



300617  
20  
2y  
**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.**

**HACIA LA OPTIMIZACION DE LAS EMPRESAS MEDIANTE  
EL USO DE LA INVESTIGACION DE OPERACION Y  
DIVERSAS FILOSOFIAS DE INTEGRACION**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A:**

**ALEJANDRO GARCIA FORTUNY**

**DIRECTOR DE TESIS  
ING. ENRIQUE GARCIA DELGADO**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**MEXICO D. F.**

**ABRIL 1991**





Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# HACIA LA OPTIMIZACION DE LAS EMPRESAS MEDIANTE EL USO DE LA INVESTIGACION DE OPERACION Y DIVERSAS FILOSOFIAS DE INTEGRACION

	PAG.
<b>I</b> Introducción.	
- Marco Histórico.	1
- Definición.	8
- Metodología.	70
- Aplicaciones Contemporáneas de la Investigación de Operaciones.	15
<b>II</b> Programación Lineal.	
- Introducción.	18
- Dina Autobuses, S.A. de C.V.	23
- Otras Soluciones de Programación Lineal.	42
<b>III</b> Ruta Crítica.	
- Introducción.	52
- Diferencias entre PERT y CPM.	55
- Metodología.	57
- Lanzamiento del Nuevo Tractocamión.	59
<b>IV</b> Hacia una Empresa World Class	
- Introducción.	77
- Requerimientos Futuros.	79
<b>V</b> Manufactura Integrada por Computadora (CIM).	
- Introducción.	94
- CIM.	97
- Requisitos.	100
- Beneficios.	102
- Implementación.	106
- Arquitectura CIM.	109
<b>VI</b> Proyecto DINAstia.	
- Introducción.	113
- Antecedentes.	115
- Origen del Proyecto.	119
- DINAstia.	126
- Estado Actual del Proyecto.	166
<b>Conclusiones.</b>	176
<b>Bibliografía.</b>	179

## I INTRODUCCION.

### 1.- Marco Histórico.

Los procesos productivos a través de la historia han tenido infinidad de aportaciones y cambios. Para poder analizar el origen de la Investigación de Operaciones, es preciso hacer una pequeña síntesis de estas aportaciones y cambios.

El primer gran cambio que sufrieron los procesos productivos puede decirse que fue durante la revolución industrial, ya que es en ese momento cuando aparece un sisma a nivel mundial al aparecer los procesos de producción masiva. La aparición de las primeras máquinas industriales perseguía como principal objetivo, incrementar la capacidad productiva de las empresas existentes, con el fin de satisfacer una demanda creciente, que superaba con mucho, a la oferta existente. Sin embargo, nadie se preocupó ni se cuestionaron los métodos que en aquel entonces se usaron, por tanto los términos de productividad, efectividad y eficiencia no existían en la mente del empresario de la revolución industrial.

Es a finales del siglo pasado y principios de este, cuando dichos modelos de producción empiezan a tener los primeros cuestionamientos por parte de la misma gente encargada de estos sistemas. Surgen textos que tratan de poner un poco de orden, tal es el caso de la obra de Charles Babbage aparecida durante el siglo XIX y cuyo título es *On the Economy*

## *of Machinery and Manufactures*

Es hasta 1910 cuando aparece la primer obra que utiliza el análisis científico para resolver problemas de manufactura. Esta publicación fue producto del ingeniero norteamericano Frederick Winslow Taylor y lleva el título de: *Principles of Scientific Management*. Cabe mencionar que se ha dado a Taylor el título de "Padre de la Administración Científica". Taylor basó su investigación principalmente en las obligaciones y tareas de los jefes de taller, así mismo, se ocupó de la eficiencia del taller y se dedicó a investigar cuánto podría producir un hombre durante un día, todo esto mediante un estudio planeado; y no tan sólo bajo una mera apreciación subjetiva. Con esto Taylor estableció normas para los trabajadores y utilizó la especialización en la manufactura. Sus recomendaciones para la administración científica tal y como aparecieron en su publicación pueden verse a continuación:

- I La administración debe usar el enfoque científico en vez del empírico.
- II Se obtiene una organización armoniosa asignando el trabajador adecuado para cada serie de operaciones.
- III Hay que lograr la cooperación entre el personal de la administración y el de los trabajadores.
- IV Hay que escoger los mejores medios de producción económica.

- U Hay que lograr la especialización de los trabajadores a fin de aumentar la eficiencia de la producción.
- UI Hay que crear una tendencia hacia el espíritu de prosperidad empresarial e individual.

Durante esa época, el asociado de Taylor cuyo nombre es Henry L. Gantt, comenzó a hacer estudios sobre la programación de la producción. Es menester mencionar que antes de que él apareciera, se hacía muy poco caso a las congestiones de trabajo. Gantt, por tanto, planeó cada tarea de una máquina a otra, a fin de reducir de una manera significativa las demoras en el proceso productiva. Además, hizo una contribución por demás importante al incorporar el aspecto humano al enfoque científico de Taylor, ya que sugirió el establecimiento del departamento de personal.

Otras dos grandes contribuciones a los inicios fueron sin duda alguna, las aportadas por Frank B. y Lillian E. Gilbreth. Ellos aplicaron el enfoque científico al estudio de movimientos, que consistía básicamente en dividir el trabajo en los elementos más fundamentales; y de esta manera estudiarlos por separado, así como las interrelaciones que guardaban unos con otros; dando origen, con esto, a métodos productivos de menor desperdicio. De esta manera los estudios de Taylor, en cuanto a tiempo, se veían complementados. Los estudios a que hacemos referencia, aparecieron con el título de *Applied Motion Study* en el año de 1917. Es preciso aclarar que aunque los estudios de Frank Gilbreth se relacionaban con la producción, los

de Lillian Gilbreth se ocuparon del punto de vista psicológico.

Mientras, en Estados Unidos, Taylor se encargaba de buscar la manera de mejorar los procesos y los Gilbreth a eliminar los tiempos innecesarios e ineficientes de cada tarea. En Europa surge un ingeniero de origen francés llamado Henry Fayol. Henry Fayol, por aquel entonces publicó un libro llamado *Administration Industrielle et Générale*, y en que se dedicaba a los principios generales de la administración. Fayol estudió primordialmente los escalones superiores de la empresa, desde los más altos hasta los más bajos. Esta obra se considera un complemento de la de Taylor, ya que si bien Taylor se dedicó más bien a estudiar los niveles inferiores, Fayol no lo hizo menos con sus estudios en los niveles superiores.

No existe manera de precisar cuándo es el comienzo de la Investigación de Operaciones, ya que como hemos visto, estos precursores a que hacemos mención, desarrollaron y aplicaron técnicas que ahora forman parte de la Investigación de Operaciones.

En la Primera Guerra Mundial se dio a Thomas Edison la tarea de estudiar las maniobras de los buques mercantes, con el objeto de que fueran más eficaces y con esto disminuir la pérdida por ataques de naves enemigas. En lugar de utilizar barcos reales y expuestos a condiciones reales de guerra, decidió utilizar un tablero que le permitiese encontrar una solución favorable. Por lo que podemos decir que fue uno de los primeros en

utilizar simulación.

A pesar de todo esto, lo que trajo la formación de los primeros equipos de Investigación de Operaciones, fué la gran conflagración que representó la Segunda Guerra Mundial. Fué a principios del año 1937 cuando se pidió a los científicos ingleses que ayudasen a los militares a descubrir la mejor manera de utilizar el radar para localizar aeronaves enemigas. Este grupo se reunió completamente (ya que antes lo venían haciendo en forma aislada) en septiembre de 1939 en los cuarteles generales del mando de combate de la Real Fuerza Aérea (RAF). Este es considerado el primer núcleo de gente dedicada a la Investigación de Operaciones; y sus estudios se extendieron más allá de la simple optimización del radar. El grupo fue creciendo hasta verse en la necesidad de asignar un grupo al ejército y otro a la marina. El tipo de trabajo desarrollado por estos científicos fue conocido en Inglaterra con el nombre de "Investigación Operacional". En Estados Unidos se le conoció a esto como "Análisis de Operaciones" en la fuerza aérea; y como "Evaluación de Operaciones" e "Investigación de Operaciones", en la marina y el ejército respectivamente. En 1940 el término "Investigación de Operaciones" es utilizado por primera vez por McCloskey y Treffthen.

Al finalizar la guerra, Inglaterra enfrentaba nuevos tipos de problemas de administración, creados principalmente por dos razones: I) la nacionalización de gran parte de la industria y II) la necesidad de



reconstruir grandes segmentos de las instalaciones industriales. Es aquí donde los administradores ingleses estaban dispuestos a probar un nuevo enfoque para aumentar la productividad y las utilidades, o sea, la Investigación de Operaciones. El caso de Estados Unidos fue distinto ya que ellos siguieron dedicándose más a desarrollos de tipo militar.

No es sino hasta 1950 que Estados Unidos comenzó a tomar más en serio la utilización de la Investigación de Operaciones, ya que la aparición de la computadora en aquel año trajo consigo una multitud de problemas de sistemas, para los cuales la experiencia adquirida no era suficiente para resolverlos. Por lo cual, el personal que estuvo dedicado a desarrollos militares vio de repente ampliado su campo de acción, situación que evidentemente aprovecharon. El propio advenimiento de la computadora y los desarrollos logrados en Investigación de Operaciones consiguió reunir a los altos ejecutivos y a los especialistas de esta rama en una actividad que hasta la fecha se sigue desarrollando.

En Estados Unidos, la primera conferencia sobre Investigación de Operaciones en la industria fue celebrada en el Instituto Case de Tecnología de Cleveland en 1951, básicamente trató de estudios militares, porque fue casi imposible encontrar estudios industriales para presentarlos. En la actualidad las grandes corporaciones industriales cuentan con departamentos dedicados exclusivamente a esta materia siendo, por ejemplo, más de 500 empresas de primera línea en Estados Unidos, según

En síntesis, con el transcurso de los años, la Investigación de Operaciones se convirtió en un importante auxiliar de la Dirección en la toma de decisiones debido a su participación en la mayoría de las actividades vitales de la empresa. Cabe comentar que así como los criterios y técnicas administrativas se han extendido a otros sectores económicos: como la industria de la transformación, de servicios, y hotelera, así la Investigación de Operaciones se ha ido adaptando a las diferentes necesidades de áreas funcionales y sectores económicos, pero siempre con el propósito de diseñar y desarrollar técnicas de decisión, por tanto, la participación de esta ciencia en la vida económica actual es de suma importancia, ya que en buena medida su propia existencia se debe a ella.

## 2.- Definición.

Después de haber leído el anterior breviarío histórico de cómo surgió la Investigación de Operaciones, es razonable que para la persona que es neófito, carezca de sentido la palabra Investigación de Operaciones, por tanto, es menester mencionar dos de las más concretas definiciones que sobre el tema hay, esperando con esto poder resolver el acertijo que algunos traerán en la mente. Para poder llevar a efecto esto, me veo precisado a transcribir ambas definiciones de manera un tanto cuanto literal.

La primera definición corresponde a la dada por Robert J. Thierauf y Richard A. Grasse en su libro *Toma de Decisiones por Medio de Investigación de Operaciones*. "La Investigación de Operaciones utiliza el enfoque planeado, (método científico), y un grupo Interdisciplinario a fin de representar las complicadas relaciones funcionales como modelos matemáticos para suministrar una base cuantitativa para la toma de decisiones, y descubrir nuevos problemas para su análisis cuantitativo".

La segunda, que a juicio mío considero la más valiosa y completa, es la aportada por el maestro y autor del libro *Principles of Operations Research*, Harvey M. Wagner. Su definición reza así: "La Investigación de Operaciones es un enfoque científico para la solución de problemas de administración. Cualquier aplicación de Investigación de Operaciones

requiere:

- I La construcción de modelos de decisión o descripciones matemáticas, económicos y estadísticos para resolver situaciones complejas y con incertidumbre.
- II El análisis de las relaciones que determinan probables consecuencias futuras a decisiones alternativas, y el diseño de medidas de eficiencia con el propósito de evaluar el mérito relativo de acciones alternativas."

Si discernimos sobre las líneas anteriores, podremos darnos cuenta de lo siguiente: que la Investigación de Operaciones puede formar parte de la vida cotidiana de las empresas, ya sea aplicándose en programación de la producción, en niveles de inventarios, etc.; o en actividades que contemplen un largo plazo, ya sea el crecimiento o construcción de una planta, el lanzamiento de un nuevo modelo automotriz, etc. Dándonos cuenta con esto de qué tan ligada puede estar la Investigación de Operaciones a la vida de una empresa.

### 3.- Metodología.

Tratando de soportar la definición que a mi juicio es la más conveniente, me encuentro en la necesidad de aportar un poco más de lo que en sí es la Investigación de Operaciones. Debido a esto, pretendo en esta sección describir la manera en que se desenvuelve el proceso que lleva implícito esta técnica.

La Investigación de Operaciones está basada, principalmente, en cinco pasos fundamentales y de cuya explicación y enumeración nos ocuparemos. Por tanto estos pasos son los siguientes:

- I Formulación y definición del problema.
- II Construcción del modelo.
- III Solución del modelo.
- IV Validación del modelo.
- U Implementación de resultados.

#### Formulación y Definición del Problema.

Esta fase del proceso está formada de tres premisas fundamentales: 1) una descripción precisa de las metas u objetivos del estudio; 2) una identificación de las variables de decisión controlables y no controlables del sistema de decisión; 3) reconocimiento de las limitaciones o restricciones en las variables del sistema. La determinación de los límites

del sistema y de las opciones abiertas es asunto de juicio. En esta fase uno debe tener cuidado de definir el sistema de tal manera que no suboptimice; esto es, que uno fije una meta que represente sólo una parte proporcional del sistema, ya que esto puede resultar pernicioso para la organización, o no tener en cuenta las alternativas posibles de decisión y las restricciones; y produciendo, por tanto, una solución inadecuada.

#### Construcción del Modelo.

Esta es la fase detallada del proceso. Primero, el investigador de operaciones debe decidir el modelo más adecuado para representar el sistema. Este modelo debe especificar relaciones cuantitativas para el objetivo y las restricciones del problema en términos de las variables de decisión. Debe proporcionar estimados de los parámetros obtenidos, bien sea a partir de datos históricos, subjetivos o formalmente estimados por medio de algún mecanismo estadístico. Se debe escoger un horizonte de tiempo. También se debe determinar si el sistema se considera determinístico o probabilístico. El modelo puede ser matemático, de simulación, o heurístico, dependiendo de la complejidad y posibilidad de solución de las relaciones matemáticas.

#### Solución del Modelo.

Dado el modelo, junto con sus parámetros especificados por datos históricos, tecnológicos o prácticos, uno debe preocuparse por calcular o derivar una solución matemática. Si el modelo se acomoda a uno de los

modelos matemáticamente bien conocidos, como por ejemplo el de programación lineal, se puede obtener una solución óptima utilizando estas técnicas. Por otra parte, si las relaciones matemáticas del modelo son muy complejas para permitir una solución analítica, entonces el método de simulación puede ser el más apropiado. Cuando se utilicen modelos heurísticos o de simulación, entonces la meta será buscar la solución óptima y no tan sólo una buena solución.

Es importante también que para la solución de un modelo, uno debe realizar análisis de sensibilidad, esto es, determinar el comportamiento del sistema a cambios en las especificaciones y parámetros del sistema. Esto se hace debido a que los datos de entrada (parámetros) no necesariamente son precisos o estables y por tanto, puede que la estructuración que hayamos hecho del modelo no sea la adecuada. Resulta importante el recalcar el hecho de que debemos tener perfectamente bien identificados los parámetros de entrada, así como su volubilidad con respecto al tiempo, todo esto, con el fin de poder mantener una estructura del modelo adecuada.

#### Validación del Modelo.

La validación de un modelo requiere que se determine si dicho modelo puede predecir confiablemente el comportamiento del sistema. Un método común para probar la validez de un modelo, es comparar su desempeño con datos pasados o verdícos del sistema actual. Es a todas luces evidente que

no hay seguridad de que el comportamiento futuro del sistema continúe duplicando la historia pasada; pero es muy probable que se tenga una buena aproximación. De esta manera es necesario que uno siempre esté al alza de los cambios que se den en el sistema al paso del tiempo, para así poder modificar el modelo a las condiciones que se impongan.

#### Implementación.

A mi juicio, la implementación debe comenzar prácticamente en el momento de iniciar un estudio de investigación de operaciones, ya que no podemos dejar a un lado a todas las personas que tarde o temprano se verán involucradas en el desarrollo del modelo, ya sea actuando de una manera dinámica en el equipo investigador, o en forma de mero analista del problema. No siendo de esta manera, se puede caer en el error común de que un proyecto así resulta ser un ejercicio académico interesante. Caer en este error nos puede obligar a dejar un proyecto inconcluso.

Si el modelo es utilizado más de una vez en el análisis de problemas de decisión, se hace necesario que el modelo se revise para tener en cuenta los aspectos del problema y los datos actuales. Debido a que el modelo debe usarse repetidamente, la documentación del modelo y los planes para su actualización no son sólo deseables sino necesarios.

Uno debe ser cauteloso en la aplicación de los modelos, ya que se puede llegar a pensar que el modelo es la realidad misma y olvidarnos de



que un modelo no es más que la aproximación a una situación que está en estudio. Cuando la solución presentada por un modelo no es la más viable, o cuando no va de acuerdo con lo que razonablemente se esperaba, el modelo debe volverse a evaluar.

Un modelo de toma de decisiones no debe ser clasificado llanamente como preciso o impreciso; debe ser considerado preciso si es un sustituto ideal del sistema actual. Si la manipulación del modelo nos da resultados idénticos a los obtenidos con la manipulación de la realidad, entonces podemos decir que el modelo es verdadera. De lo anterior podemos concluir que un modelo extremadamente complejo sólo puede ser probado a través de una experiencia previa o intuición justificada.

#### 4.- Aplicaciones Contemporáneas de la Investigación de Operaciones.

La investigación de operaciones ha tenido un impacto creciente en la administración organizacional y en la toma de decisiones en años recientes, tanto en los sectores privados como públicos de nuestra sociedad. El número y variedad de sus aplicaciones continúa creciendo rápidamente y la mayor parte de su crecimiento se ha dado paralelamente al de la computadora. La Investigación de Operaciones sigue siendo utilizada de forma amplia por los militares, y sin quedarse atrás los negocios y la industria. Actualmente infinidad de industrias tales como la aérea, tanto en servicios como en fabricación, la aeroespacial, la automovilística, la del transporte, etc., hacen un amplio uso de la Investigación de Operaciones.

Consideremos, por algunos minutos, la diversidad de problemas que nos han sido resueltos por técnicas que se desprenden de la propia Investigación de Operaciones. La programación matemática ha sido utilizada con éxito en el modelaje y solución de problemas relativos a la asignación de personal, asignación de trabajos a las máquinas y talleres internos de una fábrica, a la mezcla de materiales, a la solución de problemas de mezcla de ciertos productos y alimentos, problemas de dietas, distribución y transporte, energía, ecología (propriadamente aplicado a problemas de contaminación ambiental), a portafolios de inversión y manejo bursátil, por mencionar sólo unos pocos. La programación dinámica ha sido igualmente aplicada con eficacia a problemas

tales como planeación y gastos publicitarios, planeación de distribución y ventas y a programación de la producción.

El análisis de decisión ha sido aplicado al control de huracanes, contaminación de mantos acuíferos y mares, gastos de publicidad, investigación y desarrollo, etc. La teoría de colas ha tenido aplicaciones en la solución de problemas de congestión de tráfico, máquinas vendedoras sujetas a fallas, la determinación del nivel de fuerza de servicio tanto en bancos como en autoservicios, programación de tráfico aéreo, diseño y construcción, programaciones hechas en una planta industrial y operaciones hospitalarias. Otros conceptos y teorías de la Investigación de Operaciones tales como la teoría de inventarios, simulación, y PERT también han dado un sinnúmero de soluciones a la industria, de igual manera que las anteriormente descritas.

La dinámica actual del mundo de los negocios, pero más aún la del futuro, está obligando a las compañías a concentrarse en el proceso de planeación, y especialmente en la planeación del cambio y en la que éste requiere. La dinámica de los productos (debido a su menor vida), los mercados (productos técnicamente superiores que desplazan los ya establecidos en los mercados nacionales y extranjeros), los procesos industriales (el estado abreviado y cambiante de los procesos de manufactura), y el gobierno y la sociedad (las restricciones legales y sociales impuestas a la empresa que están, de igual manera, cambiando continuamente), harán que la empresa haga

cuidadosos planes de corto, mediano y gran alcance. Además, la llegada de la nueva generación de computadoras que serán más refinadas, capaces de manejar grandes cantidades de datos, la tendencia hacia el crecimiento mediante fusiones (merge) y adquisiciones, y los problemas crecientes con los sindicatos de trabajadores, aumentarán la necesidad de una planeación eficaz. Por lo tanto, la función de planeación es un candidato lógico para los estudios cuantitativos, porque la Investigación de Operaciones emplea un enfoque planeado para la solución de estos problemas.

## II PROGRAMACION LINEAL.

### 1.- Introducción.

La programación lineal tiene sus comienzos en los trabajos realizados por el economista W. W. Leontif, trabajos que se avocaron básicamente al análisis de insumo-producto. Los problemas de transportación fueron de igual manera manejados al comienzo de esta técnica. De los investigadores que los realizaron podemos citar a Hitchcock en 1941 y a Koopmans en 1947. Igualmente durante 1945, Stigler estudió el "problema de la dieta" (el cual concernía a entidades separadas que pueden escogerse y usarse en cantidades diversas, escogiéndolas, combinándolas o mezclándolas a fin de obtener un resultado esperado). Pero realmente el desarrollo más útil que se ha presentado en materia de programación lineal, y que actualmente es usado por un sin número de negocios e industrias, corresponde sin duda alguna al doctor George D. Dantzig, matemático de oficio; y el cual presentó su "Método Simplex" como un procedimiento sistemático para resolver un problema de programación lineal.

Es en el año de 1947 cuando George Dantzig junto con Marshall Wood y sus asociados, se ocuparon de un proyecto para la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, proyecto del cual surgió el método Simplex. Este estudio estuvo principalmente enfocado a encontrar una técnica que pudiese resolver problemas que se planteaban durante una planeación militar. El

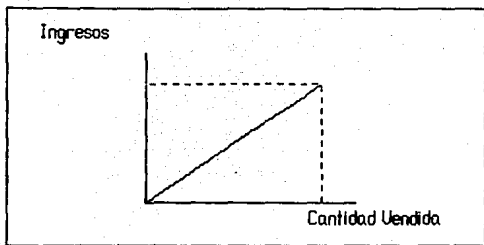
meollo de esas investigaciones era el considerar las interrelaciones entre las actividades de una gran organización como un modelo de programación lineal, y determinar mediante esto un programa de optimización, ya sea minimizando o maximizando una función objetivo lineal. Es así como aparece el método simplex para solucionar problemas de programación lineal.

Con el propósito de una visualización mejor, para aquéllos que ciertamente desconocen la razón por la cual esta técnica lleva este nombre, y a la par describir las características de los problemas a los cuales se aplica, trataremos de explicar en forma sencilla y sucinta lo que es una "Relación Lineal". Para llevar a cabo lo anterior es menester manejar un pequeño ejemplo.

Cuando los ingresos de una empresa (variable) están dados por el precio unitario del producto (constante), multiplicado por la cantidad vendida (variable), estamos hablando de una relación lineal. Es decir que mediante una simple operación aritmética sabemos que:

$$\text{Ingresos} = \text{Precio Unitario} \times \text{Cantidad Vendida.}$$

Al obtener la gráfica de esta operación podremos percatarnos de que se obtiene una línea recta:



Esta gráfica nos indica que el incremento en el ingreso es directamente proporcional al incremento en unidades vendidas, siendo esta proporcionalidad la condición básica de toda relación lineal.

Así pues, en forma muy general, podemos decir que la programación lineal es aplicable a aquellos problemas cuyas variables se relacionan entre sí de la forma anteriormente descrita; esto es, linealmente.

