



UNIVERSIDAD ANAHUAC

881201  
UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA DE ACTUARIA

Con Estudios Incorporados a la  
Universidad Nacional Autónoma de México

**Aplicaciones de la Programación Lineal  
a la Administración y Programación  
de la Producción.**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:

**A C T U A R I O**

P r e s e n t a :

**Ileana Vivian Clavel Díaz**

México, D. F.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

1989



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

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

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

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

INTRODUCCION ..... 1

I. ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

A. Conceptos generales..... 3

B. Planeación de las operaciones..... 4

  1. Planeación del proceso de conversión..... 4

    a. Planeación de la capacidad..... 5

    b. Planeación de la localización de las instalaciones..... 7

    c. Planeación de la distribución interna de las instalaciones..... 8

  2. Planeación del uso del proceso de conversión..... 10

    a. Pronósticos..... 11

    b. Planeación agregada de la producción..... 12

    c. Programación de la producción..... 12

C. Organización para la conversión..... 13

D. Control del proceso de conversión..... 16

  1. Control de costos..... 17

  2. Control de inventarios..... 18

  3. Control de calidad..... 20

II. PROGRAMACION LINEAL

A. Marco teórico..... 22

  1. Conceptos preliminares..... 26

  2. Mejora de una solución básica factible..... 27

B. Método simplex..... 29

C. Dualidad.....	32
D. Análisis de sensibilidad.....	35
1. Cambios en el vector de costos.....	36
2. Cambios en el vector b del lado derecho.....	37
3. Cambios en la matriz A de res- tricciones.....	37
4. Adición de una nueva restric- ción.....	38
5. Adición de una nueva variable.....	38
III. DESCRIPCION DE LOS PAQUETES DE COMPUTACION	
A. LINDO.....	39
1. Interfase con FORTRAN.....	40
B. PRODUCTION MANAGEMENT.....	42
1. Control de piso.....	42
2. Planeación de los requerimien- tos de capacidad.....	45
3. Análisis de entradas y sali- das.....	46
4. Base de datos de PRODUCTION MANAGEMENT.....	46
C. Estructura de la interfase entre HP Production Management y LINDO.....	47
IV. APLICACION DE LA INTERFASE PROPUESTA AL PROBLEMA DE PLANEACION DE LA PRODUCCION DE UNA FABRICA DE JABONES PARA EL CABELLO.	
A. Antecedentes.....	52
B. Modelo de programación lineal.....	57
C. Programación de la producción por medio de PRODUCTION MANAGEMENT.....	61

D. Solución del modelo de programación lineal por medio de la interfase entre LINDO y PRODUCTION MANAGEMENT.....71

CONCLUSIONES.....74

MARGENES DE ESTUDIO.....77

ANEXO I

    1.1 Jerarquía de pantallas de PRODUCTION MANAGEMENT.....81

    1.2 Base de datos de PRODUCTION MANAGEMENT.....87

    1.3 Nombres de campos y definiciones.....101

ANEXO II

    II.1 Estructura de la base de datos FJAB.....113

    II.2 Programas en FORTRAN y PASCAL para la interfase con LINDO.....115

    II.3 Planteamiento y solución del modelo de programación lineal.....124

BIBLIOGRAFÍA.....136

## INTRODUCCION

Como consecuencia de la situación que vive México, la industria se enfrenta ante la necesidad de establecer sistemas que incrementen la eficiencia de sus operaciones y optimicen sus costos de producción.

Para ello es necesario que las empresas modifiquen sus procesos administrativos, principalmente en el área de producción.

Existen en el mercado paquetes de computación cuya objetivo es facilitar a la empresa el proceso de administración de la producción. Entre ellos está el paquete "PRODUCTION MANAGEMENT" (1) de Hewlett-Packard.

"PRODUCTION MANAGEMENT" es un sistema interactivo para la planeación de la producción y el control de los sistemas propios de manufactura. Aún cuando el paquete "PRODUCTION MANAGEMENT" facilita el proceso de administración de la producción y contribuye a mejorar la eficiencia en las operaciones, no es capaz de optimizar los costos de producción de una empresa.

