



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**



01168  
15  
29

**FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

**LA INVESTIGACION DE OPERACIONES EN LA  
PLANEACION AGREGADA DE UNA EMPRESA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRA EN INVESTIGACION DE OPERACIONES**

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

**MARCELA ANTONIA JUAREZ RIOS**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. SERGIO FUENTES MAYA**

**MEXICO**

**1996**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



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 esta 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.

## **Agradecimientos**

### **Padres**

Gracias por todo el apoyo que me han dado durante mi vida.

### **Dr. Sergio Fuentes Maya**

No tengo palabras para agradecerle todo lo que me ha enseñado.  
Gracias...

**A Paco, Rebe, Rosa, Jesús, Gaby, Dani, Rosi y Angel,** gracias por estar cuando los necesité y ser parte de una gran familia.

Dedico mi tesis a **Diana, César, Daniela y Ángel,** por que son el mayor motivo para seguir creciendo.

A mis amigas y amigos, por ser siempre tan buena onda y tan ATM, especialmente a **Myriam, Gaby y Norma**

### **Julio Rodríguez A.**

Porque es como un segundo padre para mí, muchas gracias.

## **Objetivos:**

**Conjuntar la Planeación Agregada con la Investigación de Operaciones en el desarrollo de una aplicación dentro de la industria del calzado, obteniendo como resultado un plan agregado que proporcione a la gerencia de la empresa mejores condiciones para la toma de decisiones.**

**Buscar la eficiencia de capitales y de trabajo empleando técnicas de Investigación de Operaciones para constituir una mejor organización, en la que la riqueza sea un medio y no una finalidad, y así obtener una mejor calidad de vida para todos sus participantes.**

## Índice

	<b>Página</b>
<b>Introducción</b>	1
<b>I La Investigación de Operaciones</b>	
Definición de Investigación de Operaciones	2
Origen de la Investigación de Operaciones	4
Construcción de un modelo de Investigación de Operaciones	5
Metodología de la Investigación de Operaciones	6
<b>II La Ingeniería Industrial</b>	
Qué es una empresa	9
Qué es Ingeniería Industrial	11
<b>III Planeación Agregada</b>	
Concepto de Planeación Agregada	15
Estrategias básicas de la Planeación Agregada	20
Costos de la Planeación Agregada	20
Modelo matemático de la Planeación Agregada	22
Reglas lineales de decisión	23

## **Índice**

## **Página**

### **IV Métodos y modelos de la Planeación**

Método de transporte	27
Programación lineal	28
Coefficientes administrativos	29
Simulación	30
Reglas de decisión por investigación	31
Programación por objetivos	31
Heurística del cambio en la producción	32
Métodos de investigación por medio de computadora	33

### **V Elaboración de un modelo de Planeación Agregada**

Antecedentes	35
Análisis del producto	36
Ubicación del subsistema	37
Estudio de mercado	39
Localización de planta	45
Ingeniería del producto	51
Distribución de planta	59
Manejo de materiales	64
Planeación y control de la producción	76

<b>Conclusiones</b>	<b>86</b>
---------------------	-----------

<b>Bibliografía</b>	<b>87</b>
---------------------	-----------

## **Introducción**

El presente trabajo nace como una necesidad, en la que se desea relacionar el contenido de algunas de las asignaturas de la maestría en Investigación de Operaciones (I. de O.) con la Ingeniería Industrial, es decir, de acuerdo al quehacer de éstas, realizar una aplicación real empleando para ello la planeación agregada y realizando un análisis de los problemas que afectan a la industria del calzado, que ayude a tomar mejores decisiones.

Para ello, es importante mencionar que cualquier persona con un cargo asignado puede tomar decisiones, más sin embargo la probabilidad de que esa decisión sea la mejor, sin contar con un conocimiento del caso, es mínima. Por lo mismo, el tomar una *buena decisión* será más fácil si se cuenta con un análisis del problema y es ahí donde interviene la I. de O., ya sea con un pronóstico, un modelo de programación lineal, una simulación o aplicando teoría de inventarios, entre otros.

También es importante mencionar el área de la Ingeniería Industrial a la cual va dirigida la I. de O. en esta tesis. Dicha área es la Planeación Agregada, considerada como parte fundamental en el proceso de una empresa. Además de ser una de las áreas más propicias para convencer (vender la idea o producto) a los empresarios de emplear estas técnicas.

Como consecuencia, lo más importante será conjuntar las dos actividades para desarrollar un plan agregado que proporcione las mejores condiciones para la toma de decisiones dentro de una empresa, ya que en la actualidad las empresas mexicanas (en particular las pequeñas empresas) requieren mejorar su eficiencia operativa y tener la capacidad de decidir cuando se requiere un ajuste o autoregular sus procesos.

# Capítulo I

## La Investigación de Operaciones

Ninguna era comenzó en una fecha precisa; emerge imperceptiblemente, produciendo una conciencia de que algo está sucediendo y generando una nueva visión del mundo; de este modo todos los países han presenciado el crecimiento del tamaño y la complejidad de las organizaciones. A partir de ello se ha generado la división del trabajo y la separación de las responsabilidades de estas organizaciones, definiéndose una tendencia de muchos de los componentes de la organización por convertirse en imperios relativamente autónomos, con sus propias metas y sistemas de valores; perdiendo con esto, la visión de cómo sus actividades y objetivos encajan con los de toda la organización.

Así mismo y conforme se tiende a una especialización, es más difícil asignar los recursos disponibles a las distintas actividades de manera eficaz, para visualizar a la organización como un todo.

De esta manera se puede definir a la investigación de operaciones como *un enfoque científico de la toma de decisiones que requiere la operación de sistemas organizacionales, aplicándose a problemas que se refieren a la conducción y coordinación de operaciones y actividades de una organización.*<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Hillier, Frederick & Gerald Lieberman, (1989), Introducción a la Investigación de Operaciones, México, McGraw-Hill.



El proceso comienza por una detallada observación y la formulación del problema, continuando con la elaboración de un modelo científico que represente de manera abstracta el punto toral del problema real.

La investigación de operaciones tiene a su vez como tarea la administración práctica de la organización, por lo que adopta un punto de vista organizacional, encontrando la solución óptima a los conflictos de intereses entre los componentes de la organización.

Hay que enfatizar que la investigación de operaciones se ocupa de la toma de decisiones óptima y del modelado de sistemas determinísticos y probabilísticos que se originan de problemas reales.

Para todo ello la investigación de operaciones cuenta con herramientas como la programación lineal, que realiza modelos de programación matemática destinados a la asignación eficiente de los recursos limitados, usualmente empleada en problemas relacionados con la asignación de personal, de materiales, la distribución de una planta y el transporte de productos, y en carteras de inversión, obteniendo grandes resultados. En general, el objetivo de la programación lineal es satisfacer las metas deseadas y su característica principal es que las funciones que representan el objetivo y las restricciones son lineales.

La programación dinámica, que es una técnica matemática principalmente empleada para mejorar la eficiencia de cómputo en problemas de optimización, es aplicada en áreas como la planeación de los gastos de comercialización, las estrategias de ventas y la planeación de la producción. La idea básica de la programación dinámica es descomponer el problema planteado en subproblemas (etapas), los cuales son computacionalmente más manejables. Dentro de ésta, la teoría de colas se aplica en asignación de tráfico aéreo y en el diseño de presas, entre otras.

### *Origen de Investigación de la Operaciones*

El nombre de Investigación de Operaciones surge durante la Segunda Guerra Mundial (en la Gran Bretaña), donde al solicitar a un grupo de científicos el estudio de problemas tácticos y estratégicos asociados a la defensa aérea y terrestre de ese país, y cuyo objetivo era determinar la utilización más efectiva de los recursos militares limitados, se encontró que realmente desarrollaban una investigación de operaciones *militar*, la cual era empleada para la toma de decisiones.

Es entonces cuando se le da este nombre y a partir de los resultados obtenidos en Gran Bretaña, los Estados Unidos emplean técnicas similares para así lograr resultados favorables en el ámbito militar.

Posteriormente la I. de O. tendió a expandirse en otras áreas además de la militar. Dentro de ello cabe mencionar que cada vez fue más empleada para dar solución a problemas que incrementaban su grado de complejidad.

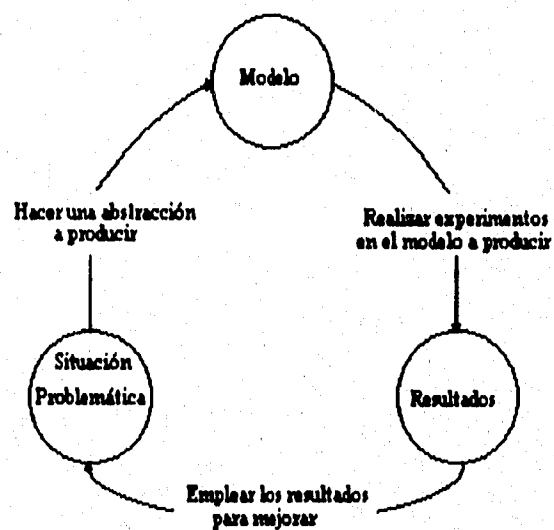
Actualmente la I. de O. ha pasado a ser parte importante de muchas organizaciones, incluyendo dentro de la industria diferentes áreas como son la aérea y de proyectiles, la automotriz, comunicaciones, mecánica, eléctrica, alimenticia, del transporte y desde luego, la de computación. También ha penetrado en el comercio y en las instituciones financieras, gubernamentales y de la salud.

Además, debido al gran impacto de la I. de O., se han fundado en varios países del mundo sociedades y organizaciones dedicadas al desarrollo de la I. de O. Dentro de ellas cabe mencionar a las dos que por sus actividades y reconocimientos son consideradas como las más importantes, la primera es Operations Research Society of America (ORSA), y The Institute of Management Sciences (TIMS).

### *Construcción de un modelo de Investigación de Operaciones*

Un estudio de I. de O. consiste en construir un modelo de la situación física. Un modelo de I. de O. se define como una representación idealizada de un sistema de la vida real, cuyo objetivo es analizar el comportamiento del sistema a fin de mejorar su funcionamiento.

La complejidad de un sistema real resulta del gran número de elementos, los cuales se convertirán en variables dentro del modelo, que controlan el comportamiento del sistema.



**Proceso de la Investigación de Operaciones y sistemas de ingeniería**

El modelo, que es la abstracción del mundo real supuesto, identifica y simplifica las relaciones entre sus elementos (variables), de tal forma que haga accesible su análisis.

Para ello no existen reglas fijas ni predeterminadas. La reducción de variables que controlan al sistema, a un número relativamente pequeño, y la abstracción de un modelo del mundo real constituyen, más que una ciencia, lo que se llamaría un arte; donde la validez del modelo al representar el sistema real dependerá principalmente de la experiencia, creatividad e imaginación del analista que realiza el modelo.

Dentro de este análisis se cuenta con dos tipos de modelos para la Investigación de Operaciones.

El primero es el simbólico o matemático. Al formular este tipo de modelo se supone que todas las variables relevantes son cuantificables; por consiguiente, las variables son representadas a través de símbolos matemáticos y también se encuentran relacionadas por funciones matemáticas que se encargan de describir el comportamiento del sistema.

El otro tipo de modelo abarca el heurístico y de simulación. El de simulación intenta imitar el comportamiento del sistema dentro de un período que determina un conjunto finito de eventos, los cuales son registrados como puntos en el tiempo y cuya ocurrencia define que puede obtenerse la información importante que refleja el comportamiento del sistema. La información que mide el funcionamiento del sistema se acumula en observaciones estadísticas, las cuales se actualizan en cada evento. La principal falla de la simulación consiste en que el análisis es equivalente a realizar un experimento y, por consiguiente, está sujeto al error experimental. Esto lleva a la dificultad de diseñar estadísticamente el experimento. Empero, como los modelos de simulación no necesitan funciones matemáticas explícitas, pueden ser empleados para simular sistemas muy complejos.

Por otra parte el método heurístico se fundamenta en reglas empíricas o intuitivas bajo las cuales, dada una solución actual al modelo, es factible la determinación de una solución mejorada. Actualmente este método es un conjunto de procedimientos de búsqueda que pasan en forma inteligente de un punto de solución a otro, con el objetivo de mejorar el valor del criterio del modelo. Cuando ninguna de las soluciones siguientes mejora a la que se tiene, se ha obtenido la solución óptima del modelo.

### *Metodología de la Investigación de Operaciones*

Aunque, como ya se mencionó, no existe una secuencia definida de los pasos a seguir en un estudio de I. de O., se puede analizar el procedimiento dentro de un problema representativo.

1. **Formulación del problema.** En la práctica, los problemas surgen de forma o manera vaga, razón por la cual se requiere estudiar el sistema bajo consideración y definir claramente el problema, indicando cuales son los objetivos, las restricciones y qué es lo que se puede hacer: interrelaciones existentes, alternativas posibles, limitación de tiempo, etcétera. De ello se observa la importancia de la formulación, ya que es imposible obtener o lograr buenos resultados partiendo de un planteamiento erróneo, dejando de considerar durante su desarrollo aspectos que vayan surgiendo en el mismo.

2. **Construcción del modelo matemático.** Consiste en la reformulación del problema, de manera tal que sea conveniente para su análisis. Es en este paso cuando se representa en forma matemática el sistema bajo estudio.

Un modelo matemático se representa a través de sus variables y de su función objetivo.

Por ejemplo, en programación lineal se pueden representar un conjunto de  $n$  variables de decisión, cuyo valor se debe determinar en el proceso, como:  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ .

La medida compuesta de objetividad, conocida como función objetivo, se expresa como una función de las variables de decisión, bajo la condición dada, por ejemplo:

$$Z = 2x_1 + 4x_2 + 6x_3 + \dots + x_n$$

Las restricciones a las variables de decisión también tienen representación matemática. Así por ejemplo:

$$x_1 + x_2 - x_3 + \dots - x_n > \text{constante}$$

El modelo matemático estaría expresado, en este caso, para determinar el valor de las variables de decisión tales que maximicen la función objetivo bajo las condiciones de restricción.

Este modelo ayuda a revelar relaciones importante de causa y efecto, señalando de esta forma cualquier dato adicional que pudiese ser importante en el estudio. Debe tenerse en consideración que el modelo matemático es una abstracción de la realidad y como tal no puede incluir todos los detalles, ya que complicaría innecesariamente el problema.

Por otro lado, el excluir efectos colaterales relacionados con la decisión, afectaría de forma importante al resultado.

Un modelo eficiente es aquel que predice los efectos de las diferentes alternativas con suficiente exactitud para llevar a cabo una buena decisión.

3. Determinación de una solución del modelo. Aquí se debe aclarar que, aún cuando existen modelos matemáticos que conducen a una solución óptima, ésta es sólo óptima con respecto al modelo empleado y es posible que la solución no sea la mejor para el problema real. De aquí que, si el modelo está bien formulado, la solución obtenida deberá ser una buena aproximación a la solución del problema real.

4. Prueba del modelo y su solución. No importando que tan bueno sea el modelo, siempre se debe probar. El primer paso consiste en verificar errores obvios o detalles que se descartaron.

Prueba retrospectiva. Consiste en analizar la historia de la empresa y encontrar qué hubiese pasado de haberse aplicado el modelo, para de esta forma identificar fallas, si existiesen, y así modificarlo.

Otra alternativa es no aplicar el modelo en un período representativo y comparar los resultados reales registrados con los que se hubiesen obtenido aplicando el modelo.

5. Implementación. Ya aprobado el modelo se procede a la puesta en marcha, creando un sistema de retroalimentación que haga que el modelo tenga un seguimiento y un mejoramiento de acuerdo con las condiciones reales de cada sistema.

## Capítulo II

### La Ingeniería Industrial

#### *Qué es una empresa*

La empresa moderna es un producto de la revolución industrial, y actualmente se concibe como una entidad identificable que realiza actividades económicas, constituida por combinaciones de recursos humanos, naturales y capital, coordinados por una autoridad que toma decisiones encaminadas a la consecución de los fines para los que fue creada; más sin embargo este concepto, como todos los conceptos administrativos, es un concepto cambiante en el que se pueden identificar tres conceptualizaciones importantes.