Para la construcción de este tipo de modelos existen una serie de requerimientos que hay que cumplir para poder llevar a buen término un estudio de esta índole. Sin que otra cosa nos entretenga, veamos cuáles son estos requerimientos.

I Función Objetivo.

Debe fijarse uno en todo momento un objetivo (o meta o blanco) que la compañía o el consultor desean alcanzar. Por ejemplo, maximizar las utilidades, minimizar los costos, maximizar el potencial de clientes esperados, minimizar el tiempo total de un ensamble, etc.

II Restricciones y Decisiones.

Debe haber caminos alternativos de acción o de decisión, uno de los cuales permite alcanzar el objetivo marcado.

III La Función Objetivo y las Restricciones son Lineales.

Debemos estar en capacidad de expresar las decisiones del problema, incorporándolas a la función objetivo y a las restricciones sobre decisiones, usando solamente ecuaciones lineales o desigualdades lineales. Es decir, debemos estar en capacidad de formular el problema como un modelo de programación lineal.

Resulta importante reconocer que en la vida real existen factores externos tales como sindicatos, características del mercado, disponibilidad de la materia prima, limitaciones técnicas, etc., que no permiten la implementación de una solución óptima.



Ciertamente, ésta es una importante limitación para cualquier método que proponga soluciones óptimas, sin embargo, nos proponemos a tratar de demostrar que la Programación Lineal no sólo sirve para determinar las condiciones ideales de trabajo, sino que por el contrario, ofrece una gama muy amplia de buenas alternativas, que sin llegar a ser óptimas, pueden ser de gran utilidad en un medio ambiente tan sui generis como éste, en el cual se desenvuelven las empresas en nuestro país.

## 2.- Dina Autobuses, S.A. DE C.U.

El primer caso al que nos referiremos es el de la empresa Dina Autobuses, S.A., la cual es miembro del conglomerado Dina. La principal actividad que desarrolla esta empresa es el fabricar autobuses foráneos.

Durante la pasada administración y en base al concepto de descentralización de las empresas paraestatales, el cual fue emitido por el ejecutivo federal, el consorcio Dina fue vendido. Bajo esta nueva directriz los directivos de la empresa se reunieron para determinar las metas y estrategias que permitieran aprovechar al máximo el potencial de esta empresa.

De esa importante reunión se acordó que en el futuro se producirían dos modelos: 1 Avante y 2 Avante Plus. A los cuales en lo sucesivo llamaremos productos A y B, respectivamente. Es importante mencionar que el proyecto del Avante Plus se encontraba a fines de 1989 en período de desarrollo de producto, pero ante el acuerdo anterior, fue necesario acelerar su proceso.

Para poder alcanzar las metas y estrategias a seguir, los directivos contaban con los siguientes datos:

- a) La empresa sólo fabricará dos productos: El A y el B cuyos precios de venta y costos variables aparecen en la tabla 1 del anexo de este capítulo.
- b) La demanda de los productos A y B es superior a la capacidad instalada.
- c) Debido a la situación financiera de la empresa no es conveniente, al menos por el momento, incrementar la capacidad instalada de producción.
- d) El estado de Pérdidas y Ganancias correspondiente al año anterior es el que se muestra en el anexo 2 de este capítulo.
- f) En la última asamblea de accionistas, éstos expresaron su disgusto debido al bajo rendimiento de capital de la empresa y exigieron a la dirección que para el siguiente ejercicio se pusieran en marcha una serie de medidas adecuadas a incrementar las utilidades.

Con el objeto de calcular las utilidades que se podían obtener, fueron preparados una serie de estados de pérdidas y ganancias en proforma, conteniendo mezclas de ambos productos.

Para poder hacer las mezclas se partió del hecho de que el producto B es más rentable, ya que por cada mil pesos aportados, contribuye con 230 pesos, mientras que el A tan sólo contribuye con 210 pesos. Por tanto, supusieron que evidentemente, el producto B debería permanecer al alza en las mezclas, mientras que el A debería permanecer inhibido en niveles inferiores.

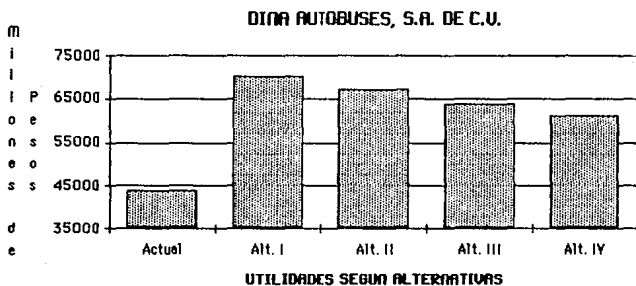
Por otra parte, fue notorio también el hecho de que los gastos de operación deberían de permanecer fijos. Esto se obtuvo partiendo del hecho de que no se iba a hacer ningún tipo de modificación a la planta y que los propios gastos no sufrían por tanto incremento alguno. De esta manera, quedarían en el orden de 45,000 millones de pesos.

DINA AUTOBUSES, S.A DE C.U.  
(Millones de Pesos)

Estado de Pérdidas y Ganancias Proforma

	P R O D U C T O	
	A	B
<b>Alternativa I</b>		
Ventas en Unidades	795	795
Ventas Netas	208,210.5	243,190.5
Costos Var. y de Ufas	127,200.0	170,289.0
Gastos de Admón.	37,365.0	46,110.0
Ul. antes de Impuestos	43,645.5	26,791.5
Ul. Conjunta		<b>70,437.0</b>
<b>Alternativa II</b>		
Ventas en Unidades	636	954
Ventas Netas	166,568.4	291,828.6
Costos Var. y de Ufas	101,760.0	204,346.8
Gastos de Admón.	29,892.0	55,332.0
Ul. antes de Impuestos	34,916.4	32,149.8
Ul. Conjunta		<b>67,066.2</b>
<b>Alternativa III</b>		
Ventas en Unidades	477	1113
Ventas Netas	124,926.3	340,466.7
Costos Var. y de Ufas	76,320.0	238,404.6
Gastos de Admón.	22,419.0	64,554.0
Ul. antes de Impuestos	26,187.3	37,508.1
Ul. Conjunta		<b>63,695.4</b>
<b>Alternativa IV</b>		
Ventas en Unidades	360	1230
Ventas Netas	94,284.0	376,257.0
Costos Var. y de Ufas	57,600.0	263,466.0
Gastos de Admón.	16,920.0	71,340.0
Ul. antes de Impuestos	19,764.0	41,451.0
Ul. Conjunta		<b>61,215.0</b>

Al comparar todas estas alternativas, se observó que las utilidades aumentaban a medida que se incrementaba la producción de B, siendo esto válido sólo hasta determinado punto en el cual el incremento de producción de B significaba una disminución de las utilidades. Esto, no hizo más que incrementar la duda existente sobre cuál era la mezcla ideal; a pesar de que se mostrase claramente la tendencia de las utilidades. Esta tendencia se muestra en la siguiente gráfica:



De la observación de esta gráfica, los directivos dedujeron que debería existir un máximo, es decir, la mezcla perfecta entre las producciones de A y B y que de esta manera rindiese, pues, las más altas

utilidades. Viendo esta gráfica se pudieron percatar de lo riesgoso que puede resultar el tomar una decisión tan a la ligera, como es el hecho de que se podía haber ordenado sin más ni más el incremento en la producción de A.

A pesar de que con la gráfica se puede ver a grandes rasgos que la máxima utilidad la aporta la alternativa I; en ese momento surgió la duda de que si tan sólo éste fuese otro punto hacia el máximo, el máximo mismo, o el primer punto hacia el descenso. Ante interrogante de tal magnitud, no quedó más remedio al director de operaciones, que ordenar un estudio concerniente a conocer en detalle las utilidades con respecto a la capacidad.

Este estudio al que hace referencia nuestro ejemplo, puede llevarse a cabo de dos maneras: la primera sería ir analizando cada una de las posibles combinaciones de producción dentro de los límites de capacidad hasta encontrar la combinación que nos aporte las máximas utilidades. Esto se puede poner en práctica siempre y cuando se cuente con una buena computadora y se disponga también del tiempo necesario. La segunda forma de llevar a buen término un estudio de esta naturaleza lo podemos realizar a través de la programación lineal.

Por cuestión de los objetivos perseguidos en esta tesis, realizaremos la solución de este ejemplo, por medio del método gráfico. Hay que hacer

notar que este método sólo puede usarse cuando no hay más de tres variables, debido principalmente a limitaciones de orden común ya que no podemos extendernos más allá de tres dimensiones.

Este método está constituido por cuatro pasos básicos y el primero se ocupa en establecer la función objetivo de la empresa y sus requerimientos, como ecuaciones y desigualdades matemáticas. El siguiente paso consiste en expresar en forma gráfica las desigualdades de restricción. El tercer paso consiste en trazar la función objetivo dentro de la misma gráfica. El último paso consiste en la solución simultánea de las ecuaciones de las dos líneas que se cruzan a partir de un determinado punto, (puede ser donde las utilidades se empiezan a generar en forma aceptable o donde son máximas). Si no hay mayor inconveniente, procedamos a resolver este ejercicio.

El estudio que ordenó el director de operaciones, sirve para poder hacer un planteamiento adecuado de las capacidades de cada uno de los talleres o estaciones que conforman la empresa. El proceso de manufactura de los productos A y B requiere de ensamble, pintura y detallado final.

La planta de fuerza de trabajo (obreros) es en todo momento 800, de los cuales 450 están asignados a ensamble; 100 a pintura y 250 a detallado final. Las horas hombre-estación anuales disponibles en cada



una de las estaciones anteriores son como sigue:

ESTACION	HRS. ANUALES
Ensamble	44,520
Pintura	15,264
Det. Final	34,344

El tiempo de proceso para el producto A es de la siguiente forma: son 28 hrs. de ensamblado, 8 hrs. de pintura, y 20 hrs. para el detallado final. En el caso del producto B es como sigue: son 28 hrs. de ensamblado, 9.6 hrs. en pintura y por último 27.5 hrs. en detallado final.

Al haber nosotros obtenido los siguiente datos, ya podemos conformar con ellos nuestra serie de restricciones de capacidad. Quedando, pues, configuradas las restricciones para las estaciones de la siguiente manera:

Ensamble:

$(28 \times \text{Número de unidades a producir del producto A}) + (28 \times \text{Número de unidades a producir del producto B})$  debe ser menor o igual a las 44,520 hrs. disponibles para esta estación. Como deseamos que se utilice el total de las horas destinadas a producción, entonces, lejos de que sea menor, utilizaremos la condicional de igual.

Pintura:

(8 hrs. X Número de unidades a producir del producto A) + (9.6 hrs. X Número de unidades a producir del producto B) deben ser igual a 15,264 hrs. disponibles, pensando en la premisa de que debemos ocupar todo el tiempo disponible en la estación, se ha tomado la igualdad como condicionante.

Detallado Final:

(20 hrs. X Número de unidades a producir de A) + (27.5 hrs. X Número de unidades a producir de B) debe ser igual a 34,344 hrs. disponibles. De igual manera, no olvidando que deseamos que no hayan tiempos muertos.

Para poder expresar estas restricciones de una forma más sencilla, habremos de recurrir a llamar a las unidades del producto A como  $X_1$ , y en el caso de B las llamaremos  $X_2$ . Habiendo llevado a cabo lo anterior, entonces las expresiones para las restricciones quedan como sigue:

$$28 X_1 + 28 X_2 = 44520$$

$$8 X_1 + 9.6 X_2 = 15264$$

$$20 X_1 + 27.5 X_2 = 34344$$

Después de esto, lo más conveniente es que procedamos a graficar el

comportamiento de cada una de las estaciones, así como a determinar el número de unidades máximo que se pueden producir si la estación estuviese dedicada de tiempo completo a la producción de una determinada línea de negocio. Para poder llevar a cabo lo anterior será necesario considerar en una de las ecuaciones, a uno de los productos como cero, de esta manera supondremos que dicha estación tan sólo se encuentra dedicada al producto opuesto, (el que no consideramos en cero). Al haber obtenido el punto anterior procedemos a hacer lo inverso, con el objeto, ahora, de encontrar el máximo de unidades que se pueden fabricar de aquél que inicialmente hicimos cero, y de esta manera obtenemos finalmente la gráfica. Veamos cómo debe realizarse, tomemos por ejemplo la estación de pintura:

Para la estación de pintura partimos de la ecuación:

$$8 X_1 + 9.6 X_2 = 15264$$

Ahora bien, supongamos que no se realiza ningún producto B. Esto es que  $X_2 = 0$ , por tanto, la ecuación anterior queda como:

$$8 X_1 = 15264$$

De donde despejando para  $X_1$  nos queda:

$$X_1 = 15264/8 := 1908.$$

Siendo este último valor el máximo de unidades exclusivamente de A que puede manejar mi estación de pintura. Ahora procedamos de forma inversa, esta vez hagamos  $X_1 = 0$ , quedando la ecuación:

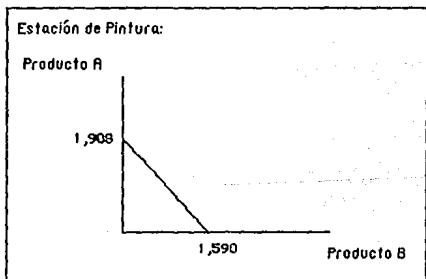
$$9.6 X_2 = 15264$$

Despejando ahora para  $X_2$  queda:

$$X_2 = 15264/9.6 := 1590$$

Donde este valor, al igual que el que obtuvimos en la parte superior representa el máximo de unidades exclusivamente del producto B que pueden procesarse en la estación de pintura durante el año.

Al tener estos dos puntos, podemos representarlos en una gráfica sin problema alguna. Finalmente, podemos trazar una recta, la cual va a representar todas las posibles combinaciones de niveles de producción de ambos productos. Dichas combinaciones harán que siempre se encuentre trabajando a su máxima capacidad la estación de pintura. A continuación se presenta la gráfica tal y como se obtuvo para esta estación en particular.



Habiendo obtenido ya los valores y gráfica de la estación de pintura, procedamos a obtener lo mismo para las estaciones de ensamble y detallado final, utilizando el mismo procedimiento. Así tenemos que:

Estación de Ensamble:

Punto Máximo para producto A = 1,590

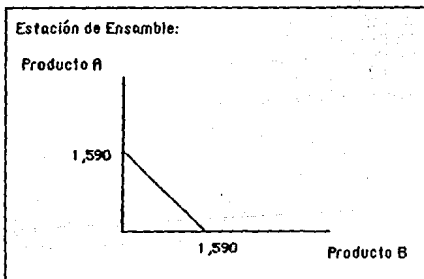
Punto Máximo para producto B = 1,590

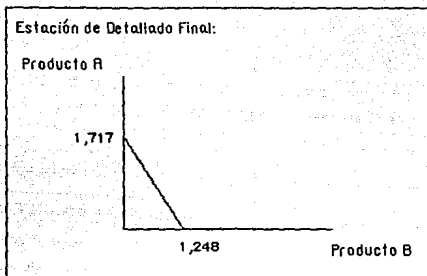
Estación de Detallado Final:

Punto Máximo para producto A = 1,717.2

Punto Máximo para producto B = 1,248.8

Siendo, por tanto las gráficas:

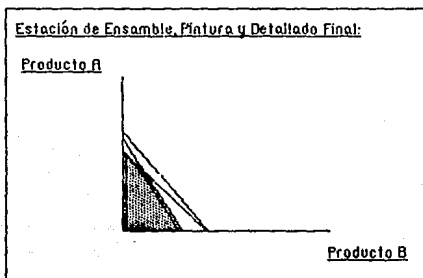




Estas gráficas muestran, como ya lo mencionamos, la serie de combinaciones posibles que se puede dar de un producto y otro; sin embargo, en la realidad es muy difícil que se dé el hecho de que una máquina, estación o taller trabaje a toda su capacidad. Lo que realmente vale la pena de estas gráficas y que resulta, por tanto, importante para el analista, es el área delimitada por la línea de máxima capacidad y los ejes, ya que es ahí donde se pueden dar todas las combinaciones factibles bajo las características "per se" de las estaciones.

Es bien claro que hemos graficado las restricciones de cada una de las estaciones por separado; pero para obtener la solución de este

problema, nos vemos en la necesidad de conjuntar todas las restricciones planteadas por este problema en una sola gráfica. De esta forma obtendremos el área de combinaciones posibles para todo el proceso. Esta gráfica a la que hacemos referencia queda de la siguiente forma:



Pasando al paso tres en que se refiere que debemos de graficar la ecuación correspondiente a las utilidades de la empresa (función objetivo) y la cual esta expresada por:

$$\text{Utilidades} = 54900 X_1 + 69400 X_2 - 45000000$$

La interpretación de esta ecuación es que las utilidades están dadas por la contribución del producto A más la contribución del producto B menos

los gastos que fueron fijados con anterioridad; expresadas ambas contribuciones y los gastos en miles. Ahora, operando y graficando la anterior ecuación para obtener el punto de equilibrio de la empresa queda:

Dado que las utilidades deben ser cero para encontrar el punto de equilibrio reexpresamos la ecuación como:

$$0 = 54900 X_1 + 69400 X_2 - 45000000$$

Ahora, procedamos a hacer  $X_2 = 0$ , para obtener con cuántas unidades  $X_1$  alcanzó el equilibrio.

$$54900 X_1 = 45000000$$

Despejando para  $X_1$  tenemos:

$$X_1 = 45000000/54900 := 819.67$$

Siendo ahora de manera inversa, esto es que para encontrar el equilibrio con unidades  $X_2$  hacemos  $X_1 = 0$ .

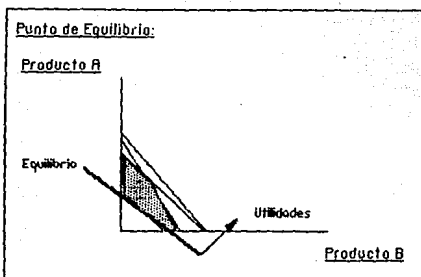
$$69400 X_2 = 45000000$$

Obteniendo  $X_2$ :

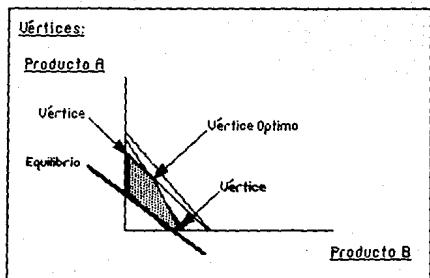
$$X_2 = 45000000/69400 := 648.41$$

Veamos como queda la gráfica de los puntos anteriores:





Podemos apreciar que a partir de la recta de equilibrio y durante toda el área sombreada, tendremos una serie de combinaciones posibles que nos aportan una utilidad en términos regulares ya que la utilidad óptima se encontrará en el punto más alejado del origen, pero dentro del área de posibles combinaciones (área sombreada). Al realizar esto nos queda un conjunto de vértices que nos representan soluciones viables de nuestro problema. Observemos la gráfica donde se representan estos vértices:



El paso final consiste en la solución simultánea de las ecuaciones de las dos líneas que se cruzan en el vértice óptimo. A pesar de que en la gráfica podemos ver aproximadamente cuál sería la mezcla ideal, resulta conveniente llevar a efecto lo anterior para evitar imprecisiones visuales. Ilustremos ahora, la solución de estas ecuaciones:

Las rectas que se cruzan en ese punto son la de la estación de ensamble y la de la estación de detallado final, siendo sus ecuaciones:

$$28 X_1 + 28 X_2 = 44520 \quad \dots I$$

$$20 X_1 + 27.5 X_2 = 34344 \quad \dots II$$

Despejando  $X_1$  de I:

$$X_1 = (44520 - 28 X_2) / 28$$

$$X_1 = 1520 - X_2$$

Substituyendo en II:

$$20 ( 1590 - X_2 ) + 27.5 X_2 = 34344$$

Operando queda:

$$7.5 X_2 = 2544$$

Dando por resultado:

$$X_2 = 2544 / 7.5 := 339.2$$

Ahora bien, ya hemos obtenido el valor de  $X_2$ , pero ahora obtengamos el valor de  $X_1$ :

Substituyendo el valor de  $X_2$  en I queda:

$$28 X_1 + 28 (339.2) = 44520$$

Operando da:

$$28 X_1 = 35022.4$$

Obteniendo como resultado:

$$X_1 = 35022.4 / 28 := 1250.8$$

Como podemos ver, hemos obtenido la solución óptima para este problema; aunque si de alguna manera se dificulta poder implementar estas medidas, disponemos de la serie de combinaciones que se pueden dar bajo las restricciones existentes y que resultan buenas opciones. No obstante que ambas cantidades aparecen con decimales, nosotros podemos inclinar una unidad hacia A o B de acuerdo a nuestra conveniencia. Al evaluar la solución anterior (anexo 3, presente capítulo) encontraremos que para los

valores que obtuvimos tendremos una ganancia de 80,100 millones de pesos y la cual se acerca mucho a la alternativa uno, planteada en un principio, como la mejor alternativa, pero claramente podemos ver que aun faltaba para poder llegar a la solución adecuada. Por otra parte, si sustituimos los valores en la función objetivo obtendremos el valor de 87,709 millones. Esta desviación que se presenta con respecto a los estados financieros es por un costo mayor en publicidad.

Este ejemplo nos ha servido para explicar en una forma sencilla el planteamiento básico de un problema de programación lineal. Como hemos podido ver, mediante esta técnica la persona encargada de la toma de decisiones tendrá a su disposición la mejor solución y además conocerá una serie de alternativas que de acuerdo a las condiciones de cada caso pueden resultar altamente atractivas y sobre todo viables.

### 3.- Otras Soluciones para Programación Lineal.

Existen dentro del contexto de la Investigación de Operaciones dos métodos de solución para problemas de programación lineal que por su importancia y uso es preciso que se mencionen. No desarrollaremos el cómo se operan, desde el punto de vista matemático, sino que propiamente nos ocuparemos de describirlos. La razón por la cual no les analizaremos está basada en el hecho de que en la gran mayoría de las casas dedicadas a computación se pueden hallar con facilidad paquetes con estas dos soluciones por el módico precio que oscila entre 80 y 125 dólares. Sin embargo, el comprender cómo funcionan no está por demás.

La primera solución alterna para estos problemas lo constituye el método algebraico. Describiremos ahora cuál es la lógica de este método: primero, se plantea el problema como se ha venido haciendo; esto es que definimos nuestra función objetivo así como las restricciones que competen al problema; habiendo hecho lo anterior, se procede a convertir las desigualdades que aparecen en las restricciones añadiendo una variable de holgura (comúnmente puede representar el tiempo que no se utiliza en un determinado taller o estación) para cada una de las restricciones. Ahora bien, como estas variables no tienen valor porque no hay ganancia o pérdida que se aplique, la función objetivo puede escribirse de tal manera que incluya a estas variables de holgura con coeficiente cero. Hecho lo

anterior se procede a hacer mejoramientos en la función objetivo y la base más lógica consiste en fabricar el producto cuya aportación sea la mayor; esto comúnmente nos establecerá que un taller trabaja al 100%, momento en el cual despejamos el producto donde se encuentra la variable de holgura de ese taller y substituimos en todas las restricciones así como también en la función objetivo. Al reducir la función objetivo, nos queda una ecuación donde se muestran las ganancias que puedo tener, así como las posibles ganancias que se pueden dar por otros productos, y las pérdidas subsecuentes también; en otras palabras, esta ecuación indica los significados favorables y desfavorables. Lo siguiente sería incluir al producto menos rentable, para lo cual en las ecuaciones que obtuvimos al despejar el primer producto dividimos el coeficiente del segundo término entre el primero, y de esta manera obtenemos una mezcla que contenga al producto menos rentable. Obtenemos una nueva contribución con esta mezcla, y debemos de analizar si es ésta la mejor solución; para visualizar esto volvemos a substituir las ecuaciones en las cuales se encuentran despejados mis productos en la función objetivo y reducimos. Si esta vez aparecen los términos con signos negativos (excepto el de la ganancia) entonces habremos obtenido nuestra solución óptima.

