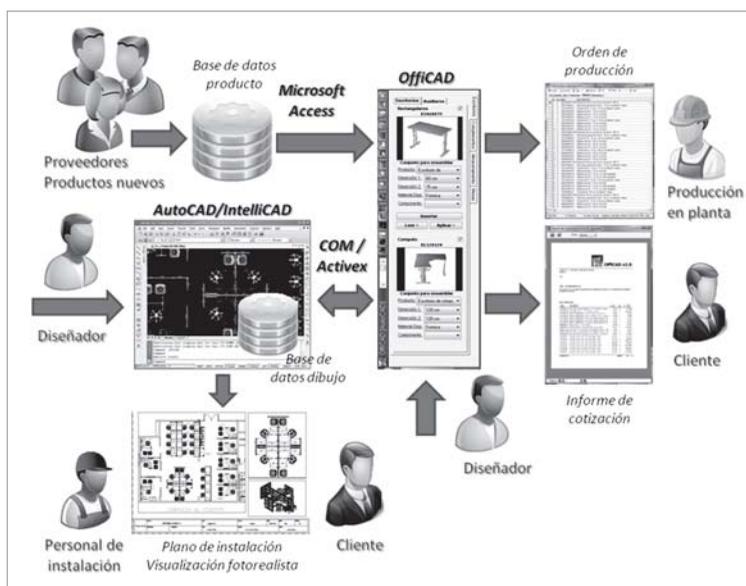


Figura 5. Estructura BIM de funcionamiento en *OffiCAD*.

2.4. Características Principales de *OffiCAD*

OffiCAD está orientado a convertirse en un conjunto de caja de herramientas adicionales al sistema CAD, para así agilizar el acceso a los datos, configuración de producto e inserción por parte del diseñador. En la Figura 6 se puede observar la integración entre *OffiCAD* y AutoCAD®.

A continuación se mencionan las principales características de *OffiCAD* :

- Manejo de librerías gráficas: configura la totalidad de interfaz de usuario por medio del manejo de la base de datos producto.
- Generación de vistas en 3D: puede generar una vista 3D a partir de un diseño 2D creado por el usuario, incluyendo características de acabado para diseño foto-realista. Generación de sistemas complejos de panelería basada en baldosas individuales.
- Reportes y tablas personalizadas: el usuario puede incluir consultas personalizadas de la base de datos del proyecto en edición para generar reportes personalizados. Permite generar automáticamente a partir de los diseños creados previamente, la valoración de los presupuestos correspondientes, generar tablas de información extra para producción, compras, manejo de inventarios, etc.
- Amplio rango de integración: puede trabajarse con un amplio rango de versiones de AutoCADâ 2000, 200i, 2004, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011.
- Integración con CAD de bajo costo: soporta la actualización a sistemas CAD de bajo costo, basados en motor intelliCADâ, como por ejemplo ProgreCAD®, ZwCAD® y BrisCAD® entre otros.
- Personalización: debido a su diseño completamente independiente, es posible personalizar en su totalidad las diferentes etapas del diseño a las condiciones comerciales y técnicas de la empresa.

- Verificación de problemas de diseño: esta es una ventaja clave frente a software disponible en el mercado. Puede detectar errores de armado o instalación del proyecto de mobiliario de oficina que se está diseñando, reduciendo las complicaciones en proceso de instalación.

