

## SCHEDULING: SUEÑO O REALIDAD?

De todas las actividades que se puedan realizar en el apasionante y porque no complejo mundo de la manufactura, probablemente no haya ninguna otra mas desagradecida que la labor de programación de producción o *scheduling*, su constante esfuerzo por realizarla, sus pocos logros reales y el continuo desgaste por tratar de mejorar aquella función de servicio dada en términos de calidad, precio y plazo de entrega; plantea la inquietud de buscar alternativas donde el *scheduling* fuese mas que un sueño y se convirtiera en una realidad.

A continuación se presenta el porqué de la importancia en buscar otras metodología que garanticen un mejor desempeño no solo de la organización sino conjuntamente la autoestima y compromiso del personal productivo y del encargado de realizar esta función de gestión.

Estos son los objetivos propuestos por el autor en su trabajo de Investigación Científica como requisito del Doctorado en Ingeniería de Producción, el cual viene adelantando en Empresas del sector manufacturero colombiano.

### Operación del Sistema

La labor de *scheduling* tal y como se presenta en la figura 1, se encuentra entre la planeación y el control; de manera detallada, esta función se puede enmarcar entre la regulación de carga y la reprogramación, que no es mas que otro control de actividades, ver figura 2.

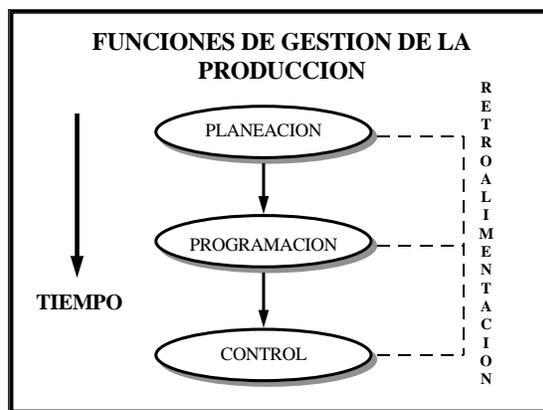


Figura 1

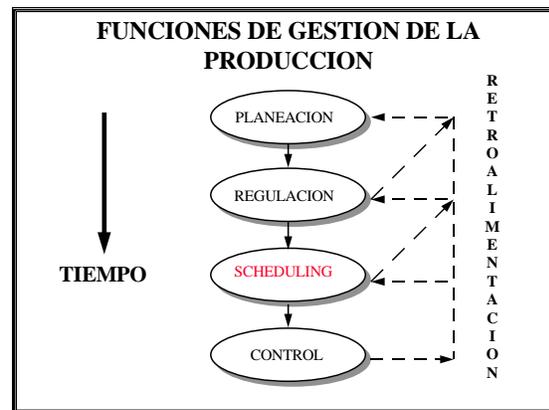


Figura 2

Estos procesos desde luego se ligan por su temporalidad ya que se presentan relaciones de precedencia entre funciones; así mismo se presenta una función superior de retroalimentación que sirve de filtro y control para el mejoramiento de desempeño a través del tiempo.

La planeación es complicada principalmente debido a las condiciones de sensibilidad de nuestros sistemas económicos, el mercado y el sistema productivo, todos estos aparecen como común denominador de los países en vías de desarrollo.

El primer factor afecta principalmente por los fenómenos de devaluación (o revaloración en el otro sentido) y por la natural inflación que aparece en cualquier sistema económico en crecimiento, modificando las cantidades a producir, máxime en la actualidad donde se juega en el estadio de la apertura de mercados, la globalización y la integración de mercados. Puede ser que en un

momento dado del tiempo sea mas conveniente producir que importar, pero posteriormente la decisión sea inversa por los ya citados factores.

El segundo factor de mercado íntimamente ligado al económico y al productivo, cuya mayor dificultad radica en la determinación de cantidades y esto se traduce en la dificultad de implementar metodologías de estimación y/o pronósticos; sumado al continuo cambio de las expectativas y requerimientos de los clientes, ya que su nivel de conocimiento, paciencia e ingresos también se ha modificado, provocando un desplazamiento en las curvas de demanda. En general, se requiere una gran cantidad de variedad en el portafolio de productos pero en cantidades pequeñas.