*La empresa como máquina.* Las organizaciones son consideradas como máquinas cuya función es servir a sus creadores, proporcionándoles una retribución sobre su inversión en capital y en tiempo; su objetivo principal es producir utilidades.

Esta concepción solo se sostuvo mientras prevalecieron las siguientes condiciones:

1. El propietario tenía y podía ejercer un poder virtualmente ilimitado sobre sus empleados.
2. La amenaza de despido sobre sus empleados, era real y continua.

A principios del siglo XX la concepción mecanicista comenzó a debilitarse, debido a que el crecimiento de las compañías comenzó a superar las posibilidades de financiamiento interno de éstas. La aparición de una administración desempeñada por personas ajenas a los propietarios, acompañada por el crecimiento del sindicalismo de las instituciones de bienestar y economía social, redujeron las posibilidades de cesantía que anteriormente amenazaba continuamente a la fuerza laboral. El incremento de la mecanización requería

obreros especializados, por lo que era más difícil y costoso reemplazarlos. Finalmente, las leyes que prohibían la utilización de niños en las fábricas y el aumento de la educación obligatoria, llevó al término de ésta conceptualización.

*La empresa como organismo.* Después de la Primera Guerra Mundial, emergió el concepto de la empresa como organismo, a lo cual se le atribuyó vida y propósitos propios, los cuales eran el de supervivencia y crecimiento.

Después de la Segunda Guerra Mundial, se hizo evidente un hecho, el modo en que los empleados se sienten tiene un efecto sobre la cantidad de trabajo que realizan.

*La empresa como organización.* Un nuevo concepto nació, la empresa como organización, donde una organización es parte de uno o más sistemas en el cual cada una de sus partes tiene sus propios propósitos.

La labor de la administración se considera cada vez más, como una función cuyo objetivo es dirigir a la empresa para que ésta satisfaga la demanda que se le hace, satisfaciendo a todos los grupos interesados y aumentando su capacidad para alcanzar sus objetivos más eficaz y eficientemente.

Las funciones de la empresa son: consumir y hacer posible el consumo. La función social de las empresas industriales y comerciales es producir riqueza, así como la distribución de sueldos y salarios, a través de los cuales se hace posible el consumo.

La empresa tiene una responsabilidad social no sólo para la distribución de la riqueza, sino también para hacer esto en forma equitativa. De ello nace la misión de la empresa, la cual debe contener una formulación de los objetivos de la misma, expresada en forma tal que los progresos en ese sentido puedan ser medidos; diferenciarla de las demás, es decir, establecer su unicidad; ser significativo para todos los participantes, incluyendo clientes, proveedores, público en general, accionistas y empleados. Además de proponerse servir a cada uno de ellos incluir la forma de motivación para todos aquellos cuya participación se requiere y que sea estimulante e inspiradora.

Es ahora tiempo para poder definir los elementos que forman a la empresa, definiéndose tres clases de elementos:



- a) Bienes materiales. Los edificios, las instalaciones, la maquinaria, los equipos, las materias primas, las materias auxiliares, los productos y el dinero, son los elementos que constituyen esta clase.
- b) Hombres. Son el elemento eminentemente activo en la empresa y, desde luego, el de máxima dignidad.
- c) Servicios.

### *Qué es la Ingeniería Industrial*

La ingeniería industrial, según definición de Accreditation Board for Engineering and Technology, es la profesión en la cual se aplica juiciosamente el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales, obtenido mediante el estudio, la experiencia y la práctica, con el fin de determinar las maneras de utilizar económicamente los materiales y las fuerzas de la naturaleza en bien de la humanidad. Mientras que el Instituto norteamericano de ingenieros industriales (AIIE) la ha definido *como el área que se ocupa del diseño, mejoramiento e implantación de sistemas integrados por personas, materiales, equipo y energía*<sup>2</sup>. Se vale de los conocimientos y posibilidades especiales de las ciencias matemáticas, físicas y sociales, junto con los principios y métodos del análisis y el diseño de ingeniería, para especificar, predecir y evaluar los resultados que se obtendrán de dichos sistemas.

La función de los ingenieros industriales consiste en *reunir a las personas, máquinas y materiales e información con el fin de propiciar una operación eficaz*<sup>3</sup>.

Los puntos de contacto de las personas con las máquinas (cuando el diseño del sistema total debe incluir no sólo los elementos físicos de las máquinas, sino también las características conductuales), las relaciones esfuerzo-tensión, las cargas, la energía y las respuestas a la motivación de las personas que constituyen eslabones vitales del sistema, son lo que distingue a la ingeniería industrial de las otras disciplinas de la ingeniería.

---

<sup>2</sup> Salvendy, Gavriel, (1991), Manual de Ingeniería Industrial, Volumen I, Noriega LIMUSA

<sup>3</sup> Salvendy, Gavriel, (1991), Manual de Ingeniería Industrial, Volumen I, Noriega LIMUSA

Además de tomar a las personas como componentes de un sistema en operación, está también el efecto que, como fuerza externa, ejercen las mismas en las operaciones del sistema.

La tarea de la ingeniería industrial consiste en diseñar o rediseñar mediante el estudio, el análisis y la evaluación, los componentes que forman los sistemas hombre-máquina. La Ingeniería industrial desde sus inicios se ha ocupado de mejorar todo aquello que se esté diseñando, evaluando o ambos. Si se trata de una tarea personal se trata de hacerla en forma más eficiente, teniendo detrás de todo esto la reducción del costo y el uso más eficiente de los recursos, sean estos humanos o materiales, físicos o financieros.

Es por ello que en un principio se les llamó a los ingenieros industriales, "ingenieros en eficiencia", manejando términos de eficiencia, tanto financiera como de recursos. Hoy en día realmente se emplean los términos de productividad y calidad, que finalmente resultan ser la misión de un ingeniero industrial.

La ingeniería industrial nace con fundamento en los trabajos de Frederick Taylor, el cual empleó los conceptos de productividad y fundamento. Sus ideas, sin aceptarlo están, en los trabajos de Adam Smith que establecen la correcta división del trabajo.

Posteriormente a mediados del siglo XIX, Charles Babbage, profesor de la Universidad de Cambridge presentó una gran cantidad de ideas nacidas de sus observaciones en las plantas de fabricación, analizando temas como el tiempo necesario para aprender una determinada tarea, los efectos de la subdivisión de las tareas en elementos pequeños y los efectos del aprendizaje en la producción de desperdicios. Asimismo también estudió aspectos relacionados con el pago de salarios y los efectos de los distintos métodos de pago, involucrando lo que hasta ese momento no se había pensado, una "máquina calculadora analítica".

A mediados del siglo XX, la ingeniería industrial había experimentado diversos cambios importantes, donde las necesidades del público y las organizaciones, la disponibilidad de nuevas herramientas y especialidades, implicaron exigencias y oportunidades nuevas para los ingenieros industriales. Debido a esto que Henry Towne subrayó los aspectos y

responsabilidades económicas de la función del ingeniero y se ocupó específicamente de los planes de pago de salarios y de la remuneración a los trabajadores.

A su vez Frederick Hasley presentó un plan para incrementar la productividad medida en términos del costo de mano de obra, incluyendo también la idea de que las ganancias por esa productividad debían ser compartidas con los trabajadores que las creaban. La tercera persona que sentó las bases de la ingeniería industrial fue Henry Gantt, quien no sólo se interesó por los costos, sino por la correcta selección y capacitación de los trabajadores y por la creación de planes adecuados de incentivos para recompensarles.

Sin duda Frederick Taylor y Frank Bunker Gilbreth, han sido los más grandes fundadores de la ingeniería industrial, bajo su interés de mejorar la eficiencia con la cual se realizaba el trabajo. Y mientras que F. Taylor se ocupó de la planeación y organización del trabajo, F. Gilbreth impulsó el estudio de los movimientos y el estudio científico del trabajo y los trabajadores. También presentó trabajos en el análisis de la habilidad y la fatiga.

A partir de 1950 la ingeniería industrial logró establecer sus bases científicas donde dispone de nuevas técnicas matemáticas y estadísticas, haciendo énfasis en la investigación de métodos más cuantitativos para resolver los problemas.

Por la década de los 60, las metodologías relacionadas con la investigación de operaciones pasaron a ser una herramienta fundamental de la ingeniería industrial. La computadora digital de alta velocidad y programa de almacenamiento de gran capacidad se convierte en un instrumento indispensable, donde la rapidez de cálculo fue muy valiosa para todos los ingenieros y, muy particularmente, para los ingenieros industriales.

Estos dos aspectos fueron fundamentales para el desarrollo de la ingeniería industrial que pasó de ser una ciencia empírica no cuantitativa, a una ciencia de refinamiento matemático, logrando de esta forma su conceptualización como una ciencia formal.

A partir de estos hechos el ingeniero industrial de los años ochenta contó con instrumentos más refinados para analizar sus problemas y diseñar nuevos sistemas con mayor desarrollo. Sin embargo como toda ciencia formal y por el amplio campo de estudio que lo involucra, la ingeniería industrial ha tenido que subdividirse en especialidades, quedando dentro los

especialistas de control de calidad, de control de productividad, de confiabilidad y de análisis de valores, entre otras.

La ingeniería industrial no es una ciencia independiente, sino todo lo contrario, recurre tanto a las ciencias sociales, en busca de información sobre el comportamiento de los elementos humanos de sus sistemas, como a las ciencias matemáticas, incluyendo la matemática discreta y la matemática de la incertidumbre.

En la actualidad el ingeniero industrial no está confinado a la industria, puesto que su preparación está basada en una ciencia de las operaciones. Por lo tanto encontrará aplicación natural a sus conocimientos en todos los lugares donde las operaciones requieran sistemas formados por personas, máquinas y procesos de algún tipo.

Un área que ha llamado la atención de los ingenieros industriales son las finanzas. Pero resulta imprudente mencionar todos los usos y aplicaciones de la ingeniería industrial. Basta con decir que la moderna metodología que emplea encontrará uso y aplicación donde quiera que se requieran los conocimientos ya mencionados.

## Capítulo III

### Planeación Agregada

Para poder entender el concepto de planeación agregada es necesario tener presente un panorama de lo que es la planeación.

La planeación debe ser considerada como una actividad dentro de la cual tiene lugar el desarrollo; la planeación significa tener en cuenta los deseos, esperanzas y expectativas de los demás. Un plan corporativo es considerado como una colección de planes preparados separadamente por cada una de sus partes. De este modo se puede definir a la planeación como un modo participativo de resolver un conjunto de problemas interrelacionados. Es importante resaltar que un plan tendrá poco valor si la organización para la cual se desarrolló, no puede ponerlo en vigor y por lo tanto, la planeación realizada no habrá resuelto el problema.

Existen cuatro orientaciones básicas respecto a la planeación, derivadas éstas de sus orientaciones temporales. La orientación de algunos planeadores es hacia el pasado (reactiva), donde no les satisfacen las cosas tal como están, ni el modo en que ocurren y la tecnología es considerada como su principal causa de cambio, por lo cual piensan que es su principal enemigo. Los reactivistas prefieren tratar con personas y valores en vez de hechos y eficiencias. Otros planeadores están orientados hacia el presente (iniciativa), para los cuales las cosas están bien tal como son, por lo que tratan de impedir el cambio; sus objetivos son la sobrevivencia y la estabilidad, por lo que solo se desarrollan bien cuando las circunstancias les son favorables. Algunos otros se orientan al futuro (preactiva). Este es un estilo dominante de la administración actual, sus adherentes no desean regresar a un

estado previo o disponer las cosas tal como eran. Creen que el futuro será mejor que el presente. Al igual que los reactivistas piensan que la tecnología es la principal causa de cambio; empero, ellos la ven como un factor positivo para el progreso. La planeación en una organización preactiva consiste en predecir el futuro y prepararse para él sobre la *precisión de los pronósticos*. Finalmente aparece una cuarta orientación conocida como orientación interactiva, donde el pasado, el presente y el futuro son aspectos diferentes pero inseparables de la problemática que se plantea. Los interactivistas no desean retornar a un estado previo, prolongar la situación actual o acelerar la llegada del futuro; consideran que el futuro no está fuera de control en su totalidad porque lo único que puede controlarse, hasta cierto punto, es el propio futuro. Asimismo, consideran a la planeación como el diseño de un futuro deseable de la invención de los métodos para llegar a él y la clasifican en: operacional o agregada, táctica y estratégica o normativa, donde su objetivo es maximizar su capacidad para aprender y adaptarse.

De esta clasificación se obtiene a la planeación agregada, la cual busca equilibrar la oferta y la demanda de la producción a mediano plazo. El término "agregada" conduce a que la planeación debe realizarse considerando únicamente una medida global de producción o, como máximo, un número reducido de categorías de productos agregados.

Su finalidad es fijar los niveles globales de producción en un futuro de corto a mediano plazo considerando una demanda incierta.

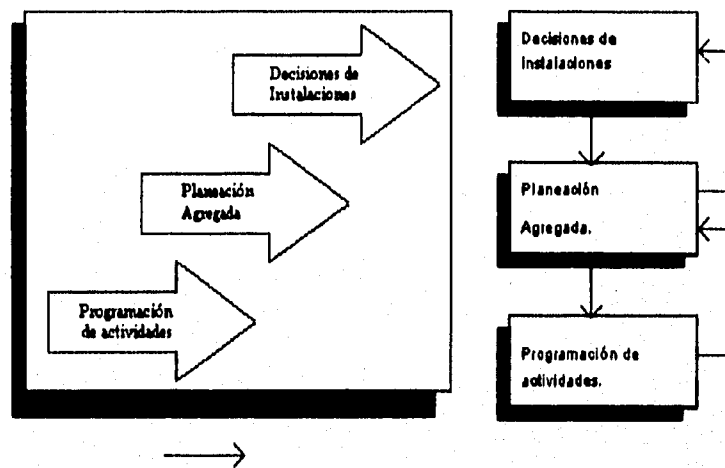
De esta forma se podrán tomar decisiones y establecer políticas de tiempo extra, contrataciones, despidos, subcontrataciones y, sobre todo, de niveles de inventarios; involucrándose en ello variables como los precios, publicidad y productos, y relacionándose la planeación agregada con decisiones de presupuesto, de personal y de mercadotecnia

Las características que presenta la planeación agregada son:

- Un horizonte de planeación de un año, considerando una revitalización periódica de planes.
- Un nivel agregado de la demanda del producto, visualizando varias categorías de productos y suponiendo que la demanda es fluctuante o incierta.
- Un cambio tanto en las variables de la oferta como de la demanda.
- Una variedad de objetivos administrativos relacionados con las políticas de la organización; como por ejemplo, mantener inventarios bajos, flexibilidad para incrementar los niveles de producción o mejorar el servicio al cliente.
- Instalaciones que se consideren fijas y que no puedan ampliarse.

A su vez, la planeación agregada integra la planeación de las instalaciones y la programación de actividades. Donde la planeación de instalaciones determina la capacidad física a la cual no podrá exceder ni la producción, ni la planeación. Proyectándose más hacia el futuro que la planeación agregada, la programación de actividades se encuentra delimitada por las decisiones de la planeación agregada, en cuanto a la distribución de los recursos disponibles entre trabajos y pedidos específicos.

En la figura 1 se observa cómo la planeación agregada vincula las instalaciones y programación de actividades, donde las decisiones se dirigen en forma vertical, de arriba hacia abajo, contemplando un proceso de retroalimentación en sentido inverso.



**Figura 1. Relación entre instalaciones, planeación agregada y programación de actividades de una empresa<sup>4</sup>**

De esta forma se concibe a la planeación agregada como una actividad en la cual la función de operaciones es la responsable directa, pero contando con el apoyo de todas las partes de una organización.

La planeación agregada cuenta con dos alternativas de decisión.

Primera. La que modifica la demanda.

Segunda. La que modifica la oferta.