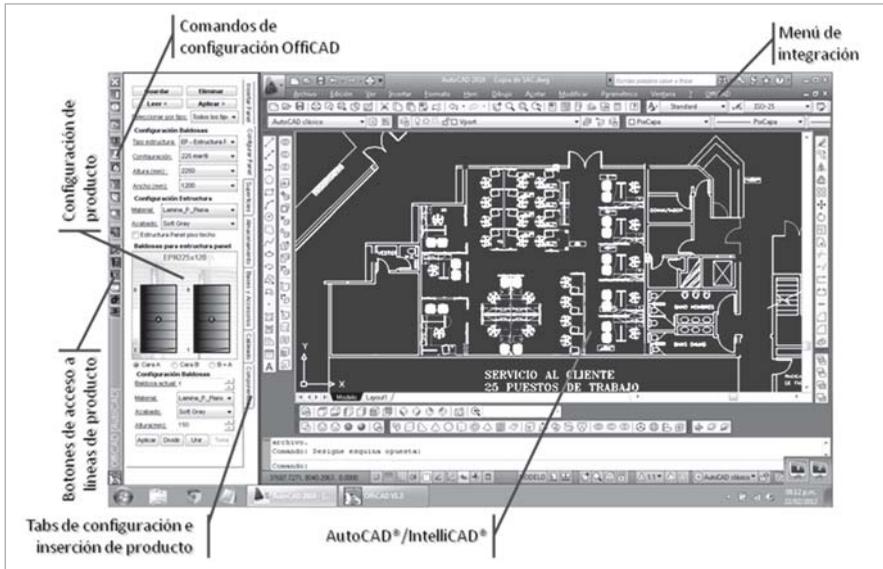


Figura 6. Integración OffiCAD-AutoCAD®/IntelliCAD® y áreas principales.

Ahora, con relación al proceso productivo de las PYMES, los beneficios que *OffiCAD* puede ofrecer se resumen así:

- Rentabiliza el tiempo de elaboración del proyecto.
- Realiza presentaciones fotorealistas para los clientes con poco esfuerzo.
- Ayuda a incrementar las ventas.
- Proporciona un servicio de venta profesional y moderno.
- Garantiza la satisfacción de los clientes en el proceso de decisión y de compra.
- Recálcula rápidamente con otros materiales o acabados el mismo proyecto.
- Comunica eficazmente a los proveedores las necesidades existentes.
- Minimiza el costo de las etapas de producción debido a los beneficios derivados de su utilización.

3. Ventajas adicionales del software *OffiCAD*

Los tres productos principales que *OffiCAD* permite generar son: informe de cotización para clientes, informe de producción y plano de visualización 2D y 3D del proyecto terminado. En la Figura 7 se puede ver un ejemplo de cada uno de ellos para un proyecto de prueba.

Por otra parte, *OffiCAD* contempla funcionalidades adicionales que permiten mejorar considerablemente la calidad de los diseños realizados. Estas herramientas están destina-



das en aumentar la calidad del diseño final, disminuir errores e incrementar la productividad. En esta sección se procede a realizar una breve descripción de ellas.

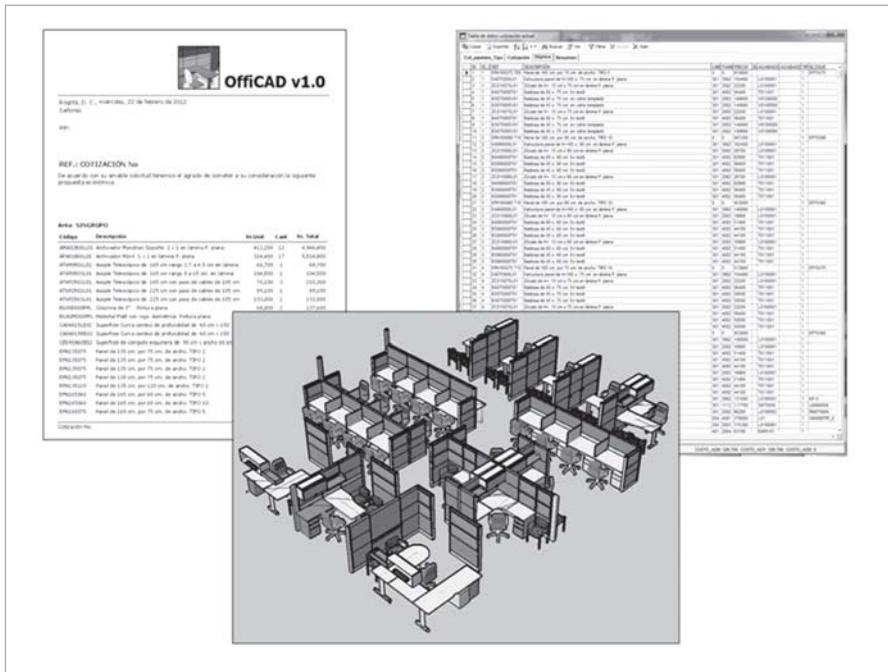


Figura 7. Productos principales *OffiCAD*. (Izq.) Colización cliente; (Centro) Vista 3D del proyecto; (Der.) Reporte de producción.