El otro método al que haremos referencia y el cual está revestido de una importancia tal, debido a su uso, precisión y preponderancia en el mercado de los analistas de programación lineal, lo constituye sin duda alguna el Método Simplex.

El Método Simplex, con la ayuda de una computadora, puede resolver problemas de programación lineal hasta con varios millares de variables y restricciones; cosa por demás imposible mediante el uso del método gráfico.

Con el procedimiento gráfico, el Método Simplex encuentra la solución óptima (mínimo costo o máximo beneficio según sea el caso) en uno de los vértices del conjunto de soluciones factibles. Es decir, haciendo caso omiso del número de variables de decisión y restricciones, el Método Simplex usa la propiedad clave de un problema de programación lineal y la cual es: Un problema de programación lineal siempre tiene una solución que está localizada en uno de los vértices del conjunto de soluciones factibles.

El Método Simplex es un procedimiento sistemático y eficiente para encontrar y probar soluciones situadas en los vértices de optimización. El Método simplex termina cuando por fin se ha encontrado la solución óptima.

La lógica que sigue este método es la siguiente: Al igual que en el método algebraico, en el método simplex se hace necesario convertir las desigualdades en ecuaciones añadiendo variables de holgura, siendo además, un requerimiento muy específico de este método el que cualquier incógnita que aparezca en una ecuación, aparezca en todas, escribiendo con coeficiente cero aquéllas que no afectan a una ecuación.

Normalmente, a fin de tener una mejor visualización y manejo de las ecuaciones de los problemas, es necesario expresar todo en una forma tabular como el sigue:

$C_j$	Mezcla de Prods.	Cantidad	\$				
			A	B	$S_1$	$S_2$	$S_3$
\$0	$S_1$	"	"	"	1	0	0
\$0	$S_2$	"	"	"	0	1	0
\$0	$S_3$	"	"	"	0	0	1
	$Z_j$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
	$C_j - Z_j$		\$	\$	\$	\$	\$

Donde :

$C_j$  Es una variable que contiene la contribución por unidad para las variables de holgura  $S_1, S_2, S_3$ .

Mezcla de Productos. Contiene las variables de la solución, que se usan para determinar la contribución total.

Cantidad. En la solución inicial no se fabrican productos por lo cual las variables  $S_1, S_2, S_3$  deben contener todo el tiempo no usado en el problema.

A y B. Los coeficientes de estas dos columnas constituyen la matriz de cuerpo y representan (cada uno de estos



coeficientes) las variables del producto real.

La matriz identidad. Representa los coeficientes de las variables de holgura que se han añadido a las desigualdades originales para convertirles en ecuaciones.

Los dos últimos renglones de este cuadro sirven para poder determinar si puede mejorarse la solución. Así pues:

$Z_j$ . Es la contribución o pérdida por unidad que deseemos incluir.

$C_j - Z_j$ . Es la contribución neta que resulta de añadir una unidad de una variable (producto) a la producción. El examen detenido de este renglón nos determina si hemos llegado a la solución óptima.

Después de que se construyó este cuadro, comienza a aplicarse ya en sí el propio método para lo cual se procede de la siguiente manera: Es necesario que se escoja la variable que contribuya con la mayor cantidad por unidad; esto lo podemos ver en las contribuciones que aparecen en la parte superior de la tabla; a la columna que contenga el valor escogido se le designará como columna óptima. Como siguiente paso, el determinar qué renglón debe de reemplazarse, para lo cual se dividirá el número de la columna de cantidad entre su correspondiente coeficiente en la columna óptima. De los resultados obtenidos ha de escogerse aquél que sea positivo

y el más pequeño.

Habiendo realizado lo anterior y ya teniendo entonces la columna óptima así como el renglón reemplazado, podemos proceder a buscar una solución mejorada. Para esto será necesario construir una nueva tabla con los nuevos valores que obtengamos a partir de las siguientes operaciones.

Para poder obtener el primer nuevo renglón, tan sólo será necesario dividir el renglón que determinamos como reemplazado entre el coeficiente correspondiente de la columna óptima, incluyéndose el propio coeficiente. Para los demás renglones será menester el que se aplique la siguiente fórmula:

$$[\text{Elem. en el Ren Ant}] - \{[\text{Elem. de Inter Ren. Ant.}] \times [\text{Elem. Corresp. Ren. Reemplazante}]\} = [\text{Nva. Ren}]$$

El procedimiento para calcular  $Z_j$  es como sigue: Para el primer valor se multiplican aquellos valores que aparecen en  $C_j$  por su correspondiente en la columna de cantidad y se hace la suma de ellos. Para los subsecuentes, tan sólo es necesario multiplicar la contribución que aparece en la parte superior de la tabla por cada uno de los valores obtenidos en la columna correspondiente y sumarlos.

El obtener el último renglón de la tabla ( $C_j - Z_j$ ), no reviste mayor complicación ya que tan sólo se procede de la siguiente manera: A la

contribución que aparece en la parte superior de tabla, tan sólo se resta el valor obtenido en  $Z_j$ , haciéndose esto para cada una de las columnas. Quedando tan sólo el realizar el análisis que sobre este renglón sea necesario.

Este análisis que habrá que hacer se limita a que en la tabla en el renglón que corresponde a  $C_j - Z_j$ , los coeficientes correspondientes a los productos deben de quedar en cero. Obteniendo lo anterior, el proceso ha terminado y por tanto restaría el determinar si la solución puede ser implementada de una forma real. Si por lo contrario, no se da esto, será necesario repetir el proceso hasta obtener la solución óptima.

## DINA AUTOBUSES, S.A DE C.U.

(Miles de Pesos)

	P R O D U C T O	
	A	B
Precio Unitario de Venta	261,900	305,900
Costos Variables:		
Materia Prima	97,000	115,000
Mano de Obra	63,000	63,500
Gastos de Administración	47,000	58,000
	207,000	236,500
Contribución a la Utilidad y Gastos de Operación		
Ut. por Unidad	54,900	69,400
Precio de Venta, por Unidad	261,900	305,900
	0.21	0.23

**DINA AUTOBUSES, S.A DE C.U.**  
 (Millones de Pesos)

**Estado de Pérdidas y Ganancias**  
 Ene 89 - Dic 89

P R O D U C T O	
A	B
800	-
209,520	-
128,000	-
37,600	-
165,600	-
43,920	-

## Estado de Pérdidas y Ganancias de la Solución Óptima

	P R O D U C T O	
	A	B
Ventas en Unidades	1250.8	339.2
Ventas Netas	327,584.5	103,761.3
Costos Var. y de Utas	200,128.0	72,656.6
Gastos de Admón.	58,787.6	19,673.6
Ut. antes de Impuestos	68,668.9	11,431.0
Ut. Conjunta		80,100.0

### III RUTA CRITICA

#### 1.- Introducción.

La realización de proyectos ha sido una actividad común al hombre desde tiempos inmemoriales; tales acciones se han reflejado en la construcción de las pirámides en México y otras partes del mundo, la construcción de acueductos en la antigua Roma, o la construcción del canal de Suez, más recientemente. Sin embargo, desde hace relativamente poco, se han analizado por parte de los investigadores operacionales los problemas gerenciales asociados con proyectos de menor, igual o mayor magnitud a los anteriormente descritos.

El problema de la administración de proyectos surgió con el proyecto de armamentos del Polaris (submarino de la armada de los E.U.A.), empezando en 1958. Con tantos componentes y subconjuntos producidos por diversos fabricantes, se necesitaba una nueva herramienta para programar y controlar el proyecto. Como respuesta a esta nueva necesidad fue desarrollado el PERT (técnica de evaluación y revisión de programas) por los científicos de la Oficina Naval de Proyectos Especiales. Ellos fueron Booz Allen y Hamilton así como una sección de la División de Sistemas de Armamentos de la Lockheed Aircraft Corporation. Esta técnica que desarrollaron ha demostrado tanta utilidad que ha ganado amplia aceptación tanto en los círculos gubernamentales como industriales.

Casi al mismo tiempo, la Compañía DuPont, junto con la División UNIUC de la Remington Rand, desarrolló el método de la ruta crítica (CPM) para controlar el mantenimiento de proyectos de plantas químicas de DuPont. El CPM es casi idéntico al PERT en concepto y metodología, estribando la diferencia principal en el método por medio del cual se realizan estimados de tiempo para las actividades del proyecto.

PERT/CPM fueron diseñados para proporcionar diversos elementos útiles de información para los administradores del proyecto. Primero, expone la "ruta crítica" de un proyecto. Estas son las actividades que nos delimitan la duración de un proyecto. En otras palabras, lo que señala la ruta crítica son aquellas actividades que deben realizarse pronto para que nuestro proyecto no sufra retraso alguno y pueda llegar a feliz término en el plazo fijado. PERT/CPM también identifican aquellas actividades que no son críticas y que por tanto tienen un cierto tiempo de holgura en el cual el proyecto no se ve afectado.

PERT/CPM consideran los recursos necesarios para que las diversas actividades que conforman el proyecto sean completadas. En muchos proyectos, la limitación de personal y en ocasiones de equipos, representan un obstáculo bastante difícil de salvar a la hora de realizar la programación del proyecto. Estos métodos identifican los instantes de proyecto en que estas restricciones causarán problemas, y de acuerdo a la



flexibilidad permitida por los tiempos de holgura de las actividades no críticas, permiten que se manipulen ciertas actividades en cuanto a recursos para poder aliviar esta situación.

De esto se desprende que PERT/CPM proporcionan una herramienta para controlar y monitorear el progreso de un determinado proyecto. Permitiendo con esto llevar en tiempo un proyecto sin que los costos por retrasos puedan llegar a impactar de una manera significativa en el presupuesto de la empresa.

## 2.- Diferencias entre PERT y CPM.

Ya se mencionó que la principal diferencia que existe entre PERT y CPM lo constituye la manera en que se realizan los estimados de tiempo. PERT supone que el tiempo que se necesita para realizar una de las actividades es una variable aleatoria descrita por una distribución de probabilidad. CPM por otra parte, infiere que los tiempos de las actividades se conocen en forma determinística y que se pueden variar cambiando los recursos que son asignados a una actividad.

La distribución de tiempo a que hace mención el PERT para la duración de una actividad es una distribución de tipo beta. Esto es que la distribución para una actividad cualquiera está constituida por tres estimados: 1) el estimado de tiempo más probable, 2) el estimado de tiempo más optimista, y 3) el estimado de tiempo más pesimista. Donde: el tiempo más probable es el tiempo requerido para completar una actividad bajo condiciones normales. Así los tiempos optimista y pesimista proporcionan una medida de la incertidumbre inherente en la actividad, incluyendo desperfectos en el equipo, disponibilidad de mano de obra, retardo en los materiales y otros factores.

En CPM solamente se requiere un estimado de tiempo. A diferencia de PERT aquí los cálculos se realizan con la suposición de que los tiempos de

duración de cada actividad son conocidos. Estos estimados se utilizan para poder controlar y monitorear el proyecto a medida que éste avanza. Si ocurriese un retardo en el proyecto, se hacen esfuerzos por lograr que el proyecto quede de nuevo en programa mediante la asignación de recursos.

### 3.- Metodología.

Para poder aplicar la técnica de PERT o CPM a un determinado proyecto es estrictamente necesario conocer y comprender la estructura y requisitos del mismo. Siendo evidente que del esfuerzo que se gaste para identificar la estructura de un proyecto depende el éxito o fracaso del uso de esta técnica.

Esta comprensión a que hemos hecho referencia, está supeditada a la respuesta que obtengamos para la siguientes preguntas:

- Cuáles son las actividades que el proyecto requiere ?
- Cuáles son los requisitos de secuenciación o restricciones de estas actividades ?
- Qué actividades pueden realizarse simultáneamente ?
- Cuáles son los tiempos estimados para cada actividad ?

El primer paso que debemos dar para poder contestar estas preguntas y así poder construir una red PERT/CPM consistiría en hacer una lista de cada una de las actividades y de las actividades que inmediatamente las deben preceder.

Después de tener identificado lo anterior se procede a representar

gráficamente el proyecto, esto lo haremos representando cada una de las actividades mediante círculos o rectángulos y unidos mediante flechas apuntando a las actividades que preceden; siendo importante que se vayan numerando los nodos o con sus respectivos nombres. Existiendo, para cuando se utilizan números, una convención la cual es: que el número de la punta de una flecha es mayor que el número de origen. Esto nos permitirá que las actividades se identifiquen por un par ordenado de números que estará constituido por el número de nodo del origen y el número de nodo de terminación. Este sistema de identificación es de gran utilidad cuando se desea automatizar estas redes en la computadora, igualmente para formular la programación matemática para estos problemas.

Teniendo lo anterior podemos construir otra tabla donde se muestren las actividades, los nodos de comienzo y finalización y la duración esperada de la actividad. El valor de esta última columna depende de qué tipo de técnica apliquemos, ya sea PERT (que será netamente probabilística) o CPM (la cual es determinística).

Una vez establecida la base, los cálculos del tiempo más temprano de iniciación y del más temprano de finalización, así como también los tiempos más tardíos de iniciación y la holgura libre mediante las fórmulas que en el ejemplo se darán.

La ruta crítica será obtenida en base a los datos recabados.

#### 4.- Lanzamiento del Nuevo Tractocamión.

El lanzamiento de un nuevo modelo en la industria automotriz representa una serie de actividades que tienen una gran importancia dentro del desenvolvimiento de esta industria. La cantidad de recursos tanto humanos como materiales dedicados a este nuevo proyecto, por lo común representan una fuerte erogación para las empresas de este ramo.

De lo anterior se desprende que se hace necesario un estricto control del desarrollo de estos proyectos, no sólo en el tiempo, sino también en la cuestión económica. El conocimiento de cuáles son las actividades críticas y su perfecto seguimiento representan que un nuevo modelo se encuentre en el mercado justo en el tiempo que es solicitado y antes de que la competencia tenga el suyo en el mercado. Evidentemente entre más rápido se tenga el nuevo desarrollo los beneficios económicos para la empresa se harán palpables.

En las industrias Dina, concretamente en Camiones, un desarrollo de este tipo comúnmente se lleva entre un año y un año y medio dependiendo si es desarrollo propio o un desarrollo por parte de nuestro tecnólogo. Sin embargo, Dina Camiones realiza un estricto seguimiento de las actividades por las siguientes razones fundamentales:

- 1.- La consecución de los diversos proyectos de desarrollo es un flujo que no se puede parar ni retrasar.
- 2.- El posicionamiento en el mercado por parte de Dina la obliga a tener sus nuevos desarrollos en el tiempo marcado para ello.
- 3.- Un retraso en un proyecto no sólo es un costo por el dinero que debe ser desviado para la finalización del proyecto, sino también una pérdida por ventas no generadas en el tiempo esperado.

Bajo los lineamientos que ha perseguido la empresa de seguir siendo el líder en el ramo de la fabricación de camiones, en 1991 se desarrollará el proyecto del nuevo tractocamión. Dada la experiencia que tiene la compañía en este tipo de proyectos (desde 1953) no debe de haber ningún inconveniente en retrasos o problemas típicos de un proyecto, para poder llevarlo a buen término.

El primer paso que involucra la construcción de una red PERT/CPM es la identificación de las actividades. La identificación de las actividades de un nuevo proyecto es una actividad muy común y casi preestablecida en las empresas del grupo DINA, y que sólo depende del tipo de industria a que se vaya a aplicar (ya sea de ensamble o de transformación). Por lo que las actividades que componen el proyecto son delineadas a continuación:

- 1.- Especificaciones de diseño.
- 2.- Construcción del modelo sujeto a prueba de tunel de viento.
- 3.- Evaluación de motores propuestos.
- 4.- Diseño de ejes de transmisión.
- 5.- Prueba preliminar en tunel de viento.
- 6.- Fabricación de cubierta de transmisión y ejes.
- 7.- Fabricación del acople de la caja de velocidades.
- 8.- Análisis y cambios del deflector de viento.
- 9.- Cambios aerodinámicos de cuerpo.
- 10.- Ensamblado del conjunto motor-caja-diferencial.
- 11.- Fabricación de la suspensión.
- 12.- Fabricación de cuerpo y chasis.
- 13.- Prueba en dinamómetro del motor seleccionado.
- 14.- Fabricación de la carrocería.
- 15.- Determinación de llantas y rines.
- 16.- Montaje del motor.
- 17.- Ensamble final del chasis.
- 18.- Prueba final del chasis.
- 19.- Prueba preliminar del prototipo.
- 20.- Evaluación y modificación de diseños.
- 21.- Prueba final del prototipo.
- 22.- Licitación ante dependencias gubernamentales.
- 23.- Desarrollo de proveedores.
- 24.- Construcción del instrumental necesario.



- 25.- Inicio de la fabricación del nuevo modelo.
- 26.- Publicidad en los diversos medios de comunicación.
- 27.- Presentación y lanzamiento del nuevo modelo.

Después de que se tienen contempladas las actividades que componen un proyecto es necesario ahora construir una tabla con antecedentes a estas mismas actividades; es decir, qué actividades deben ejecutarse con anterioridad a una determinada actividad. Procedamos a construir esta tabla informativa:

Núm.	Actividad	Núm. Act. Ant.
1	Especificaciones de diseño	-
2	Const. del mod. sujeto a prueba en tunel de viento	1
3	Evaluación de motores propuestos	1
4	Diseño de ejes de transmisión	1
5	Prueba preliminar en tunel de viento	2
6	Fab. de la cubierta de transmisión y ejes	4
7	Fab. del acople de la caja de velocidades	4
8	Análisis y cambios de deflector de viento	5
9	Cambios aerodinámicos de cuerpo	5
10	Ensamblado del conjunto motor-caja-diferencial	3,6,7

11	Fab. de la suspensión	8,9
12	Fab. de cuerpo y chasis	10
13	Prueba en dinamómetro del motor	10,11
14	Fab. de la carrocería	12
15	Determinación de llantas y rines	13
16	Montaje del motor	13
17	Ensamble final del chasis	14
18	Prueba final del chasis	15,16,17
19	Prueba preliminar del prototipo	18
20	Ev. y modificación de diseños	19
21	Prueba final del prototipo	20
22	Licitación ante dependencias gubernamentales	21
23	Desarrollo de proveedores	21
24	Const. del herramental	21
25	Inicio de la fab. del nuevo modelo	22,23,24
26	Publicidad en los diversos medios de comunicación	22
27	Presentación y lanzamiento del nuevo modelo	25,26

El siguiente paso para poder determinar nuestra ruta crítica consiste en determinar los tiempos de duración de cada actividad. Como hemos mencionado con anterioridad, el método de CPM difiere de PERT en el establecimiento de estos tiempos (CPM es netamente determinístico y PERT probabilístico). Aplicar el método PERT resulta costoso ya sea en tiempo o en la adquisición de un computador de tamaño mediano; por lo que

regularmente se debe apegar al buen juicio y a la experiencia que se haya tenido. El caso de Dino no es la excepción, ya que la larga experiencia que ha adquirido con los años en este tipo de proyectos es evidente a grandes luces. Esto hace que dicha compañía tenga perfectamente identificada la duración de las actividades que conlleva un proyecto en su ramo. Por lo que la tabla con los tiempos asignados para cada actividad quedan como aparece en el anexo 3.1.

Al haber obtenido los tiempos esperados para las diversas actividades que componen el proyecto, podemos decir que contamos con todos los datos para poder llevar a cabo dos cosas: primero, la obtención de la fecha más temprana de Iniciación (ES), la finalización más temprana (EF), la más tardía de iniciación (LS), y la finalización más tardía (LF), así como también las holguras, si se desea; segundo, lo cual es lo que nos interesa, la obtención de la ruta crítica.

Para poder realizar lo primero es necesario asignar un tiempo arbitrario para el inicio más temprano del proyecto. Aunque el año automotriz va de octubre a septiembre, para que nos sea más sencillo tomaremos el año calendario enero a diciembre (anexo 3.6). Así pues, el comienzo del proyecto estará fijado para 1/1/91.

Dado que ya tenemos fijado el comienzo de nuestro proyecto, ahora calculemos el tiempo más temprano de finalización el cual estará dado por

el comienzo más temprano de iniciación más la duración esperada para esa actividad. Poniéndolo en fórmula queda de la siguiente manera:

$$EF(X) = ES(X) + T_e(X)$$

que para el caso de la actividad 1 queda:

$$EF(1) = 0 + 7 := 7$$

Ahora bien, si vemos el calendario 1991 nos daremos cuenta que esta actividad terminó el 1/10/91.

Esta última fecha constituye el inicio más temprano para las actividades que dependen de la actividad 1. De esta manera, para las actividades 2 y 3 la fecha más temprana de iniciación será  $ES(2,3)=1/10/91$  y las fechas más tempranas de finalización son como sigue:

$$EF(2) = 7 + 7 := 14$$

$$EF(3) = 7 + 34 := 41$$

cuya representación en el calendario corresponde a 1/21/91 y a 2/27/91 respectivamente.

En caso de que a una cierta actividad le precedan dos o más actividades entonces tomaremos el máximo valor que se haya obtenido de EF y ese será el ES para esa actividad en particular.

Es importante tomar en cuenta los fines de semana ya que usualmente son períodos de inactividad del proyecto, de ahí que las fechas calendáricas aparezcan un tanto cuanto desajustadas con las cifras en días que se obtuvieron; de igual manera deben ser considerados los días de asueto, que en este caso no están considerados, pero que igualmente deben ser tomados en cuenta.

Realizando lo anterior, para todas las actividades entonces tendremos ya los siguientes datos para la tabla: número de actividad, nombre de la actividad, duración, comienzos más tempranos, y finalizaciones más tempranas; faltándonos por encontrar los comienzos más tardíos y las finalizaciones más tardías.

Para poder calcular lo que nos falta, partimos del dato de que conocemos la duración de nuestro proyecto, y recorremos las actividades en sentido inverso o hacia atrás. Se hace necesario aplicar la siguiente fórmula para llegar a conocer las variables que aun nos son desconocidas:

El comienzo más tardío es:ará dado por:

$$LS(x) = LF(x) - T_e(x)$$

que para el caso de la actividad 27 queda como:

$$LS(27) = 262 - 2 = 260$$

y lo que en el calendario representaría el 12/30/91; ya que partimos del hecho de que nuestro proyecto dura un año y un día. Como siempre deben tomarse en cuenta los fines de semana.

Al igual que cuando hicimos el proceso en la forma normal, este LS que hemos encontrado será el LF para las actividades que antecedan a la actividad en cuestión quedando entonces:

para las actividades 25 y 26

$$LS(25) = 260 - 22 = 238$$

$$LS(26) = 260 - 15 = 245$$

y que corresponden, calendáricamente hablando a 11/28/91 y 12/9/91 respectivamente.

Haciendo este recorrido de manera inversa y en el caso de que a una actividad que le precedan dos o más actividades, se tomará ahora el

mínimo valor de LS de los obtenidos y este será entonces nuestra LF para esa actividad.

Aplicando esta fórmula para todo el proyecto tenemos ahora ya calculada la tabla de datos (anexo 3.2).

Una vez concluido la obtención de los datos se debe proceder a determinar la ruta crítica del proyecto; esto lo podemos hacer de diversas maneras: una sería el verificar en la red qué actividades sobre un mismo camino presentan la menor holgura (tiempo que puede retardarse una determinada actividad sin retardar la terminación de un proyecto); la otra sería analizar la tabla de datos y verificar que si los tiempos de comienzo más temprano y comienzo más tardío coinciden, y además las fechas de finalización más temprana y más tardía también coinciden, entonces se trata de un punto crítico, y bastará con seguir la secuenciación de estos para obtener la ruta crítica; la última consiste en algo similar, la única diferencia estriba en que los datos son bajados a una gráfica de Gant; esta última nos ofrece la ventaja de poder proporcionar una mejor visión de los tiempos de holgura existentes.

La obtención de la ruta crítica se puede ver claramente en el anexo 3.3, de igual manera se presenta la gráfica de Gant para dar un mayor panorama de lo que será el proyecto, así como sus tiempos y sus holguras (anexo 3.5). Ya habiendo determinado la ruta crítica del proyecto, la red

entonces queda como se aprecia en el anexo 3.4, donde cada cuadro encierra una actividad; en la parte superior del cuadro aparece la fecha más temprana de inicio, en la parte superior derecha la duración y en la parte inferior derecha la fecha más temprana de terminación.