Dentro de la alternativa que modifica la demanda se encuentran las siguientes variables:

- Fijación de precios. La fijación diferencial de precios es una técnica que se emplea para reducir la demanda pico o para incrementar la demanda baja.
- Publicidad y promoción. La publicidad se emplea para trasladar la demanda de los períodos pico a los períodos de holgura. La publicidad será empleada para introducir nuevos productos y mantener una demanda de acuerdo a un plan agregado.
- Ordenes por faltantes o reservaciones. Traslada la demanda de períodos pico a períodos con holgura en la capacidad. Empero, el tiempo de espera puede producir pérdidas en el

<sup>4</sup> Schoroeder, Roger; (1983), Administración de operaciones, México, Mo GRAW-HILL



negocio. Esta pérdida puede ser conveniente cuando el objetivo es maximizar las utilidades.

- **Desarrollo de productos complementarios.** En las empresas que tiene una demanda altamente estacional, se debe tratar de desarrollar productos con tendencias estacionales contracíclicas.

Dentro de la alternativa que modifica la oferta se presentan las siguientes variables:

- **Contratación y despido de empleados.** Esta variable será empleada de acuerdo con las políticas de la organización, donde la planeación agregada examinará el efecto que tendrán estas políticas sobre los costos o las utilidades.
- **Uso de tiempo extra y jornadas reducidas.** El tiempo extra se emplea para hacer ajustes en la mano de obra a corto y mediano plazo y evitar las nuevas contrataciones y los despidos. Es principalmente considerada cuando el cambio en la demanda es temporal.
- **Uso de mano de obra de tiempo parcial.** Su contrato se hace con la función de poder satisfacer incrementos en la demanda. Es una opción atractiva porque a los obreros de medio tiempo se les paga una cantidad significativamente menor en lo que respecta a sueldos y prestaciones.
- **Mantener inventario.** En las compañías manufactureras, el inventario puede usarse como un amortiguador entre la oferta y la demanda. Durante los períodos en los que la demanda es holgada, pueden formarse inventarios que después sean utilizados. De este modo, el inventario separa la oferta de la demanda en las operaciones manufactureras, permitiendo así más uniformidad en las operaciones. El inventario puede visualizarse como una forma de almacenar la mano de obra para que sea consumida posteriormente. Esta opción no existe en las operaciones de servicios, lo que plantea un problema de planeación agregada distinto.
- **Subcontrataciones.** Introduce el empleo de otras empresas manejando otra forma de aumentar o reducir la oferta.

- Realización de convenios cooperativos. Son muy similares a los arreglos de subcontratación, donde las decisiones de la planeación agregada deben ser *estratégicas* y considerar todos sus objetivos.

### *Estrategias básicas de la planeación agregada*

La planeación agregada cuenta con dos estrategias básicas para optimizar su funcionamiento.

Primera. Nivelar la fuerza de trabajo, es decir, fijar la fuerza normal del trabajo usando para ello una de las diez variables de las que se dispone en la planeación agregada.

Segunda. Asegurar la demanda con la fuerza de trabajo con lo que la tasa de producción de tiempo normal será constante. Cualquier variación en la demanda deberá ser absorbida usando inventarios, tiempo extra, obreros de tiempo parcial o subcontrataciones; donde el nivel de la fuerza de trabajo se cambia para satisfacer la demanda y la fuerza de trabajo absorbe todos los cambios que surgen en la demanda.

Sasser (1976), indicó que: "mientras que la estrategia de asegurar la demanda puede ser más apropiada para las situaciones en las que se requiere mano de obra no calificada y trabajos de rutina, la estrategia de nivelación de la fuerza de trabajo parece más adecuada en aquellas situaciones en las que se requiere de mano de obra altamente calificada y los trabajos por desarrollar son complejos".

### *Costos de la Planeación Agregada*

La mayor parte de los métodos de planeación agregada determinan un plan para minimizar costos. Estos métodos suponen que la demanda es fija; por lo tanto, quedan excluidas las estrategias para modificar la demanda. Si tanto la demanda como la oferta se modificaran al mismo tiempo, sería más apropiado maximizar las utilidades.

Cuando la demanda es fija, deben considerarse los siguientes costos:

- a) Costos de contratación y despido. El costo de contratación se forma con los costos de reclutamiento, selección y entrenamiento, que son necesarios para que un nuevo empleado adquiera una habilidad productiva completa. Los costos de despido incluyen las prestaciones a las que tenga derecho el empleado, los pagos por separación y otros costos asociados con una indemnización.
- b) Costos del tiempo extra y de las jornadas reducidas. Los costos de tiempo extra consisten, a menudo, en los sueldos normales más una prima que va del 50 al 100%.
- c) Costos de mantenimiento del inventario. Están asociados con la conservación de los productos dentro de un almacén; incluyen aspectos tales como el costo del capital, el costo variable de almacenaje, los costos de obsolescencia y los deterioros.
- d) Costos de subcontratación. Es el costo que se paga a un subcontratista que se encarga de producir las unidades.
- e) Costos de mano de obra de tiempo parcial. En atención a las diferencias en prestaciones, el costo de la mano de obra de tiempo parcial será tal vez menor que el de la mano de obra regular. Aunque los trabajadores de tiempo parcial a menudo no tienen derecho a prestaciones, los contratos sindicales u otra consideraciones operativas pueden especificar un porcentaje máximo de mano de obra de tiempo parcial. De no ser así, existiría la tendencia a usar siempre mano de obra de tiempo parcial. Sin embargo, la fuerza de trabajo normal es esencial para la utilización efectiva del personal de tiempo parcial.
- f) Costos por faltantes. Debe reflejar el efecto de prestar un mal servicio al cliente, pérdida de la buena imagen ante los clientes. Los costos relevantes deberán usarse para poner precio a las estrategias alternativas.

## *Modelo matemático de la Planeación Agregada*

Supóngase que los pronósticos de demanda han sido dados para cada período  $F_1, F_2, \dots, F_T$  del horizonte de planeación  $T$ . Que se han dado los datos iniciales del nivel de producción  $P_0$ , del nivel de la fuerza de trabajo  $W_0$  y del nivel de inventario  $I_0$ . El problema consiste en encontrar los valores de  $P_t$  y  $W_t$  que satisfagan los objetivos de la administración.

Al emplear un modelo de planeación agregada, sólo se utilizan los valores de  $P_1$  y  $W_1$  para el primer período. Aunque los valores siguientes de  $P_2, P_3, \dots, P_n$  y  $W_2, W_3, \dots, W_n$  quedan especificados por el modelo, el modelo se usa en forma secuencial y las decisiones se utilizan sólo para un período a la vez.

Los modelos de planeación agregada, además de proporcionar las mejores decisiones, proporcionan reglas de decisión que pueden usarse para calcular las decisiones óptimas en periodos sucesivos. Por lo general se obtienen dos reglas de decisión, una para  $P_t$  y otra para  $W_t$ . Los parámetros de costos, los valores iniciales y los pronósticos de demanda sirven como datos para estas reglas de decisión y se usan para calcular los valores de  $P_t$  y  $W_t$  en cualquier período.

Una regla de decisión para  $P_t$  consistiría en establecer sencillamente que

$$P_t = F_t$$

---

**Símbolos:**

- $P_t$  = Nivel de producción durante el período  $t$ , producción en unidades.
- $W_t$  = Nivel de fuerza de trabajo durante el período  $t$ , en número de obreros.
- $I_t$  = Inventario al final del período  $t$ , en unidades.
- $F_t$  = Pronóstico de demanda para el período  $t$ , en unidades.

En este caso el nivel de producción fluctuaría de acuerdo al pronóstico de demanda.

Otra regla de decisión para  $P_t$  consistiría en establecer que

$$P_t = P_{t-1} + A(F_t - P_{t-1})$$

$A$  es una constante de suavizado,  $0 < A < 1$ . Esta regla de decisión suavizaría el valor de  $P_t$  dependiendo del valor que se asigne a  $A$ . Si  $A = 0$ , se tiene una estrategia de nivelación de la fuerza de trabajo, y si  $A = 1$ , se tendrá la estrategia de asegurar la demanda.

Tal vez el valor de  $P_t$  debiera verse también afectado por los niveles del inventario.

En este caso se establecería que

$$P_t = P_{t-1} + A(F_t - P_{t-1}) + B(I_n - I_{t-1})$$

en donde  $I_n$  es el nivel normal de inventario y  $B$  la constante de suavizado,  $0 \leq B \leq 1$ .

$P_t$  disminuye si los inventarios se encuentran por arriba del nivel normal; de otro modo,  $P_t$  aumenta considerando todos los pronósticos de demanda futura,  $F_{t+1}$ ,  $F_{t+2}$ , etc.; la regla de decisión se aproximará a reglas derivadas de modelos reales de planeación agregada. No obstante, para poder escoger la "mejor" regla, se necesita una estructura de costos.

### *Reglas lineales de decisión*

Holt, Modigliani y Simon formularon por primera vez el problema de planeación agregada en 1955. Su formulación utilizó costos cuadráticos y produjo la así llamada regla de decisión lineal (LDR). La formulación de la regla de decisión lineal supuso cuatro tipos de costos:

1. Costos de producción normal. Se supuso que el costo de la producción en tiempo normal en el período  $t$  era

$$C_1(t) = C_1 W_t$$

el costo de la producción normal estaba linealmente relacionado con la cantidad de fuerza de trabajo.

2. Costos de contratación y despido. El costo resultante de aumentar o disminuir la fuerza de trabajo en el período  $t$ , era

$$C_2(t) = C_2 (W_t - W_{t-1})^2$$

El costo resultante de cambiar la fuerza de trabajo era una función cuadrada de la cantidad de incremento o decremento de la fuerza de trabajo.

3. Costo de tiempo extra. El costo del tiempo extra fue expresado como un costo de cero hasta una utilización de 100% de la fuerza de trabajo y, se expresó como un costo lineal para las horas extras de producción que fueran más allá de una utilización de 100. Mediante el uso de funciones cuadráticas, este costo de tiempo extra se aproximó de la siguiente manera:

$$C_3(t) = C_3 (P_t - C_4 W_t)^2 + C_5 P_t - C_6 W_t$$

4. Costos de inventarios y faltantes. Los faltantes fueron tratados como un inventario negativo.

$$C_4(t) = C_7 (I_t - C_8 - C_9 F_t)^2$$

El costo total para cada período era la suma de los cuatro costos anteriores:

$$C(t) = C_1(t) + C_2(t) + C_3(t) + C_4(t)$$

y el costo correspondiente al horizonte de planeación T era la suma de los costos de los periodos t:

$$C = \sum_{t=1} C(t)$$

El problema de la regla de decisión lineal consiste en minimizar el costo total de C eligiendo valores para  $W_t$  y  $P_t$  para cada periodo. Estas variables se encuentran conectadas de periodo a periodo mediante el saldo en inventarios

$$I_t = I_{t-1} + P_t - F_t$$

Cuando I se sustituye en las ecuaciones anteriores de costo, el resultado es un problema de minimización para el que no hay restricciones y el cual se puede resolver usando el cálculo diferencial e integral.

Como todas las funciones de costo son cuadráticas, la solución óptima para este problema sería una regla lineal de decisión para  $P_t$  y  $W_t$ . En general, estas reglas pueden expresarse de la siguiente forma:

$$P_t = A_0 F_t + A_1 F_{t+1} + \dots + A_t F_{t+T} + b_1 W_{t-1} - d_1 I_{t-1} + e_1$$

$$W_t = A'_0 F_t + A'_1 F_{t+1} + \dots + A'_T F_{t+T} + b'_1 W_{t-1} - d'_1 I_{t-1} + e'_1$$

donde  $A_1, A'_1, b_1, b'_1, d_1, d'_1$  y  $e_1, e'_1$  son constantes. Cada una de estas reglas es lineal para las variables  $F_t, W_t$  e  $I_t$ ; de ahí el nombre "regla de decisión lineal".

Las ventajas de la formulación de las reglas de decisión lineal son su sencillez y facilidad de aplicación. Sin embargo, existen algunas desventajas como las siguientes:

1. La regla lineal de decisión está restringida al uso de aproximaciones cuadráticas de costo. No es posible usar formas más generales de costo.

2. La regla de decisión lineal reacciona en forma gradual a los cambios en los pronósticos, contratando o despidiendo unos cuantos trabajadores cada mes. La administración prefiere algunas veces detener los cambios en la fuerza de trabajo y después, cuando estos cambios se requieren, llevarlos a cabo en incrementos más grandes.

3. Como no se establece ninguna limitación sobre las variables, podría emplearse una fuerza de trabajo negativa o el inventario podría llegar a acumularse más allá de la capacidad del almacén. Sin embargo, este resultado es remoto cuando las reglas de decisión se usan dentro de su rango normal.



## Capítulo IV

### Métodos y modelos de la Planeación

Recientemente y siguiendo el enfoque de la ciencia de la administración, las propuestas de solución del problema de la planeación agregada han tomado la forma de reglas de decisión basadas en enfoques heurísticos para la solución de problemas y en métodos de investigación por computadora. Su finalidad es lograr que los modelos que se construyan reflejen verazmente a la realidad.

Los partidarios de los enfoques heurísticos y de la regla de decisión por búsqueda, sostienen, que las decisiones producidas por un modelo no pueden ser mejores que el modelo mismo y que, por tanto, mientras más realismo haya en el modelo, mejores serán los resultados posibles. Los distintos enfoques tienen en común la relación con uno de los problemas más difíciles y enriquecedores que hay actualmente en la industria: la planeación. Dentro de una amplia gama de métodos que se han desarrollado, se encontró que los métodos más empleados son:

#### *Método de Transporte*

En 1956 Bowman sugirió que el método de transporte se usara para resolver un caso especial de programa de planeación agregada. En su formulación, los renglones representaban la oferta disponible de mano de obra normal, el tiempo extra y las subcontrataciones para cada mes. Las columnas representaban la demanda que se requería. La producción podía programarse en un mes en curso, para satisfacer la demanda de un

mes posterior. Esto se hacía acumulando la producción en el inventario. Aunque el problema era fácil de resolver mediante el método de transporte, no incluía los costos de contratación o de despido o los costos por faltantes. Al no considerar estos costos podrían producirse despidos y contrataciones indiscriminadas, lo cual es poco realista en la práctica.

### *Programación lineal*

En 1960 Haussmann y Hess formularon el problema de planeación agregada dentro de un formato de programación lineal. El problema es similar en todos los aspectos a la regla de decisión lineal excepto que, en lugar de costos cuadráticos se usan costos lineales. Esta formulación también permite el uso de restricciones tales como, una cantidad máxima de tiempo extra, una cantidad máxima de inventarios y permite el uso del método simplex para la solución del problema y el análisis de sensibilidad. La principal restricción de este método consiste en que se deben usar costos lineales o costos que sean lineales por intervalos. No obstante, este enfoque no tiene las restricciones del método de transporte y produce mejores resultados que la regla de decisión lineal cuando los costos son aproximadamente lineales.

Dentro de la planeación agregada ha sido desarrollado en el contexto de los modelos simplex y de distribución de la programación lineal. Bowman propuso el modelo de distribución de la programación lineal como formato de la planeación global. Este modelo tenía por objetivo la asignación de las unidades de capacidad productiva, de manera tal que los costos de producción más los de almacenamiento se redujeran al mínimo y la demanda fuera satisfecha dentro de las restricciones de la capacidad disponible. Las condiciones marginales de la matriz de distribución imponen las restricciones, por un lado, que deben de satisfacer la demanda de las ventas, y por otro, que deben respetar las limitaciones a la capacidad representadas por el inventario inicial, la capacidad de producción trabajando tiempo normal y la capacidad que se obtenga con tiempo extra. Tanto en el inventario

inicial como en el final se debe especificar para el programa correspondiente a N periodos de planeación. Los costos son los elementos de la matriz.

Lo que se trata de reducir al mínimo son los costos combinados de producción normal, de producción adicional y de inventario. El resultado del proceso es un programa que especifica la cantidad de producción, tanto regular como extraordinaria, que corresponde a cada período de planeación. La matriz fundamental se puede hacer extensiva a más de un producto, estableciendo en cada período una columna para cada producto.