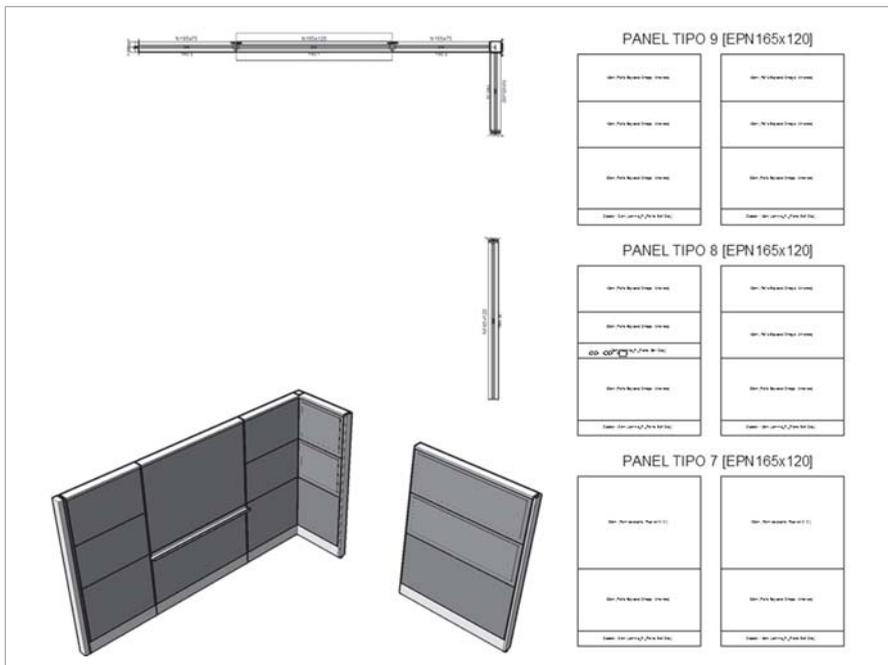


Figura 8. Panelería en *OffiCAD*. (Arriba izq.) Vista en planta; (Abajo izq.) Vista 3D; (Der.) Tabla de tipos.

3.1. Generación en Tiempo De Diseño de Tabla de Tipos y Visualización 3D de Panelería

Los sistemas de diseño para paneles basados en baldosas pueden generar una infinidad de diferentes posibilidades. Un sistema estático de edición y creación reduciría la versatilidad en el diseño de este tipo de producto. *OffiCAD* ofrece una interfaz para creación de paneles (tanto estructura como baldosas exteriores), de una manera versátil tanto para materiales como para acabados.

Para realizar esta tarea *OffiCAD* inserta un bloque muy simple que representa las dimensiones principales (ancho y largo), al cual le incluye toda la información de estructura interna según la técnica BIM. Cuando se solicita a *OffiCAD* generar una vista tridimensional, el sistema automáticamente dibuja en tiempo de ejecución el panel según lo describe sus datos internos. Con el fin de aumentar la velocidad del proceso antes de iniciar la generación de los paneles en tiempo real, se agrupan según sus características en tipos similares, lo que permite que se genere una lista de las diferentes estructuras de panel que fueron incluidas en el proyecto, como se muestra en la Figura 8. Esta estructura de tipos de panel es muy útil para transmitir la información del diseño tanto al cliente como al departamento de producción e instalación.

3.2. Control Automático de Cambios de Dirección y Altura En Panelería

Los paneles generan estructuras lineales donde se pueden tener cambios de altura o dirección para permitir demarcar áreas o por cuestiones de diseño. Estas condiciones generan muchos problemas en los procesos de generación de reportes manuales; además los cambios de altura en los paneles implican aditamentos para asegurar la calidad estética del proyecto. *OffiCAD* realiza el control automático sobre la panelería de manera que sean completamente transparentes para el usuario.