Finalmente el tercer y último gran factor, es el sistema productivo. Como tal, implica las disposiciones en que se realizan las operaciones y su nivel tecnológico; estos se pueden clasificar según su orientación hacia la flexibilidad o hacia los volúmenes, ya que en conjunto o se mejora un factor o el otro. En la figura 3 se muestran las clasificaciones mas comunes de las tipologías en los sistemas productivos y en la tabla 1 sus características de operación según el proceso.

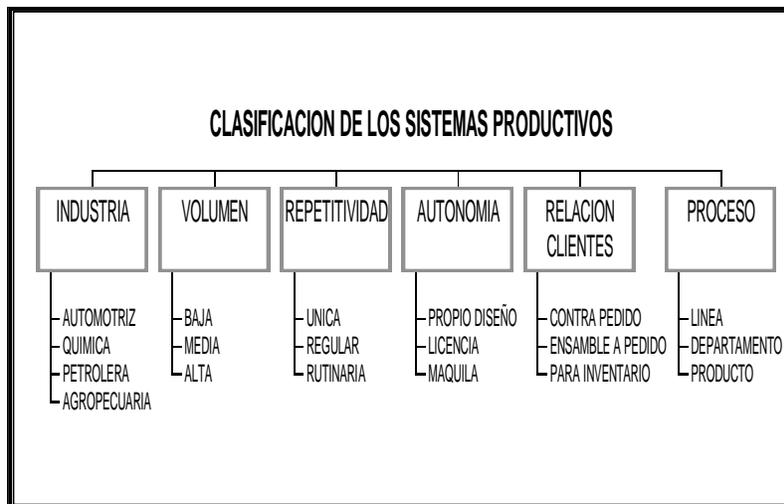


Figura 3

TABLA COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS PRODUCTIVOS

FACTOR	Proceso Continuo	Proceso por Departamento	Proceso por Producto
Volumen de Ventas	Alto	Medio	Bajo
Rotación	Alta	Baja	Alta
Portafolio de productos	Bajo	Regular	Alto
Inventario de Producto	Bajo	Alto	Alto
Inventario Materiales	Alto	Medio	Bajo
Nivel de Tecnología	Alto	Bajo	Bajo
Disposición máquinas	En línea	Por sección	No hay
Personal	No calificado	Calificado	Muy especializado

Costos de Producción	Bajos	Altos	Muy altos
Flexibilidad	Baja	Media	Alta

Tabla 1

En general las características más difíciles de gestionar la manufactura, se dan en los sistemas tipo taller o Job-Shop, esto mismo se obedece en las subsiguientes funciones, las cuales se analizan a continuación; y por lo cual es el ambiente propicio donde se desarrolle este trabajo.

La función de programación o *scheduling* consiste en determinar el ordenamiento de las actividades para cumplir con los ordenes de manufactura, bien sea para cumplir con pedidos de clientes (*make to order*) o bien para ajustar los niveles de inventarios de producto terminado (*make to stock*). Estas funciones toman en principio los planes y los ajustan de acuerdo al comportamiento real de las demandas.

En general el *scheduling* involucra el análisis de requerimientos de recursos restrictivos y su posterior ordenamiento; por tal motivo primero se realiza la función de análisis y regulación de carga y posteriormente su secuenciamiento a través de reglas de atención y políticas de trabajo. El análisis y regulación de carga se puede realizar mediante la negociación de los centros de decisión, ver figura 4.