Los métodos de distribución de la programación lineal tienen grandes limitaciones cuando se les aplica al problema de la planeación global, ya que ésta no toma en cuenta el costo de los cambios que se introducen en la producción; por ejemplo, la contratación y el despido del personal, ni figura costo alguno por acumulación de pedidos o por las ventas perdidas.

El problema de determinar la combinación óptima de productos que se van a elaborar, a menudo se enfoca por medio del método simplex de programación lineal.

La diferencia principal entre el modelos Hanssmann-Hess de programación lineal y la RDL consiste en que todas las funciones del costo deben ser lineales y no cuadráticas y que se usa la PL como forma de solución. Por tanto, el uso de uno u otro modelo dependerá del que se prefiera, ya sea el costo lineal o el cuadrático para un caso particular.

### *Coefficientes administrativos*

En 1963 E. H. Bowman sugirió que se usara el comportamiento administrativo histórico para determinar los coeficientes apropiados de las reglas de decisión referentes al nivel de producción y a la fuerza de trabajo. Esto representa todo un alejamiento de las escuelas anteriores de pensamiento, las cuales utilizaban los costos para fijar el valor de estos coeficientes. La lógica de Bowman se basa en el supuesto de que, aunque la administración toma de hecho buenas decisiones, tal vez pueda tomarlas en una forma más consistente cuando use una regla matemática de decisión. Su regla ha sido criticada por Eilon (1975) y otros, en el sentido de que es una regla de segundo orden y que se contradice, puesto que

una buena regla puede obtenerse sólo cuando las decisiones de la administración han sido consistentes, y este es exactamente el caso en el que la regla no es necesaria. Debido a estas dificultades, toda las demás formulaciones han continuado usando el costo, la utilidad o los objetivos múltiples, en lugar del desempeño administrativo histórico.

### *Simulación*

La simulación de problemas de administración de la producción es una técnica que progresa con rapidez. Aunque las ideas fundamentales en que se apoya la simulación son válidas por si mismas, su rápido desarrollo ha sido impulsado por la computadora, ya que el trabajo aritmético que requieren los problemas prácticos es demasiado pesado para el cálculo manual. Este método enfoca los problemas y plantea un experimento simulado y lo lleva adelante solo en papel ( o por medio de la computadora) para observar el efecto de las variables que interesan en las medidas de efectividad, E, que se han elegido. Por otra parte, el modelo simulado no da una respuesta óptima, como ocurre con algunos modelos matemáticos. La comparación entre alternativas se puede llevar a cabo mediante el modelo de simulación, pero el analista debe establecer las alternativas. Es un método sistemático de prueba y error para resolver problemas complejos.

Vergin (1966) proporcionó un ejemplo de cómo puede usarse la simulación para seleccionar los parámetros de las reglas de decisión de planeación agregada. Mediante el uso de la simulación puede evaluarse cualquier estructura de costo o cualquier otro objetivo que se desee. Una desventaja es que sólo se puede evaluar un número limitado de reglas, puesto que cada regla requiere una corrida de simulación separada. Sin embargo, puede usarse un método de búsqueda heurístico para obtener una base sistemática para seleccionar corridas alternativas. Históricamente, el uso de la simulación representa un avance sobre las formulaciones de costos lineales y cuadráticos, las cuales son altamente restrictivas. El método de simulación debe aplicarse cuando se requieren estructuras de costo complejas.

### *Regla de decisión por investigación*

En 1968 Taubert introdujo su método de la regla de decisión por investigación para encontrar la mejor regla para estructuras de costos generalizadas. Este método constituye un refinamiento de las formulaciones anteriores puesto que en él puede usarse cualquier función de costo o reglas de decisión. La función de costo resultante se minimiza usando el método de patrón de búsqueda de Hookes - Jeeves. Este método establece un procedimiento de búsqueda que se fundamentó en los patrones históricos de dirección y cambios de magnitud que han reducido la función de costo. Mediante pasos sucesivos, este procedimiento puede alcanzar un mínimo local aproximado de la función de costo. Taubert usó este procedimiento para evaluar reglas de decisión con 20 variables y obtuvo muy buenos resultados en una cantidad razonable de tiempo de computadora. Además, Taubert eligió el programa de investigación Hooke-Jeeves como vehículo para experimentar con el problema de la planeación y programación lineales. En términos generales, la función del costo representa los costos que se deben reducir al mínimo durante el tiempo de planeación; se puede expresar como una función de las tasas de producción y de los niveles de empleo en cada período del horizonte de planeación. Por tanto, cada período que se incluya en la planeación requiere la adición de dos dimensiones a ese criterio, una por la cuota de producción y otra por el número de trabajadores.

### *Programación por objetivos*

Lee y Moore (1974) sugirieron la aplicación del método de programación por objetivos en la planeación agregada. En esta formulación se especifican objetivos múltiples en orden de prioridad, tal y como se especifican los siguientes:

$P_1$  = operar dentro de los límites de la capacidad productiva

$P_2$  = cumplir con el programa de entrega contratado

$P_3$  = operar a un nivel mínimo de 80 % de la capacidad de tiempo normal.

$P_4$  = minimizar los costos totales de producción y de inventario

$P_5$  = mantener en un mínimo la producción con tiempo extra

El procedimiento de solución busca la satisfacción de estas metas, empezando con  $P_1$  y procediendo con  $P_2$ ,  $P_3$ , etc. Mediante la aplicación de este enfoque se pueden analizar los trueques que pueden hacerse entre los objetivos de capacidad, programa de entregas, fuerza de trabajo estable, producción, inventarios y costos de tiempo extra. Esto hace posible que se considere un marco más amplio que las simples estructuras de costo que hasta la actualidad se han empleado.

### *Heurística del cambio en la producción*

En la época en la que algunos autores pensaban que todos los métodos habían sido agotados, Mellichamp y Love (1978) desarrollaron el método heurístico del cambio en la producción. Su método se basa en la observación de que los administradores parecen preferir que haya un cambio grande en la fuerza de trabajo, en lugar de que haya una serie de cambios pequeños y más frecuentes. De acuerdo con esto se formuló una regla de producción ( y de fuerza de trabajo) de tres niveles: bajo, medio y alto. La producción se cambia de un nivel a otro dependiendo del nivel del inventario y de los pronósticos de ventas. Los puntos de cambio de la producción se basan en la minimización de cualquier función de costos dada mediante la aplicación de un procedimiento de búsqueda. La ventaja de este método radica en que las fluctuaciones periódicas de la producción se mantienen en un nivel mínimo.

Es interesante notar que en la investigación actual de la administración se da un gran valor a las antiguas y quizás arbitrarias "reglas empíricas", tan criticadas al principio por los científicos de la administración. Los métodos, modelos y programas heurísticos se han colocado en tiempos recientes en un lugar respetable dentro de la metodología analítica, la cual significa "que ayuda al descubrimiento de los hechos o conduce hacia él"; pero, en sentido administrativo, se refiere a un conjunto riguroso de reglas o pautas para la decisión

que, aunque nos son necesariamente óptimas, se les aplica de manera consistente, eficiente y evitan la necesidad de solucionar gran cantidad de problemas complicados.

### *Métodos de investigación por medio de computadora*

En la actualidad la computadora ha hecho posibles las técnicas de investigación casi analíticas y heurísticas. Dichas técnicas han incrementado en gran medida las probabilidades de hallar el óptimo global para modelos complejos. Una de estas técnicas es la conocida como procedimiento de investigación directa por computadora. Los métodos de investigación directa consisten en un examen secuencial de una serie finita de soluciones probablemente factibles, establecidas bajo cierto criterio. La evaluación de prueba se efectúa asignando valores a cada variable independiente, evaluando el criterio y registrando el resultado. Cada valor que se determina se compara con el mejor que se ha encontrado anteriormente; si se observa una mejora, el nuevo valor se acepta, y el anterior se rechaza. El procedimiento continúa de este modo hasta que el resultado no se pueda mejorar, hasta haber completado un número predeterminado de pruebas o hasta que se ha agotado el tiempo de la computadora. En este punto, se imprime la mejor combinación de variables independientes que fue posible encontrar.

## **Capítulo VI**

### **Elaboración de un modelo de Planeación Agregada**

**En la actualidad la función primordial de la administración es la de tomar decisiones que determinen los mejores cursos de acción, tanto a corto como a largo plazo, que deberá tomar una empresa. Dichas decisiones se pueden referir a la planeación financiera, al manejo de personal, pero primordialmente a la planeación de la producción, ya que consecuentemente repercutirá en las actividades de todas las áreas de la empresa.**

**Dentro de esto se tienen dos condiciones, la de decidir con certeza o decidir en condición de incertidumbre, desde luego la que siempre se desea, es decidir con certidumbre, en la cual el valor del resultado es único, es decir, la probabilidad de ocurrencia del resultado anunciado es de uno, y todo lo que hay que hacer es buscar la alternativa que ofrezca el mejor resultado y esa será la que se deba elegir.**

**Más sin embargo la condición más encontrada es la de incertidumbre, para la cual se debe tener un conocimiento de las probabilidades de ocurrencia de cada una de las posibles alternativas. Por lo general se depende de la experiencia como guía para encontrar las probabilidades y la persona que deba decidir deseará hacerlo de forma tal que el resultado previsto, según las probabilidades, sea el máximo.**



El trabajo que a continuación se presenta es el resultado del análisis de una empresa dedicada a la fabricación de calzado para dama. Así mismo el objetivo es proporcionar al dueño de la empresa un informe en el cual se reflejen las condiciones bajo las que está trabajando y algunas sugerencias para facilitar la toma de decisiones que incrementen su productividad.

### *Antecedentes*

La industria del cuero y calzado es considerada como sector prioritario dentro de la economía del país, debido a su gran capacidad de generación de empleos y su uso intensivo de mano de obra. Está integrada por 7300 establecimientos, generando 106700 empleos, siendo aproximadamente el 80% de las empresas pequeñas y medianas de alta integración vertical.<sup>5</sup>

En la fabricación de calzado de piel la mano de obra es factor determinante, siendo la posición competitiva de México favorable.

Para alcanzar competitividad se requiere de fuertes inversiones para su modernización, teniendo para ello las siguientes prioridades: modernizar maquinaria y equipo, ampliar la capacidad instalada, readaptar los procesos productivos, contemplar un control ambiental y dar capacitación técnica y especializada.

Como ya se mencionó, dentro de la industria mexicana, la industria manufacturera del calzado juega un papel de singular importancia, por su número de establecimientos industriales, su significativo valor agregado, la producción de empleos que genera, su asociación al mercado interno y su capacidad exportadora.

Actualmente esta industria se liga muy estrechamente al desarrollo de la industria curtidora, sin embargo, se ha incrementado substancialmente la fabricación de calzado con sustitutos de cuero, como lo son productos sintéticos (plásticos) y textiles.

Pero además, México enfrenta el reto de incrementar su competitividad integral, por lo que la industria mexicana del calzado enfrenta un doble desafío, el de abastecer el mercado doméstico nacional y el de conquistar mercados del exterior con productos de calidad, es

---

<sup>5</sup> Datos proporcionados por el Banco de Comercio Exterior, 1995

decir, que satisfagan la normalización internacional; proporcionando productos creativos y ofrecidos al mercado a un precio competitivo.

#### **Definición de la problemática**

La empresa en análisis presenta, más que un problema económico, un problema de optimización de recursos humanos y materiales y de organización administrativa. El punto de partida es definir el objetivo bajo el cual esta trabajando la empresa, y si es competitiva dentro de su área; conocer las políticas y reglas de cada departamento y primordialmente identificar los factores que se involucran directamente con el costo, el precio y la utilidad que proyecta el producto final.

Es por ello que el presente trabajo ofrece técnicas y herramientas de la ingeniería industrial, teniendo como finalidad el llevar a cabo un mejoramiento dentro de la empresa.

#### ***Análisis del producto***

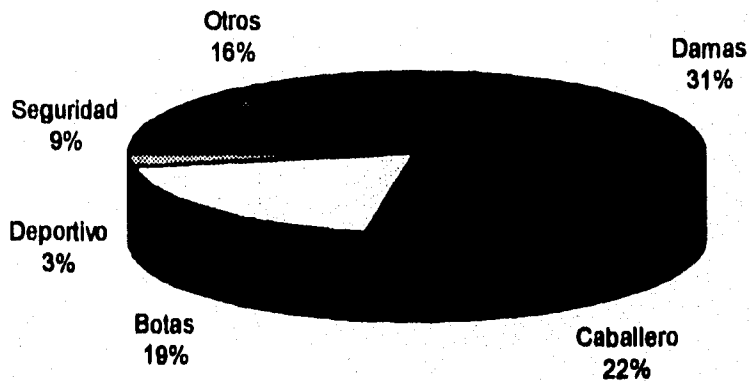
Para realizar un plan agregado, se hizo un análisis del producto, identificando de esta manera el objeto de estudio.

Dentro del sistema de fabricación de calzado se localizan seis subsistemas:

- I. Fabricación de calzado para caballero.
- II. Fabricación de calzado para dama.
- III. Fabricación de calzado de seguridad.
- IV. Fabricación de calzado deportivo.
- V. Fabricación de bota
- VI. Otros.

De la gráfica 1, se observan los porcentajes de demanda de cada subsistema.

### Distribución de calzado por línea



Gráfica 1

Fuente: Datos estadísticos del grupo Boston, Banco de Comercio Exterior, 1995

Con esta información, y de acuerdo con las características de la empresa en estudio, se decidió profundizar el análisis bajo un estudio dirigido al calzado exclusivamente para dama debido también a la gran demanda que tiene este producto.

#### *Ubicación del subsistema*

El subsistema formado por el calzado de cuero para mujer, se presenta como el más atractivo en México. Empero, el mercado del calzado de cuero, en general, es un segmento vulnerable de la industria mexicana, por la falta de competitividad en cuanto a costo y calidad de los materiales.

Al mismo tiempo, es el subsistema con el más alto potencial de crecimiento en el consumo nacional, debido a su baja penetración en el mercado actual. Por lo tanto es necesario identificar los proveedores que ofrezcan los mejores precios, así como invertir en maquinaria y equipo adecuados para su producción .

De la tabla 1 se observa que los materiales de plástico y textiles se están utilizando preponderantemente en la fabricación de calzado.

*Tabla 1. Producción de calzado por segmento de mercado  
(miles de pesos)*

Todo de cuero %	Piel	Corte cuero sin suela %	Textil	Todo sintético %	Plástico	Total %
-	76.1	-	14.6	-	10.0	100.7
66	138.5	18	38.3	16	33.2	210.0
20	50.0	50	125.6	30	76.4	252.0
68	129.3	17	33.2	15	28.5	191.0
69	135.7	17	32.8	14	26.8	195.3

**Fuente: Datos estadísticos, Nichos de Mercado, Banco de Comercio Exterior, 1995**

Todo ello como consecuencia del elevado precio del cuero, que genera un desplazamiento de los productos de piel por los sintéticos, añadiendo a ello los efectos de la moda.

Por lo que del análisis descrito, se concluye que el zapato que se fabrica tiene un amplio mercado definiéndose la proporción de 80% en piel y 20% de plástico.

La relación porcentual presentada es consecuencia de la aceptación que tiene el calzado de cuero en la población con nivel económico medio-bajo, con la cual se genera una mayor utilidad; en tanto que el zapato de plástico servirá únicamente para retener al cliente.

Una vez ubicado el subsistema al cual pertenece la empresa, se requiere realizar la planeación del desarrollo de la misma.

Dentro de los estudios que se consideró pertinente llevar a cabo, se encuentran:

- Estudio de mercado
- Localización de planta
- Ingeniería del producto
- Distribución de planta
- Manejo de materiales
- Diseño de producción
- Compras
- Planeación agregada

### *Estudio de mercado*

Posterior al análisis y ubicación del producto se realizó el estudio de mercado, fundamentado con datos estadísticos.