Sin embargo, por medio de la Programación Lineal, utilizando el paquete LINDO (Linear Interactive and Discrete Optimizer) (2) es posible resolver de manera sencilla los problemas de minimización de costos.

(1) Hewlett Packard, "HP PRODUCTION MANAGEMENT" Paso a paso, México 1984.

(2) Linus Schrage, Users manual for LINDO, USA 1981.

El objetivo de esta tesis es analizar la información que "PRODUCTION MANAGEMENT" proporciona sobre planeación de la producción dándole la forma de un problema de programación lineal y, por medio de una interfase con LINDO, obtener una solución que minimice los costos de producción de una empresa considerando los recursos con los que cuenta.

Este trabajo se divide en cuatro capítulos:

El primer capítulo es una introducción a los conceptos básicos de la administración de la producción, enumerando las diversas técnicas con que cuenta para la solución de algunos de los problemas que pueden presentarse.

En el segundo capítulo se exponen algunas de las definiciones más importantes de Programación Lineal. No se pretende demostrar los conceptos teóricos, sino únicamente explicar la metodología necesaria para resolver y analizar un problema de programación lineal.

Dentro del tercer capítulo se da una breve descripción de los paquetes de computación "PRODUCTION MANAGEMENT" y LINDO. También se explica el diseño y el funcionamiento de la interfase propuesta entre ambos paquetes.

Por último en el cuarto capítulo se incluye una aplicación de la interfase entre los dos paquetes al caso particular de una fábrica productora de jabones para el caballo.

## CAPITULO I

(1)

### ADMINISTRACION DE LA PRODUCCION

#### A. Conceptos generales.

Dentro de cualquier empresa se llevan a cabo diversas funciones como finanzas, compras, mercadeo, personal, producción/operaciones, contabilidad, etc. Una de las más importantes es la función de producción/operaciones ya que es la encargada de generar los productos (que pueden ser bienes o servicios).

Para generar estos productos se requiere de un proceso de conversión, es decir, un proceso por medio del cual los insumos, que se encuentran en forma de terrenos, mano de obra, capital y administración, se transforman en los bienes o servicios deseados. A la administración del proceso de conversión se le conoce como Administración de operaciones o Administración de la producción.

La Administración de operaciones incluye las tres fases del proceso administrativo: planeación, organización y control, caracterizándose por el uso del análisis sistémico formal de los problemas, lo que le permite planear, organizar y controlar de manera metódica el proceso de conversión en la toma de decisiones.

El análisis formal utiliza modelos para la toma de decisiones y requiere de una selección cuidadosa de criterios de decisión.

-----  
(1)Everett Adam Jr., Ronald J. Ebert, Administración de la producción y las operaciones, México 1981.

Entre los modelos que puede usar el análisis formal se encuentra la Programación lineal. Básicamente ésta puede describirse como un método de optimización en el que se garantiza la asignación óptima de los recursos, ya sea minimizando costos o maximizando utilidades.

A continuación se describen con más detalle las características de la planeación, la organización y el control de las operaciones.

#### B. Planeación de las operaciones.

Planear las operaciones es establecer un programa de acción para la conversión de recursos en bienes y servicios.

La planeación de operaciones se puede dividir en dos partes: planeación del proceso de conversión y planeación del uso del proceso de conversión.

##### 1. Planeación del proceso de conversión.

Se enfoca principalmente al establecimiento de un programa de acción para adquirir las instalaciones físicas necesarias que van a ser utilizadas en el proceso de conversión.

Este programa debe hacer énfasis en tres problemas de planeación a corto y largo plazo: la capacidad de las operaciones, la localización de las instalaciones y la distribución interna de las mismas.

a. Planeación de la capacidad.