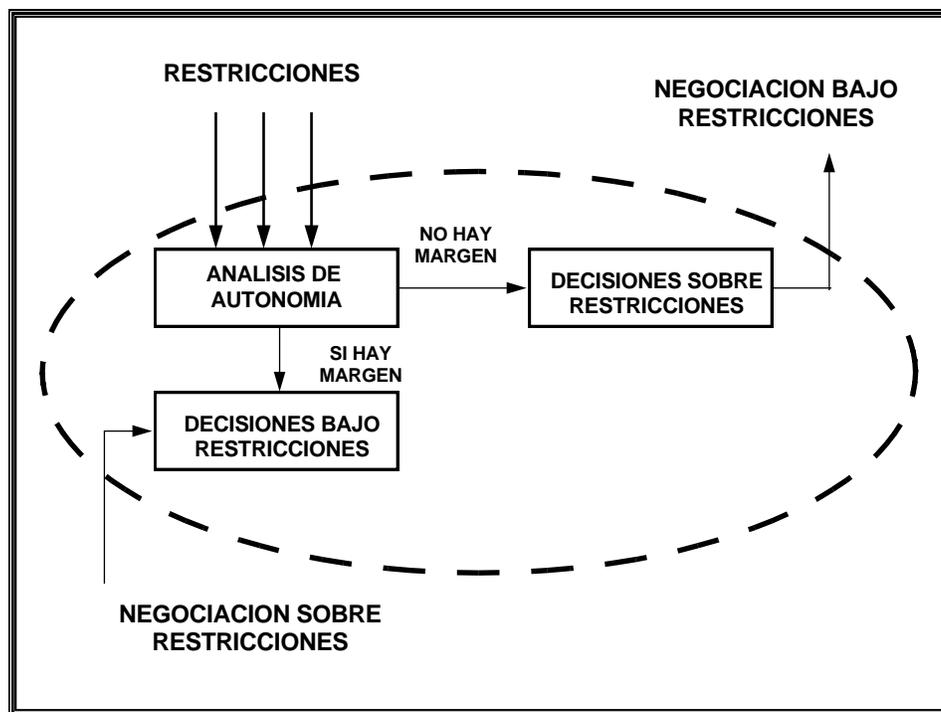


Figura 4

Este primer planteamiento supone el conocimiento y la racionalidad de los analistas y los decisores sumado a la negociación donde se respeten por un lado las restricciones, dando como resultado programas factibles, pero más que esto se den características de robustez; es decir, los recursos necesarios sean menores a los disponibles, dando un margen de seguridad para la variabilidad interna del proceso. Y por otro lado, se mantenga esta factibilidad a través de la cadena de decisión-negociación, con lo que se garantiza la coherencia del plan-programa.

Finalmente, como cualquier otro plan de largo, mediano o corto plazo puede y en general debe presentar desviaciones, su corrección se da a través de la función de control, que en términos generales se da en dos instancias: a mediano término y a corto término; esta última se debe entender como una función de reprogramación de producción. La mayor o menor robustez y coherencia del programa obligará a una mayor o menor cuota *de re-scheduling* que traducido a recursos implica mas consumo de labor y mas desgaste por parte del analista.

El control de mediano término no es mas que la corrección de estándares y la búsqueda de causas para el mejoramiento continuo del sistema, o por lo menos esto es lo que debería ser, en contraste a un sistema de control represivo que busque primariamente culpables de los efectos (desviación) mas que las causas que los originaron.

En síntesis se puede observar todo lo anterior, como una función de gestión tipo colmena, ver figura 5, y que en general es lo que se conoce como el control de producción; en esta gráfica se observa como se ligan las distintas funciones para lograr las metas del sistema y que globalmente se deben corresponder a los lineamientos del sistema superior o EMPRESA, dadas en su Misión-Visión.