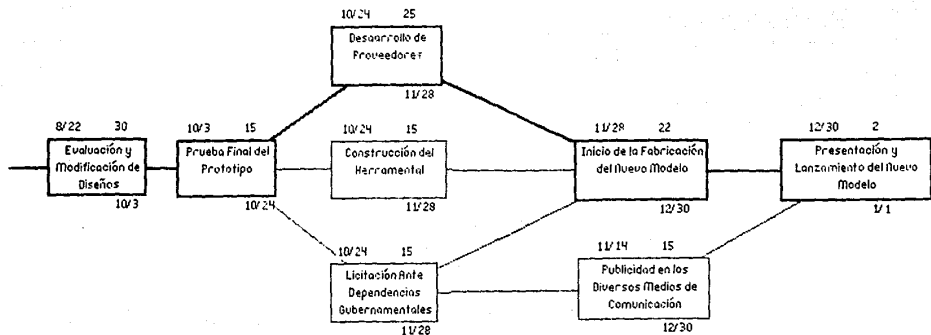
La ruta crítica en anexo 3.3 y 3.4 se representa por aquellas actividades que tienen el bordo y la unión, o las letras resaltadas.

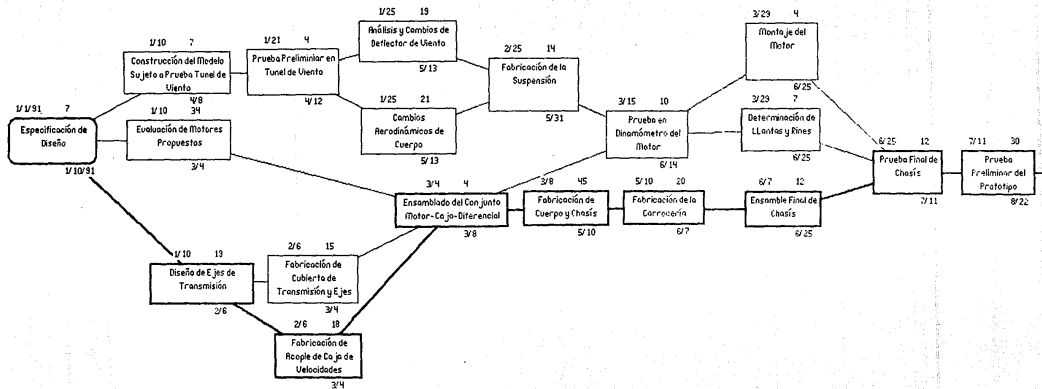


ACTIVIDAD	Precedente	Duración
1 Especificaciones de Diseño	-	7
2 Construcción del Modelo Sujeto a Prueba en Tunel de Viento	1	7
3 Evaluación de Motores Propuestos	1	34
4 Diseño de Ejes de Transmisión	1	19
5 Prueba Preliminar de Tunel de Viento	2	4
6 Fabricación de la Cubierta de Transmisión y Ejes	4	15
7 Fabricación del Acople de la Caja de Velocidades	4	18
8 Análisis y Cambios del Deflector de Viento	5	19
9 Cambios Aerodinámicos de Cuerpo	5	21
10 Ensamblado del Conjunto Motor-Caja-Diferencial	3,6,7	4
11 Fabricación de la Suspensión	8,9	14
12 Fabricación de Cuerpo y Chasis	10	45
13 Prueba en Dinamómetro del Motor	10,11	10
14 Fabricación de la Carrocería	12	20
15 Determinación de Llantas y Rines	13	7
16 Montaje del Motor	13	4
17 Ensamble Final del Chasis	14	12
18 Prueba Final del Chasis	15,16,17	12
19 Prueba Preliminar del Prototipo	18	30
20 Evaluación y Modificación de Diseños	19	30
21 Prueba Final del Prototipo	20	15
22 Licitación Ante Dependencias Gubernamentales	21	15
23 Desarrollo de Proveedores	21	25
24 Construcción del Herramental	21	15
25 Inicio de la Fabricación del Nuevo Modelo	22,23,24	22
26 Publicidad en los Diversos Medios de Comunicación	22	15
27 Presentación y Lanzamiento del Nuevo Modelo	25,26	2

	Nombre de la Actividad	Precedentes	Duración	ES	EF	LS	LF
1	Especificación de Diseño	-	7	1/1/91	1/10/91	1/1/91	1/10/91
2	Const. del Modelo Sujejo a Prueba en T.U	1	7	1/10/91	1/21/91	3/28/91	4/8/91
3	Evaluación de Motores Propuestos	1	34	1/10/91	2/27/91	1/15/91	3/4/91
4	Diseño de Ejes de Transmisión	1	19	1/10/91	2/6/91	1/10/91	2/6/91
5	Prueba Preliminar en Tunel de Viento	2	4	1/21/91	1/25/91	4/8/91	4/12/91
6	Fab de Cubierta de Trans y Ejes	4	15	2/6/91	2/27/91	2/11/91	3/4/91
7	Fab del Hcopie de la Caja de Velocidades	4	18	2/6/91	3/4/91	2/6/91	3/4/91
8	Análisis y Cambios del Deflector de U.	5	19	1/25/91	2/21/91	4/16/91	5/13/91
9	Cambios Aerodinámicos de Cuerpo	5	21	1/25/91	2/25/91	4/12/91	5/13/91
10	Ens del Con Junto Motor-La Ja-Diferencial	3,6,7	4	3/4/91	3/8/91	3/4/91	3/8/91
11	Fab de la Suspensión	8,9	14	2/25/91	3/15/91	5/13/91	5/31/91
12	Fab de Cuerpo y Chasis	10	45	3/8/91	5/10/91	3/8/91	5/10/91
13	Prueba en Dinamómetro del Motor	10,11	10	3/15/91	3/28/91	5/31/91	6/14/91
14	Fab de la Carrocario	12	20	5/10/91	6/7/91	5/10/91	6/7/91
15	Determinación de LLantos y Rines	13	7	3/29/91	4/8/91	6/14/91	6/25/91
16	Montaje del Motor	13	4	3/29/91	4/4/91	6/19/91	6/25/91
17	Ensamble Final de Chasis	14	12	6/7/91	6/25/91	6/7/91	6/25/91
18	Prueba Final de Chasis	15,16,17	12	6/25/91	7/11/91	6/25/91	7/11/91
19	Prueba Preliminar del Prototipo	18	30	7/11/91	8/22/91	7/11/91	8/22/91
20	Evaluación y Modificación de Diseños	19	30	8/22/91	10/3/91	8/22/91	10/3/91
21	Prueba Final del Prototipo	20	15	10/3/91	10/24/91	10/3/91	10/24/91
22	Licitación ante Dependencias Gubernamentales	21	15	10/24/91	11/14/91	11/7/91	11/28/91
23	Desarrollo de Proveedores	21	25	10/24/91	11/28/91	10/24/91	11/28/91
24	Construcción del Herramental	21	15	10/24/91	11/14/91	11/7/91	11/28/91
25	Inicio de la Fab del Nuevo Modelo	22,23,24	22	11/28/91	12/30/91	11/28/91	12/30/91
26	Publicidad en los Diversos Medios de Comun	22	15	11/14/91	12/5/91	12/9/91	12/30/91
27	Presentación y Lanzamiento del Nva Mod	25,26	2	12/30/91	1/1/92	12/30/91	1/1/92

Nombre de la Actividad	Precedentes	Duración	ES	EF	LS	LF	Mejora
1 Especificación de Diseño	-	7	1/1/91	1/10/91	1/1/91	1/10/91	0
2 Const. del Modelo Su Jeto a Prueba en T.U.	1	7	1/10/91	1/21/91	3/28/91	4/8/91	??
3 Evaluación de Motores Propuestos	1	34	1/10/91	2/27/91	1/15/91	3/4/91	5
4 Diseño de Ejes de Transmisión	1	19	1/10/91	2/6/91	1/10/91	2/6/91	0
5 Prueba Preliminar en Túnel de Viento	2	4	1/21/91	1/25/91	4/8/91	4/12/91	??
6 Fab. de Cubierta de Trans. y Ejes	4	15	2/6/91	2/27/91	2/11/91	3/4/91	5
7 Fab. del Acople de la Caja de Velocidades	4	18	2/6/91	3/4/91	2/6/91	3/4/91	0
8 Análisis y Cambios del Deflector de U.	5	19	1/25/91	2/21/91	4/18/91	5/13/91	81
9 Cambios Aerodinámicos de Cuerpo	5	21	1/25/91	2/25/91	4/12/91	5/13/91	??
10 Ens. del Conjunto Motor-Caja-Diferen.	3,6,7	4	3/4/91	3/8/91	3/4/91	3/8/91	0
11 Fab. de la Suspensión	8,9	14	2/25/91	3/15/91	5/13/91	5/31/91	??
12 Fab. de Cuerpo y Chasis	10	45	3/8/91	5/10/91	3/8/91	5/10/91	0
13 Prueba en Dinamómetro del Motor	10,11	10	3/15/91	3/29/91	5/31/91	6/14/91	??
14 Fab. de la Carrocería	12	20	5/10/91	6/7/91	5/10/91	6/7/91	0
15 Determinación de LLantas y Rines	13	7	3/29/91	4/9/91	6/14/91	6/25/91	??
16 Montaje del Motor	13	4	3/29/91	4/4/91	6/19/91	6/25/91	62
17 Ensamble Final de Chasis	14	12	6/7/91	6/25/91	6/7/91	6/25/91	0
18 Prueba Final de Chasis	15,16,17	12	6/25/91	7/11/91	6/25/91	7/11/91	0
19 Prueba Preliminar del Prototipo	18	30	7/11/91	8/22/91	7/11/91	8/22/91	0
20 Evaluación y Modificación de Diseños	19	30	8/22/91	10/3/91	8/22/91	10/3/91	0
21 Prueba Final del Prototipo	20	15	10/3/91	10/24/91	10/3/91	10/24/91	0
22 Licitación ante Dependencias Gubernamentales	21	15	10/24/91	11/14/91	11/7/91	11/28/91	14
23 Desarrollo de Proveedores	21	25	10/24/91	11/26/91	10/24/91	11/26/91	0
24 Construcción del Herramental	21	15	10/24/91	11/14/91	11/7/91	11/28/91	14
25 Inicio de la Fab. del Nuevo Modelo	22,23,24	22	11/28/91	12/30/91	11/28/91	12/30/91	0
26 Publicidad en los Diversos Medios de Comun.	22	15	11/14/91	12/5/91	12/9/91	12/30/91	25
27 Presentación y Lanzamiento del Nvo. M.	25,26	2	12/30/91	1/1/92	12/30/91	1/1/92	0





Control del Proyecto del Tractocamión

Monday, August 12, 1991

N° Actividad	Actividad	Precedencia	Duración	ES	EF	LS	LF	Gantt Chart											
								Jan '91	Feb '91	Mar '91	Apr '91	May '91	June '91	July '91	Aug '91	Sept '91	Oct '91	Nov '91	Dec '91
1	Especificaciones de Diseño	-	7	01/01/91	01/10/91	01/01/91	01/10/91	[Bar chart showing activity 1 from 01/01/91 to 01/10/91]											
2	Concl. Fáb. Suj. a Prueba	1	7	01/10/91	01/21/91	03/28/91	04/08/91	[Bar chart showing activity 2 from 01/10/91 to 04/08/91]											
3	Evaluación de Foto. Propu	1	34	01/10/91	02/27/91	01/15/91	03/04/91	[Bar chart showing activity 3 from 01/10/91 to 03/04/91]											
4	Diseño de Ejes de Transm	1	19	01/10/91	02/06/91	01/10/91	02/06/91	[Bar chart showing activity 4 from 01/10/91 to 02/06/91]											
5	Prueba Preliminar en Tur	2	4	01/21/91	01/25/91	04/08/91	04/12/91	[Bar chart showing activity 5 from 01/21/91 to 04/12/91]											
6	Fab. de la Cubierta de Ejes	4	15	02/06/91	02/27/91	02/11/91	03/04/91	[Bar chart showing activity 6 from 02/06/91 to 03/04/91]											
7	Fab. de Acople de Caja de V.	4	18	02/06/91	03/04/91	02/06/91	03/04/91	[Bar chart showing activity 7 from 02/06/91 to 03/04/91]											
8	Análisis y Cambios del Del	5	19	01/25/91	02/21/91	04/16/91	05/13/91	[Bar chart showing activity 8 from 01/25/91 to 05/13/91]											
9	Cambios Aerodinámicos de	5	21	01/25/91	02/25/91	04/12/91	05/13/91	[Bar chart showing activity 9 from 01/25/91 to 05/13/91]											
10	Ena. Conjunto Motor-Caja	3,6,7	4	03/04/91	03/08/91	03/04/91	03/08/91	[Bar chart showing activity 10 from 03/04/91 to 03/08/91]											
11	Fab. de la Suspensión	8,9	14	02/25/91	03/15/91	05/13/91	05/21/91	[Bar chart showing activity 11 from 02/25/91 to 05/21/91]											
12	Fab. de Cuerpo y Chasis	10	45	03/08/91	05/10/91	03/08/91	05/10/91	[Bar chart showing activity 12 from 03/08/91 to 05/10/91]											
13	Prueba en Dinamómetro d	10,11	10	03/15/91	03/29/91	05/31/91	06/14/91	[Bar chart showing activity 13 from 03/15/91 to 06/14/91]											
14	Fab. de la Carrocería	12	20	05/10/91	06/07/91	05/10/91	06/07/91	[Bar chart showing activity 14 from 05/10/91 to 06/07/91]											



## CALENDRARIO CORRESPONDIENTE A: □ □ □ □

Anexo 3.6

ENERO 23

D	L	M	M	J	V	S
		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	31		

FEBRERO 28

D	L	M	M	J	V	S
				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		

MARZO 21

D	L	M	M	J	V	S
				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
31						

ABRIL 22

D	L	M	M	J	V	S
		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			

MAYO 23

D	L	M	M	J	V	S
		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	31	

JUNIO 28

D	L	M	M	J	V	S
						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						

JULIO 23

D	L	M	M	J	V	S
		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	31		

AGOSTO 22

D	L	M	M	J	V	S
				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	31

SEPTIEMBRE 21

D	L	M	M	J	V	S
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					

OCTUBRE 23

D	L	M	M	J	V	S
		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	31		

NOVIEMBRE 21

D	L	M	M	J	V	S
				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

DICIEMBRE 22

D	L	M	M	J	V	S
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	31				

Total Días Hábiles: 261



## IV HACIA UNA EMPRESA WORLD CLASS.

### 1.- Introducción.

El término de moda en los círculos de manufactura es sin duda alguna el que una empresa es "World Class" o clase mundial. Esto se ha desprendido del cambio de enfoque de negocios que se ha presentado en los últimos años. Mientras que el enfoque hace unos años era tan sólo pagar menores salarios y una alta producción, ahora el punto ha trascendido al dominio completo de los aspectos relacionados con la fabricación o manufactura de cierto producto.

Muchas compañías están descubriendo que el potencial real para poder vivir no solamente bajó un ambiente sano sino que también aprovechable (en términos económicos), reside en invertir para lograr una excelencia manufacturera.

Es por todos conocido que el producir siempre productos con una perfecta calidad nos permitirá obtener menores costos totales en cualquier tipo de mercado laboral. Por lo que el proceso de manufactura debe de ser un proceso tal que se pueda obtener esa calidad perfecta al primer intento, y debe permitirnos monitorear el proceso para que así se dé esa calidad perfecta cada vez que producimos un producto. Este proceso debe de ser comprendido perfectamente por la gente involucrada en la manufactura de

tal suerte que el proceso pueda ser detenido en el momento en que se presentan fallas, o simplemente se está produciendo un producto que en ese momento no es necesario. Por tanto, esto requiere que se conozca exactamente qué resultados obtendremos en el momento que iniciemos nuestra corrida de producción. Para poder obtener esto se hace necesario realizar un esfuerzo conjunto entre las áreas de Ingeniería, Sistemas y Administración. Son estas áreas la columna vertebral de una empresa que tiende a ser "World Class", y son por tanto las que no se pueden descuidar.

## 2.- Requerimientos Futuros.

Cuáles serán las normas que nos indiquen qué tan cerca está una empresa de ser "World Class"?

Un número exacto de estándares o de fórmulas que nos puedan llevar a hacer posible una clasificación cualquiera resulta difícil, si no es que imposible de determinar, por lo menos en un ámbito muy general. Pero realmente es necesario reconocer a una empresa que tiene un performance "World Class". Determinar qué compañías poseen esta cualidad no resulta del todo difícil cuando se les observa y se les compara a través del cristal de la globalización de las compañías. De esto se desprende que una excelente compañía es aquella en las que sus clientes continúan siendo fieles a ella a pesar de que en ocasiones los productos de ésta se coticen poco más alta. Lo que los hace permanecer fieles no es otra cosa mas que el encontrar su entera satisfacción en los productos o servicios que han sido provistos, así como un valor que como clientes reciben. Por lo que cualquier atribución que se dé una compañía en cuanto a que es o no "World Class", debe partir estrictamente del cliente y no de ella misma.

Por otra parte, definitivamente la medida del performance de una empresa lo seguirá siendo, sin duda alguna, la capacidad que tenga una empresa para generar utilidades en un lapso corto; pero lo que sí será realmente distinto será el ambiente en que se van a desarrollar las

ESTA TEXAS HA 29.06  
SALUD DE LA BIBLIOTECA

empresas en los años por venir; requiriéndose una serie de habilidades y cualidades muy especiales para que se puedan mantener en el negocio. Tratando de condensar el ambiente al que se está tendiendo y los posibles elementos que lo conforman, podemos decir que éste contendrá:

- Un incremento en la complejidad técnica de los productos.
- Ciclos de vida de los productos más cortos.
- Una economía global muy bien informada y comunicada.
- Mercados enfocados concretamente al cliente.
- Una alta competencia por parte de:
  - \* Viejos enemigos (compañías ya establecidas)
  - \* Países recién industrializados.

Algunas de las compañías que han seguido esta tendencia en su ambiente de negocios están estableciendo los nuevos estándares de competencia; estándares que en un futuro deberán ser seguidos para poder hacer negocios. Como clientes, podemos estar seguros de que cada proveedor de estas compañías estará sujeto a estas nuevas normas o estándares. Como proveedores podemos estar igualmente seguros de que estas compañías buscarán no solamente proveedores que satisfagan sus normas, sino que también aprecien y sepan tomar ventaja de esta forma de hacer negocios, dando con esto la obtención de beneficios mutuos. Es evidente que el tener una ventaja competitiva representa un gran atributo, por lo que es de esperarse que aquellas compañías que posean ésta se

sentirán mutuamente atraídas a hacer negocios. De esta manera, una empresa que busque tener un futuro sano y promisorio, se verá obligada a abandonar sus viejos hábitos administrativos y de producción; y moverse de acuerdo a las tendencias que marquen las mejores compañías.

Es bien cierto que todo aquello que de alguna manera muestra solidez, tiene unas bases bien fincadas y esta nueva forma de hacer negocios no es la excepción. A grandes rasgos podemos decir que estas bases son las siguientes:

- Será necesario tener la gente adecuada y con las habilidades y conocimiento necesario para ocupar los diversos puestos de la empresa.
- De igual manera, se debe determinar las políticas que rijan el avance tecnológico de nuestros productos.
- El enfoque de las prácticas y decisiones del negocio debe de estar perfectamente definido para que se fundamente lo anterior.

Tal vez el implantar estas tres bases representen un gran cambio en la manera de administrar nuestra empresa, pero nada va a ser comparable contra los beneficios económicos que de este cambio se desprendan. Sin dejar de ver que el principal beneficio partirá de la habilidad para responder inmediatamente a un determinado mercado y de nuestra versatilidad para enfrentar los requerimientos cambiantes de

nuestros clientes.

De esto se desprende que para que una empresa pueda aspirar a permanecer o entrar al estrado de las "World Class" debe de ser capaz de:

- Producir con una calidad perfecta.
- Responder instantáneamente a los diversos mercados.
- Mantener una constante versatilidad en sus líneas.
- Mantener un nivel de confiabilidad óptimo.
- Comunicarse clara y rápidamente.
- Bajo precios justos y accesibles.

Ahora bien, creo que en este momento no existe un modelo a seguir de empresa tecnológicamente ideal, sino que por el contrario, las empresas que pretenden ser "World Class" están construyendo su empresa del futuro. Son estas empresas a las que nos referimos las que tienen un dominio completo de su manufactura y que no importando lo que el futuro les pueda deparar, ellas van a estar listas para afrontarlo.

Por lo que podemos decir que es sumamente crítico que una compañía determine una estrategia de manufactura que le permita explotar de una manera eficiente sus propias fuerzas de producción. Ya que cada compañía que busque estar en una posición competitiva respecto a otras, deberán buscar la perfecta organización y aprovechamiento de las fuerzas internas

que la componen. Si empezamos a ver cuáles podrían ser los elementos críticos para poder fincar un futuro como empresa, podemos decir que son:

- En cuanto a niveles de calidad.
  - Partes por millón de componentes.
  - Configuraciones que nos permitan obtener cero defectos.
  
- En cuanto a tiempos de entrega y embarques.
  - Manufactura de acuerdo a la demanda.
  - Probable que el siguiente embarque cambie.
  
- En cuanto a variedad del producto.
  - Ciclos de vida del producto mucho más cortos.
  - Constante introducción de nuevos productos.
  
- En cuanto al proceso de producción.
  - Flexibilidad instantánea en las líneas de producción.
  - Procesos continuos con calidad a la primera.
  
- En cuanto a organizaciones.
  - Pocas capas en el orden de mando.
  - Una competencia técnica abierta.

Este es un panorama muy general de los aspectos que son necesarios atacar, y como tal vez esto pueda resultar un tanto árido para el incipiente lector, veamos un poco más a profundidad esto.

#### Niveles de Calidad.

En el futuro podemos decir que los niveles de calidad no se circunscribirán tan sólo a mano de obra o materiales defectuosos, sino que irá más allá hacia puntos tales como: facilidad de servicio, manuales de instrucción claros y que éstos no falten en los embarques, y posiblemente el tener una línea telefónica dedicada y gratuita para que los consumidores despejen todas sus dudas.

Un punto que resulta por demás crítico es sin lugar a dudas el aspecto de comunicación. Es bien cierto que el costo de los errores de comunicación se hace presente cuando tenemos que pagar el precio para alcanzar una buena calidad. Los errores debido a una comunicación defectuosa, en cuanto a cómo, qué, dónde, cuándo y cuántos, se muestra más claro cuando analizamos las cifras por costo, en cuanto a artículos devueltos o facturas no cobradas porque el cliente se niega a pagarlas por no encontrar lo que él claramente había pedido. Las pérdidas en ventas se dan por alguna de estas razones y por ende, son factores que disminuyen nuestra participación en los mercados. Algunos costos pueden ser monitoreados, tales como: los rechazos tanto en la línea de inspección



inicial como en la línea de ensamble y los reclamos por garantías vigentes; todos estos son signos inequívocos de la existencia de un grave problema.

#### Requerimientos de Embarque a los Clientes.

Las compañías que deseen convertirse en "World Class" deben ser capaces, ahora más que nunca, de obtener utilidades por sus productos en lapsos mucho más cortos. Para poder lograr esto se hace necesario que los tiempos de entrega no sean tan largos poniendo en riesgo al cliente, que mientras espera, pueda sobrevenir una obsolescencia en los productos. Muchos de los clientes esperan que en el futuro sus envíos se realicen en el término de días o semanas cuando mucho. Excepciones a esto se podrán encontrar, pero inclusive en la industria de bienes de capital, donde por costumbre eran tiempos de entrega muy largos, éstos se han empezado a acortar hasta niveles que hace unos cuantos años era imposible. Podemos mencionar que el defonante que ha llevado a la industria a hacer esto es la oportunidad del negocio.