Dentro del contexto de administración de operaciones el término capacidad puede definirse como:

"La tasa máxima disponible de producción o de conversión de las operaciones de una organización".<sup>(2)</sup>

Al llevar a cabo la planeación de la capacidad deben incluirse las siguientes actividades:

- a) Evaluación de la capacidad existente.- Esto implica tener una medida de capacidad. Sin embargo la capacidad de una instalación es difícil de medir en términos precisos. Por esta razón, generalmente se expresa la capacidad en términos de la tasa de producción o de insumos por unidad de trabajo.
- b) Estimar las necesidades de capacidad futuras a lo largo del tiempo de planeación que se haya seleccionado.- Los requerimientos de capacidad pueden evaluarse desde dos perspectivas: corto plazo y largo plazo. Cuando se planea a corto plazo, comúnmente se utilizan los pronósticos de la demanda por los productos como método de planeación, porque de acuerdo con ellos se puede estimar el trabajo que tendrá la instalación. Sin embargo las necesidades de capacidad a largo plazo son más difíciles de determinar, ya que debe tomarse en cuenta la incertidumbre propia de las demandas del mercado y de la disponibilidad de tecnología en el futuro.

-----  
(2) Everett Adam Jr. y Ronald J. Ebert, op. cit. pag. 125.

c) Identificar alternativas para modificar la capacidad.-

Las estrategias de modificación deben establecerse a corto y largo plazo. La capacidad puede modificarse a corto plazo operando las instalaciones más o menos intensamente que lo normal. Sin embargo, estos cambios temporales pueden resultar costosos, por lo que la elección de cualquier alternativa debe hacerse con cautela.

La modificación de la capacidad a largo plazo debe considerar dos alternativas: expansión de la capacidad y contracción de la misma. Si se estima que la demanda va a aumentar de manera permanente las instalaciones deben ampliarse. Por otra parte, si se estima que las necesidades futuras de capacidad serán menores que la existente se puede reducir la capacidad por medio de la venta de instalaciones, equipo o inventarios, o bien, encontrar nuevos usos para la capacidad reemplazando un producto, cuyo ciclo de vida está declinando, por otro nuevo.

d) Evaluación de las alternativas anteriores y selección de la más adecuada.- Se deben estimar los costos en los que se va a incurrir al llevar a la práctica cualquiera de las alternativas. Para determinar cual es la mejor alternativa, es decir, cual es la que nos produce mayores beneficios al menor costo, existen diversas herramientas. Entre ellas podemos mencionar las siguientes: Análisis del valor presente, análisis del punto de equilibrio, programación lineal, simulación en computadoras, etc.

## b. Planeación de la localización de las instalaciones.

Planear la ubicación de las instalaciones tiene una doble importancia. Primero, al tomar una decisión de localización se definen y fijan muchos costos, lo cual afecta la eficiencia y la efectividad del proceso de conversión. Segundo, la planeación de la capacidad está estrechamente relacionada con la ubicación de las instalaciones o el cambio de lugar de las ya existentes.

En la planeación de la localización de las instalaciones debe tomarse en cuenta el giro de la empresa. Empresas de servicios deben elegir una localización que se adapte a las necesidades y conveniencias del cliente. En cambio, las empresas con menor contacto directo con los consumidores deben identificar otro tipo de factores al determinar la localización de una instalación.

Sin embargo, en general, deben considerarse los siguientes aspectos:

- a) Disponibilidad de mano de obra.
- b) El costo de los fletes.
- c) La cercanía del mercado.
- d) La cercanía de las fuentes de materias primas.

El proceso de planeación de la ubicación de las instalaciones usualmente se inicia con la identificación de lugares factibles.

Una vez que se han identificado, debe realizarse un estudio detallado de cada sitio. Como se mencionó anteriormente, los aspectos que este estudio considere dependerán del tipo de nego-

cio y de las instalaciones que se requieran.

El siguiente paso es escoger un modelo cuantitativo que ayude a determinar los mejores sitios para la ubicación de las instalaciones.

Para ello se cuenta con diferentes técnicas entre las que se encuentran la simulación por medio de computadoras y la programación lineal.

c. Planeación de la distribución interna de las instalaciones.

El diseño de la distribución interna incluye la localización o configuración de los departamentos, de los sitios de trabajo y del equipo que conforma el proceso de conversión. Su objetivo general es acomodar estos elementos de tal manera que se tenga un flujo suave de trabajo (si se trata de una empresa manufacturera), o un patrón especial de servicio (si la empresa es de servicio).