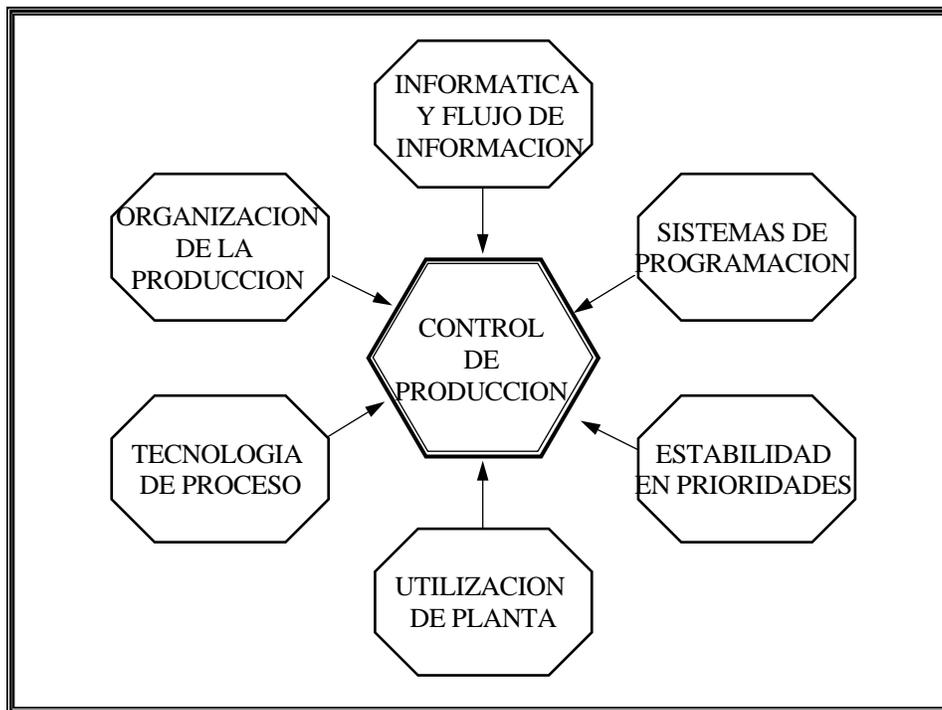


Figura 5

Con todos estos lineamientos y enmarcando en general la función de *scheduling* se entra a analizar en detalle los procedimientos generales de trabajo y la propuesta para minimizar la desviación que se genera con dichas metodologías.

### **Función de Programación de Producción**

Como ya se dijo esta función involucra en términos generales la función de análisis de cargas y reprogramación de las mismas, para lo cual se debe respetar las disponibilidades variantes en el tiempo.

De manera sintetizada lo que se realiza no es más que ajustar los niveles de cargas traspasando estas, de un período a otro, respetando conjuntamente las restricciones de factibilidad o robustez, con los deseos del mercado o coherencia y manteniendo en los niveles más bajos posibles los costos de mantenimiento frente a los de penalización por incumplimiento.

Como complemento a la figura 2 se presenta la figura 6 donde adicionalmente se muestran las metodologías más representativas utilizadas para la realización del *scheduling*.

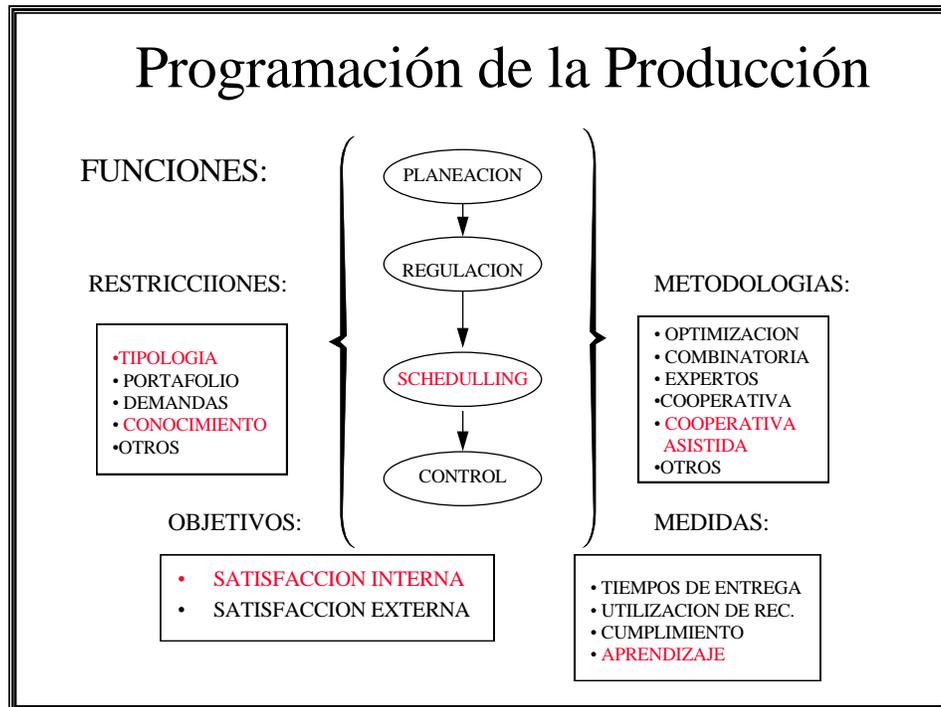


Figura 6

El complemento a esta función es la secuenciación, que consiste en determinar el orden de ejecución de las operaciones que conforman el programa productivo; con esto se integra el flujo de información y se responde a preguntas como: Qué?, cuánto?, cuándo?, cómo?, dónde? y quién? que se constituyen en las preguntas más atractivas, las cuales se desea saber su respuesta.