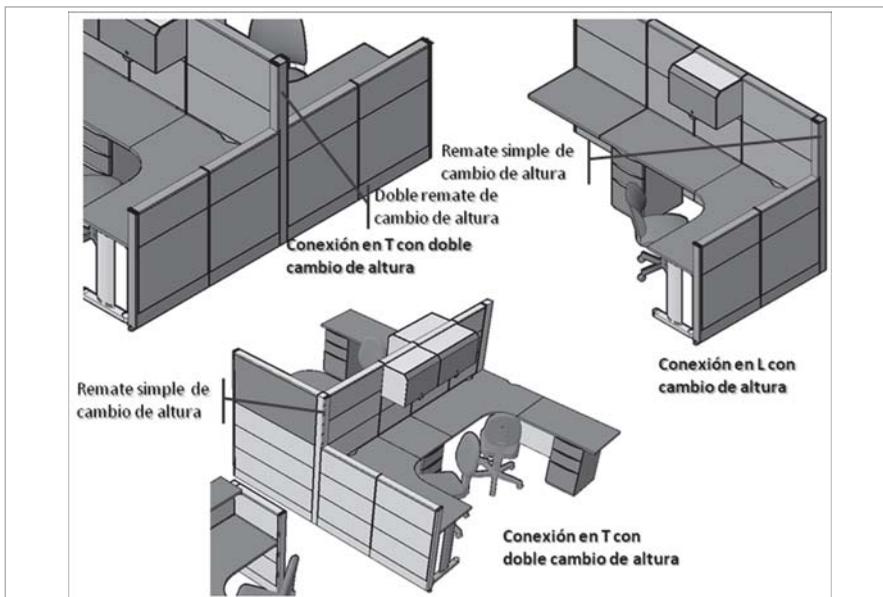


Figura 9. Resultados de la herramienta de control de cambios de dirección y/o altura en *OffiCAD*.



Para realizar el control automático sobre estos procesos el sistema controla la inserción de un bloque en el sistema CAD que indica la unión en cualquier dirección de los paneles. En el momento que se solicita al sistema realizar una cotización o visualización tridimensional, *OffiCAD* recorre cada uno de estos bloques verificando geoméricamente aquellos que se encuentran unidos y calculando adecuadamente que configuración de cambio de dirección o altura es la necesaria. Si encuentra un error en la configuración generada por el diseñador, muestra una advertencia y su posible causa sobre el plano de visualización para que el diseñador pueda corregirla. Un ejemplo del control de cambios de dirección y altura en paneles realizado por *OffiCAD* se puede observar en la Figura 9.

3.3. Inserción Automática de Herrajes para Superficies

Los herrajes son los elementos encargados de ajustar superficies y elementos de almacenamiento a los paneles. El proceso de ubicación de herrajes generalmente conlleva a errores cuando son realizados de manera manual. Es un proceso repetitivo y que requiere un tiempo largo si se hace correctamente, pues una superficie dependiendo de la configuración puede necesitar de 2 a 6 herrajes, cantidad y distribución que cambia con la ubicación y tipo de superficie. Pese a que los costes de los herrajes son bajos, los errores acumulados (sobre todo en proyectos con muchos puestos de trabajo) generan una carga económica considerable sobre el proyecto.

OffiCAD es capaz de determinar los lugares de anclaje de cada superficie, verificando los elementos vecinos e insertando automáticamente los herrajes necesarios, simultáneamente interactuando con el usuario en el momento que encuentra múltiples soluciones para la estructura de superficies seleccionadas.

3.4. Edición General de Materiales y Acabados en Proyectos

La realimentación con los clientes de los diseños realizados es fundamental para llegar a la aprobación y producción del mismo. En sistemas estáticos los cambios implican un nivel de complejidad bien grande y generalmente conllevan mucho tiempo en el departamento de diseño.

Gracias al desarrollo BIM cada producto insertado tiene su información de configuración almacenada internamente, lo que permite realizar tareas de consulta/modificación como si se tratara de una base de datos. *OffiCAD* posee entonces una herramienta de modificación de materiales y acabados como se muestra en la Figura 10. Con esta herramienta es posible hacer cambios generales en todo o parte el proyecto (según la selección que realice el diseñador), filtrando los productos escogidos por: líneas de producto, familias, elementos similares, por acabado y por material.