Las operaciones en las empresas, tanto productoras de bienes como de servicios, se pueden clasificar en dos tipos:

- a) Operaciones intermitentes .- También se les conoce como operaciones por lote. Se caracterizan por poco volumen, equipo de utilización general, operaciones intensivas de mano de obra, un flujo de productos que puede interrumpirse, cambios en la programación, mezcla considerable de productos y elementos producidos por orden de trabajo.
- b) Operaciones continuas.- Caracterizadas por un gran

volumen de producción, equipos con fines específicos, operaciones intensivas, un flujo ininterrumpido en la producción, cambios mínimos en la programación, poca mezcla de productos y elementos estándar hechos para enviar a bodegas.

De acuerdo al flujo de trabajo existen tres tipos básicos de distribución:

- 1) Distribución de acuerdo al producto.- Es aquella en la que los componentes se distribuyen de acuerdo a los pasos progresivos de la elaboración de un producto. En una distribución de este tipo los centros de trabajo y el equipo están todos en línea con el fin de que la secuencia especializada de operaciones dé como resultado final el producto requerido. Este se encuentra en movimiento continuo, pasando por estaciones sucesivas de trabajo. La distribución de acuerdo al producto tiene la ventaja de que el costo unitario puede ser bajo ya que utiliza básicamente un equipo automático. Sin embargo, generalmente se requiere de un gran volumen de producción para lograr un costo unitario bajo. Normalmente este tipo de distribución se utiliza en sistemas de operación continua.
- 2) Distribución de acuerdo al proceso.- Es aquella en la que los componentes se agrupan de acuerdo a la función general que realizan sin tener en cuenta ningún producto en particular. Se utiliza en sistemas de operación intermitente.

3) Distribución de posición fija.- En este tipo de distribución el producto, debido a su tamaño o peso, se queda en un sitio determinado. El equipo necesario para su manufactura se traslada a ese sitio.

Las distribuciones de acuerdo al proceso y de acuerdo al producto son las que mayores ventajas tienen. Es importante notar que generalmente no se usa un sólo tipo de distribución sino que se utilizan diferentes combinaciones de ellas.

El proceso de planeación de la distribución interna de las instalaciones no puede hacerse a la ligera, deben evaluarse diferentes alternativas antes de decidir cual es la distribución más conveniente.

## 2. Planeación del uso del proceso de conversión.

La planeación del uso o utilización del proceso de conversión incluye el establecimiento de programas de acción para la transformación de los insumos en bienes y servicios, dado que ya existen las instalaciones físicas. Dentro de ella deben considerarse los siguientes aspectos:

### a. Pronósticos.

Pronosticar es un proceso que permite estimar un evento futuro analizando para ello datos del pasado, o bien, en el caso de que no haya precedentes del evento, analizando la información relacionada con éste. Estos datos se combinan en forma predeterminada para obtener el estimativo del futuro.

La administración de la producción utiliza los pronósticos en la toma de decisiones que involucran la selección del proceso, la planeación de la capacidad y de la distribución de las instalaciones, y para decisiones continuas de producción, planeación e inventarios.

A corto plazo se elaboran pronósticos para predecir los requerimientos de materiales, productos, servicios y otros recursos con el fin de responder a los cambios en la demanda. Los pronósticos permiten ajustar programas y modificar el trabajo y los materiales.

A largo plazo, los pronósticos son necesarios como una base para realizar cambios estratégicos, por ejemplo, desarrollar nuevos mercados, productos o servicios, crear nuevas instalaciones o expandir las ya existentes.

Existen varios tipos de técnicas para elaborar pronósticos. Sin embargo, se pueden agrupar en tres conjuntos básicos: modelos cualitativos, análisis de series de tiempo, y modelos causales.

La clave para seleccionar un modelo para elaborar pronósticos es el balance entre los costos y la precisión del mismo. No existe un modelo que produzca un pronóstico perfecto, y lo que se trata de hacer es crear el mejor pronóstico posible y utilizarlo manteniendo cierta flexibilidad que permita tomar en cuenta el error que inevitablemente produce un pronóstico.