Se plantearon cambios en la estructura del consumo, ya que actualmente el calzado de cuero representa el 65% del consumo en el mercado, mientras que el calzado de plástico y el calzado textil representan el 20% y 15% respectivamente. Añadiendo además que el TLC creará una fuerte presión sobre los precios y niveles de calidad del zapato de cuero, de lo cual resulta un proceso que tiende a la sustitución del calzado de plástico por el calzado de cuero de construcción similar.

Las importaciones de calzado de cuero para dama representan el segmento de importación más grande en países como los Estados Unidos de Norteamérica y Canadá. El factor moda y la disponibilidad de fuentes de oferta a precios económicos, han sido los factores clave en el desarrollo de este mercado. Por ello el crecimiento futuro dependerá más que nada de un aumento en la demanda global.

Aunque estos factores continuarán presentándose, el crecimiento de las importaciones de este tipo de calzado será más lento.

En contraste con el calzado de cuero, la estructura de la oferta del calzado de plástico esta caracterizada por una concentración muy elevada de las importaciones y una posibilidad limitada de diversificación en términos de precio.

### *Estudios económicos*

La determinación del precio al cual debe venderse el producto terminado, esta determinado por un estudio de la oferta y la demanda. Para ello se emplean los siguientes conceptos.

- **Demanda elástica:** cuando se disminuye el precio, aumenta la demanda y el ingreso total se incrementa.
- **Demanda intermedia:** baja el precio, aumenta la demanda, pero el ingreso total continua igual.
- **Demanda inelástica:** baja el precio, aumenta la demanda, pero el ingreso total disminuye.
- **Costo:** una vez determinado el precio de venta, se requiere hacer un estudio del costo, en el cual se incluyeron: materiales, mano de obra, costo de manufactura, costo de producción, costo de operación y costo por unidad.

### *Pronóstico venta-demanda*

La esencia de un sistema de pronósticos consiste en proporcionar retroalimentación de información en forma rápida y certera donde se necesite, para poder prever siempre que sea posible, los cambios de la demanda que se reflejaran hacia atrás a lo largo de las etapas del sistema.

Los componentes de la demanda son tendencias promedio y patrones estacionales.

Para la elaboración de los pronósticos se emplearon las estadísticas realizadas por Grupo Boston, las cuales fueron proporcionadas por el Banco de Comercio Exterior.

*Tabla 2. Concertación de calzado*

(%)

Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996
Estructura de consumo						
Calzado de cuero	45	40	42	44	46	48
Calzado de plástico	36	40	38	36	34	32
Calzado textil	19	20	19	20	19	20

Fuente: Datos estadísticos del grupo Boston, Banco de Comercio Exterior, 1995

*Tabla 3. Pronóstico de demanda para dama*

(millones de pares)

Demanda media anual : 205.200

Factor de crecimiento: 0.315

Año	Demanda media	Pronóstico de demanda media total	Pronóstico de demanda media para dama
1993	205.200	269.840	118.192
1994	215.970	215.970	124.392
1995	225.690	296.780	129.989
1996	234.580	308.470	135.140
1997	242.790	319.270	140.490
1998	250.440	329.330	151.490

Fuente: Elaboración propia con factor de crecimiento proporcionado por el BANCOMEXT, 1995

El pronóstico de demanda nacional fue obtenido a partir de la demanda media nacional multiplicada por el factor de crecimiento, destacando que esta demanda es para todos los tipos de calzado, por lo que para obtener únicamente la demanda de calzado para

dama, el pronóstico de demanda media total se multiplicó por el porcentaje pronosticado para los cinco años.

Para determinar la demanda que se tendrá, se empleó la tasa de producción de la planta, la cual es de 312,000 pares anuales, con lo que se prevén las ventas abarcando el 0.2% de la demanda total de calzado para dama.

#### *Determinación del precio de venta*

Para determinar el precio del producto final, se obtuvieron en primer término los costos que genera el mismo, de donde:

*Tabla 4. Costo de mano de obra por unidad  
(pesos)*

Tarea	\$
Cortado	0.70
Rebajado	0.35
Maquinado	1.88
Montado	1.12
Ayudante maquinista	0.35
Pegado	0.70
Desvirado	0.14
Decorado	0.77
Oficial	0.12
Varios	0.21
Total	6.34

**Fuente:** Elaboración propia con base en costos proporcionados por el dueño de la empresa, 1995



*Tabla 5. Costo de materia prima  
(pesos)*

Pieza	\$ por unidad	Cantidad requerida	Por par de cuero	Por par de plástico
Corte	0.465	10 Dec	4.65	
Corte	0.200	10 Dec		2.0
Plantilla y vista	0.043	5 Dec	0.215	0.215
Adorno	0.700	1 Par	0.700	0.700
Planta	6.800	1 Par	0.151	0.151
Suela	35.00	1 Par	0.673	0.673
Tapa	20.00	1 Par	0.277	0.277
Forro	16.50	10 Dec		1.18
Pegamento (montar)	95.00	1 Par	0.080	0.080
Pegamento (suela)	125.00	1 Par	0.125	0.125
Otros		1 Par	0.100	0.100
Caja (empaque)	0.450	1 Par	0.450	0.45
Pigmento	19.00	1 Par	0.057	0.057
Servicios		1 Par	1.260	1.260
Casquillo (punta)	8.00	1 Par	0.080	0.080
Total			8.818	7.348

**Fuente: Elaboración propia con base en costos proporcionados por el dueño de la empresa, 1995**

Costo total = costo de mano de obra + costo de materia prima

Costo total (zapato cuero) = 6.34 + 8.818 = 15.16

Costo total (zapato sintético) = 6.34 + 7.348 = 13.67

En segundo término, para la determinación del precio de venta se analizaron los precios de importación de calzado para dama de 1994.

*Tabla 6. Precio de venta de calzado para dama*

País	Valor comercial (dls.)	Volumen	Precio medio		Unidad
			Dls.	\$	
Alemania	1118	11.1	4.5	33.75	par
Brasil	55120	256.0	4.21	31.58	par
Colombia	4812	750.0	3.21	24.08	par
Corea del Sur	33852	61.0	2.03	15.23	par
China	17396	8341.9	2.0	15.0	par
España	5098	995.0	2.7	20.25	par
E.U.A.	706946	58201.0	6.1	36.8	?
Italia	61378	103.0	39.2	18.0	?
Hong Kong	320071	27654.0	11.6	35.09	?

Fuente: Estadísticas de importación-exportación de calzado del Banco de Comercio Exterior, 1994

Con estos datos se obtuvo:

- precio promedio es de \$ 23.32
- precio calzado de cuero  $C_p = \$ 15.16$
- precio calzado de plástico  $C_p = \$ 13.67$

**Cp. Costo de producción**

Finalmente para determinar el precio de venta se tuvo:

$$\text{Precio de venta} = C_p + (C_p * 0.30)$$

$$PV_c = \$ 19.71$$

$$PV_p = \$ 17.77$$

Donde:

$PV_c$ . Precio de venta de calzado de cuero

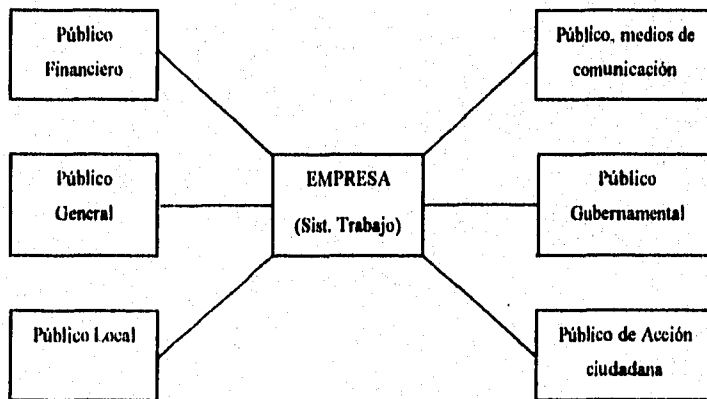
$PV_p$ . Precio de venta de calzado de plástico

### *Localización de planta*

La ubicación óptima de la planta es la que contribuye en gran medida a que se logre la mayor tasa de rentabilidad sobre el capital y obtener el costo unitario mínimo.

En ello se incluyeron los siguientes factores:

- Medio ambiente. Para hacer una buena localización de planta es necesario considerar el medio ambiente al que se va a encontrar el producto.
- Ambiente de trabajo. Abarca a la compañía y las tres instituciones mayores a saber: proveedores, intermediarios de ventas y mercado. Los cuales constituyen un canal total para satisfacer un conjunto particular de necesidades del cliente.
- Ambiente competitivo. Una organización rara vez se halla sola en su esfuerzo por dar servicio a este mercado. Su labor será construir un sistema eficiente de mercadotecnia.
- Ambiente público. Una empresa está obligada a reconocer un gran conjunto de públicos que muestran interés. Debido a que los actos de la empresa afectan los intereses de otras



- Ambiente demográfico. Es de interés para los comerciantes (la población) puesto que es la gente la que forma los mercados.

- **Ambiente económico.** Los mercados requieren no solamente gente, sino también poder adquisitivo. El poder total de compras es una función de ingreso corriente, precios, ahorros y disponibilidad de crédito.
- **Ambiente natural.** Las empresas deben percatarse de los varios desafíos y oportunidades creadas por cuatro tendencias particulares en el medio ambiente natural:
  - Inminente escasez de ciertas materias primas.
  - Mayor costo de energía.
  - Crecientes niveles de contaminación.
  - Creciente intervención gubernamental en la administración de recursos naturales.
- **Ambiente tecnológico.** Algunas de las tendencias en la tecnología que como empresarios se deben considerar son:
  - Ritmo acelerado de cambio tecnológico.
  - Oportunidad de innovación limitada.

### *Materiales*

Los materiales que se requieren para la fabricación de calzado son:

Cuero (piel)	Sintético (plástico)
Suela	Fibra (plantas)
Pegamento	Caja para empaquetado
Hilo	Herrajes y/o adornos
Otros (clavos, tachuelas, papel de china, etc.).	

Para ello se ubicó a los siguientes proveedores de suministros:

**Industrias Carpe**

**Bases y plataformas**

**Alfarería # 46**

**Col. Morelos**

**Tel. 789 92 68**

**Comercial de Abrasivos, S.A.**

**Abrasivos, nylon, pvc y abs.**

**Camarones # 221-B**

**México 16, D.F.**

**Tel. 556 55 82**

**3M de México, S.A. de C.V.**

**Calz. San Juan de Aragón # 516**

**Tel. 577 21 00**

**México, D.F.**

**Adhesivos industriales Anahuac**

**Litografía # 103,**

**Tel. 789 96 36,**

**México 2, D.F.**

**Cía. Impulsora de plásticos.**

**Rep. del Salvador # 133**

**México 1, D.F.**

**Carpel, S.A. De C.V.**

**Juan Escutía # 64**

**Tel. 553 04 62**

**C.P. 06140**

**Fibra y cuero**

**Central # 5**

**Tel. 576 64 55**

**Naucalpan, Mex.**

**Artículos para calzado, S.A.**

**Honduras # 73 -2do piso**

**Tel. 526 63 87**

**México 1, D.F.**

**Euzkola, S.A**

**Imprenta # 401**

**Tel. 795 36 08**

**Suelas pref. en cuero**

**Transval # 164,**

**Tel. 551 50 29,**

**Cartón y cartoncillo**

**Pintores # 66**

**Tel. 789 90 21**

**México 2, D.F.**

**Distribuidora de cartón**

**Panaderos # 76,**

**Tel. 795 11 52,**

**México 2, D.F.**

**Aceros Nacionales, S.A.**

**Av. Hidalgo # 132**

**Tel. 565 34 33**

**Tlalnepantla, Mex.**

**Acegrapas FIFA**

**Alce blanco # 30**

**Tel. 576 12 55**

**Naucalpan, Mex.**

**Sujes Diamante**

**Plomeros # 98**

**Tel. 795 03 21**

**México 2, D.F.**

**Sujes Industriales.**

**Roa Barcenas # 65**

**Tel. 588 25 46**

**México 8, D.F.**

**Migliano Hermanos, S.A.**

**Uruguay # 116**

**Tel. 522 24 32**

**México 1, D.F.**

**Apolo, S.A.**

**Jesús Carranza # 11**

**Tel. 526 03 17**

**México 2, D.F.**

**Alarcón Rojas Genaro**

**Allende # 48 - C**

**Tel. 526 79 30**

**México 1, D.F.**

**Mauricio Migliano, S.A.**

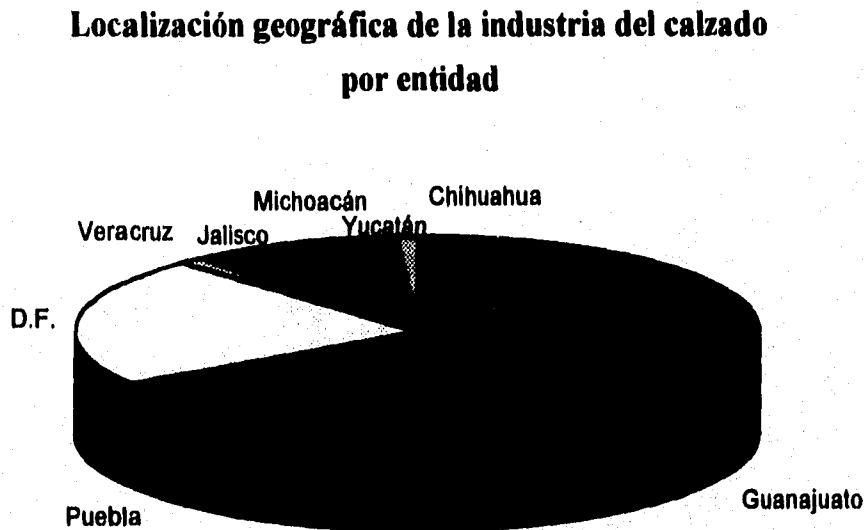
**Uruguay # 112**

**Tel. 522 26 27**

**México 1, D.F.**

### *Definición de la mejor ubicación*

Para determinar si la ubicación de la empresa es la más adecuada, se considero la distribución geográfica de las industrias de calzado, mostrada en la gráfica 2.



Gráfica 2

Fuente: DGA; Elaboración: INESCOP - FICE

A partir de la gráfica anterior y considerando únicamente los dos lugares con mayor número de industrias se obtuvieron como alternativas:

Alternativa "A" - Reubicar la empresa en Guanajuato.

Alternativa "B" - Dejar la empresa en el D.F., México.

Posteriormente utilizando el método cualitativo por puntos y determinando los cinco factores más relevantes se generó la siguiente tabla:

**Tabla de calificaciones:**

- 10 Excelente
- 9 Muy bien
- 8 Bien
- 7 Regular
- 6 Malo
- 5 Muy malo

Factores relevante	Peso asignado	"A"		"B"	
		Calif.	Ponderación	Calif.	Ponderación
Materia prima disp.	0.30	10	3.0	8	2.4
Mano de obra	0.30	8	2.4	10	3.0
Cercanía de mercado	0.25	8	2.0	9.0	2.3
Costo de insumo	0.10	7	0.7	9	0.9
Costo de vida	0.05	6	0.3	8	0.4
Suma	1.00		8.4		9.0

**Fuente: Elaboración propia, 1996**

Como se observa, la alternativa que ofrece una mayor puntuación y mejores condiciones es la "B".

**Justificación:**

Debido a que los proveedores de materia prima, en su mayoría, se encuentran localizados en el D.F., se ahorrarían gastos de transportación, además la disponibilidad de mano de obra no es escasa. Por otra parte es benéfico tener ubicada la planta en el D.F. ya que muchos de los compradores mayoristas se dirigen específicamente a la Ciudad de México y sus alrededores, por ser éste un lugar estratégico en donde se encuentra una gran variedad de productos.



### *Eliminación de desperdicios*

La eliminación de desperdicios es una operación rutinaria de la producción. En este caso, el desperdicio que se genera es:

- a) Recorte de fibra.
- b) Recorte de suelas.
- c) Recorte de piel y pedacería.