Figura 10. Ventana de herramienta de modificación de materiales y acabados en proyectos.

3.5. Generación de Notas Adicionales

Los sistemas de amueblamiento modular tiene la gran ventaja de ofrecer una buena solución para las condiciones básicas de ergonomía y diseño. Pero las condiciones tanto de gusto del cliente, como de montaje, no siempre pueden ser homogenizadas. Esto conlleva a que sean necesarias condiciones adicionales sobre el producto que se va a realizar, éstas son manejadas generalmente por notas que el diseñador genera y son agregadas a la información del proyecto. Estas notas pueden llegar a originar muchos problemas tanto en producción como con el cliente, si existe algún error en el flujo de la información.

OffiCAD ofrece la funcionalidad de agregar las notas adicionales mediante bloques en el plano, lo que genera que la información siempre esta visible cerca al elemento afectado y disponible para el instalador y diseñador. Las notas adicionales además son asociadas al elemento que afecta, un costo adicional (el que es sumado a la cotización) y cuando se genera el informe de producción va acompañando al producto, garantizando un flujo adecuado de la información. En la Figura 11 se puede ver la ventana usada para generar una nota adicional y el bloque usado por *OffiCAD* para identificarla.

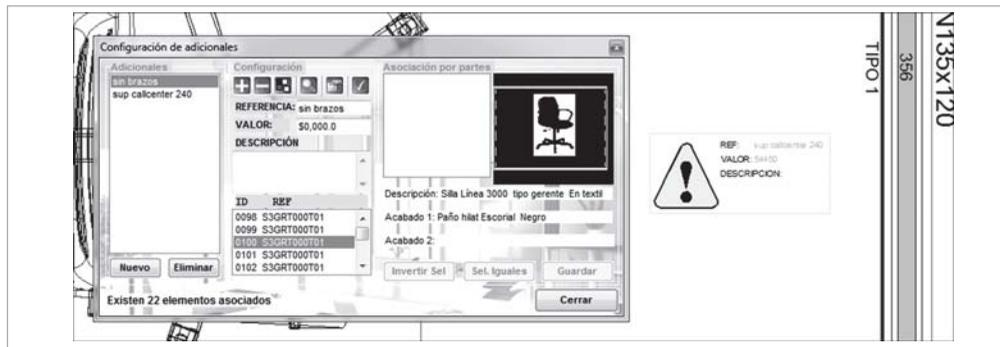


Figura 11. (Izq.) Ventana para generación de notas y adicionales. (Der.) Bloque de representación.

3.6. Control de Errores de Diseño

Los errores de diseño son una de las principales causas de incertidumbre sobre los proyectos y su implementación. *OffiCAD* posee una serie de algoritmos de identificación de errores que advierte al diseñador sobre posibles fallas del diseño. Entre los análisis automáticos de detección de errores se encuentran: fallas estructurales de anclaje de elementos, superposición de baldosas transparentes y opacas en paneles, ubicación incorrecta de superficies de trabajo, configuración incorrecta o inexistente en la línea de producto del objeto, entre otras.

El sistema automáticamente realiza la tarea de verificación de errores en el momento que se solicita actualizar la cotización del proyecto o se pide crear la visualización tridimensional. Si *OffiCAD* encuentra errores, inserta automáticamente un bloque de error (muy parecido al usado en las notas adicionales) sobre cada elemento que tiene problemas de diseño, con un texto donde se describe su posible origen.

4. Conclusiones

Las tecnologías BIM permiten integrar de manera efectiva los sistemas CAD con toda la etapa productiva de la empresa. En el mercado la tecnología de modelamiento 3D es cada vez más común y de menor costo. Existen aplicaciones CAD gratuitas de excelente



calidad, como lo es *SketchUp*, donde implementando un sistema BIM como lo hizo *OffiCAD*, permiten transformarlo en una poderosa herramienta para cualquier industria basada en el ensamble de componentes modulares.