#### Variedad de Producto y Ciclos de Vida

En los últimos años se ha venido presentando una apertura de criterios por parte del cliente en cuanto a demanda se refiere. Ahora el criterio ha cambiado hacia tener una mayor variedad, una mejor utilidad, versiones o modelos más actualizados, y por supuesto, con los últimos

adelantos de la tecnología. Los clientes ya no aceptan que se les trate de vender, por ejemplo, sólo teléfonos negros, o una sola versión de automóvil, o productos de línea blanca sin aplicaciones electrónicas. Creo que no podemos dejar de ver el impacto que produce la tecnología en los productos, y por ende, en nuestros estilos de vida.

El ciclo de vida de los productos está siendo acortado de una manera significativa, dando por resultado, en muchos de los productos, que el tiempo en que son diseñados y el tiempo que entran en su fase de obsolescencia y discontinuidad, es alrededor de los dos años.

#### Organización y Comunicación.

En las líneas anteriores hemos manifestado la necesidad de rescatar los tiempos de entrega con objeto de tener ganancias (utilidades) en un pequeño lapso. Mas sin embargo, para que esto se dé, es necesario tomar en cuenta el aspecto organizacional. El factor primordial para que se dé un éxito organizacional lo sigue constituyendo su habilidad para comunicarse.

Si tomamos, por ejemplo, el requerimiento de producción, éste debe expresar exactamente el qué, el cómo, el cuándo y el cuánto de las transformaciones o ensambles de un bien o producto. Independientemente de los costos asociados que esto pueda traer (materiales, mano de obra, e

indirectos) resulta ser el costo por proveer una información confiable. Este resulta ser un factor crítico cuando se quiere tener un alto índice de competitividad. Aquellas compañías que manejen de una forma realmente efectiva su información, incurrirán en menores costos totales que aquéllas que no la tienen. Por otra parte, aquellas compañías que puedan transmitir el conocimiento técnico del proceso a sus niveles operacionales más bajos se verán beneficiadas por la disminución de las supervisiones, administración y de soporte técnico. Aquellos que no lo hagan así se verán obligados a mantener estructuras de supervisión para poder controlar sus procesos productivos. Las empresas que opten por dar a sus operarios el conocimiento se verán obligadas a invertir en sistemas que les permitan asegurar que las instrucciones que fueron enviadas al operario fueron entendidas, pero sobre todo, seguidas al pie de la letra. Tal vez hasta este punto, el ávido lector ha podido percatarse de lo que ser una empresa World Class significa, si no es así, podemos decir en un par de palabras que World Class significa una MEJOR EJECUCIÓN de todas las acciones de la empresa.

#### Preparándose para el Futuro.

Aquellas empresas que se excedan en gastos, sobre todo en bienes de capital, no podrán competir bajo la base del precio más justo. El lector se debe preguntar por qué una inversión en bienes de capital (maquinaria y equipo) puede afectar la cuestión de precio. Pues bien, un exceso de activos, ya sea de equipo o de inventarios, pone en riesgo el desenvolvimiento de la

empresa ya que se puede incurrir en un costo por la inflexibilidad en la capacidad del equipo o en los excesos de inventarios, teniendo en cuenta que un exceso de inventario puede acarreararnos la obsolescencia de alguno de los productos.

Aquellas compañías que realmente pueden producir productos con calidad perfecta a la primera vez y cada vez, ganarán tiempo para poder hacer un estudio de mercado adecuado; y de esta manera, aplicar su experiencia de manufactura para producir utilidades de una manera más rápida; así que para el futuro, aquella empresa que sobreviva tendrá que tener excelencia en calidad, tiempos de entrega, versatilidad, flexibilidad y una estructura de comunicaciones. Del mismo modo, cualquier compañía que domine estos factores, sin duda podrá contar con el mejor valor agregado.

De lo anterior podemos dilucidar que la empresa con el futuro más promisorio debe contar con las habilidades suficientes para lograr el mayor valor agregado entre el tiempo compromiso de entrega por parte de un proveedor confiable y flexible, y el pago por parte de un consumidor satisfecho.

En una era de constantes cambios tecnológicos donde la competencia está sustituyendo cada día más a la fuerza que en sí tiene una empresa, el medir el valor agregado en términos de mano de obra, ya sea a través de

la separación artificial de directa o indirecta, productiva o no productiva, exenta o no exenta, no tiene ya significado alguno.

En estos días en que la competencia está creciendo, cada persona que sea empleada en la empresa debe tener un mejor desempeño, y sobre todo, cumplir una función que le dé un valor agregado a los productos para de esta manera garantizar la satisfacción del cliente.

Cualquier otra actividad en nuestra empresa que no aporte un valor agregado representa simple y llánamente una disminución de nuestro margen de utilidades, que solamente puede ser sostenido a través de un excesivo margen bruto o de precios muy altos.

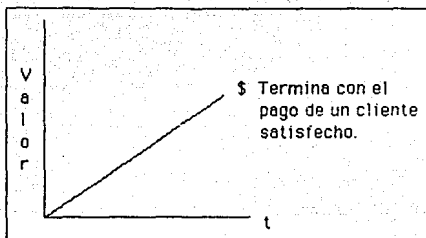
Esto representa un riesgo potencial para nuestra empresa debido que a cualquier competidor que se encuentre en nuestro mercado que aplique estos conceptos, o que es ya un World Class, nos puede dejar fuera del mercado.

Desde el punto de vista del consumidor, cualquier consideración hacia que una empresa es o no World Class, independientemente de que cumpla con los factores antes expuestos, es menester ponderarla en un sentido económico, y éste no es otro que el obtener un producto al mejor y más justo precio.

Bajo este nuevo orden de cosas, surge la necesidad de modificar

algunos de los parámetros contables que nos permitan evaluar la eficiencia de la empresa con mayor precisión. Tal vez meternos en cuestiones contables no resulte del todo una experiencia grata, mucho menos si esta tesis versa sobre cuestiones de otra índole completamente distintas; sin embargo, resulta imperioso si se quiere medir el performance desde un punto de vista económico.

Todo proceso productivo tiene como fin adherir un valor agregado a los materiales o servicios que en éste se involucran. Si la medida actual del performance es la rotación del inventario (que en términos económicos representa el número de veces que se rota el dinero) éste resulta incierto por dos razones: a) por el hecho de que el inventario se está tendiendo a disminuir tanto por cuestiones fiscales (2% impuesto sobre activos) como por una más sana forma de mover el dinero hablando en términos financieros; b) la otra es el hecho de que este parámetro no mide el valor del tiempo, tanto del ciclo de valor agregado, como el de los recursos empleados. Por lo que encontrar una nueva medida de performance económica de la empresas se hace prioritaria. Tal vez una propuesta para esta nueva medida sería la que propone el connotado consultor Kenneth J. McGuire en su presentación en la conferencia de APICS (American Production and Inventory Control Society) donde menciona que esta nueva medida puede delimitarse como "Qué tanto podemos constreñir el ciclo de valor agregado en un determinado lapso", y presenta la siguiente gráfica para ilustrar mejor este concepto.



Premisas utilizadas:

1) Dentro del tiempo del ciclo de manufactura, todas las actividades producen una de dos: o un valor o un costo y estos evidentemente se reflejan en los estados financieros.

2) Dentro del ciclo de manufactura, lo que determina la competitividad es un eficiente manejo de las actividades de valor agregado contra aquéllas que sólo representan un costo.

Siento yo que esta medida puede ser buena en el futuro ya que mezcla la efectividad de las acciones realizadas, pero en el momento actual resulta difícil de aplicar debido a la falta de estándares industriales que nos indiquen qué tan bien o qué tan mal andamos respecto a la industria.

## Dilucidaciones Finales.

Nos hemos podido percatar que no existen fronteras establecidas que nos permitan saber en qué punto entramos a ser una "World Class"; más sin embargo, el término tiene significado y está determinado por un criterio basado en el performance de la empresa.

Los niveles de performance de aquellas compañías que son "World Class" son varios y algunos de ellos pueden ser medibles por estadísticas, pero el común denominador de todas ellas es sin duda alguna el enfoque de satisfacción al cliente.

Las empresas "World Class" definitivamente son cosa aparte ya que ellas han escogido competir, mientras que las demás están luchando por ser competitivas. El ser una "World Class" es un compromiso diario de alcanzar mejores niveles de performance, mientras que los demás siguen persiguiendo el ideal de la perfección. Para las "World Class" la calidad es un elemento para ser mejores; para las demás es un obstáculo para llegar a una meta. Para las "World Class", la variedad de productos representa el tener más clientes satisfechos; para las otras es un incremento en la complejidad del negocio. Mientras que para las "World Class" el tiempo de ser mejores es ahora; para las demás el tiempo está de su lado y ya vendrán tiempos mejores.



El punto más valioso que tiene una empresa "World Class" no es otro sino su gente. Gente que está dedicada a hacer bien las cosas en beneficio de sus clientes. Gente que está comprometida a realizar mejor las cosas en cualquier proceso productivo, es la carta de distinción de estas empresas. Esto representa una ventaja competitiva que un adversario que no se encuentre en este mismo proceso puede igualar.

## U. MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA (CIM)

### 1.- Introducción.

Diversas estrategias de negocios han surgido a partir de los años 50s; sin embargo, estrategias tales como JIT, Kanban, MRP, SMED (Single Minute Exchange Die), han cobrado auge en los últimos años. El gran problema existente es que tan sólo funcionan involucrando algunas áreas de la empresa. No existe por tanto una integración completa de estas técnicas que nos permita obtener el mayor rendimiento de todas ellas en conjunto.

El nuevo reto que se nos presenta ahora, con ciclos de vida más breves para los productos, mayor competencia tanto interna como externa, incrementos en los diversos costos (siendo importantes los de mano de obra y materias primas), cambios en las estructuras organizacionales, etc., consiste en hacer que nuestra empresa busque la manera de reducir los costos de los productos, mejorar la calidad, reducir los inventarios, reducir los tiempos de entrega, hacer eficiente la planeación, cumplir los planes de manufactura, y sobre todo, responder rápidamente a las demandas de los clientes y del mercado en una base global.

Para poder sortear estos retos y alcanzar las metas antes expuestas, debemos partir de que en cualquier empresa de manufactura existe un proceso único de negocios que se ejecuta para poder diseñar,

producir y comercializar. Sin embargo, no importando el giro al que se dedique determinado negocio, los objetivos de alto nivel serán siempre éstos:

- Manejar finanzas y contabilidad de acuerdo a las metas trazadas.
  
- Desarrollar directrices empresariales y planes financieros.
  
- Desarrollar y diseñar productos y procesos de manufacturas acordes con la modernidad.
  
- Llevar a cabo las operaciones de manufactura en los tiempos previamente estiputados.
  
- Incurción en los mercados externos.

Para poder llevar a cabo la total integración de los objetivos, tanto de manufactura como del negocio, se hace necesario el implantar una estrategia CIM (por sus siglas en inglés Computer Integrated Manufacturing). Estrategia que no sólo nos permitirá esto, sino que también enfocar e involucrar a cada una de las áreas funcionales de la empresa, que de esta manera trabajen compartiendo recursos y como un todo.

Las áreas comúnmente involucradas en un proyecto de CIM lo constituyen las siguientes:

Comercial

Ingeniería

Planeación de la Producción

Operaciones de la Planta

Distribución Física

Administración del Negocio

## 2.- CIM.

Qué es realmente CIM? CIM no es otra cosa que una estrategia de negocios. Una estrategia es un concepto, una idea o un plan enfocado a alcanzar con éxito los objetivos del negocio.

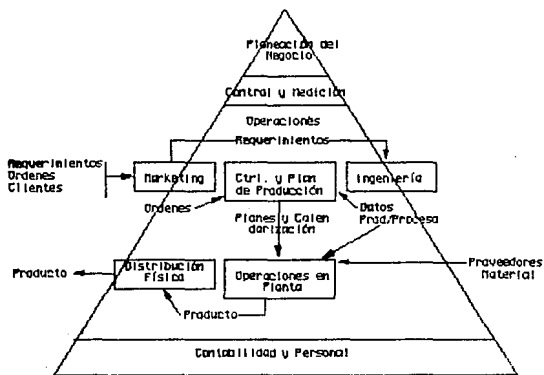
Físicamente podemos decir que CIM es una arquitectura para la integración de las múltiples tecnologías a través de los sistemas de información, y cuyo propósito es el brindar todo el soporte que necesite la administración para la consecución de sus objetivos. El utilizar la palabra 'arquitectura' tiene como objeto el de dar la idea al lector de que se trata de una estrategia que se encuentra bajo un plan bien estructurado y a largo plazo, ya que no sólo se integra sobre tecnologías actuales sino, de igual manera, sobre las que vayan emergiendo. Las múltiples tecnologías que trata de integrar el CIM pueden dividirse como sigue: herramientas, técnicas y tecnología, siendo válido para lo anterior el siguiente ejemplo:

Una estación de trabajo de ingeniería (herramientas), una planeación de los requerimientos de materiales (técnica) y un corte por rayo laser (tecnología).

El vehículo que integra a todas éstas es el sistema de información.

Todas las compañías presentan tres grandes niveles en cuanto a

funciones del negocio se refiere. La parte más alta incluye no sólo la alta dirección sino que también sus actividades y la planeación estratégica del negocio. La parte media es aquélla que se encarga de las actividades que controlar el proceso administrativo; y la parte baja, contiene todas aquellas actividades que tienen que ver con el control operacional. Estas tres partes deben formar un todo sólido que permita el flujo de información y de las órdenes sin cortapisa alguna. Este flujo de las cosas es conocido como el flujo operacional de CIM, y para mejor entendimiento, queda graficado como sigue:



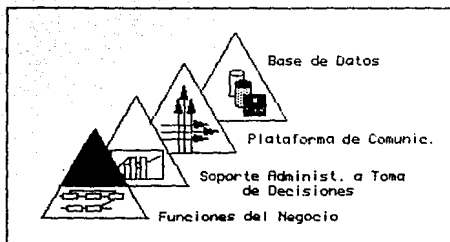
A partir de esta figura, podemos decir que CIM es realmente una estrategia que integra todas las funciones del negocio y que permite soportar un producto a través de su ciclo completo de vida. Este flujo, como se puede observar, no se detiene ante los límites convencionales impuestos por las áreas; por el contrario, las une provocando con esto una mayor integración como empresa, incluyendo en esto a los clientes y a los proveedores.

### 3.- Requisitos.

Es evidente que la adopción de una filosofía de esta naturaleza, es una cuestión que ponga a pensar: el por dónde, cómo y qué hacer para poderla implantar.

Partiendo de que es una estrategia que integra diversas tecnologías, técnicas y máquinas, debemos establecer qué capas deben ser parte de la columna vertebral. Esta columna esta formada por: a) soporte administrativo a la toma de decisiones: cuyo objetivo será el de proveer la información, así como las herramientas de análisis que nos permitan incrementar la productividad en toda la fuerza de trabajo, todo esto en el momento en que llevan a cabo actividades y funciones propias del negocio; b) una plataforma sólida de comunicaciones: ésta proveerá el apoyo para que el flujo de información puede moverse a través de todas las capas y tiene por objeto integrar datos, textos, imagen, voz y gráficas no nada más a través de la compañía sino que también aquéllos que se encuentran directamente involucrados con el negocio (clientes y proveedores); c) la última parte de esta columna la constituye la base de datos; es en esta parte donde residen datos y textos que serán posteriormente utilizados por los usuarios. Tiene por objeto el proteger el valor que como información posee: proveer consistencia, integridad, soporte, seguridad y lo más importante, accesibilidad y productividad para el usuario. Esta columna vertebral queda representada como sigue:





#### 4.- Beneficios.

Los beneficios que se obtienen cuando se maneja uno bajo una estrategia de este tipo son diversos y abarcan a todas las divisiones de la empresa reflejándose claramente en los estados financieros.

He de permitirme el transcribir los beneficios en cuanto a CIM se refiere y que aparecen en el reporte "Computer Integration of Engineering, Design and Production: A National Opportunity" editado en 1984 por la National Research Council (NCR).

#### Beneficios de CIM:

5-20%	de reducción en los costos de personal
15-30%	de reducción en los costos de diseño de ingeniería
30-60%	de reducción en todos los tiempos de entrega
30-60%	de reducción de inventario en proceso
40-70%	de utilidad sobre la producción
200-300%	de ganancia en el tiempo de operación en los equipos de bienes de capital
200-500%	de ganancia en cuanto a calidad del producto
300-3500%	de mejora en productividad desde el punto de vista de ingeniería

Si bien es cierto que estos beneficios son muy generales y que dependerán del tipo de empresa que se trate, es menester ver cómo se extienden estos beneficios a cada una de las áreas funcionales.

En el área de Comercialización, CIM ayuda a mejorar la satisfacción del cliente permitiendo el ingreso electrónico de los pedidos de estos clientes a través de una respuesta más rápida a las consultas y cambios de los clientes, y con proyecciones de venta mucho más exactos.

En el área de Ingeniería, los beneficios de CIM contemplan una mayor rapidez en el diseño, desarrollo, creación de prototipos y pruebas, un acceso más veloz a la información actual e histórica del producto, así como un método para el anuncio de la introducción de nuevos productos (cambios o nuevos modelos) evitando con esto el excesivo papeleo y burocratización.

Ya en la cuestión de las operaciones de planta, CIM proporciona el medio para ayudar a las operaciones de manufactura a controlar los procesos, optimiza los inventarios, mejora los rendimientos, maneja los cambios a productos y procesos, reduce el inventario, reduce el desperdicio, así como los trabajos repetidos. CIM también ayuda a utilizar a las personas y equipos de una manera más efectiva y reduce las demandas de producción críticas; por otra parte, el tiempo entre la planeación y la terminación de la manufactura de un producto se ve reducido sustancialmente; paralelamente los costos también se ven disminuidos.

Para las actividades propias del manejo del negocio tales como finanzas, contabilidad de la manufactura, el desarrollo de las directrices empresariales y planes financieros, CIM ofrece un mejor seguimiento de los costos, mayor exactitud en las proyecciones financieras y una mejora en el flujo del efectivo.

Para la empresa, como un todo, estas ventajas se añaden al anuncio más rápido de la presentación de nuevos productos, tiempos de entrega más breves, optimización de inventarios, ciclos más breves de planeación y desarrollo, reducción en el tiempo entre la planeación y la terminación de la manufactura de un producto, mejoras en la calidad del producto, confiabilidad y capacidad de servicio, mayor capacidad de respuesta y destacando entre todas ellas: la competitividad.

Como podemos ver, CIM reemplaza las mejores tácticas a corto plazo de una empresa con una solución estratégica a largo plazo. Estas ventajas no están circunscritas a la empresa ya que trascienden a los proveedores, los cuales podrán planear su producción en base a sus autorizaciones de embarque y hacer un seguimiento con mucha mayor precisión. Los clientes, por otro lado, se verán beneficiados al tener tiempos más reducidos entre la solicitud de su pedido y la entrega física del mismo, entregas puntuales y productos de mayor calidad y a precios evidentemente económicos.

Como se puede apreciar, las ganancias en la integración y productividad que CIM hace posibles son la clave para mantener un nivel competitivo en el ambiente actual de manufactura.

## 5.- Implementación.

Para poder llevar a cabo una implementación de esta naturaleza, es necesario conocer al dedillo las operaciones que se realizan dentro de la empresa, ya que el planteamiento inicial parte de la misión de la empresa como un todo, es decir, un modelo funcional.

Sabemos que en una empresa tradicional, que depende de una compleja estructura organizacional, el manejo de las operaciones y funciones está dividida en departamentos separados, cada uno de ellos con sus propios objetivos, responsabilidades, recursos y herramientas de productividad; sin embargo, para que la empresa pueda no sólo operar rentablemente sino a la vez ser competitiva, estos departamentos deben trabajar en conjunto. Ahora bien, si se llega a implementar en una forma adecuada CIM, éste va a crear una red sistemática a partir de esas áreas aisladas de productividad; pero para entender cómo lo hace, debemos analizar los elementos del modelo de una empresa y ver cómo trabajan sus áreas funcionales en forma independiente y entre sí.

La creación de un modelo de la empresa puede ayudar a descubrir las operaciones redundantes y necesarias o aquellas que aún faltan por ejecutar. Por supuesto, este modelo será una descripción general y podrán existir muchísimas variaciones dependiendo de la rama industrial, del tipo de industria y de la filosofía que maneje. Sin embargo, habrá algunas que

utilicen el mismo tipo de funciones, pero las agrupen de forma distinta.

Es modelo puede ser expresado en forma de diagrama de flujo y en él podrá visualizarse, como hemos mencionada, las funciones e interrelaciones que poseen las áreas. No está por demás mencionar que deben tener el suficiente grado de detalle para que se muestre y se entiendan las actividades principales y sus interdependencias.

El análisis de este modelo nos debe permitir evaluar las capacidades actuales, así como aquellas áreas que son susceptibles de mejorar. La capacidad de evaluar si existe una potencial mejora en una determinada área, depende del conocimiento y aplicación tanto de las tecnologías actuales como de aquéllas que vayan surgiendo.

Aquellas funciones que son susceptibles de mejorar deben ser priorizadas de acuerdo a las capacidades actuales y a su potencial para el cambio. Esta priorización puede estar influida por los impactos en los factores críticos de éxito de las distintas funciones, así como de los objetivos, estrategias y problemas del negocio.

Un modelo a seguir surgirá del análisis del modelo anterior y éste necesariamente incorporará tecnologías que deberán ser aplicadas a las áreas que fueron identificadas como susceptibles de mejorar. Este nuevo modelo debe representar la mejor posible solución para las necesidades del

negocio.

La simulación del proceso físico puede ser una herramienta altamente poderosa en el análisis del nuevo modelo. La simulación es un desarrollo y evaluación de los probables resultados que nos puedan arrojar las distintas alternativas planteadas. Su ventaja constituye el hecho de que nos ayuda a identificar la mejor alternativa y disminuir los riesgos que el implementarla llevaría. Otra importante ventaja del modelo de simulación lo constituye el hecho de que puede ser un proceso en que los altos ejecutivos confíen.



## 6.- Arquitectura CIM.

La especificación conceptual del modelo incluye todas aquellas tecnologías que van surgiendo o que en su defecto ya están disponibles: el hardware y software de los sistemas de información que serán requeridos para dar soporte e integración a todas las funciones del negocio. Esto incluye a las computadoras, a los procesadores, a los controladores y a las terminales, sin olvidar estándares, prácticas y políticas que los gobiernen. No obstante, la parte más importante continúa siendo la base de datos, por un lado; la plataforma de comunicaciones, y por supuesto, la estrategia de integración por el otro.

Este diseño conceptual se le conoce en distintas compañías como el plan maestro CIM, como las especificaciones conceptuales de CIM o simple y llánamente como la arquitectura CIM.

Los modelos anterior y a seguir se usan para identificar los beneficios potenciales como parte de la evaluación de CIM como una estrategia de negocios.

El proyecto inicial de CIM parte de la identificación de las necesidades del negocio de ambos modelos, y de la justificación de los resultados que arroje la simulación.

Los factores que priorizan la implementación de los diversos proyectos que contiene CIM están sujetos a:

- Necesidades del negocio y su relación con los objetivos.
- Beneficios potenciales tangibles e intangibles.
- Período en que se paga el proyecto para obtener un éxito en el lapso corto.
- Probabilidad de éxito, la cual atiende a todo el grupo de implementación.
- Comunicación de la evolución del proyecto y hacer que toda la gente sienta como suyo el proyecto.
- Facilidad de implementación tanto técnica como organizativa.
- Secuencia. Hay que considerar pre-requisitos.
- El estado de la tecnología, la cual debe ser estable y comprendida por quien la va a implementar.

Una vez que se ha definido la arquitectura CIM así como su implementación, éste comenzará a influir de una manera significativa en los objetivos y estrategias del negocio. Por tanto, una estrategia de manufactura CIM debe ser vista como una ventaja competitiva, aunque de hecho CIM es una arma de competitividad.

La arquitectura CIM implementada a través de diversos proyectos

nos proporciona una excelente base para establecer las metas del negocio. Estos objetivos a corto plazo pueden ser determinados y alcanzados durante la evolución entre el modelo actual y el modelo a seguir.