Analizando el gráfico se observa un conjunto de métodos de solución que arrancan con los consabidos modelos basados en la optimización clásica y concretamente en la Programación lineal que en mucho se presenta como la principal herramienta de la Investigación de Operaciones; sin embargo en la realidad se violentan restricciones que no cumplen con la homogeneidad requerida por esta técnica matemática.

También se puede incluir otras herramientas más complejas, pero más sensibles al sistema real tal como puede ser la programación dinámica, la teoría de flujos y en otro escenario la simulación; la desventaja de estas técnicas es su enorme dificultad de modelar el sistema, y una vez logrado esto, el continuo cambio provocado por las condiciones cambiantes ya previamente analizadas: cambios en las demandas, en las prioridades y en los recursos; y que desencadena casi que un nuevo análisis y una nueva modelación.

También se puede trabajar con técnicas menos prácticas aun con el auxilio del procesamiento computacional, estas son básicamente basadas en técnicas enumerativas y combinatorias; sin

embargo y tan solo como ejemplo ilustrativo, si se consideran tareas que se procesan en máquinas pueden generarse  $(n!)^m$  posibles programas; ahora bien si se plantea una restricción adicional donde el orden dado para la primera máquina se respeta en las otras, el programa se reduce a  $(n!)$ , pero este guarismo aún sigue siendo muy alto. Si se tienen 20 tareas, algo muy poco probable aún en talleres pequeños, se tiene algo más de  $2.4 \times 10^{18}$  programas posibles.

La otra cara de la moneda las constituyen otras técnicas basadas en la Inteligencia Artificial y concretamente basadas en los Sistemas Expertos, estas herramientas de programación de la producción son ya utilizadas en los países desarrollados y aunque desde el punto de vista teórico constituyen una excelente herramienta, en la práctica han mostrado sus debilidades básicamente por dos razones: Cada sistema productivo es único lo cual limita el uso de aplicaciones generales y estas a su vez requieren de una gran dosis de predicción e intuición; y por otro lado los continuos cambios ambientales del sistema productivo imposibilitan las continuas reactualizaciones; donde ya no funcionan adecuadamente los expertos.

Quiere decir esto, que desde un punto de vista de realizabilidad se requiere de un conjunto muy grande de analistas que constituyan un equipo de trabajo que aborden frentes concernientes al conocimiento del sistema, de sus restricciones en cada uno de sus tipos (materiales, medios de trabajo, personal, mercado, principalmente), trabajando en las bases de conocimiento y por otro lado, otro conjunto de personal que desarrollen la aplicación en un lenguaje robusto de programación que se convierta en el motor de inferencia; obviamente esto queda limitado a muy pocas organizaciones que puedan darse este "lujo".

Todo estos planteamientos, restricciones y necesidades por mejorar el desempeño de la organización, han obligado a algunos autores a desarrollar otras ramas del conocimiento en el área del *scheduling* y es lo que hoy se conoce como técnicas de programación cooperativa; y que con modificaciones y adaptaciones para nuestro caso deberían constituirse como una buena alternativa de trabajo; a continuación se presentan sus características de manera resumida.

## **Sistemas Cooperativos**

Primero se puede definir un sistema cooperativo como aquel donde interacciona el hombre y el computador para la obtención de las metas del sistema. Esto se presenta en la figura 7. Para establecer un sistema cooperativo se debe establecer el grado de libertad que se le da al plan inicial; esto se logra mediante el Análisis basado en restricciones.