Lo cual no es un problema ya que el recorte de fibra y de cuero se utiliza para la realización de fibra-cuero, que es un material de menor calidad empleado en la fabricación de calzado

Lo mismo sucede con el recorte de suela, el cual puede ser reciclado para obtener nuevos productos. Por lo que finalmente se debe buscar un comprador o cliente de desperdicio, obteniendo un beneficio tanto para la comunidad como para la empresa misma.

### *Ingeniería del producto*

Es de vital importancia el definir cuales son las actividades y responsabilidades de cada trabajador, para ello a continuación se presenta una descripción de cada uno de los elementos del proceso.

Descripción del proceso.

- Operador de suajadora para corte: opera y controla la máquina de corte de piel y vinyl, por medio de suajes para la fabricación de calzado.

Tareas:

1. Separa por espesor, color y calidad las pieles y vinyles.
2. Inserta en la máquina un suaje de acuerdo con el modelo y número de piezas a cortar.
3. Acciona los mecanismos de la máquina.

4. Descarga de la máquina las piezas cortadas y las coloca en el lugar indicado para que sean trasladadas a la siguiente actividad.

5. Limpia la máquina y lleva un registro de las actividades realizadas.

- Operador de la máquina de rebajado: opera y controla la máquina que rebaja los bordes del forro y corte para facilitar su unión, pegado, doblado y encintado de las piezas que conforman el calzado.

Tareas:

1. Realiza los ajustes requeridos a la máquina y coloca las cuchillas adecuadas.

2. Alimenta la máquina con las piezas del calzado a procesar.

3. Acciona los mecanismos de la máquina de rebajado.

4. Coloca las piezas rebajadas en el lugar indicado.

5. Lleva un registro de las actividades realizadas.

- Operador de máquina de coser: opera y controla la máquina de coser y decora, mediante costura, diversas piezas que conforman el calzado.

Tareas:

1. Alimenta la máquina de coser con el material requerido -hilos, ribetes, elásticos-.

2. Acciona los mecanismos de la máquina.

3. Verifica que el terminado de las costuras este de acuerdo con las normas de calidad establecidas.

4. Lleva un control de las actividades realizadas.

5. Limpia y aceita la máquina al finalizar sus labores.

- Operador de suajado de planta y suelas: opera y controla la máquina que corta fibra y suela.

Tareas:

1. Inserta en la máquina un suaje de acuerdo con el modelo y número de piezas a cortar.

2. Acciona los mecanismos de la máquina.
3. Descarga de la máquina las piezas cortadas y las coloca en el lugar indicado para que sean trasladadas al siguiente proceso.
4. Limpia la máquina y lleva un registro de las actividades realizadas.

- **Montador de corte:** arma -sobre la planta y la horma- los cortes de piel que conforman el calzado. Utiliza ganchos, pinzas de presión y clavos.

**Tareas:**

1. Monta la horma en la máquina.
2. Fija con tachuelas la planta en la horma.
3. Da forma al calzado, armando sobre la planta y la horma los cortes de piezas con el uso de ganchos, clavos y pegamento.
4. Coloca el contrahorte y el casquillo entre la piel o vinyl y el forro.
5. Golpea con un martillo los bordes de las piezas del calzado para que se adhieran a la planta del mismo.
6. Coloca el calzado ya armado en la carretilla.
7. Lleva un control de las actividades realizadas.

- **Operador de desvirado y preparado:** es el encargado de desvirar y preparar las suelas para que aplique posteriormente una capa de pegamento.

**Tareas:**

1. Alimentar la máquina para realizar las actividades de la preparación.
2. Lleva un control de las actividades realizadas.

- **Operador de la máquina pegadora:** opera y controla la máquina pegadora que por medio de presión y pegamento, une la suela con el corte que conforma el calzado.

**Tareas:**

1. Alimenta la parrilla con las suelas que tienen pegamento, para activar este mediante calor.

2. Descarga las suelas de la parrilla y las empalma con el corte para que pasen a la pegadora.
3. Ajusta la máquina pegadora.
4. Acciona la máquina para la operación.
5. Deposita el calzado ya pegado en la carretilla.
6. Limpia su máquina y realiza el control de las actividades realizadas.

- Operación de decorado: consiste en dar el acabado a los productos.

**Tareas:**

1. Aplicar el pigmento al calzado, dando una buena presentación.
2. Troquelar las plantillas.
3. Colocar las plantillas al calzado.
4. Folear las cajas del producto terminado.
5. Desplazar el producto terminado al almacén.
6. Llevar un registro y control de las actividades realizadas.

### *Tiempos de operación*

Cada operación sera ejecutada en aproximadamente:

<b>Operación</b>	<b>Tiempo (min.)</b>
1. Cortado de cuero	2
2. Rebajado del corte	1
3. Doblado del corte	1
4. Maquinado del corte	8
5. Sujado de plantas	0.5
6. Montado del zapato	6
7. Sujado de suelas y tapas	0.5
8. Aplicación de pegamento	1
9. Desvirado y preparado	0.5
10. Pegado de suelas	2.5
11. Secado del zapato	3
12. Troquelado de la plantilla	0.17
13. Adornado y empacado	5

**Total = 28.67**

**Total de operaciones: 13**

**Total de transportes: 12**

### *Equipamiento de la planta*

Para la fabricación de calzado, la maquinaria, herramienta y equipo con que se cuenta, para tener una capacidad de producción de 1200 pares diarios es:

Actividad	Sección	Descripción	Cantidad	Unidad	C.Unitario	C.Total
Corte de cuero	Cortado	Suajadora para corte	2	Pieza	17	34
Suajar planta y suelas	Sujado	Suajadora de avio	1	Pieza	9.75	9.75
Rebajar la piel	Rebajado	Rebajadora	1	Pieza	13.95	13.95
Coser el corte	Maquinado	Máquina para coser	5	Pieza	2.58	12.91
Montar el zapato	Montado	Máquina montadora para puntas	1	Juego	21.34	21.34
Pegar la suela	Pegado	Máquina para pegar	2	Pieza	5.95	11.9
Desvirado y lijado	Desvirado	Banco de acahado	1	Pieza	4.45	4.45
Troquelado	Decorado	Troquelador a	1	Pieza	1.35	1.35
Montar el zapato	Montado y cortado	Martillos	20	Pieza	.0025	.5
Affilar las cuchillas	Montado y cortado	Chairas	10	Pieza	.0018	.18
Alilar las cuchillas	Montado	Piedras	10	Piezas	.0018	18
Montar el zapato	Montado	Alicatas	15	Pieza	.002	.3
Pigmentado y decorado	Decorado	Brochas	15	Pieza	.005	.82
Entrega de zapatos	Ventas	Camioneta	1	Pieza	60	60

Actividades	Sección	Descripción	Cantidad	Unidad	C.Unitario	C.Total
Mobiliario para oficina	-	Escritorios, estantes.	-	-	2.5	2.5
Otros	-	Mesas de corte	5	Pieza	.1	.5
Armado del corte	Montado	Hormas	300	Par	.02	6
Cortar suelas y plantas	Avío	Suajes	4	Juego	2.5	10
Cortes	Corte	Suajes	2	Juego	4	8
Transportar el zapato	-	Carretilla	40	Pieza	.2	8
Activar pegamento	Pegado	Act. resit.	2	Pieza	3.53	7.06
Asentar el zapato	Montado	Pinzas	10	Pieza	.045	.45
Secado del zapato	Pegado	Horno	1	Pieza	44.2	44.2
Impresión	Decorado	Foleadora para corte	1	Pieza	1.35	1.35
Total						259.6305

**Fuente: Elaboración propia, 1996**

*Nota: Los datos se encuentran en miles de pesos*

### *Personal necesario*

Para la fabricación de calzado se debe contar con un operario por máquina por lo que el personal necesario es el siguiente:

- 3 Suajadores de corte.
- 1 Suajador de avío.
- 1 Rebajador.
- 5 Maquinistas.
- 2 Montadores.
- 1 Desvirador.

- 8 Adornadoras.
- 2 Ayudantes generales.
- 2 Ayudantes para maquinado.
- 2 Ayudantes para montado.
- 3 Almacenistas.
- 1 Chofer.
- 1 Secretaria.
- 2 Vendedores.
- 1 Jefe de producción.
- 1 Director general.
- 1 Contador.

### *Control del proceso*

Para llevar acabo el control de proceso en la fabricación de calzado, los aspectos a considerar son:

1. Verificar que se lleve a cabo la inspección correspondiente en cada estación de trabajo.
2. Que la materia prima que se reciba cumpla con los parámetros de calidad preestablecidos.
3. Que todos los operarios tengan organizada su área de trabajo.
4. En los pasillos no debe haber ningún obstáculo que obstruya el fácil acceso.
5. Todos los movimientos deberán seguir las líneas de recorrido.
6. La iluminación de la planta debe ser la adecuada.
7. Los operarios realizarán una inspección al trabajo realizado por ellos mismos.



## *Distribución de planta*

### Descripción de la distribución de planta.

Una buena distribución de planta es aquella que proporciona condiciones de trabajo aceptables y permite la operación más económica, a la vez mantiene las condiciones óptimas de seguridad y bienestar para los trabajadores. Para la distribución de planta se definió que el sistema productivo es de tipo intermitente (por lote) por lo que se hará una redistribución por proceso. La distribución se debe al recorrido del producto por la planta (dos niveles).

### Planta baja (primer nivel)

1. Zapatería.
2. Entrada para el embarque y recepción. Escaleras que dan acceso a la recepción.
3. Estacionamiento.
4. Almacén de materias primas.
5. Almacén de producto terminado.
6. Almacén de refacciones.
7. Suajadora de avío (estación de trabajo 1).
8. Suajadora de corte (estación de trabajo 2).
9. Máquina de rebajado (estación de trabajo 3).
10. Máquina de coser (estación de trabajo 4).
11. Baños para mujeres.
12. Baños para hombres.
13. Almacén de producto en proceso.
14. Almacén de suajes y molduras.
15. Escaleras.

### Planta alta (segundo nivel)

16. Oficina con vista a la planta y a la calle.
17. Recepción.
18. Escaleras.

19. Juego de máquina montadora de puntas-talón.
20. Almacén hormas.
21. Banco de acabado combinado.
22. Pegadora de calzado.
23. Activador con resistencia.
24. Área para limpiar el zapato y sacar horma.
25. Área de decorado.
26. Troqueladora.
27. Foleadora para corte.
28. Horno para secado de calzado.

#### *Balanceo de líneas*

El balanceo de líneas tiene diversas aplicaciones, entre ellas, se tiene la repartición equitativa de la carga de trabajo, el permitir un mejor control del proceso y de los tiempos determinados y también para evitar cuellos de botella. Si hay algo anormal en la fabricación, por medio del balanceo de líneas es posible corregirlo.

Para realizar un balanceo de líneas se requiere tener conocimiento de la capacidad con que cuenta la empresa.

En este sentido se tiene:

*Capacidad instalada*

No. de máquinas	Cap. (100%)	Cap. Útil (%)	Cap. Total
(2) suajadoras de cuero	800 pares	75.00	1600.00
(1) Suajadora de avío	2000 pares	60.00	2000.00
(5) Máquina de coser	00 pares	0.00	2000.00
(1) Máquina de prev.	2000 pares	60.00	2000.00
(1) Máquina de montar	2000 pares	60.00	2000.00
(2) Máquina de pegar	800 pares	75.00	1600.00
(1) Banco acabado	2000 pares	60.00	2000.00
(1) Troqueladora	4000 pares	30.00	4000.00
(1) Horno p/suelas	2500 pares	48.00	2500.00
(1) Polcadora	400 pares	30.00	4000.00
(2) Activador	800 pares	75.00	1600.00

*Balanceo de líneas*

Operaciones	Tiempo (min.)
1	2
2	1
3	1
4	8
5	0.5
6	6
7	0.5
8	1
9	0.5
10	2.
11	3
12	0.17
13	5

Para un requerimiento de 1200 pares por día en un turno de 8 horas, cada par deberá fabricarse en un tiempo igual a:

$$\frac{480}{1200} = 0.4 \text{ pares/ minuto}$$

por lo que el número de operarios requeridos en cada estación de trabajo es:

No. de Operación	Tiempo (min.)	Tiempo real	No. de operarios
		$tr=ts0.95$	
1	2	2.22	3
2	1	1.05	1
3	1	1.11	1
4	8	8.42	2
5	0.5	0.53	1
6	6	6.32	2
7	0.5	0.53	1
8	1	1.05	1
9	0.5	0.53	1
10	2.5	2.63	2
11	3	3.16	5
12	0.17	0.18	1
13	5	5.26	7

Para determinar las estaciones de trabajo se tiene:

U.T.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	S.O.	P.P.
1		/	/	/		/				/	/		/	22	28.5
2			/	/		/				/	/		/	2	25.5
3				/		/				/	/		/	3	24.5
4						/				/	/		/	4	16.5
5						/				/	/		/	5	16.5
6										/	/		/	7	10.5
7								/	/	/	/		/	8	12.0
8									/	/	/		/	6	11.0
9										/	/		/	9	10.5
10											/		/	10	8.0
11													/	11	5.0
12													/	12	5
13														13	5.0

Donde:

U.T. - Unidades de trabajo

S.O. - Segundo orden

P.P. - Peso posicional

$$\text{Tiempo de ciclo} = \frac{(480 - 60)1.05}{1200} = 0.3675 \text{ min./par}$$

Como la producción es por lote se tiene:

$$\text{Tiempo de ciclo} = 5.5125 \text{ min./par}$$

**Tabla 9. Distribución de operaciones**

No. de estación	Operación	P.P.	Tiempo (min.)	Tiempo acumulado (min.)
1	1	28.5	1	1
1	2	25.5	2	3
1	3	24.5	1	4
1	4	16.5	1.6	5.6
2	5	16.5	0.5	0.5
2	7	12.0	0.5	1.0
2	8	11.0	1.0	2.0
2	6	10.5	3.0	5.0
2	9	10.5	0.5	5.5
3	10	8.0	1.25	1.25
3	11	5.0	3.00	4.25
3	12	5.0	0.17	4.42
4	13	5.0	5.0	5.0

**Fuente: Elaboración propia, 1996**

**Manejo de materiales**

Para el manejo de materiales se debe prestar atención en lo siguiente:

- a) correcta identificación del material.
- b) método de empaquetamiento.
- c) capacidad del equipo.
- d) tamaño de la carga.

Mientras que en la fabricación de calzado se consideran:

Carretillas

Bandas verticales

Cajas de plástico

*Tabla 10. Equipo (costo y uso).*

Distribuidora	Dirección	Tipo de equipo	Capacidad
Tlapalería Nonoalco, S.A. de C.V.	Calz. Ricardo F. Magón No. 33B	Carretillas	120 pares
Celopak S.A. de C.V.	Calle 27 No.26 Ejidal Iztapalapa	Cajas de plástico	Tamaño reg. 60 pares
Bandas Tauro S.A.	Insurgente Norte 848	Banda vertical	Continuo

**Fuente: Elaboración propia, 1996**

### *Embalaje*

Las cajas de cartón empleadas para el empaque del producto final, las hay de varias dimensiones, tamaños, resistencias, etc. Y son de uso común para empacar o envasar los productos. La caja se forma de una hoja de cartulina encolada entre dos hojas exteriores de cartulina lisa, el producto resultante es de peso ligero y tiene una resistencia mecánica considerable dando al envase un alto grado de elasticidad.

Las dimensiones de la caja son: 27 x 12 x 9 cm.

Las dimensiones de la tapa son: 27.1 x 12.1 x 2.1 cm.

La caja de cartón en una de sus caras deberá tener la siguiente información:

	Estilo	Color	Número
Ejemplo	608	negro	4 ½ ó 4 -

Una vez empacado el zapato se agrupan en lotes de quince pares, para su posterior traslado al almacén de producto terminado.