La automatización organizacional en procesos de gestión y flujo de información puede mejorar de manera sustancial la empresa. Estas soluciones generalmente basadas en software son mucho más fáciles y baratas de implementar, que los procesos de automatización industrial basada en mecanismos o equipos. Los distintos niveles de automatización muestran que la última etapa corresponde al control de planta y generalmente los autores siguieron que sea el último nivel a ser implantado en la empresa. Sin embargo ejemplos como el mostrado en este artículo demuestran que soluciones de software efectivas permiten con una baja inversión mejorar ostensiblemente el rendimiento de la empresa.

La presencia de este tipo de desarrollos de software, se ve justificada por tanto es una forma de cooperación entre las universidades, centros de investigación y las empresas, ya que estas están inmersas en un tejido industrial que demanda de tecnologías de diseño y producción, de innovación tecnológica, que en muchos casos es nula. Estas deben estar orientadas a fortalecer la productividad y competitividad y aun más, a desarrollar las capacidades científico-tecnológicas del país. La herramienta *OffiCAD* descrita en este artículo es un desarrollo local que está alineado con tales directrices.

5. Referencias Bibliográficas

- [1] Baeza, J & Salazar, G. "Integración de proyectos utilizando el modelo integrado de información para la construcción", Ingeniería Revista Académica (9), pp 67-75, 2005.
- [2] Finkelstein, E, "AutoCAD® 2002 Bible", New York, Hungry Minds, 2001.
- [3] ICEX Instituto Español de Comercio Exterior, 2005. "El sector muebles y decoración en Colombia". Disponible en línea: http://www.icex.es/staticFiles/Id_335553_Mueble_y_Decoracion_Colombia_7111_.pdf [Recuperado 5 de Octubre de 2011].
- [4] Singh, V, Gu, N. & Wang, X., "A theoretical framework of a BIM-based multi-disciplinary collaboration platform", Automation in Construction (20), 134–142, 2010.
- [5] Sutphin, J., "AutoCAD 2004 VBA: A Programmer's Reference", New York, Apress, 2004.
- [6] Troelsen, A., Agarwal, V.; "Pro VB 2010 and the .NET 4 Platform", New York, Apress, 2010.
- [7] Dirección Nacional de Planeación, 2004, "Madera y Muebles de Madera. Estudio de la Cadena Productiva". Disponible en línea: <http://www.dnp.gov.co/Programas/DesarrolloEmpresarial/CadenasProductivas.aspx> [Recuperado 10 de Octubre de 2011].
- [8] Eastman C., Teicholz P., Sacks R., Liston K. "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors", John Wiley & Sons, pp 1-63, 2008.
- [9] Grabowski R.H., "Customizing and programming ProgeCAD", upFront.eZine Publishing, pp. 125-155, 2009.
- [10] Kalameja, A. "AutoCAD 2010 Tutor for Engineering Graphics", Autodesk press, Delmar Cengage Learning, pp. 709-777. 2009.
- [11] Radhakrishnan, P., Subramanyan S. & Raju V. "CAD/CAM/CIM", New age international (P) limited, New Delhi, pp. 13-35, 2008.

Julian Alfonso Tris­tancho Ortiz

Ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Obtuvo su título de Maestría en Ingeniería Electrónica y de Computadores en la Universidad de Los Andes de Colombia donde también obtuvo su Doctorado en Ingeniería, siendo su área de profundización la Simulación Numérica y Física de procesos físicos. Actualmente se desempeña como profesor en el área de Diseño y Manufactura en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá, Colombia, y pertenece como investigador al grupo DIMSI - Diseño, Modelamiento y Simulación.

Leonardo Emiro Contreras Bravo

Ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Obtuvo su título de Maestría en Materiales y Procesos en la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente se desempeña como profesor en el área de Diseño y Manufactura en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá, Colombia, y pertenece como investigador al grupo DIMSI - Diseño, Modelamiento y Simulación.

Luis Fernando Vargas Tamayo

Ingeniero mecánico de la Universidad Nacional de Colombia sede Bogotá. Obtuvo su título de Maestría en Materiales y Procesos en la Universidad Nacional de Colombia. Actualmente se desempeña como profesor en el área de Diseño y Manufactura en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas de Bogotá, Colombia, y pertenece como investigador al grupo DIMSI - Diseño, Modelamiento y Simulación.