Los primeros trabajos en estas técnicas se desarrollan en Francia, principalmente por Esquirol, Haudot, López y Sicard, estos investigadores presentan el Sistema de programación de producción cooperativo SCOP (*COOperative System for Production scheduling*) como una herramienta donde se realiza tanto por parte del hombre como del computador la programación de tareas ya que mediante los sistemas tradicionales basados en técnicas matemáticas y donde sólo se incluye el papel de la máquina se pierde la posibilidad de reaccionar tan rápido como hoy en día se requiere.

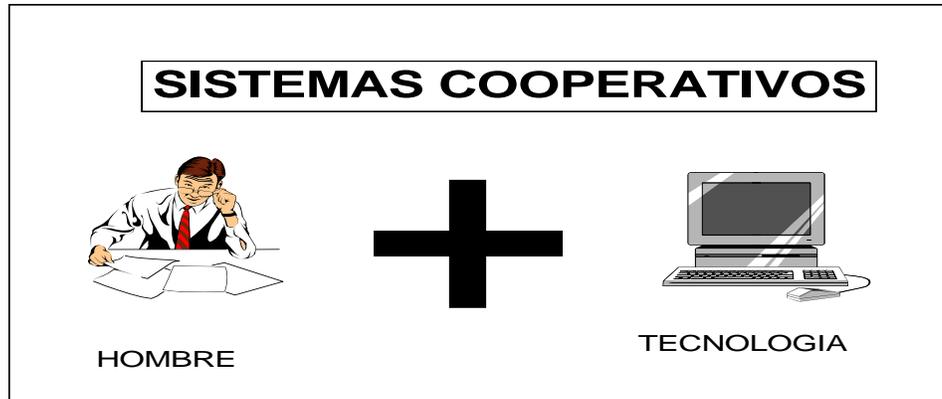


Figura 7

Para la realización de un sistema cooperativo tradicional se requieren entre otros aspectos, los siguientes soportes:

1. Adquisición de conocimientos: Se basa en las opiniones de “expertos” del sistema donde se cruzan para ligar ideas acerca de lo que debe o no hacerse en la programación. Existen directrices como flexibilidad, soporte e interacción.
2. Análisis basado en restricciones: Para esto se utiliza una herramienta de Programación lógica de restricciones que unida al análisis basado en restricciones genera la aproximación a la orientación de restricciones.
  - Existen diferentes instancias del problema de restricciones disyuntas tanto para el tiempo de operación así como para el uso de recursos de material.
  - Así mismo se tiene el problema de la temporalidad para actividades asociadas al inicio y terminación de estas a través de ventanas, sumado al hecho de la precedencia que existen entre unas y otras.
  - Se trabaja entonces con la propagación de restricciones de tiempo donde primero se propone una regla que examina la consistencia de una secuencia y detecta aquellas tareas que violan las restricciones asociadas.
3. Procesos de cooperación: La mayor ventaja es la anticipación y posterior corrección de un plan de trabajo; se reparte el trabajo entre lo pesado en cálculos y ejecutado por la máquina y la toma real de decisiones por parte del hombre. Algunos niveles de cooperación se mencionan a continuación:
  - Cambio de información
  - Anticipación
  - Explicación
  - Decisiones compartidas
  - Soporte a las decisiones

Existen dos instancias de la programación cooperativa:

- Diseño funcional: El que se basa en el análisis de restricciones
- Diseño cognitivo: El que se basa en la adquisición de conocimientos

Esto se presenta en la figura 8, donde se muestran estas dos fases como requerimiento al desarrollo tradicional planteado para un sistema cooperativo.