### *Control de inventarios*

Los objetivos de control de inventarios son:

- Minimizar la inversión en inventario, los costos de almacenamiento y las pérdidas por daños y obsolescencia.
- Mantener un inventario sin carencias y un sistemas de información eficiente.
- Cooperar con adquisiciones y hacer predicciones sobre las necesidades de inventarios.

### *Costos por inventarios*

- Seguros.
- De producción (adquisición).
- De manejo y almacenaje.
- De escasez.
- De capital.

El modelo empleado tanto para el inventario de materia prima como el de producto terminado es el de ciclo fijo de reorden, donde la acción de reposición se inicia periódicamente, y tendrá una periodicidad de una semana, por esto la cantidad pedida varia de acuerdo con la utilización efectuada en el período inmediato anterior.

Para determinar el nivel máximo del inventario se debe considerar la tasa de producción que es de 6,000 pares de calzado a la semana para lo cual se requiere la siguiente materia prima:

Pigmento	19 litros
Cajas	6,000 unidades
Corte	66,000 decímetros
Forro	30,000 decímetros
Adorno	12,000 unidades
Fibra	143 hojas
Suela	177 hojas



Tapa	84 hojas
Pegamento para montar	5 latas
Pegamento para suela	6 latas.
Varios	5 cajas
Casquillo	60 metros

El nivel de cada artículo, estará dado por la suma de lo requerido en la producción semanal.

Además se debe considerar un inventario de contingencia el cual será obtenido a partir de lo siguiente:

$L =$  al tiempo de entrega de la rotación = 2 días.

$R =$  periodo de revisión = 5 días.

$R + L = 7$  días.

$\bar{D} = 6,000$  pares por semana.

$a = \bar{d}_{\text{dia}} = 1,200$  Pares.

Para proporcionar un nivel de eficiencia en el servicio del 90%, es decir, un riesgo de agotamiento del 10%, se requerirá:

$$D_{\text{Máxima}} = \bar{D} + \frac{4}{9}a = 6000 + \frac{4}{9}1200 = 6533 \text{ unidades}$$

Donde:

$$m = 6,533 \text{ unidades.}$$

El inventario de contingencia es igual a:

$$B = M - \bar{D} = 6,533 - 6,000 = 533 \text{ unidades.}$$

El inventario máximo, en existencia y pedido:

$$M = B + \bar{d}(R + L) = 533 + (1,200(5 + (2/5)))$$

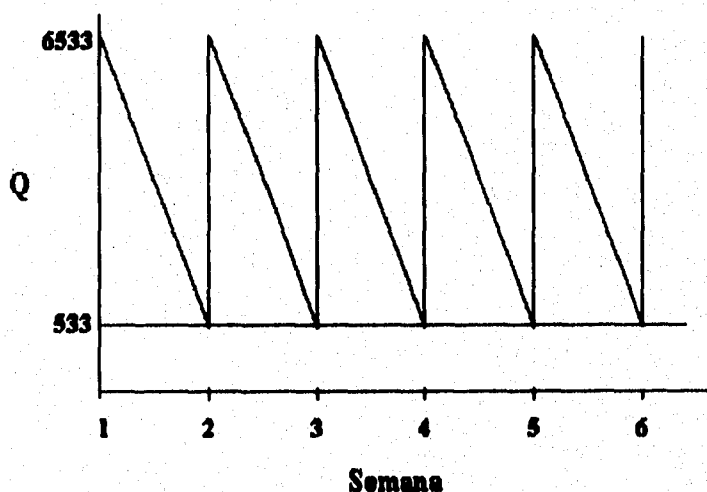
$$M = 7,013 \text{ unidades.}$$

El inventario medio en el sistema es :

$$\bar{I} = B + \frac{1}{2}(\bar{d} \times R) = 533 + \frac{1}{2}(1200)5 = 3533 \text{ unidades.}$$

Este sistema permite agrupar pedidos de diferentes productos individuales y aprovechar el menor costo de transporte en grandes cantidades, además responde rápidamente a los cambios de la demanda y es aplicable a los procesos en que se requiere un mayor control.

### Inventarios



Los costos originados por los inventario son:

De adquisición = $(0.8(52 \times 8.818) + 0.2(52 \times 7.348))6000$	= \$ 2 659 488.00
Por intereses = $0.8(69.33 \times 8.818) + 0.2(69.33 \times 7.348)$	= \$ 590.97
Por seguro	= \$ 7 000.00
Por almacenamiento	= \$ 500.00
Por manejo	= \$ 3 000.00
Por existencias = $0.8(1766.65 \times 8.818) + 0.2(1766.65 \times 7.348)$	= \$ 15 058.92
<b>Total</b>	<b>= \$ 2 685 637.90</b>

El inventario del producto en proceso estará constituido por piezas que elaboradas paralelamente a otros procesos, en las cuales su tiempo de producción es menor que los otros procesos y por lo tanto deben ser almacenados temporalmente. Como por ejemplo las plantillas, suelas y plantas.

### *Almacenes*

A menudo los materiales abarcan una parte significativa de los costos de operación de una organización, y son una proporción importante de sus activos corrientes. Como cualquier otra característica de una organización el control apropiado de los almacenes es esencial para una alta productividad y normalmente es fácil de entender y obtener. El valor de un buen almacenaje es alto y es un falso ahorro el no tener el equipo y personal necesario.

El almacenista es el responsable no solo de los almacenes sino también de los bienes contenidos en ellos, así como los que se encuentran en recepción.

Distribución y localización de los almacenes.- Las siguientes consideraciones, son de vital importancia en un almacén.

- La carga del piso debe ser adecuada para las condiciones mas adversas.
- Los almacenes deben ser seguros, es decir, no permitir la entrada de personal ajeno a esta área.
- La impermeabilización debe ser particularmente buena.
- Se debe contar con equipo especial. (cajas de plástico, anaqueles, etc.)
- Los pasillos tienen que ser lo suficientemente anchos como para permitir la circulación.
- Los artículos de uso frecuente tienen que estar cerca de las ventanillas de distribución.
- El almacén debe tener una área de recepción, donde los artículos se puedan separar y desempacar antes de distribuir.
- Es esencial un sistema de localización que haga posible conocer la posición de cualquier artículo.

- El almacenamiento es esencialmente un problema volumétrico, esto es, depende tanto de la altura como del área del mismo.

**Almacén de herramientas.**- El almacenamiento de herramientas y de medios de producción se efectúa normalmente en otro almacén. En la práctica no se debe permitir que las herramientas se almacenen en desorden en el cuarto de maquinaria, involucrando una gran pérdida de tiempo en buscarlas.

Para ello se debe considerar que:

- Todas las herramientas deberán almacenarse en un lugar seguro.
- Se deberán numerar las herramientas y conservar un registro de las mismas.
- Las herramientas sólo se habrán de distribuir contra autorización.
- Las herramientas regresadas al almacén tendrán que ser verificadas.
- La estantería no debe dañar a las herramientas.

**Recepción de materiales.**- Los materiales que entran a una unidad productiva deben pasar a través del departamento de recepción para que su presencia en la planta quede registrada.

Los deberes de este departamento son:

- Registrar la recepción de todos los materiales en un libro.
- Desempacar todos los materiales y verificarlos contra la orden de compra tanto en calidad como en cantidad.
- Devolver todos los artículos defectuosos al proveedor.
- Informar a los departamentos de compras y de control de materiales sobre la recepción de estos.
- Devolver al proveedor todos los envases reutilizables.

Se deben retirar los materiales del departamento de recepción el mismo día que se reciban, dado que el tiempo perdido no aumenta en nada el valor del material pero si incrementa su costo.

**El almacenista.**- El almacenista es virtualmente un contador de materiales que lleva registros completos y llena todas las requisiciones de compras.

#### **Tareas del almacenista:**

- **Recepción y almacenamiento de los materiales.**
- **Distribución de materiales por solicitudes autorizadas.**
- **Ordenar los materiales por orden de documentos.**
- **Mantener los registros apropiados.**
- **Realizar una verificación física de las existencias.**

**Registros de almacén.-** El conocimiento exacto de que materiales están disponibles es esencial para el funcionamiento del departamento de control de producción. De los registros que se tengan en la oficina debe ser posible en todo momento conocer con precisión las existencias.

**Inventarios.-** Las existencias requieren ser registradas correctamente, no sólo para que la empresa funcione eficientemente sino también para que los resultados comerciales se puedan calcular con precisión. Cuando los materiales están en continuo movimiento, es necesario efectuar una verificación de las existencias donde se cuentan físicamente las mismas.

#### ***Determinación de los almacenes***

- **Almacén de materias primas.-** La gran variedad de materia prima que se requiere para la fabricación de calzador, se debe colocar en tarimas, para evitar el contacto con el piso. Las dimensiones del almacén son: 3 metros de ancho, 6 metros de largo y 3 metros de altura.
- **Almacén de productos en proceso.-** Se crea por la necesidad de llevar un control del producto en proceso, además permite que el material este agrupado para ser posteriormente trasladado a la estación de trabajo correspondiente. Para solicitar material de este almacén se requiere una autorización del jefe de producción. Sus dimensiones son: 3 metros de ancho, 2 metros de largo y 3 metros de altura.

- **Almacén de herramientas.-** Es importante ya que aquí se encuentran refacciones y equipo necesario para reparar la maquinaria, sus dimensiones son: 1.5 metros de ancho, por 2 metros de largo y por 3 metros de altura.
- **Almacén de producto terminado.-** Se depositaran todos los artículos que hayan pasado la inspección de calidad, llevando un control de entrada y salida. Es importante mencionar que los productos deberán estar clasificados por estilo y color para poder facilitar su localización.

**Características:**

- Debe tener una ventilación adecuada, teniendo pasillos amplios para facilitar el manejo del producto.
- Contará con una buena iluminación.
- Se recomienda instalar una banda transportadora que lleve el producto al almacén, la cual no se debe encontrar nunca obstruida por producto terminado. Las dimensiones de este almacén son: 3 metros de ancho, 9 metros de largo y 3 metros de altura.

**Las políticas para todos los almacenes son:**

1. No permitir la entrada de personal ajeno al almacén.
2. Llevar un control de ordenes de entrada y salida, las cuales deben tener autorización de la persona responsable.
3. Llevar un control de inventario.
4. Entregar la orden de compra oportunamente.
5. Verificar la recepción del material contra la orden.
6. No recibir productos que no cumplan con los estándares de calidad preestablecidos.

## **Mantenimiento**

El mantenimiento de la planta y del equipo es esencial para el funcionamiento productivo.

Determinación del tipo de mantenimiento

Los objetivos del mantenimiento son:

- Mantener el equipo en condiciones de utilización segura.
- Prover un margen de error por averías.
- Mantener el equipo en su máxima eficiencia.
- Reducir al mínimo el costo de mantenimiento.
- Mantener un adecuado nivel técnico en la ejecución de su trabajo.

Para alcanzar los objetivos de mantenimiento planteados anteriormente se dará un mantenimiento de tipo preventivo, es decir, dar mantenimiento en forma periódica a la maquinaria.

Para ello en la fabricación de calzado el equipo que requiere de un mantenimiento constante es:

Máquinas de coser

Máquina de rebajar

Máquina pegadora

La parrilla.

La maquinaria pesada recibirá un mantenimiento correctivo, ya que es mas difícil que presente fallas, y éstas se presentaran por un mal manejo del operario; por ejemplo:

Sujadora para corte.

Sujadora para avío

Banco de acabar combinado.

Montadora de puntas.

Si a esta maquinaria se le diera un mantenimiento preventivo resultaría muy costoso, ya que se requiere de un técnico especializado el cual generaría un sueldo, que comparado con el costo de reparación cuando la falla se presente es mayor.

Por lo tanto el mantenimiento para la maquinaria pequeña será preventivo.

*Definición de actividades*

*Tabla 10. Calendario de actividades*

Nota: En el caso de que exista garantía se deberá considerar, esto es, si se presenta alguna falla, se acudirá con el proveedor para hacer válida la garantía.

Máquina de rebajar	Máquina de coser	Pegadora	Otra máquina	Mes
Cambiar navajas				I
Cambiar banda	Cambiar banda			II
Chequeo general	Chequeo general			III
Cambiar navajas			Diagnóstico	IV
Cambiar banda	Cambiar banda			V
Chequeo técnico	Chequeo técnico	Chequeo	Técnico	VI
Cambiar navajas				VII
Cambiar bandas	Cambiar banda		Diagnóstico	VIII
Chequeo general	Chequeo general			IX
Cambiar navajas				X
Cambiar banda	Cambiar banda			XI
Chequeo general	Chequeo general	Chequeo	Chequeo general	XII

Fuente: Elaboración propia, 1996

Con este calendario se busca que el operario entregue un reporte semanal de las condiciones en las que se encuentra la máquina en la que se encuentra trabajando.



Para la correcta realización del calendario preventivo se requiere:

2. Que el operario de cada máquina dé el mantenimiento preventivo de acuerdo al calendario de actividades, es decir, que efectúe los cambios de las piezas desgastadas.

3. Que la información presentada por los encargados de mantenimiento se integre al programa.

4. Almacenar los registros anteriores para hacer cada vez mejor los programas de mantenimiento.

Para el mantenimiento correctivo no hay ningún programa de actividades, ya que se deberá esperar a que se presente la falla en la maquinaria, o de otra manera sea detectada con anticipación por la experiencia y conocimiento del operador.

### *Producción*

Tiene la responsabilidad de transformar los materiales en productos que puedan comercializarse, para lo cual tiene que organizar y efectuar las operaciones de producción en una forma eficiente y económica.

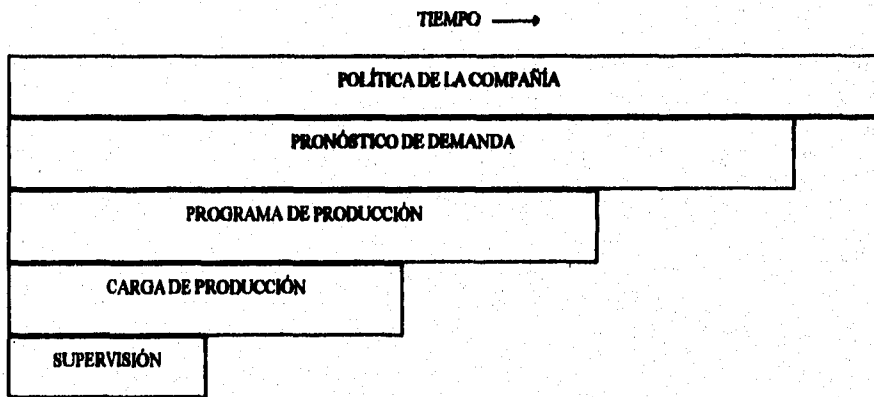
Sus objetivos son:

1. Cubrir las solicitudes del departamento de ventas respecto al plazo de entrega a la mayor brevedad posible.
2. Producir al menor costo posible.
3. Mantener un alto índice de seguridad en la planta.
4. Obtener el máximo rendimiento de la planta y sus instalaciones.
5. Mantener una alta calidad en los productos.
6. Evitar al máximo los desperdicios.

### *Planeación y control de la producción*

Considerará los aspectos integrados de maquinaria, instalaciones, energía, dinero, materiales y mano de obra al planear la asignación de estos recursos en el proceso de transformación.

La organización produce, o deberá producir, jerarquías en los planes para cubrir sus pronósticos de demanda. A partir de estos pronósticos el departamento de control de producción preparará un programa de producción, programa lo que se convierte en acción por medio de la supervisión de producción, como se muestra en el diagrama siguiente:



El departamento de control de la producción tiene asignadas funciones como:

- Planeación
- Publicidad
- Medición
- Comparación
- Reporte
- Corrección

**Políticas del departamento de control de producción:**

- No generara ordenes de producción sin tener orden del cliente.
- La orden de producción debe ser cotejada con los stock de almacén y de producto terminado para no generar productos ya existentes en el mismo.