Lo siguiente que se verá afectado será la filosofía de la compañía ya que esto involucra una nueva forma de hacer negocios y que de una u otra forma afecta la forma de vivir de la compañía. Es común que un plan CIM afecte o influya de una manera dramática prácticas, políticas y procedimientos. Como ejemplos que se dan durante los primeros períodos de implementación podemos citar: políticas de diseño, para que un diseño pueda ser manufacturable, ya sea en una línea normal o automatizada; establecimiento de estándares que gobiernen la interfase diseño-manufactura. Algunos otros ejemplos pueden ser: estándares nacionales e internacionales que afecten a la rama industrial donde nos encontramos, definiciones de diccionarios (partes), convenciones y protocolos para la transmisión de datos, etc.

Ahora bien, si se desea sacar toda la ventaja que la estrategia CIM nos proporciona, la estructura organizacional necesariamente cambiará; al menos, ése ha sido el sentir de empresas que se han visto trabajando bajo CIM. Este aspecto, que incluye la parte de recursos humanos, es particularmente importante ya que aquellos compañías que poseen una fuerza de trabajo poco entrenada o educada, deberán implementar programas de educación y capacitación antes y durante el despliegue de la

nueva estrategia. Esta filosofía exige que las personas involucradas con ella, cuenten con las habilidades necesarias que aseguren su éxito. Todo esto nos llevará a una estructura organizacional donde todas las funciones sean integradas, porque éste al fin y al cabo es el objetivo primordial de CIM.

El objetivo de este capítulo es que se pueda comprender que la planeación formal y disciplinada de CIM es un pre-requisito para una implementación exitosa de éste.

La experiencia de quien ha implementado satisfactoriamente CIM, indica que no hay estándar para integrar CIM. Cada organización debe crear, justificar y ejecutar su propio plan para CIM. Es posible que este estándar sólo exista en la consistencia en que estas compañías desarrollen cada una de las fases de CIM. En otras palabras, la metodología es esencialmente la misma.

El objetivo de este capítulo no es mas que el mostrar la existencia de una filosofía de manufactura nueva y tender hacia una empresa "World Class".

## VI. PROYECTO DINASTIA.

### 1.- Introducción.

Este capítulo tiene como objeto conjuntar las técnicas y estrategias propuestas. Es de esta manera como podemos ver en el campo la aplicación de las mismas y su integración.

Antes que nada he de referirme al hecho de que algunas técnicas con la evolución del proyecto fueron desechadas o utilizadas de otra manera; no fue esto debido a que tuviesen errores sino que simplemente se contraponían a los objetivos que fueron surgiendo. Sin embargo, he decidido que permanezcan en el presente trabajo para que éstas representen una opción más que puede ser viable de aplicarse. Por supuesto que también se encontrará el por qué de haberse desechado o modificado.

Ahora bien, para una mejor visualización del proyecto, voy a circunscribirme tan sólo a una de las empresas. De hecho, es en esta empresa donde surge el proyecto y donde se encuentra la fase más avanzada de implementación, sin que esto implique que no se vaya a extender hacia las demás empresas del grupo. Esta empresa no es otra que Dina Camiones, propiamente la líder y más grande del grupo.

Dina Camiones es una empresa dedicada a la fabricación de

camiones semipesados, pesados y tractocamiones. Sus instalaciones están enclavadas en Ciudad Sahagún en el vecino estado de Hidalgo, y contigua a las otras tres empresas del grupo (Dina Autobuses, Dina Motores y Plásticos Automotrices Dina); existe también un corporativo en la Ciudad de México y cuyo nombre recientemente cambiado es Servicios y Sistemas G; la "G" es debida a que todo el grupo pertenece al Consorcio G con sede en Guadalajara, Jal.

A pesar de que cada empresa posee pequeñas células de administración individuales, el grueso de la administración se encuentra en el corporativo. Es de esperarse que aquí se concentren los distintos directores de área y gran parte de sus departamentos, encontrándose pues, las áreas de: Dirección General, Finanzas, Recursos Humanos, Adquisiciones, Comercialización, Desarrollo y Sistemas; y en planta: Ingeniería y Producción.

Antes de finalizar esta introducción, voy a hacer mención de una parte importante en la evolución y desarrollo de Dina Camiones. Me refiero a su socio no sólo en participación sino que también en tecnología: Navistar. Fabricante número uno de camiones y tractocamiones en Estados Unidos, con plantas en todos los continentes y con sus oficinas generales ubicadas en Chicago, Illinois.

## 2.- Antecedentes.

Elaborar un pequeño marco histórico nos ayudará a entender todo el contexto que rodea la implementación de un proyecto de gran magnitud como éste.

No pretendo extenderme demasiado, no sólo en el tiempo sino tan sólo exponer aquellas situaciones que han propiciado el cambio de una forma directa o indirecta. Veamos ahora la siguiente gráfica que nos muestra estos acontecimientos en el tiempo:

Despliegue a las otras empresas. Implementación.	9 1
Estudios y consideraciones. Nace la idea del proyecto Fusión de las empresas.	9 0
Incremento de Navistar en su participación. Apertura de las fronteras a dos años. Venta empresas Dina.	8 9
Disolución del corporativo. Lanzamiento serie Q. Incremento de participación Chrysler-Navistar. Venta de las otras empresas del grupo.	8 8
Desincorporación de empresas paraestatales. Paró Autobuses casi un año por cambio de modelo.	8 7
Sólo fabricantes con capital 100% mexicano.	8 0

- A principios de los 80s, el Ejecutivo Federal emitió un decreto por el cual sólo fabricantes con 100% de capital mexicano podían fabricar camiones pesados. Esta decisión dejó a Dina y al incipiente Famsa como únicos proveedores del mercado nacional, siendo esto uno de los síntomas del excesivo proteccionismo existente en aquellos días.



- Durante el '87 aparece también el decreto presidencial por el cual se desincorporarán las empresas paraestatales no prioritarias, incluyendo a Dina en esta lista.

- Durante '88 se liquida la empresa Dicona y se venden Perkins, MDM, Cummins y Dirona.

- El incremento de la participación de Navistar junto con Chrysler pasa del 5% al 8% aproximadamente.

- El lanzamiento de la serie Q representa el primer cambio importante en muchos años, llevando consigo una serie de problemas en cuanto a ingeniería del producto y a manufactura se refiere.

- Al tan sólo haber cuatro empresas, la Secretaría de Minas e Industria Paraestatal decide la liquidación del corporativo, dando derecho a que cada empresa forme su propia estructura administrativa, dependiente de esa Secretaría.

- A principios del '89, se emite un decreto sobre la apertura gradual de las fronteras a la industria automotriz, creando un replanteamiento en la estructura de los productos que comercializan las distintas ensambladoras.

- A mediados del '89, después de un largo proceso, es vendido el complejo industrial de Dina en Ciudad Sahagún al Consorcio G, el cual tomaría posesión a finales de ese mismo año.

- Sorprendentemente se disuelve la mancuerna Navistar-Chrysler; y Navistar lejos de apartarse, compra acciones e incrementa su participación del 8% al 19% aproximadamente.

- A principios del '90, se decide que se fusionen las administraciones de las cuatro empresas, volviéndose a formar un corporativo mucho más sólido y a la vez más centralizador de funciones.

- En ese mismo período, la serie de problemas que se venían presentando, como eran los de ingeniería de manufactura, del producto y aunado a la nueva visión de Navistar, constituyen el disparador del proyecto.

- Durante el '90, se analizan las posibles soluciones tomando en cuenta proveedores y precios y la decisión en su primer fase es tomada. La fase correspondiente de análisis e implementación comienza a darse a mediados del '91. A finales del '91 comenzará a desplegarse este proyecto hacia las demás empresas del grupo.

Todos y cada uno de los sucesos aquí descritos han formado parte del bagaje cultural y de experiencias, que de alguna forma se han manifestado en el desenvolvimiento de este proyecto.

### 3.- Origen del Proyecto.

El origen de este proyecto lo podemos ubicar en el área de sistemas. Comenzó éste cuando se plantearon los siguientes:

- La necesidad de un programa de MRP mucho más eficiente que el que actualmente se utiliza.
- Un mayor control de los cambios de ingeniería así como la expeditación de ellos.
- La elaboración de un padrón fidedigno de proveedores y el chequeo de ellos.
- La falta de una integración de las compras hechas a Navistar y su lento proceso.

Y además de factores tales como:

- Exceso de inventarios.
- Exceso de faltantes y materiales críticos.
- Falta de credibilidad en los inventarios por falta de control.
- Exceso de material obsoleto.
- Sobresaturación de los canales de comunicación México-Sahagún haciendo los procesos demasiado lentos.
- Pérdida de puntos porcentuales en la participación del mercado por una mala comercialización y entregas fuera de tiempo.

Aunque en un principio se aplicaron correctivos a estos problemas, no fueron mas que meros paliativos que si en un momento pudieron controlar el problema, éstos se volvieron a agudizar con el incremento de la demanda y la introducción de nuevos productos.

Uno de estos correctivos que se aplicó fue aquél en el que se utilizó programación lineal para hacer una mezcla adecuada en la línea de ensamble de tractos. Este proyecto fue realizado en conjunto con el Depto. del Postgrado de Investigación de Operaciones de la UNAM, principalmente debido a su magnitud; y tenía por objeto optimizar la mezcla en cuanto a modelos y colores se refiere.

A pesar de esto, no fue suficiente para detener los problemas que se presentaron, básicamente por dos razones: 1) Constantes cambios de Ingeniería, que por falta de un proceso más expedito en las fechas de introducción del cambio, ocasionaron un considerable aumento de faltantes y a la vez de material obsoleto. 2) La canibalización de partes comunes entre la línea de tractos y de camiones para evitar el paro en las líneas de ensamble ocasionaba retrasos en las líneas o el que saliesen las unidades incompletas, incrementando con ello el pozo (560 unidades con faltantes).

Es fácilmente apreciable que éste no era el origen del problema y que lo que se presentaba aquí era la punta del 'iceberg'. Es por todo esto que la solución de programación lineal que en un principio pensamos era una buena

panacea, se quedó corta a la solución de nuestro problema.

Al percatarnos de todo esto, se programó una sesión de planeación en la que participaron todas las áreas y que se llevó a cabo mediante la técnica de Hoshin (expuesta brevemente en el anexo 1), y de la cual surgieron los verdaderos problemas y las posibles soluciones a implementar. Dina enfrentaba el mayor cambio en su historia ya que esto implicaba una nueva forma de hacer negocios.

#### Nacimiento del Proyecto.

La primera actividad propia del proyecto fue, como ya lo habíamos mencionado, una sesión de planeación en la cual se vieron involucradas todas las áreas funcionales de la compañía (ventas, control de inventario, producción, ingeniería de producto, compras/proveedores y sistemas). El personal invitado correspondía a nivel medio-alto de la administración: gerentes y subdirectores. El objetivo de esta junta fue determinar las áreas que eran susceptibles de mejorar, y de acuerdo a esto, priorizarlas y elaborar un plan maestro de desarrollo. Estas áreas junto con sus puntos recibieron el nombre de "factores críticos de éxito" y son funciones que deben ejecutarse exitosamente para sobrevivir en las nuevas economías globalizadas, y alcanzar todos aquellos objetivos estratégicos.

Los factores críticos de éxito que se encontraron de acuerdo a las

áreas fueron las siguientes:

#### Ventas:

- Mejorar la comunicación entre ventas y producción.
- Modelos básicos susceptibles de utilizar opciones.
- Pronósticos más exactos.
- Afilar mercados internacionales.

#### Control de Inventarios:

- Optimizar los niveles del stock.
- Almacenamiento de material por localidad.
- Mayor precisión en el inventario utilizando conteos cíclico.
- Eliminación del inventario excedente y obsoleto.

#### Ingeniería del Producto:

- Una estructura de producto flexible.
- Productos capaces de manejar opciones y variaciones.
- Logística para introducir nuevos productos.
- Explosión de la lista de materiales (BOM) para obtener un costo real.

#### Compras/Proveedores:

- Comunicación con Navistar y los principales proveedores.
- Utilización de la notificación avanzada de envío.

- Acortar tiempos de entrega de los proveedores.
- Seguimiento del material en tránsito.
- Mejorar las relaciones con los proveedores.

#### Tecnología de Información:

- Plan maestro de desarrollo de tecnología de información.
- Infraestructura de telecomunicaciones.
- Buscar la más avanzada tecnología computacional.
- Proveer sistemas integrados a todos los usuarios.

#### PBA (Point Break of Application):

- Mejorar los métodos del PBA.
- Mejorar la comunicación con Navistar.
- Correr MRP semanalmente.
- Mejorar la comunicación con proveedores.

La suerte estaba echada; el resultado: convertirse en una empresa World Class; la ruta: CIM.

Siendo CIM un proyecto a largo plazo, vemos en la primer lámina el enfoque de este proyecto; y la visión de CIM para Dina en la segunda lámina.

# Proyecto DINASTIA

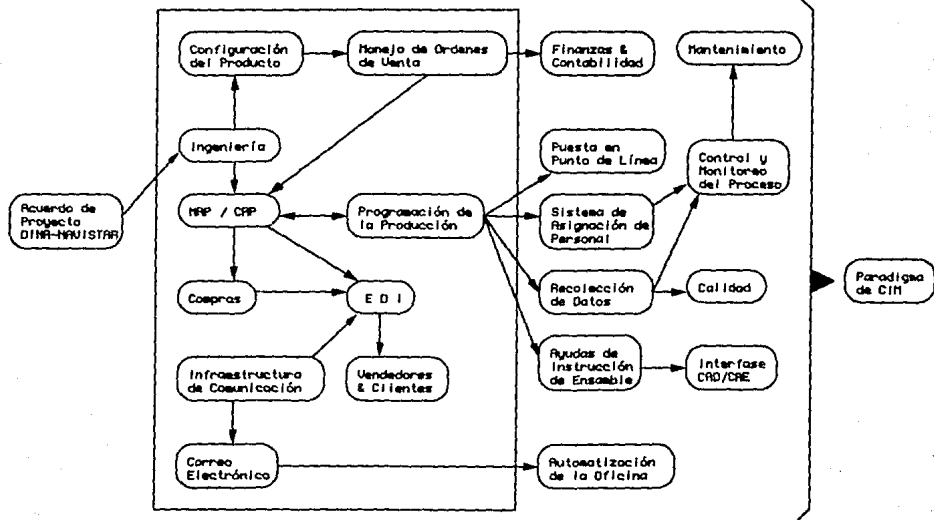
1990

1991

1992

1993

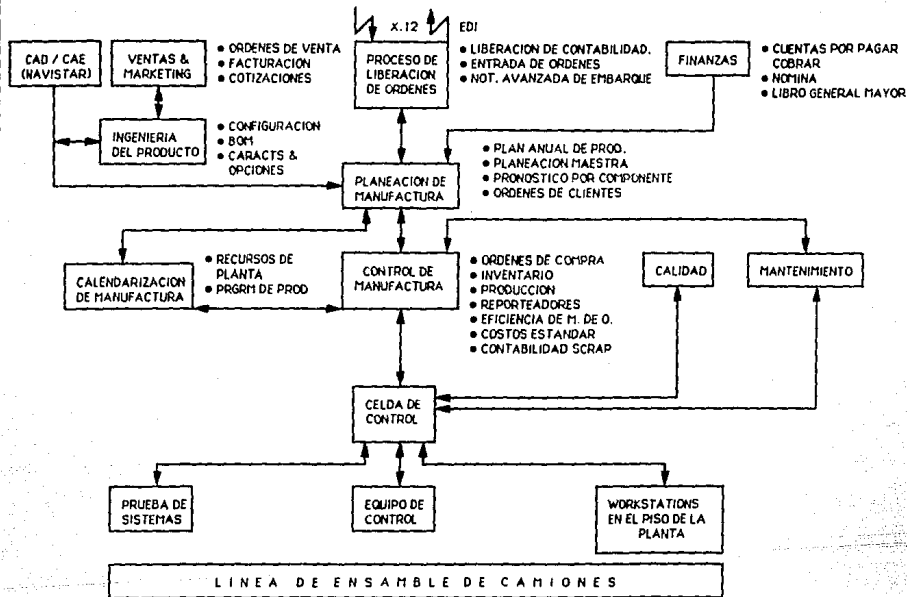
1994



Enfocado hacia TQC



### VISION DE MANUFACTURA INTEGRADA POR COMPUTADORA



#### 4.- DINASTIA.

Ahora bien, lo que hemos expuesto hasta ahora, ha sido un resumen de lo que viene siendo el proyecto, pero entremos a cada una de las áreas y veamos a grandes rasgos qué se está haciendo en cada una de las áreas y de qué manera beneficiará a la empresa.

Antes de proseguir, quiero hacer mención de que el nombre de DINASTIA que se escogió para este proyecto fue debido a que las siglas de esta palabra significan: Sistema de Tecnología Industrial Avanzada para Dina y que van de acuerdo a la nueva mentalidad de la empresa.

##### Ventas:

Si en esta área se estaba persiguiendo la idea de internacionalizar el producto, ahora más que nunca se deberían seguir las reglas de los mercados internacionales: satisfacción completa de las necesidades del cliente, variedad y flexibilidad del producto.

Es evidente que el monto de la información requerida para poder llevar a cabo esto no puede ser manejado manualmente; mientras que la comunicación Ventas-Ingeniería debe hacerse expeditamente de lo contrario se corre el riesgo de perder al cliente. Esto no puede llevarse a cabo si no se utiliza tecnología de computación avanzada y que propiamente servirá como liga entre todas las áreas de la empresa.

El sistema configurador de modelos que ha venido surgiendo a raíz de este problema está basado en un criterio de configuración predeterminado, y cuyo objetivo será el de verificar una orden proveniente de 'x' distribuidor contra los criterios establecidos, previniendo con esto errores en las planeación o durante la manufactura. En otras palabras, esto es que si un distribuidor pide un camión 'z', con motor 'w', el motor 'w' será verificado y checado contra los estándares de ingeniería. El chequeo se extiende hasta el archivo maestro de partes, cambios de ingeniería y validez de fechas del PBA (vigencia de partes). A todo esto se obtendrá un reporte con la lista de los errores por una orden en particular. De esta manera podemos retroalimentar al distribuidor para que éste realice los ajustes pertinentes a la configuración previamente requerida por el cliente.

Los beneficios que se obtendrán a partir de esto son los siguientes:

- Una detección temprana de errores minimizando con esto los costos.
- Mejor servicio al cliente.
- Tener a los especialistas de ingeniería dedicados a los casos más difíciles.

La filosofía de CIM obliga a que este punto no sea un lugar aislado de la compañía, permitiendo con esto un tiempo de respuesta mínimo por parte de las demás áreas. En principio, el módulo de ventas está conectado con

ingeniería, con el MRP y con compras indirectamente; mientras que toda la información referente al cliente (tales como órdenes anteriores, crédito, facturaciones y cotizaciones), se encuentran en línea con el área de finanzas, de tal forma que se tiene un cuadro muy completo de esta posible operación.

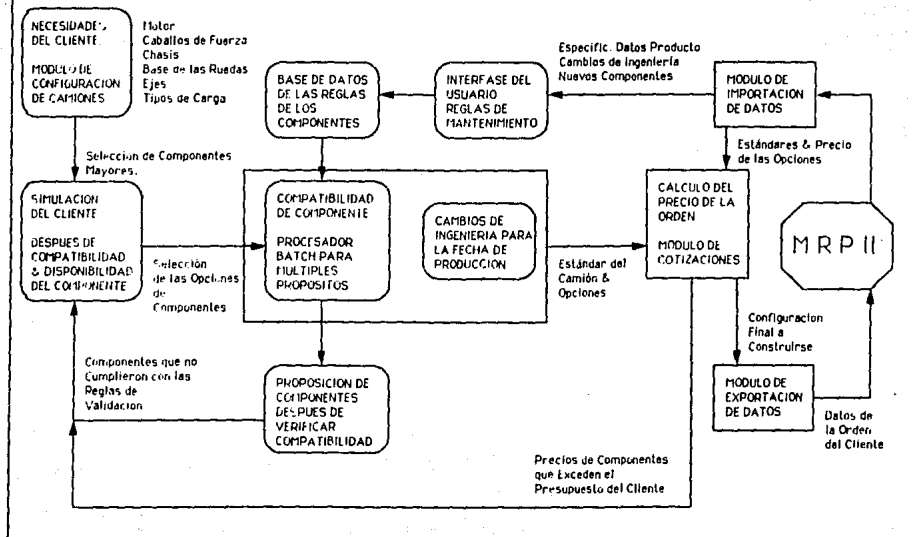
El siguiente diagrama nos ofrece un panorama de la parte correspondiente al configurador.

Es evidente que no toda la parte de ventas recae sobre el configurador, sobre todo por el tiempo de respuesta que se da, aproximadamente mes y medio, por lo que el método tradicional debe coexistir mientras no se bajen estos tiempos. Ahora bien, esto nos lleva a la necesidad de contar con pronósticos de venta mucho más exactos. Esto implica la utilización de modelos estadísticos, en base a las ventas históricas y a técnicas de ajuste de demanda suavizada. Aunque esta parte no ha sido implementada, es parte esencial del módulo de ventas.

Es menester mencionar que el impacto directo de los puntos hasta ahora tratados, no sólo corresponden al área de ventas, sino que también impactan de una manera significativa sobre ingeniería del producto; (ver factores críticos de éxito).

# PROYECTO DINASTIA

## SISTEMA DE CONFIGURACION DE CAMIONES



### Planeación de la Producción:

La planeación de la producción parte del PGD (programa general de operaciones) y del PIF (programa interno de fabricación). Al establecerse éstos, la planta queda condicionada a producir un modelo cuando menos en corridas de tres días, además, debe tomarse en cuenta que el cambio de la línea para producir otro modelo se toma aproximadamente dos días. Los estándares de ingeniería industrial para las líneas uno y dos están basados en los modelos 551 y 800 respectivamente; y siendo problemático establecer otros estándares debido principalmente al sindicato. De tal suerte que si surge un cuello de botella (supongamos por un momento que se trata de problemas en el área de pintura), la línea entonces se detiene y se comienza a producir un modelo afín pero menos sofisticado, usualmente la "coraza". Esto permanece así mientras el problema no se resuelva. Por otra parte, una vez que un determinado modelo termina su corrida, éste no vuelve a ser manufacturado hasta que viene la siguiente corrida (comúnmente más de treinta días después).

A pesar de que se cuenta con un MRP hecho en casa, y mal que bien ineficiente, ahora hay la necesidad de uno que tome como entrada las órdenes de fabricación y los pronósticos, haciendo con esto que se produzcan unidades completas y de acuerdo a su programación en el tiempo. Creo que es por demás mencionar que éste debe ser capaz de realizar un análisis en cuanto a recursos disponibles, tiempos de entrega, etc., y de alguna u otra manera, mostrar los impactos que puede

acarrearlos en nuestro programa.

La puesta en punto de la línea (line setting) juega un papel muy importante en el proceso de manufactura. El negociar con el sindicato tomas de tiempo se hace prioritario. El análisis de precedencias (en el caso de pintura: colores claros primero; luego oscuros) ayudará a minimizar el cambio de herramienta. El establecimiento de Kanban para manejar los materiales en el piso no sólo disminuirá el tiempo de cambio de materiales, sino que permitirá un mejor control de los mismos. Al final de cuentas, esto se traduce en menores tiempos de puesta a punto y disminución de costos.

Proveedores.

La falta de una comunicación verdaderamente efectiva que enlace a Dina con sus principales proveedores le ha causado los siguientes problemas:

- a. Material faltante en línea.
- b. Altos costos por la liberación de las modificaciones de ingeniería.
- c. Tendencia a sobreinventariarse por temor a faltantes.
- d. Generación de inventario obsoleto.
- e. Cambio de partes en los embarques de Navistar por obsolescencia de ésta y sin notificación de ingeniería.

La implementación entre Dina y sus principales proveedores de EDI (Electronic Data Interchange) debe ser el factor que diluya todos los problemas antes expuestos, amén de proporcionar una mejor información sobre material en tránsito y la notificación del avance del embarque.