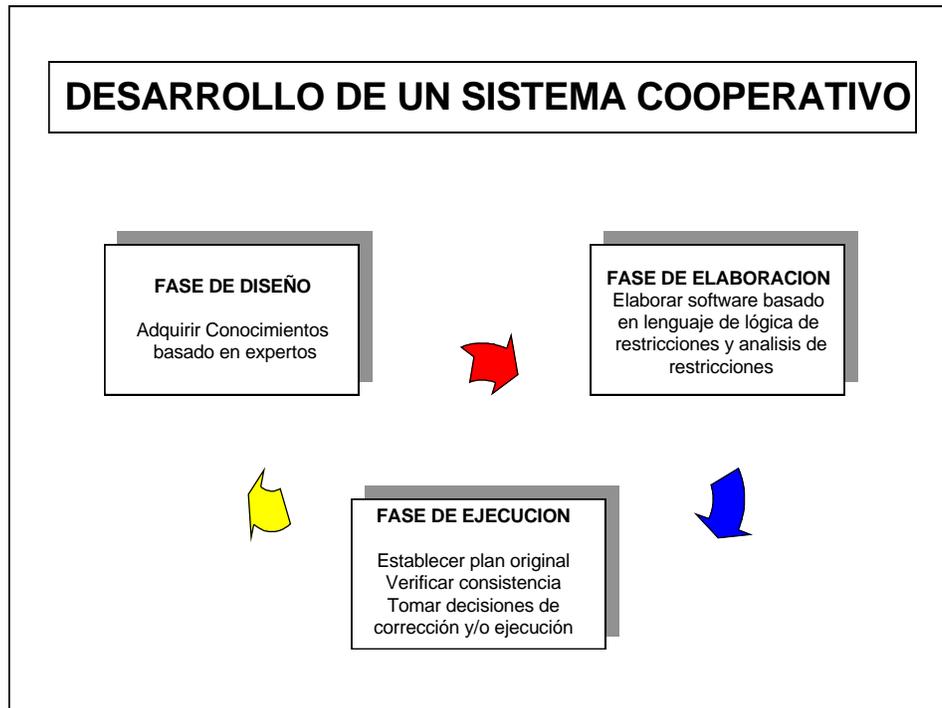


Figura 8

Pero estos planteamientos también son susceptibles a modificar máxime cuando se intenta su implementación en nuestros sistemas productivos, esto requiere una adaptación filosófica en la Gestión de manufactura.

Por un lado se requiere la adquisición de conocimiento, este se encuentra en cada uno de los colaboradores del taller, lo único importante es ligar su conocimiento, ya que estos son "expertos" naturales, pero particularizados, esto quiere decir, que poseen un buen conocimiento de su trabajo pero no de otros. Para suplir esta deficiencia se debe comenzar por un trabajo arduo en capacitación en lo que se denomina cultura corporativa; esto es, que se hagan partícipes en los lineamientos de la organización.

Como la base de conocimiento no puede ser tan compleja como lo planteado por los autores, ya que estos también plantean el uso de programación lógica, lo cual es poco viable en nuestros sistemas, se debe recurrir al conocimiento de los expertos naturales y la residencia de estos conocimientos en ellos mismos. Esta parte es fundamental para poder ligar este desarrollo con las implementaciones del tipo MRP, que en mucho no han funcionado como es debido, por las continuas y excesivas actualizaciones en sus bases de datos. La idea es utilizar la residencia de conocimiento de dichas bases.

La segunda parte del problema por sí misma queda simplificada ya que no se requiere de un software tan elaborado por cuanto ya no necesita ligar expertos y baste con una aplicación en lenguaje estructurado que interface con bases de datos sean creadas o sean ligadas a los ya citados sistemas MRP.

La última y mas compleja etapa de ejecución es sin lugar a dudas la mas compleja, difícil y sensible, pero que puede ser a su vez la mas importante desde el punto de vista humano. Esta fase es la de empoderamiento real al decisor.

Si se supone que el experto esta en el piso del taller (*shop-floor*) este deberá individual o colectivamente tomar las decisiones para las reactualizaciones de los programas, la pregunta que se desprende es: Qué tan confiable puede resultar para el negocio el dejar esta responsabilidad a sus colaboradores de menor escalafón?

Hasta aquí todo es viable, desde el punto de vista de mejoramiento de productividad, de factibilidad operacional, computacional, es decir desde la óptica teórica esta nueva metodología (filosofía?) es posible. La pregunta anterior se traduce en su viabilidad práctica.

Todo esto hace pensar en adjudicar al colaborador de planta una responsabilidad hasta ahora nunca abordada por los gurús del “*empowerment*” que sólo hacían mención a los gestores de mando medio que solicitaban, querían y podían asumir estas nuevas funciones. Quieren, pueden y solicitan este nueva facultan nuestros compañeros de planta?