### ***Programación y carga***

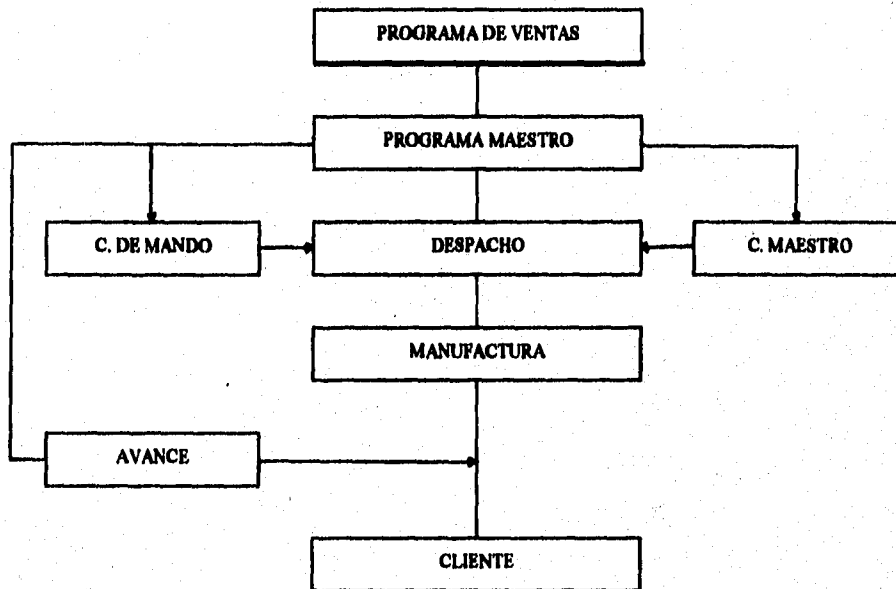
A partir de la orden de trabajo se prepara un programa maestro, lo que implica determinar los requisitos y disponibilidades de mano de obra y materiales, y así, fijar las fechas en las que deben determinarse las funciones principales.

El programa maestro necesitará ser revisado siempre que ocurra un cambio en cualesquiera condiciones (demanda, materiales, recursos).

**Algunos de los parámetros que afectan la función de control de la producción son:**

1. Organización de la producción.
2. Información y flujo de la misma.
3. Sistema de programación.
4. Tecnología del proceso.
5. Estabilidad de las prioridades.

En la siguiente figura se muestra la secuencia de operaciones para llevar un correcto control de la producción.



Fuente: Entrevistas y análisis BCG/GCE, Banco de Comercio Exterior.

### *Control del diseño*

No es posible ejercer el mismo control estricto sobre el esfuerzo de diseño que sobre el esfuerzo de producción, aunque el costo correspondiente y el tiempo consumido con frecuencia son substanciales y por lo tanto deben aparecer dentro del presupuesto de la organización. En consecuencia se toman en consideración, dentro de la empresa, los siguientes puntos:

- Un diseño nunca estará completo, siempre se puede hacer alguna modificación para mejorarlo.
- Pocos diseños son enteramente novedosos. Es difícil para este caso obtener cifras, pero en la mayoría de los productos nuevos el trabajo novedoso de diseño rara vez sobrepasa el

10% del trabajo total de diseño, siendo el resto modificaciones de conceptos existentes. El esfuerzo que implican estas modificaciones puede pronosticarse razonablemente.

- Existe una ley de rendimiento en disminución del esfuerzo de diseño. Mientras mayor sea el tiempo que se dedique a un diseño, menor será el incremento en el valor del diseño, a menos que se presente un avance tecnológico importante.

- Las circunstancias externas o internas imponen limitaciones al tiempo y al costo del diseño. Es tan difícil imaginar un proyecto de diseño cuya fecha de terminación no este fijada implícitamente, ya sea por una promesa hecha al cliente, por la fecha de terminación de la temporada, por un programa de producción o por alguna otra restricción, como imaginar una organización cuyos fondos sean ilimitados, o un producto cuyo precio no tenga un tope.

### *Calidad y garantías*

En lo que se refiere a garantía, los productos ofrecen siete días de garantía siendo valida a partir de la fecha de compra. La garantía será valida bajo las siguientes características:

- La suela del calzado presente un mal pegado.
- Las costuras del calzado sufran algún deterioro durante el periodo de garantía.
- El material sintético (plástico) se rompa o presente defectos de fabricación.

### *Compras*

El objetivo de compras es:

Obtener y abastecer lo que se necesita, cuando se requiere, de la calidad deseada y al mejor costo.

### *Orden de compra*

Es un documento contractual que puede implicar gastos considerables a la empresa a que la emite. Por tanto tiene que ser clara e inequívoca.

**Para ello se tomaran en cuenta los siguientes planteamientos:**

- Precio por acordar.
- Entrega lo antes posible.
- Calidad comercial normal.
- Cómo se suministro antes.
- Cómo se discutió.

**Información que contendrá la orden de compra.**

- Nombre y dirección de la compañía emisora.
- Nombre y dirección de la compañía receptora.
- Número de identificación.
- Cantidad requerida del producto.
- Descripción y/o especificación plena del producto requerido.
- Precio acordado entre el comprador y el vendedor.
- Entrega acordada entre el comprador y el vendedor.
- Asignación del costo - uso interno.
- Instrucciones de la empresa - uso interno.
- Firma y cargo del comprador en la compañía.
- Condiciones comerciales de la compañía.

**La autoridad para firmar ordenes de compra se restringe a una o dos personas de la empresa, y se pueden imponer limitaciones en el monto de la compra.**

**Es conveniente por parte del comprador usar el reverso de la copia de la orden de compra como un registro del proceso. Si al mismo tiempo, se enumeran los artículos, en las consultas se puede hacer referencia a la orden y al artículo. Esta referencia debe ser breve y precisa.**

## *Proveedores*

Las tareas usuales del departamento de compras son:

1. Hallar y aprobar proveedores. El comprador debe verificar que la fuente de suministros es estable, confiable y capaz de cubrir las demandas que se hagan.
2. Comprar materiales al menor costo. Se debe estar preparado para asesorar o dirigir todas las discusiones sobre los tamaños económicos de los lotes.
3. Asegurar la entrega de los bienes de consumo en el tiempo correcto. Esto implica tener un contacto directo con los proveedores antes de la entrega.
4. Prever las medidas si las entregas no se cumplieran. En este caso se debe informar al departamento de control de la producción para, si es necesario, reprogramar el trabajo.
5. Verificar las facturas presentadas por los proveedores. Es necesario comprobar que los precios anotados en una factura concuerden con los negociados.
6. Organizar todas las discusiones técnicas de los productos con los proveedores.
7. Asesoría en los precios. Se refiere a los precios de los materiales que se van a utilizar en diseños nuevos o modificados.
8. *Actuar como ventana al mundo.* El trabajo del comprador obliga a un continuo contacto con organizaciones ajenas a la suya, esto resulta ser un valioso canal de comunicación.

## *Control de compra de materiales, equipo y servicios*

Se reconoce la importancia de las compras, para ello se debe contar con un manual de compras, el cual incluye aspectos como lo son:

1. Recibo de las requisiciones de compra hechas por el personal de producción.
2. Análisis de las posibles fuentes de abastecimiento.
3. Análisis de las cotizaciones del proveedor.

4. Colocación de la orden de compra.
5. Seguimiento del pedido.
6. Recibo de los artículos.
7. Terminación de los registros.

El personal de compras debe tener información del proveedor y piezas que surte y/o surtirá y del programa de entregas (día y cantidad a recibir).

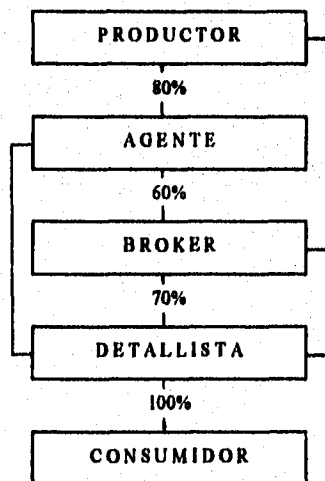
Con las muestras iniciales debe comprobarse que el proveedor se encuentra en posibilidades de cumplir con las especificaciones exigidas por el consumidor.

Se realiza una prueba en una muestra inicial de tipo dimensional, de material y de funcionamiento debiendo cumplir con todas las especificaciones estipuladas.

Las especificaciones son los documentos que contienen todas las características que deben cumplir íntegramente las piezas o agregados desde el punto de vista dimensional, material y de funcionamiento.

### *Formas de distribución*

La distribución se realizará de acuerdo al siguiente diagrama:



Fuente: Entrevistas y análisis BCG/GCE, Banco de Comercio Exterior.



Las tiendas de calzado especializadas son el canal de ventas dominantes, entre ellas se presenta una tendencia de expansión particularmente fuerte de las grandes cadenas.

Los agentes tienen un papel dominante en la distribución. En su función de "broker", son ellos los que mantienen relaciones con los productores; determinan con que fabricantes colocan los pedidos y además proporcionan el diseño y las hormas; manteniendo un esquema de control de calidad en las instalaciones de los proveedores. En su función de importador (broker) venden a distintos mayoristas y detallistas, desarrollando a menudo estilos; la diversificación de los compradores de sus fuentes de abastecimiento asegura flexibilidad para aprovechar cambios de precios entre fabricantes y productores.

Considerando todos los aspectos antes mencionados, se lograron ubicar las siguientes metas para la empresa.

**A corto plazo:**

- Ofrecer variedad en los productos.
- Tener un desempeño de brokers en el mercado nacional para importar calzado de plástico o imitación de piel.
- Disminuir el desempleo.

**A largo plazo**

- Tener una introducción en el mercado internacional.
- Buscar la diversificación del negocio.
- Ser una empresa líder a nivel nacional.
- Contribuir en el desarrollo tecnológico de esta rama.

Para llevar a cabo el objetivo se debe conocer perfectamente lo siguiente:

- La tasa de producción.
- El mínimo costo de fuerza laboral.
- El mínimo inventario sin sufrir agotamiento.
- Cuando se debe dar tiempo extra.
- El uso de capacidades de producción.

La demanda pronosticada es la parte mas importante para poder elaborar un programa de requisitos de producción, y este a su vez dará inicio al proceso de planeación estratégica de producción.

En el caso de que la demanda sea mayor que la capacidad instalada se podrán tomar las siguientes alternativas:

- 1.- Dar tiempo extra a los trabajadores.
- 2.- Instalar un segundo turno y de ser necesario hasta un tercero.
- 3.- Dar parte del trabajo a otras empresas.
- 4.- Rechazar algunos pedidos.
- 5.- Ampliar el tiempo de entrega.

### *Plan de trabajo*

El departamento de producción deberá informar al departamento de programación la cantidad de productos que deben fabricarse.

Elaborar un pronóstico de producción, en el que se incluirán las cantidades que deben fabricarse y el lote más económico.

Determinación de las cantidades de materia prima requeridas para cumplir con la cantidad de productos a fabricarse.

Establecer la fecha de entrega del producto y determinar la fecha de terminación del mismo para disminuir los inventarios.

Establecer la secuencia en que se llevaran a cabo todas y cada una de las operaciones de producción; así como los tiempos de preparación y operación, tomando en cuenta la eficiencia de los trabajadores y en general el de la empresa.

Presentar alternativas del proceso de producción, abarcando lo anterior.

Establecer los parámetros de calidad que se requieren, para obtener un buen producto; los posibles cambios de diseño para programar el equipo requerido.

Determinar el tamaño mas económico del inventario.

Proporcionar la programación de actividades relacionada con el mantenimiento.

**Fijar la carga de trabajo, de acuerdo a las solicitudes de compra o venta realizadas.**

**Finalmente podemos decir que en una empresa el principal objetivo es crecer y si se aplica todo lo incluido en el trabajo y algunos otros aspectos lo alcanzaremos.**

## Conclusiones

Como se pudo observar en el desarrollo del análisis se presentaron los distintos aspectos que se encuentran involucrados con la industria del calzado, elaborando una aplicación directa a una pequeña empresa, además se tuvieron presentes la teoría y técnicas de la investigación de operaciones y de la planeación agregada, aunque se puede decir que la realidad no se ajusta tanto a los modelos conocidos, sino que a través de las experiencias que se van adquiriendo del trabajo se realiza la toma de decisiones que en ese momento se cree la correcta.

La aplicación realizada requirió además de un intenso trabajo de investigación, y de un gran esfuerzo por parte del dueño por proporcionar siempre las mejores condiciones para la obtención de la información, para él cual finalmente se logro elaborar un reporte en el que se presentaron las condiciones bajo las que se encuentran trabajando, la metodología, los tiempos y condiciones físicas de las distintas áreas de trabajo, la distribución física de su maquinaria, así como también se detallaron las actividades que debe realizar cada trabajador para mejorar su propio desempeño.

Además se percibió la realidad que vive la industria del calzado, en la cual se deben implantar *sistemas* que ayuden a realizar las actividades de forma eficiente para mejorar, y ser día con día, una de las industrias con mayor crecimiento productivo. Identificando en primera instancia el estado problemático (de existir) para que al emplear las técnicas y herramientas que nos ofrece la Ingeniería Industrial, se traten de resolver los problemas.

Finalmente se puede decir que un empresa, cualesquiera que esta sea e independientemente del producto que realice, tendrá como principal objetivo el crecer y desarrollarse tanto económicamente como socialmente, proporcionando a todos los participantes una calidad de vida adecuada.

## **Bibliografía**

- **Ackoff, Russell, (1983), Planificación de la empresa del futuro, México, Noriega, Limusa**
- **Buffa, Elwood & Taubert William, (1990), Sistemas de Producción e Inventario, Planeación y Control, México, Noriega, Limusa.**
- **Hillier, Frederick & Gerald Lieberman, (1989), Introducción a la Investigación de Operaciones, México, McGraw-Hill.**
- **Hirano, Hiroyuki; (1990), El JIT, Revolución en las fábricas, México, Mc GRAW-HILL,**
- **Importación y exportación de calzado sintético, (1994), Fuente: Banco de Comercio Exterior.**
- **Kaufmann, A. y Faure, R., (1989), Invitación a la Investigación de Operaciones, CECSA**
- **Koenig, Daniel, (1991), Ingeniería de Manufactura, Publicaciones Macombo**
- **Lockyer, Keith, (1989), La producción Industrial.; 2a edición; Representaciones y servicios de ingeniería.**
- **Marín P., Benito, (1994), Técnicas de Optimación, DIMEI, Depto de Ingeniería Industrial.**
- **Mora Espinosa, Miguel, (1994), La dimensión protagónica de la Investigación de Operaciones, Tesis.**
- **Mora, José Luis, (1986), Investigación de Operaciones, México, TRILLAS.**
- **Muro Saenz, Javier, (1991), Práctica de la investigación operativa empresarial, Barcelona, LABOR.**
- **Naghi Namakforoosh, Mohammad, (1989), Investigación de Operaciones, México, LIMUSA.**

- **Negocios Internacionales Bancomext,(1995), Nichos de Mercado, Año 4, No. 45**
- **Pronósticos y estadísticas, (1995); Fuente: Grupo Boston; Banco de Comercio Exterior**
- **Reyes Ponce, Agustín,(1992); Administración Moderna, LIMUSA**
- **Romo, Abraham,(1987); Sistema empresarial de mejoramiento continuo, Colegio de Graduados en Alta Dirección, A.C.**
- **Salvendy, Gavriel, (1991), Manual de Ingeniería Industrial , Volumen I, Noriega LIMUSA**
- **Sánchez, Rued, (1989); Proceso administrativo y áreas funcionales; Recapitulación universitaria.**
- **Schoroeder, Roger; (1983), Administración de operaciones, México, Mc GRAW-HILL**
- **Taha, Hamdy A., (1981), Investigación de Operaciones, una traducción, México, Representaciones y servicios de Ingeniería, S.A. •**
- **Thierauf, Robert; (1982), Toma de decisiones por medio de Investigación de Operaciones, LIMUSA**
- **Urbina Baca, G; (1990), Evaluación de proyectos: Análisis y Administración del Riesgo; 2a edición; MC-GRAW-HILL.**