Ahora bien, su integración bajo el esquema CIM permitirá que se haga más fácil el trabajo en el área de adquisiciones, ya que tan pronto como un cambio de ingeniería tiene lugar o los resultados del proceso de MRP son generados, el área de adquisiciones los conoce, permitiendo con esto que se realice rápidamente el trabajo por el cual están siendo pagados, comprar el material adecuado en cantidades exactas y asegurar su envío en el momento en que éste sea necesitado (no antes, no después).

Por otra parte, las relaciones con los proveedores deben cambiar de tal forma que ambas compañías se beneficien. En este sentido se están dando pasos hacia establecer proveedores únicos, traduciéndose en mejores precios, tiempos de entrega y aseguramiento de la calidad.

#### Control de Inventarios:

El módulo que en este sentido se requiere debe ayudarnos a optimizar los niveles de inventario, esto mediante el uso de modernas técnicas de control, que aunado al MRP, podrán sugerir la compra o la generación de órdenes de trabajo.



A través de la interfase de EDI, los proveedores recibirán los requerimientos y por el mismo medio recibiremos su respuesta, en cuanto a si podrán o no cumplir. Resulta también imperativa la implementación de un proceso de conteo cíclico que permita elevar la confiabilidad de los números correspondientes al inventario.

La integración de cada uno de los módulos de CIM nos proveerá de una información dinámica y consistente, de tal suerte que tan pronto como se dé un cambio, las áreas involucradas estarán al día en cuanto a éste.

El PBA (Point Break of Application) determinará con exactitud cuándo un cambio será introducido, evitando con esto la generación de material obsoleto en los almacenes. Es importante considerar un proceso de selección de todos los cambios provenientes de Navistar y que afecten a los modelos Dina, ya que de otra forma nos estaríamos llenando de basura.

#### Tecnología de Información:

El primer punto consiste en establecer las siguientes redes:

LAN (Local Area Network): Que será la espina dorsal a la cual estarán adheridos todos los equipos de cómputo, desde PCs hasta Mainframes en cada una de las localidades.

WAN (Wide Area Network): El objetivo será el implementar un

enlace satelital entre las tres principales localidades: México, D.F., Cd. Sahagún y Chicago, Il., y por medio de RDI (Red Digital Integrada) con Guadalajara.

De esta forma queda todo integrado maximizando con ello la eficiencia de operación de los sistemas de información en todo sentido, y siendo esto totalmente transparente para el usuario.

En cuanto a la adquisición de nuevo equipo, éste deberá ser hecho siguiendo los estándares de la industria. Con esto aseguraremos la conectividad de todos los elementos que conforman la red; y por otro lado, una independencia total del proveedor de hardware. Es importante mencionar que debido al volumen de datos y operaciones, resulta conveniente tener un segundo equipo que soporte y monitoree al primero y viceversa, evitando con esto que si fallase alguno, se paren las operaciones, ya que el otro entraría al relevo.

#### Tabla de Tiempos del Proyecto de DINASTIA:

La tabla de tiempos ha tomado como inicio el primer día del año, tomando períodos de un año. Ahora bien, durante los primeros seis meses se comenzará con la implantación del proceso y algunas áreas involucradas en la producción durante la segunda mitad del año. El proyecto, por tanto, ha venido siguiendo la siguiente secuencia:

- I. 

Requerimientos en detalle del proyecto.

Definición del equipo staff del proyecto.

Inicio del programa de educación para el staff y el comité de seguimiento.

Preparar los objetivos globales de MRP.

Preparar los objetivos específicos de cada área.

Preparar en detalle los requerimientos e identificar cuáles serán satisfechos en cada fase.

Definir los cambios que se realizarán al software para su integración.

Preparar los planes por área para llevar a cabo la implementación del sistema.

Definir los objetivos del negocio y que deben ser cubiertos por el sistema.

Detallar las nuevas tecnologías a utilizar y la filosofía a seguir.
  
- II. 

Especificaciones de producto y catálogos básicos.

Iniciar la educación para el equipo de ingeniería del producto.

Validar los datos de los archivos maestros (lista de partes).

Validar las actuales políticas y procedimientos.

Validar la información transferida desde Navistar.

Preparar la información de materiales y partes para que pueda ser utilizada por un sólo sistema.

Modificar los programas computacionales que lo requieran.  
Establecer un método de sondeo que nos permita conocer las necesidades actuales y futuras.

III. Control de inventario y manejo de almacenes.

Iniciar la educación de la gente de control de inventario, almacenes y planeación de materiales.

Validar la información respecto a localización de los almacenes, clasificación, tiempos de entrega y políticas de requisición.

Validación de los procedimientos y políticas actuales.

Modificar programas que así lo requieran.

Definir los procedimientos para conteo cíclico y físico.

IV. Comunicación entre adquisiciones y proveedores.

Iniciar fase de educación entre el staff de compras, almacenes, desarrollo de proveedores y control e inspección de calidad.

Generar una relación de negocios más estrecha con los principales proveedores para que se tenga el material en el tiempo y en el precio justo.

Alianzas estratégicas con principales proveedores.

Validar la información actual como el archivo maestro de proveedores, tiempos de entrega, logística de embarque.

Definir nuevas políticas y procedimientos.

Modificar programas que lo necesiten.

Monitorear necesidades actuales y futuras.

Definir los procedimientos de comunicación mediante el uso de EDI.

U. Planeación y control de la producción.

Fase de educación para la gente de planeación y control de la producción.

Validar la información actual correspondiente a PGO (plan general de operación), PIF (programa interno de fabricación) y factores de scrap (desperdicio).

Detección de necesidades actuales y futuras.

Definir los procedimientos de comunicación para el uso de la notificación avanzada de embarque, tanto para proveedores nacionales como internacionales.

Modificar programas para que cumplan nuestro cometido.

UI. Codificación, cotización y entrada de órdenes.

Fase de educación en cuanto a las personas de ventas, marketing, contabilidad de costos e ingeniería del producto.

Validación de la información de distribuidores, clientes, contratos y convenios.

Verificación y modificación de los actuales procedimientos y

políticos.

Identificar necesidades actuales y futuras.

Definir los mecanismos de comunicación que transfieran la información inicial de ventas al PGO y al PIF.

Modificar y crear los programas que se requieran.

VII. Chequeo y control de todas las soluciones aplicadas para

llegar a CIM y a WCM.

Control y validación del tráfico de la información entre las distintas áreas (entradas y salidas).

Consolidación de los puntos de unión interáreas.

Retroalimentación de la información.

VIII. Presentación final del proyecto.

Presentación de las conclusiones y de la memoria final del proyecto.

En esta gráfica de Gantt podemos observar la implementación general de los módulos que componen CIM. Posteriormente describiré más en detalle los módulos. También encontraremos aquí la ruta crítica del proyecto en general, así como la tabla de tiempos para esta ruta crítica.

Módulos que integran CIM.

Hemos mencionado que el éxito de CIM reside en su totalidad en la



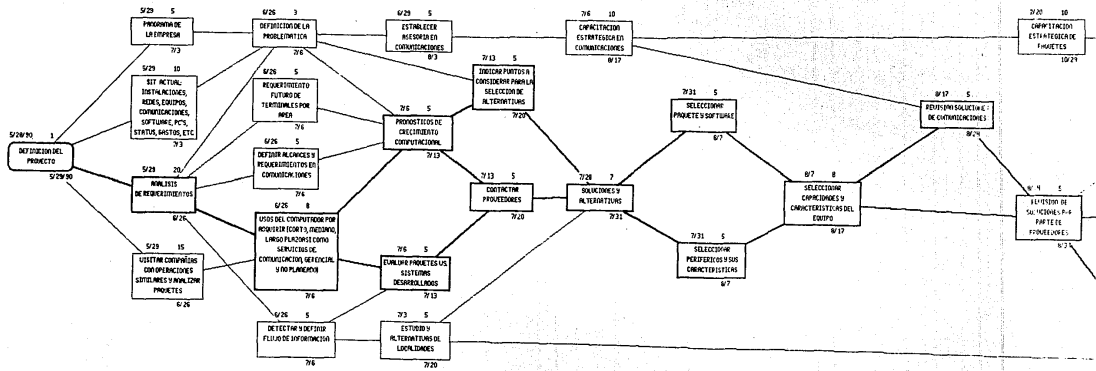
**TABLA DE CALCULO DE LA RUTA CRITICA**

ACTIVIDAD	DURACION	INICIO MES TEMPRANO	TERMINO MES TEMPRANO	ULTIMO INICIO	ULTIMO TERMINO	NOLONES
1 DEFINICION DEL PROYECTO	1	5/28/90	5/29/90	5/28/90	5/29/90	0
2 PANORAMA DE EMPRESA	5	5/29/90	6/5/90	6/26/90	7/3/90	28
3 SITUACION ACTUAL	10	5/29/90	6/12/90	6/19/90	7/3/90	21
4 ANALISIS DE REQUERIM.	20	5/28/90	6/26/90	5/28/90	6/26/90	0
5 VISITAR COMPAÑIAS	15	5/29/90	6/19/90	6/5/90	6/26/90	7
6 DEFINICION PROBLEMAT.	3	6/26/90	6/29/90	7/3/90	7/6/90	7
7 REQUERIMIENTO FUTURO	5	6/26/90	7/3/90	6/29/90	7/6/90	3
8 DEFINIR ALCANZES	5	6/26/90	7/3/90	6/29/90	7/6/90	3
9 USOS DEL COMPUTADOR	8	6/26/90	7/6/90	6/26/90	7/6/90	0
10 FLUJO DE INFORMACION	5	6/26/90	7/3/90	6/29/90	7/6/90	3
11 EVALUAR PAQUETES	5	7/6/90	7/13/90	7/6/90	7/13/90	0
12 ESTUDIO LOCALIDADES	5	7/3/90	7/10/90	7/13/90	7/20/90	10
13 PRONOSTICO CRECIM.	5	7/6/90	7/13/90	7/6/90	7/13/90	0
14 ASESORIA EN COMUNIC.	5	6/29/90	7/6/90	7/27/90	8/3/90	28
15 CONTACTAR PROVEEDORES	5	7/13/90	7/20/90	7/13/90	7/20/90	0
16 INDICAR PTOS. SELECCION	5	7/13/90	7/20/90	7/13/90	7/20/90	0
17 CAPACITACION COMUNIC.	10	7/6/90	7/20/90	8/3/90	8/17/90	29
18 SOLUCIONES Y ALTERNAT.	7	7/20/90	7/31/90	7/20/90	7/31/90	0
19 SELEC. PAQUETE Y SOL.	5	7/31/90	8/7/90	7/31/90	8/7/90	0
20 SELEC. PERIFERICOS	5	7/31/90	8/7/90	7/31/90	8/7/90	0
21 SELEC. CAPACIDADES	8	8/7/90	8/17/90	8/7/90	8/17/90	0
22 REVISION SOLUC. COMUNIC.	5	8/17/90	8/24/90	8/17/90	8/24/90	0
23 REVISION SOLUC. PROVEED.	5	8/24/90	8/31/90	8/24/90	8/31/90	0
24 CAPACITACION PAQUETES	10	7/20/90	8/3/90	10/15/90	10/29/90	87
25 SELECCIONAR PROVEEDOR	3	8/31/90	9/5/90	8/31/90	9/5/90	0
26 ESTRUCTURA FUNCIONAL	5	8/31/90	9/7/90	10/29/90	11/5/90	53
27 DEFINIR LOCALIDAD	3	8/31/90	9/5/90	8/31/90	9/5/90	0
28 PREPROYECTO CTRO COMP.	10	9/5/90	9/18/90	9/5/90	9/19/90	0
29 SELEC. EQUIPO COMPUTO	5	9/5/90	9/12/90	9/5/90	9/12/90	0
30 REQUERIM. CAPACITACION	5	9/12/90	9/19/90	10/29/90	11/5/90	47
31 PROG. INSTAL. SISTEMAS	10	9/12/90	9/28/90	10/22/90	11/5/90	40
32 MECANISMOS SEGURIDAD	5	9/12/90	9/19/90	10/29/90	11/5/90	47
33 SELEC. EQUIPO COMUNIC.	15	9/12/90	10/3/90	9/12/90	10/3/90	0
34 ACORD. LOCALIDAD	10	9/19/90	10/3/90	9/19/90	10/3/90	0
35 COSTOS	15	10/3/90	10/24/90	10/3/90	10/24/90	0



**TABLA DE CALCULO DE LA RUTA CRITICA**

	ACTIVIDAD	DURACION	INICIO MAS TEMPRANO	TERMINO MAS TEMPRANO	ULTIMO INICIO	ULTIMO TERMINO	HOLGURA
36	JUSTIFIC. ECONOMICA	8	10/24/90	11/5/90	10/24/90	11/5/90	0
37	TRAMITES SCT	15	10/3/90	10/24/90	10/15/90	11/5/90	12
38	REVISION DIREC. GRAL.	6	10/24/90	11/1/90	10/26/90	11/5/90	2
39	PRESUPUESTO 1991	5	11/1/90	11/8/90	11/5/90	11/12/90	4
40	CALENDARIZAR ACTIVOS.	5	11/5/90	11/12/90	11/5/90	11/12/90	0
41	DOCTO. Y MAT. PRESENT.	5	11/12/90	11/19/90	11/12/90	11/19/90	0
42	PRESENTACION	0	11/19/90	11/19/90	11/19/90	11/19/90	0



INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS



integración de todos los departamentos que forman parte de la empresa.

Es evidente que para llevar a cabo esto, el coordinador de CIM debe conocer con toda certeza la operación de la empresa y debe ser capaz de poder identificar las posibles ligas interdepartamentales para poder asegurar el éxito de un proyecto de estas dimensiones.

En Dina, pues, se tuvo que llevar a cabo lo anterior. Aunque finalmente se obtuvo lo que aparece en la siguiente gráfica y que no es otra cosa que el flujo del sistema de información de manufactura. Es menester mencionar que esto representa un trabajo bastante árido pero satisfactorio e ilustrativo. En éste podemos ver e identificar claramente los tres ciclos principales como son: el de planeación, el de compras y el de orden de trabajo; y por otro lado, podemos identificar con extrema claridad las ligas que unen a los distintos departamentos y qué es lo que les afecta en su desempeño.

De este análisis se desprende que el proyecto CIM debe estar soportado por 6 módulos distintos y conteniendo cada uno de ellos pequeños submódulos. Estos fueron:

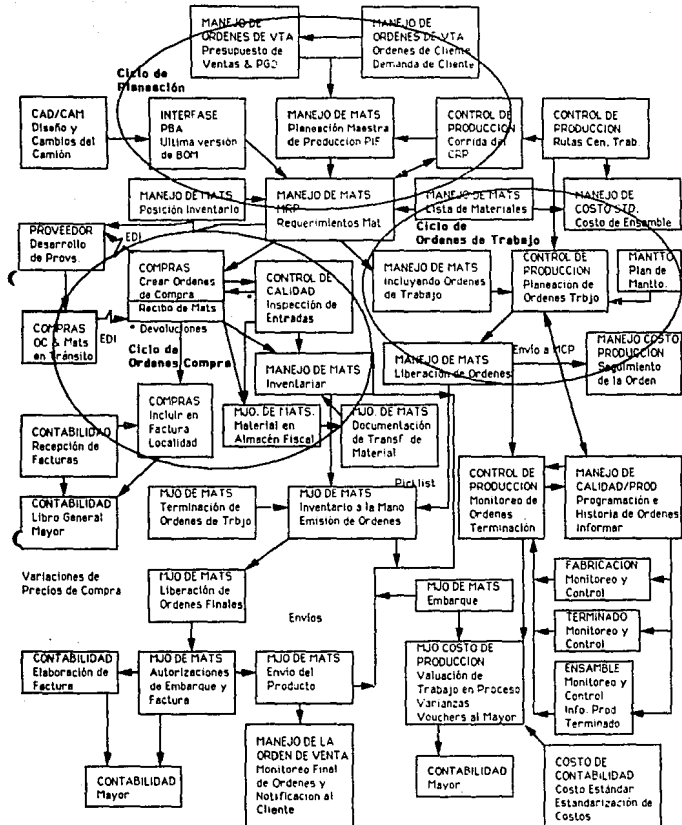
**Módulo Base:**

Partes y productos.

Direcciones.

Control de inventario.

### FLUJO DEL SISTEMA DE INFORMACION DE MANUFACTURA EN DINAMICA



Función de administración.

Manufactura:

Lista de partes.

Rutas y centros de trabajo.

Inventario físico.

Ordenes de trabajo.

Control de piso.

Distribución:

Ordenes de venta/facturación.

Compras.

Análisis de venta.

Financieras:

Libro general mayor.

Cuentas por pagar.

Cuentas por cobrar.

Manejo de monedas.

Manufactura avanzada:

Planeación de la línea de productos.

Planeación de los recursos.

Plan maestro de producción.

Pronóstico.

Planeación de requerimientos de material.

Planeación de requerimientos de capacidad.

Distribución avanzada:

Características y opciones.

Ordenes de servicio y reparación.

Cotización de ventas.

Sin embargo, aun nos falta describir cuáles son los objetivos de cada uno de ellos así como sus características.

- Módulo Base

#### Partes y Productos

Objetivo: Altas, bajas y mantenimiento a la línea de productos, partes, unidades de medida y listas de precios.

La línea de productos es usada para agrupar partes o productos y está directamente asociada con el mayor a través de estas mismas partes o productos. Siendo éste punto el vínculo necesario para poder integrar los demás módulos.

#### Características:

Cuentas en el mayor por línea de producto.

Fácil modificación de las cuentas.  
Cambios globales del número de parte.  
Tiempos de entrega separados para compras,  
inspección y manufactura.  
Distintas localizaciones.  
Partes fantasma.  
Control por número de serie, lote.  
Referencia comprador-proveedor.  
Listas de precios, descuentos (varias para una parte).

Direcciones:

Objetivo: Mantener toda la información referente a direcciones de proveedores, clientes, códigos, nombres, empleados. Esto estará asociado a términos de créditos y rangos de impuesto.

Características:

Cambios globales de direcciones.  
Direcciones separadas para embarque y factura.  
Código de remisión del proveedor.  
Rangos de impuestos de acuerdo a la localidad.  
Monedas y lenguaje de acuerdo al proveedor o cliente.  
Información de crédito de un cliente.  
Consultas de información por cliente, proveedor,  
empleado, agente de ventas.



Término de los créditos basado en la fecha de factura.

Porcentaje de comisión por agente.

Comisiones por línea de producto.

Ventas, embarques y reservaciones por agente.

#### Control de Inventario:

Objetivo: Crear recibos, expediciones y ajustes al inventario por el método de conteo cíclico. Todo será controlado mediante el lote o número de serie, siendo éste un requerimiento para todo aquello que afecte el inventario.

#### Características:

Distintas localidades de almacenamiento.

Inventario considerado por lote, número de serie y localidad.

Múltiples números de serie/lotes para recibo y expedición.

Mejoras en auditoría debido a la posibilidad de un mejor rastreo.

Uso de código de barra.

Histórico de transacciones.

Disponibilidad del material.

### Funciones Administrativas:

Objetivo: Esta parte se refiere a la administración de todo el sistema computacional. Mantener los defaults del sistema, ejecutar comandos del sistema operativo, poner a punto impresoras, requerimientos de impresión, modificar el sistema y cambiar passwords.

### Características:

Mantener defaults del mayor.

Mantener defaults de moneda.

Códigos y mensajes estándar.

Códigos definidos por el usuario.

Habilidad para usar comandos del sistema operativo.

Capacidad de proceso en batch.

Capacidad de proceso por base de datos.

- Módulos de Manufactura

### Listas de Materiales:

Objetivo: Proveedor el mantenimiento adecuado a la lista de materiales de cada producto incluyendo los subensambles.

Las listas de materiales deben estar en el sistema como una relación padre-componente. El producto es considerado como 'padre' y las partes como 'componentes'. Estas listas estarán directamente relacionadas con los cambios de ingeniería (PBA).

### Características:

Reportes a un sólo nivel o a multiniveles.

Reportes de dónde se utiliza esa parte (where used).

Tiempos de entrega

Costeo estándar de acuerdo a la lista actual.

Fechas de efectividad de las partes de la lista.

Factores de 'scrap' de partes de la lista.

Cálculos basados en ruta crítica y tiempos de entrega.

Descarga de inventario al bajar la unidad de línea.

### Rutas y Centros de Trabajo:

Objetivo: Definir departamentos, centros de trabajo, operaciones y rutas que están involucradas en la manufactura de un producto.

Considerando un departamento como un conjunto de centros de trabajo. Está directamente relacionado con la obtención de los costos directos e indirectos, así como también con los módulos de control de piso.

### Características:

Calcular tiempo de manufactura a partir de las rutas.

Calcular tiempo de puesta a punto y corridas.

Capacidad de mano de obra y máquinas por centros.

Operaciones estándar y su descripción.

Código de proveedor para proceso externo.

Código de herramienta para cada operación.

Rangos de mano de obra directa e indirecta para cada centro y herramienta.

Costos de mano de obra directa e indirecta así como de subcontratos.

Determinación de las plantillas de personal de operación y puesta a punto.

#### Inventario Físico:

Objetivo: Ayudar a obtener un conteo preciso de todos los componentes que se tienen a mano (on hand), así como de los ensamblados.

Después de un congelamiento del inventario, se imprimen las cantidades y se checan contra el físico. Las varianzas son calculadas para ver si se encuentra dentro de lo permisible.

#### Características:

Congelación del inventario.

Etiquetas de comparación por parte, localización, lote, así como para los estratos A, B, C y D.

Uso de código de barras.

El conteo debe ser comparado contra las tolerancias establecidas.

Actualización del inventario que se esté usando.

Ajustes al mayor.

#### Órdenes de Trabajo:

Objetivo: Mantener todas las órdenes de trabajo e imprimir todas las listas de materiales a utilizar así como las rutas. Contempla también la planeación de estas órdenes, listas, operaciones completas, recepción y puesta del producto terminado en stock.

#### Características:

Costos por retrabajo.

Partes ruteadas.

Contabilización del trabajo en proceso.

Uso de partes fantasma.

Seguimiento del material.

Histórico de procesos y material utilizado.

Herramientas a utilizar.

#### Control de Piso:

Objetivo: Registrar tiempos y status de cada operación. Esta función utiliza las rutas de las órdenes de trabajo para calcular los estándares contra las varianzas actuales, eficiencias y utilización.

Características:

La finalización de una operación causa la finalización de todas las anteriores.

Status de la operación por movimiento o por tiempo.

Históricos de trabajos fuera de planta.

Reportes de detalle por turno, departamento, máquina.

Costos de mano de obra actualizados automáticamente.

Eficiencia por empleado, centro-máquina u orden de trabajo.

Interfase con el Mayor.

- Módulo de Distribución

Órdenes de Venta/Facturación:

Objetivo: Mantener al momento todo lo referente a órdenes de venta y facturación. Esta función está estrechamente relacionada con control de inventario, planeación de materiales y cuentas por cobrar, proporcionando con esto un gran control sobre las órdenes de venta.

Características:

Interfase con el análisis de ventas.

Interfase con la cotización de ventas.

Interfase con el módulo de características y opciones.

Validación contra los inventarios.

Status de la orden.

Verificación del estado de crédito para un determinado cliente.

Facturación a direcciones distintas.

Configuración del producto de acuerdo al cliente.

Validación de fechas de terminación de uso.

Cálculo de la comisión al agente.

Consolidación de ventas.

Uso del número de parte del cliente en refacciones.

Obtención de márgenes brutos.

#### Compras:

Objetivo: Mantener al momento todo lo referente a los órdenes de compra y requisiciones. Encontrándose integrado a requerimientos de materiales y la función de planeación, de tal forma que se tenga información actualizada que ayude a ejecutar el plan de materiales.

#### Característica:

Interfase con cuentas por pagar.

Requisiciones de compra.

Recibos de compra.

Compromisos de compra.

Variaciones de precios.

Verificación de la liga subcontratos-orden de trabajo.