Todos estos planteamientos, no van en términos reales, en contravía a lo expuesto por el Padre de la Administración Científica que planteaba como los operarios solo debían ejecutar tareas y no pensar? Hasta donde se arriesga una organización transfiriendo este nuevo poder.

Las respuestas están por buscarse a través de la experimentación científica, pero intuitivamente (el juicio basado en la experiencia de más de 10 años en los sistemas productivos) orienta el pensamiento a una factibilidad operacional siempre que se aborden dos áreas.

La primera y mas importante es la elevación de la autoestima del trabajador, es decir las relaciones basadas en la Calidad Total, donde lo mas importante sea el respeto por el ser humano, la permanente mejora en las condiciones y en la continua capacitación del trabajador.

La segunda es crear la plataforma logística requerida, esto quiere decir que se realicen las demás funciones de manera adecuada, con esto se logra reducir la variabilidad de los sistemas productivos y por ende se reduce los análisis de restricciones y el conjunto factible arrojado por el computador en poco se debe modificar por parte del “experto”.

Es importante terminar estas líneas mostrando que tan solo con un tratamiento justo y digno de todos los colaboradores, donde mas que máquinas sean seres pensantes que colocan sus mas ricos conocimientos en mejorar el desempeño propio y colectivo, donde la humanización del trabajo se de en términos del reconocimiento a su experiencia y en su potencialidad para ser gestores de sus destinos, sólo con estas bases se puede pensar en modelaciones finas que se traduzcan en un *scheduling* real, lo contrario es seguir con nuestros tradicionales programas productivos llenos de inconsistencias y sueños, o mejor, pesadillas.

## BIBLIOGRAFIA

[1] CAMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ. Creación de la ventaja competitiva para Colombia. Santafé de Bogotá, D.C. 1996. 191 p.

[2] COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Aspectos técnicos y teóricos sobre productividad. Santafé de Bogotá, D. C. 1996. 63p.

[3] COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Iniciativas Locales de Empleo. Documento 1 . Santafé de Bogotá, D. C. 1996. 46p.

[4] COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Iniciativas Locales de Empleo. Documento 2 . Santafé de Bogotá, D. C. 1996. 40p.

- [5] COLOMBIA. MINISTERIO DE TRABAJO Y SEGURIDAD SOCIAL. Manual del Sistema de Seguimiento de la Productividad en el sector Público Colombiano. Santafé de Bogotá, D. C. 1996. 62p.
- [6] ESQUIROL, Patrick, HAUDOT, Luc, LOPEZ, Pierre y SICARD, Marc. A Constraint-Oriented approach to Cooperative Scheduling. En INTERNET. Archivos bajados de Dirección de Lopez, Pierre. 1997.
- [7] FEA GUGLIELMETTI, Ugo. Competitividad es calidad total. 2 ed. México D. F.: Alfaomega, 1995. 255p.
- [8] FEA GUGLIELMETTI, Ugo. Hacia un nuevo concepto de empresa occidental. México D. F.: Alfaomega, 1995. 286p.
- [9] FOX, M., ALLEN, B., y STROHM. Job-shop scheduling: an investigation in constrain-direct reasoning. 1982 en Proc. AAAI-82. Carnegie-Mellon. University, Pitsburg.
- [10] GRAHAM, Saunders. El compromiso empresarial. Colombia. Editorial. Legis. 1991. 243 p.
- [11] GROUARD, Benoit y MESTON, Francis. Reingeniería del cambio. Colombia. Ed. Alfaomega. 1996. 233 p.
- [12] MILGROM, Paul y ROBERTS John. The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organizations. En: The American Economic Review. 1990. p. 511-528
- [13] O'CONNOR, Roderick. Gerencia del éxito. 3 ed. Santafé de Bogotá.: Ed Guadalupe., 1992. 260 p.
- [14] RENDER, Barry y HEIZER, Jay. Administración de operaciones. Mexico. Ed. Prentice Hall. 1996. 624 p.
- [15] VOLLMANN, Thomas, BERRY, William y WHYBARK, Clay. 3 ed. España. Ed. IRWIN. 1995. 867 p.