## b. Planeación agregada de la producción.

Se utiliza para coordinar el uso general de las instalaciones de conversión. Su objetivo es conformar un plan que satisfaga una demanda, dentro de los límites impuestos por los recursos disponibles al menor costo posible para la empresa. Para elaborar un plan de producción agregada se debe realizar un estudio de los recursos que pueden modificarse, o ser manipulados, con el fin de lograr diferentes tasas de producción.

Es muy importante seleccionar un horizonte de tiempo adecuado, ya que en la planeación agregada se requiere minimizar el total de los costos y no minimizar los costos en cada uno de los periodos.

## c. Programación de la producción.

La programación consiste en una secuencia de eventos en el tiempo. Es una actividad continua dentro del proceso de conversión, cuyo propósito es especificar en forma precisa la carga de trabajo planeada a corto plazo. La programación de la producción no se maneja de la misma manera para los diferentes tipos de sistemas que existen:

- a) Programación de sistemas intermitentes.- Este tipo de programación se lleva a cabo cuando cada orden de productos debe planearse y realizarse individualmente. Debe tomar en cuenta la planeación agregada de la producción, la definición de cargas de trabajo y la definición de prioridades en la secuencia. La programa-

ción lineal es una de las técnicas que pueden emplearse para determinar la carga de trabajo, ya que permite asignar el trabajo en instalaciones de tal manera que se optimice un criterio específico.

- b) Programación de sistemas continuos.- Normalmente en los sistemas de operación continua la programación es simplemente, el plan agregado de producción desglosado por actividades, determinando en forma precisa el tiempo que tomará la realización de cada actividad.
- c) Programación de proyectos.- Un proyecto es conjunto único de tareas relacionadas para llevar a cabo un trabajo determinado, el cual tiene un tiempo de inicio y de terminación específico. La planeación de un proyecto se lleva a cabo de manera especial. Deben establecerse los objetivos del proyecto, elaborar pronósticos de los recursos que se necesitarán y del tiempo que requerirá la realización del proyecto. La programación de un proyecto coordina las actividades de manera que se tenga un orden correcto de actividades y que los recursos se encuentren disponibles en el momento en que se necesiten.

#### C. Organización para la conversión.

"Organizar es el medio por el cual se combinan los individuos, los grupos y las instalaciones para formar una estructura formal de tareas y autoridades".<sup>(3)</sup>

-----  
(3) Everett E. Adam Jr., Ronald J. Ebert op. cit. pag. 282.

Esta estructura se representa gráficamente por medio de un organigrama. Básicamente, dentro de la administración de operaciones, la organización se lleva a cabo de cinco maneras:

1. Organización por producto.- Es aquella en la que el bien que se produce o el servicio que se presta constituyen el centro del esfuerzo organizativo.
2. Organización por cliente.- En ella las labores se agrupan de acuerdo con el cliente que va a adquirir el bien o a recibir el servicio.
3. Organización por áreas geográficas.- Es aquella en la que las empresas se organizan primero por países o regiones internacionales, por ejemplo USA, México, etc., y después se organizan dentro de estas regiones en diferentes zonas (norte, sur, etc.).
4. Organización por función.- Se da en términos de las funciones que desempeñan las personas en la unidad.
5. Organización por proyectos.- Se organizan las operaciones de acuerdo con el concepto de la misión del proyecto.

Una vez establecido el tipo de organización que se utilizará se debe proceder a la delegación de autoridad y responsabilidad y determinar el número de subordinados que dependen de un sólo supervisor.

La fase de organización, incluye también el diseño del trabajo y la planeación de la provisión del personal. Esta última normalmente se hace a corto plazo, convirtiendo los pronósticos y servicios en los niveles de mano de obra requeridos para lograr

la producción pronosticada.

El diseño del trabajo se lleva a cabo con el fin de especificar cada tarea y determinar la distribución del trabajo dentro de la organización.