Recibos de distintas localidades para un lote o parte.

Actualización inmediata del inventario.

Evaluación del comportamiento de los proveedores.

Soporte a compras únicas y fuera de stock.

Soporte de uso de distintas monedas.

#### Análisis de Ventas:

Objetivo: Dar seguimiento a las cuotas asignadas a cada agente y generar reportes especializados de ventas; unido a órdenes de venta/facturación. Generar información tan valiosa como históricos de venta, tendencias, márgenes, costos y cuotas.

#### Características:

Detallados de venta por: parte, producto, cliente y agente.

Mantenimiento actualizado de los acumulados.

Cuotas contra ventas reales.

Tendencias de venta por partes y por producto terminado.

Desglose de cuotas.

- Módulos Financieros

#### Mayor:

Objetivo: Llevar con eficiencia los presupuestos, registrar las transacciones del libro diario, así como transacciones con subsidiarias y, por supuesto, generar todos los reportes financieros.



Resulta básico que todos los módulos estén en comunicación con éste para que todas las las transacciones sean registradas, permitiendo con ello tener una información confiable y susceptible de consolidarse en el momento que uno desee. Por lo cual debe trabajar en interfase con compras, control de inventario, inventario físico, partes/productos, órdenes de venta, cuentas por cobrar y por pagar.

Características:

Integrado a diversos módulos.

Contabilidad multiempresa.

Uso de distintas monedas y valuación de su tipo de cambio.

Costeo y presupuesto de centros, tipos de cuenta y proyectos.

Priorización de ciertas transacciones.

Consolidación de la información.

Reportes financieros de acuerdo a las necesidades.

Cuentas por Pagar:

Objetivo: Registrar las cantidades que se deben a los proveedores y generar el pago de éstas. Esta función toma control de todas las facturas, desembolsos y concilia las cuentas bancarias. Por otra parte, proporciona un análisis histórico de transacciones (factura-pago) que sirve al Mayor.

Características:

Interfase con compras mediante los recibos.

Uso de distintas monedas.

Manejo de distintas cuentas bancarias.

Manejo de descuentos y créditos (plazos).

Generación de pagos.

Procesamiento de pagos de cheques.

Revisión de cuentas con proveedores (rechazos, retrabajos).

Histórico de pagos.

Cuentas por Cobrar:

Objetivo: Mantener actualizados los balances de los clientes en cuanto a débitos o créditos se refiere; y a sus fechas de vencimiento. Sale sobrando el decir que su principal interfase la constituye el módulo de órdenes de venta/facturación.

Características:

Uso de distintas monedas.

Memoranda en cuanto a fechas de vencimiento para créditos y débitos.

Manejo de antigüedad de la cartera.

Información sobre el crédito de un cliente.

Interfase con el banco.

Cálculo de descuentos en base a crédito y compra o monto de

la operación.

Uso de Múltiples Monedas:

Objetivo: Manejar distintas monedas, sus tipos de cambio y cuentas bancarias. Permitirá calcular las pérdidas o ganancias debido a las fluctuaciones de las monedas.

Características:

Interfase con cuentas por pagar, cuentas por cobrar y el Mayor.

Interfase con órdenes de venta/facturación.

Interfase con compras.

Tipos de cambio por día o por período.

Pérdida/utilidad en tipos de cambio.

Tipo de cambio de default para un proveedor/cliente.

- Módulo de Manufactura Avanzada

Planeación de la Línea de Productos:

Objetivo: Planear los embarques, subproductos, e inventario para una línea de producto. Siendo el propósito principal determinar el nivel de producción de un producto, ya que este nivel debe ser uno que balancee las necesidades del mercado, finanzas y manufactura. Esto está directamente asociado a la planeación maestra y a la planeación de recursos.

#### Características:

Cálculos interactivos de las proyecciones del inventario usando embarques proyectados, producción.

Verificación de la desviación entre lo usado y lo pronosticado por línea.

Consolidación de los recursos necesarios a partir del plan de producción.

#### Planeación de los Recursos:

Objetivo: Planear los principales recursos de una planta de manufactura. Estos recursos podrán estar asociados a cualquier parte o línea de producto. Esta función utiliza el plan maestro de producción para establecer los reportes de requerimientos.

Estos requerimientos serán obtenidos a partir de la explosión del maestro de producción y de la lista de materiales hasta su más bajo nivel. Es importante mencionar que se debe evitar la sobrecarga en los diversos centros de trabajo.

#### Características:

Lista de materiales necesarios para cada parte, producto, línea de producto con su tiempo de entrega.

Detallado o conglomerado de recursos con sus cargas.

Interfase con control de piso e ingeniería industrial.

### Planeación Maestra de Producción:

Objetivo: Contratar productos terminados así como las órdenes de ensamble de estos productos. Esta función utiliza los datos provenientes del pronóstico, órdenes de venta, órdenes de trabajo y los de compras para calcular los requerimientos brutos.

La planeación maestra utilizada a todos los niveles de ensamble es una técnica muy útil en el control de la planeación de ensambles, de acuerdo a órdenes. Esta técnica utiliza el 'on-hand' (material disponible), para comprometer cantidad, listas de planeación, listas de opciones para crear un pronóstico de producción para las opciones y accesorios de un producto; hasta entonces es cuando este pronóstico de producción es considerado como una demanda en cuanto a opciones o accesorios de un producto.

### Características:

La planeación maestra y los reportes de MRP en moneda extranjera, así como resumidos por línea de producto o por grupo de producto.

Planeación de los lotes de producción diaria, semanal, mensual.

Pronósticos semanales.

Soporte de órdenes en firme y por confirmar.

Permite una actualización de las listas de órdenes de trabajo y sus rutas mediante un proceso batch.

Soporta demanda estacional.

Requerimiento y provisión de materiales a cualquier nivel.

Pronóstico:

Objetivo: Mantener los pronósticos ya sea por parte o grupo de partes que son utilizados por el plan maestro y por el de requerimientos de material. Debemos considerar que el pronóstico usualmente representa una demanda para todas aquellas piezas que se encuentran bajo el control del proceso de MRP.

Características:

Pronósticos semanales.

Ventas anormales no consumen pronóstico.

Demanda del pronóstico estacional.

Mantenimiento del pronóstico por grupo o por parte.

Exposición de un grupo hasta el nivel más bajo.

Planeación de Requerimientos de Material:

Objetivo: Generar las órdenes planeadas de compra y las órdenes de trabajo para llevar a cabo la planeación maestra.

Este proceso de MRP puede realizarse de dos formas: ya sea un cambio neto o una regenerativo. Entendiendo por un cambio neto a aquellas partes que han tenido transacciones y que pueden afectar el tiempo o

cantidad de las órdenes y que por tanto se incluyen en este cálculo. En un regenerativo, todas las partes son incluidas en el proceso de cálculo. Al final de cuentas, los resultados de ambos métodos deben ser los mismos; sin embargo, la rapidez que se obtiene utilizando el cambio neto es significativo.

#### Características:

Definición del horizonte de planeación.

Reportes de MRP y maestro de planeación en montos y agrupados por línea de producto.

Planeación de lotes diaria semanal o mensual.

Pronósticos semanales.

Producción estacional.

Soporta requisiciones de compra y órdenes planeadas en firme.

Órdenes vencidas y reportes.

Lógica de uso de partes fantasma.

#### Planeación de los Requerimientos de Capacidad:

Objetivo: Calcular las necesidades en cuanto a capacidad y carga de trabajo para poder llevar a cabo el plan maestro. Esta función utiliza las órdenes de trabajo para generar los requerimientos de acuerdo al centro de trabajo/máquina.

Características:

Cálculo de carga por departamento.

Múltiples máquinas por centro de trabajo.

Recálculo de la carga centro de trabajo/máquina a partir de las órdenes planeadas y liberadas.

Reportes sumariados y detallados.

Interfase con ingeniería industrial.

- Módulos de Distribución Avanzada

Características/Opciones:

Objetivo: Recabar la información concerniente a la configuración de un producto, revisar las configuraciones de los productos en las órdenes de venta y liberar las órdenes de fabricación para las configuraciones ordenadas.

Características:

Especificación mandatoria de una característica.

Opciones de default pueden ser identificadas.

Una opción puede llamar a otras opciones.

Pronóstico para cada opción o accesorio.

La configuración definida a partir de modelos base.

Asignación del número de serie y lote a componentes y embarques de las órdenes de venta.

Generación de las órdenes de trabajo único para



determinadas configuraciones.

Cotizaciones de Venta:

Objetivo: Mantener la información necesaria para poder cotizar al momento y realizar el seguimiento de las mismas, control de las fechas de caducidad, números de orden de venta asociado o razón por la que no se acepta.

Características:

Interfase con órdenes de venta/facturación.

Cotizaciones recurrentes.

Comentarios.

Direcciones de embarque y facturación distinta.

Órdenes de Servicio/Reparación:

Objetivo: Mantener la información pertinente a órdenes de servicio y reparación así como autorizaciones de devolución. Este módulo está diseñado para proporcionar un seguimiento y análisis en cuanto a las necesidades del usuario final, incluyendo los requerimientos de literatura que se tengan.

Características:

Status de las órdenes de servicio/reparación.

Autorización de devolución.

Códigos de falla.

Partes involucradas (número de serie, lote).

Histórico de clientes.

## 5.- Estado Actual del Proyecto.

Hemos mencionado que un proyecto CIM, con un enfoque World Class, es un proyecto a largo plazo y DINASTIA no es la excepción. No tanto por la implementación del proyecto en sí, sino por todo aquello que le rodea como son: selección de proveedores, trámites gubernamentales (comunicaciones) y la implantación de proyectos paralelos que deben ligarse perfectamente con CIM.

Para que esto funcione adecuadamente, está visto que la parte neurálgica la constituye las comunicaciones, que se encuentran a punto de terminarse. En este aspecto, se ha cubierto lo siguiente: cambio a un PBX (conmutador digital) y con las posibilidades de utilizar la red digital Integrada de TELMEX (red de fibra óptica); construcción y compra del equipo necesario para operar las estaciones terrenas (México y Ciudad Sahagún); contratación con SCT del segmento satelital en el Morelos II, utilizando la banda C y manejando en dicha banda dos canales de datos y ocho de voz para el segmento México-Sahagún, y dos y seis para Navistar. La utilización del telepuerto de Uitacom en San Francisco, Cal. para después conectarnos con Navistar. Por otra parte, se está en pláticas con TELMEX para la utilización de RDI en el segmento México-Guadalaajara. Por último, se está implementando redes tipo ETHERNET para unir PCs y workstations a los mainframes.

El segundo aspecto lo constituyen las computadoras en sus dos divisiones: software y hardware; éstas por orden de importancia. El software ha sido ya seleccionado pero no se ha implementado por dos razones: 1) Los tiempos de entrega del hardware; 2) La capacitación al personal de sistemas y de otras áreas está finalizando. El punto de software lamentablemente tuvo que llevarse demasiado tiempo por la importancia que reviste para el proyecto, ya que éste involucra procesos como el MRP, la configuración de opciones y el control de inventarios, entre otros, y de su interacción depende el éxito de este proyecto.

Mientras todo esto se desarrollaba, cada área venía trabajando en los proyectos y procesos que les fueron conferidos. Esta serie de proyectos tiene por objetivo dos cosas: 1) Volver más eficiente a las áreas bajo World Class; y 2) Dejarlas listas para su integración a CIM.

En el área de compras, podemos decir que se encuentran elaborando el programa de premiación a la calidad, reducción de proveedores hasta llegar a contratos únicos, modificación de políticas (pedidos en firme, embarques, tiempos de entrega y pagos). Reducción del papeleo para generar pedidos. Establecimiento de enlaces de prueba para el funcionamiento de EDI (Electronic Data Interchange), tanto con proveedores nacionales como con los extranjeros.

En control de producción se está llevando a cabo lo siguiente: en

control de inventarios se realizan visitas y conteos físicos de una muestra de materiales donde también se encuentran materiales críticos, con el fin de validar la información, así como una reprogramación de materiales estrato A (los más caros), para evitar sobreinventario. Ingeniería industrial está en pláticas con el sindicado para poder realizar las tomas de tiempo a los nuevos modelos. Por otra parte, el proyecto más importante es la implementación de KANBAN (una explicación en lo qué consiste se encuentra en el anexo 2), para los estratos C y D, reduciendo con esto costos, espacio en piso, y sobre todo, desperdicio.

El departamento de ingeniería ha venido trabajando estrechamente con Navistar para que el proceso de PBR: 1) no nos tome con demasiado inventario; 2) sólo lleguen los cambios que afectan únicamente a modelos Dina. Depuración de las listas de partes y establecimiento de una nomenclatura similar para todas las empresas del grupo. Por otro lado, el proceso de control de calidad se está llevando ahora a la empresa del proveedor para que de esta manera no fluyan materiales deficientes en calidad hacia las plantas. Es menester decir que el reto tecnológico lo constituye el configurador de modelos, ya que de ellos depende su buen funcionamiento.

## HOSHIN

La técnica de Hoshin es una técnica de planeación que permite identificar con precisión los factores críticos de un proyecto, proceso e implementación, etc. El proceso de Hoshin puede llevarse su tiempo (aproximadamente de tres a cinco días), pero bien vale la pena cuando de alcanzar el éxito se trata.

Comenzar una sesión de Hoshin requiere que se reúnan todas las personas involucradas con lo que se va a tratar, no importando el nivel al que pertenecer; lo único que importa es que estén familiarizados con el tema. Es necesario que exista también un moderador que facilite la expresión de las ideas de cada uno de los integrantes y que dé curso al proceso de Hoshin. Una persona encargada de anotar todas las ideas expuestas en rotafolios para su posterior consulta.

La sesión de Hoshin se lleva como sigue:

### Visualización:

En esta parte todos los integrantes deben de enfocar sus ideas hacia cómo les gustaría ver la empresa, el proyecto, el departamento, etc. en lo futuro. Todas estas ideas son escritas en rotafolios y colocadas en la

pared del cuarto de sesión. Estas van a representar el marco referencial para poder llevar a cabo la sesión; siendo importante que el moderador no permita discusiones bizantinas que se aparten de los objetivos aquí planteados.

#### Factores Críticos de Éxito:

Una vez terminado lo anterior, se procede a realizar una lluvia de ideas sobre el hecho de qué cosas o actividades impiden el cumplimiento de los factores antes expuestos. La lista que se va construyendo deberá ir numerada y colocada también en las paredes del cuarto de sesión. Aquí resulta importante mencionar que todos tienen derecho de verter sus ideas y que nadie puede contradecirlas; recayendo esto último en la responsabilidad del moderador.

Una vez terminada la lista, se comienzan a agrupar las ideas que pertenecen a un mismo tema (comunicaciones, inventario, etc.), para después construir una frase que trate de expresar todos estos puntos. Es esta colección de frases y a sus pequeños componentes lo que llamamos factores críticos de éxito y que de no cumplirse ponen en riesgo la obtención del éxito de lo que está por emprenderse.

#### Priorización:

Teniendo las frases anteriores, se proceden a evaluar cada una. Esto se realiza en forma individual y comparando una frase contra otra.

Las calificaciones asignadas por cada uno de los asistentes son recabadas por la persona encargada de las anotaciones para su contabilización, con el fin de que el proceso sea más transparente. En ocasiones, puede resultar bizarro el resultado; dado lo anterior, afortunadamente se cuenta con una clasificación que permite ponderar los factores críticos en el tiempo. Esta clasificación estará dada por: lo que puede ser realizado ahora, dentro de los próximos seis meses y más allá de un año; esto se hace con el fin de que aquellos proyectos o actividades que ya se están dando no sean detenidas.

#### Hojas de Hoshin:

Para finalizar, se realizan estas hojas donde podemos encontrar lo siguiente: un departamento (donde se realiza la principal actividad), la frase donde se engloban los factores críticos de éxito, las actividades y objetivos que se deberán llevar a cabo junto con un responsable y sus colaboradores (estos últimos pueden pertenecer a otras áreas), las fechas de revisión y la fecha de terminación de la actividad en particular. No puede quedar una actividad sin un responsable que vigile la buena ejecución de dichas actividades. A todos los integrantes de la sesión se le entregan copias de todo lo que fue anotado, así como también de estas hojas de Hoshin para el seguimiento de cada uno de los responsables.



## KANBAN.

La palabra Kanban (que se pronuncia tal como está escrito) significa en su traducción literal "registro visible" o "placa visible". Este sistema emplea una tarjeta o etiqueta con código de barras para indicar la necesidad de alimentar o producir una determinada parte. A diferencia de las tarjetas "viajeras" que utilizan algunas empresas, y las cuales no constituyen un sistema Kanban ya que se les emplea en lo que se conoce como un sistema de *empuje* de la solicitud y control de las partes, Kanban es un sistema de *extracción* y ésta es su principal característica. Por tanto, Kanban proporciona las partes cuando se han utilizado las mismas y es necesaria su reposición. Es de suponerse que éste funciona un tanto cuanto como si fuese un sistema JIT (Just In Time), con la salvedad de que se realiza a nivel interno de la fábrica.

El Kanban es factible de implementarse en cualquier empresa dedicada a un proceso discreto (unidades completas). Este puede ser un elemento más de JIT, ya que JIT tiene por objetivo reducir los tiempos de preparación y tamaño de los lotes, lo cual permite "extraer" rápidamente partes de los centros de trabajo productores. Las partes incluidas en el sistema Kanban necesariamente deben ser utilizadas cada día, utilizando para esto un recipiente lleno de un determinado número de parte, lo que

representa un inventario ocioso muy pequeño, tomando en cuenta que se utiliza el mismo día. Estos recipientes a que hacemos referencia son estándar; la cantidad que contienen es exacta (de tal forma que es fácil contar y controlar el inventario), el número de recipientes llenos es de dos por punto de uso; la cantidad que contienen es la exacta para poder consumirse en un día. Las partes muy costosas o muy grandes no deben incluirse en Kanban, ya que su almacenamiento y manejo son costosos.

En Dina, concretamente en control de inventario y producción, se ha comenzado la implementación de un sistema Kanban. Sistema que ya fué implantado en las plantas del tecnólogo Navistar. Este plan de implementación cuenta con las siguientes actividades:

Desarrollar un layout de la planta:

- Identificando los requerimientos de estantería y espacio.
- Determinar las localidades donde estará la estantería.
- Establecer localidades para el equipo de lectura de código de barra.

Determinar las partes susceptibles de entrar en el programa.

Determinar el uso por localidad que tiene una determinada parte.

Analizar una muestra de cada parte para:

- Tamaño.
- Peso.
- Capacidad del recipiente.

Determinar la cantidad del paquete estándar basado en:

- Tamaño.
- Número de localidades que lo utilizan.
- Uso de la parte por localidad.

Determinar los niveles de almacenamiento para cada localidad (número de recipientes):

- Mínimo dos recipientes por localidad.
- Uno de ellos en uso y el otro para soporte.

Recibir en una primera fase las cantidades iniciales por cada localidad.

Desarrollar una metodología para mantener la integridad y poder hacer un seguimiento por lote-proveedor.

Identificar necesidades de entrenamiento y llevar a cabo el mismo:

- Interna.
- Externa.

Dentro de las partes que resultaron susceptibles, de ser incluidas en el plan, podemos nombrar: tornillos, tuercas, rondanas, conectores eléctricos, empaques, etc.; y fueron excluidos: cables eléctricos, focos y materiales a granel como: mangueras, tubos, solventes y lubricantes.

Todo esto nos va a permitir lograr los siguientes objetivos:

- Reducción del inventario.

- Mejora en la metodología de programación.
- Mejoras en el almacenamiento en la línea.
- Reducción de los materiales faltantes.
- Utilización de recipientes retornables.
- Integración de los sistemas.
- Beneficios adicionales como:
  - Mejora en la calidad.
  - Utilización más eficiente de la mano de obra.
  - Bases de estandarización.

Finalmente, quiero hacer énfasis en la reducción del inventario, ya que éste es punto clave para detectar los beneficios financieros y de operación que un sistema de estos posee.

## CONCLUSIONES.

Dado que México ha iniciado una fase de cambio muy importante, en la cual ha tomado la ruta de la internacionalización de su economía, es necesario que el empresario mexicano cuente con técnicas que le permitan crecer y mantenerse en un medio tan hostil. La inclusión de México en los mercados internacionales le obliga a competir con gigantes de la productividad y la competencia como son: Japón, Estados Unidos, Canadá y la Comunidad Económica Europea; implícitamente obligando de igual manera al empresario mexicano. Esto nos conduce a que el empresario mexicano debe estrictamente poner su empresa a la altura de las internacionales, si no en cuanto a capacidad de producción, sí en el renglón de productividad, calidad y eficiencia en lo tocante a producción y administración. Si partimos del hecho de que gran parte de la industria es pequeña o mediana, nos encontraremos que muchas de los dueños de ellas carecen de la información sobre el camino a seguir. Por lo que esta obra pretende dar una pauta para que aquellos empresarios, estudiantes o personas comunes, tengan una base de qué se está haciendo en México de cara a la globalización de las economías.

La presente tesis se basa en una serie de técnicas y filosofías cuya finalidad es alcanzar la optimización de los procesos productivos y administrativos. Algunas técnicas implican el que se realice un gasto; sin embargo, otras implican un cambio en la mentalidad de cómo dar solución a

las problemáticas que se presentan bajo este nuevo esquema de economía. El gasto, en ocasiones, puede resultar oneroso (como el sistema de comunicaciones), pero bien vale la pena cuando tratamos de llevar nuestros productos allende la frontera.

La finalidad de las técnicas aquí expuestas, como ya he mencionado, es dar al empresario alguna ayuda para alcanzar mayor productividad, mediante una correcta aplicación de estándares de manufactura, de comercialización, reducción de costos, reducción del desperdicio, mayor comunicación con proveedores y clientes, y sobre todo, la integración de la empresa como un todo.

Dichas técnicas si bien en lo individual se comportan excelentemente, esto no implica que no puedan llevarse en paralelo persiguiendo la consolidación de la empresa como un ente.

La primera técnica, Programación Lineal, tiene como fin el obtener una mezcla adecuada de las líneas de productos o talleres, lo que se traduce en mayores utilidades.

La Ruta Crítica permite establecer un seguimiento de los proyectos en tiempos y en recursos. Indicando que actividades deben ser prioritarias para la consecución del éxito del proyecto.

El enfoque World Class nos da una visualización de lo que como empresa debemos realizar para poder penetrar en los mercados internacionales. Este enfoque incluye diversas ideas o estándares ya establecidos por compañías internacionales que se deben seguir, como son: el tener a los proveedores como socios, tener satisfechas plenamente las necesidades del cliente, variedad del producto, calidad total, utilización de las nuevas tecnologías, la gente adecuada, etc., por lo que las áreas que World Class involucra son: comercialización, manufactura, compras, estructura organizacional y comunicación, llevándose con esto hacia una excelencia manufacturera.

Finalmente CIM es la técnica por la que se engloban todos los procesos y filosofías de la empresa, permitiendo que la información fluya a través de toda la ella con una facilidad y rapidez que evitan el incurrir en errores de gran impacto. Por otro lado, permite un mayor control sobre las actividades que se realizan en la planta teniendo, por tanto, al día todos los índices de productividad que en ella puedan establecerse.

No me resta más que decir que la presente obra sirva a aquéllos que busquen el adentrarse en las fronteras del nuevo orden económico; y que a partir de ellos se fortalezca la economía que como nación, México, persigue.

## BIBLIOGRAFIA.

### Toma de Decisiones por Medio de Investigación de Operaciones.

Robert J. Thierauf    Richard A. Grosse

LIMUSA, México 1984

### Investigación de Operaciones.

Herbert Moskowitz    Gordon P. Wright

Prentice Hall, México 1982

### Principles of Operations Research.

Harvey W. Wagner

Prentice Hall, EUA 1969

### Just-in-Time Reprints 1989.

APICS Just in Time Committee

APICS, EUA 1989

### Manufactura Integrada por Computadora. La Empresa CIM.

IBM, México 1990

### Técnicas Japonesas de Fabricación.

Richard J. Schonberger

LIMUSA, México 1987