No sólo debe considerarse cada detalle del trabajo de manera que se aumente la producción, sino que también deben tomarse en cuenta consideraciones de tipo psicológico y sociológico que afectan al personal que realiza el trabajo, como por ejemplo, el medio ambiente del trabajo, la fisiología del trabajador, la rotación del trabajo, etc. En el primer caso, la administración de operaciones cuenta con diferentes técnicas, propias de ingeniería industrial, para el diseño del trabajo. Entre ellas podemos mencionar a los gráficos de actividades y a los diagramas de flujo de proceso.

El establecimiento de estándares de desempeño para la producción y las operaciones constituyen un aspecto muy importante, debido a que en la administración de operaciones es necesario establecer un criterio como base para comparaciones en la medición o el juicio de lo producido. Mediante unos estándares adecuados la organización podrá evaluar el desempeño de los empleados y de las instalaciones, predecir, planear y controlar sus operaciones.

#### D. Control del proceso de conversión.

Una vez que se tiene operando el sistema de conversión, se deben revisar las metas, ajustar los insumos al proceso y cambiar las actividades de conversión para que el desempeño se mantenga de acuerdo con los objetivos deseados.

Esto se logra por medio de un sistema de control, ya que este ayuda a encauzar el sistema para que funcione de acuerdo con sus objetivos.

Los aspectos muy importantes para llevar a cabo el control de las operaciones son:

- 1) Establecimiento de estándares.- Son necesarios para hacer comparaciones y así poder saber cuando es necesario ejercer una acción de control.
- 2) Flujos de información.- Son esenciales, ya que la base para que un sistema de control funcione correctamente es la retroalimentación.

Es muy importante que un sistema de control tenga las siguientes características:

- a) Estabilidad.- Se refiere a poder predecir el patrón de comportamiento del sistema sobre el tiempo.
- b) Sensibilidad.- Se mide de acuerdo con la magnitud que se requiere en el error para que sea iniciada la acción de control, esto es, que tanto debe desviarse el resultado de los objetivos para demandar una respuesta de control.

c) Velocidad de respuesta.- Mide la rapidez con la cual se toman las acciones de control después detectarse el error.

d) Control intrínseco.- Intenta anticipar la necesidad de acciones correctivas; ajusta el sistema previamente con el fin de que los errores sean lo más pequeños posible.

Existen tres actividades críticas dentro del control de operaciones de una organización: control de costos, control de inventarios y control de calidad.

#### i. Control de costos.

Los pronósticos y los presupuestos constituyen una gran ayuda para determinar los niveles deseables de producción y los recursos necesarios para lograr estos niveles. Debe establecerse un control de costos para el acopio de recursos y lograr de ellos el máximo beneficio.

Es necesario que en el proceso de control de costos se distinga entre los tres tipos de costos en los que puede incurrir una empresa:

- 1) Costos fijos o no variables (que son inevitables).
- 2) Costos semivariables (por ejemplo, costos de mantenimiento, de manejo de materiales, etc.).
- 3) Costos variables.- Aumentan en relación directa con el volumen de producción.

La razón para clasificar los costos dentro de una organización es que para poder establecer un procedimiento apropiado de control es necesario conocer cuales costos son directamente controlables y cuales no.

## 2. Control de inventarios.

Los inventarios son todos aquellos bienes que se encuentran almacenados. Pueden estar en forma de materia prima, productos en proceso o productos terminados.

Para cualquier empresa los inventarios representan una inversión puesto que se requiere de capital para tenerlos, por ello deben retenerse o aumentarse en la medida en que ofrezcan un retorno favorable sobre el capital invertido.

Precisamente esta es la labor del control de inventarios. En otras palabras, el control de inventarios es una técnica diseñada para mantener los elementos en existencia a unos niveles preestablecidos.

Para controlar los inventarios se debe establecer una doctrina de operación, es decir, tomar decisiones sobre cuando reordenar para restablecer las existencias y que tanto reordenar.

Básicamente se utilizan dos sistemas de inventarios:

- 1) Sistema de inventarios de revisión continua.- Es aquel en el que se mantiene un registro de cada artículo que sale

de las bodegas y se coloca una orden para restablecer las existencias cuando los inventarios lleguen a un nivel predeterminado.

- 2) Sistema de inventarios de revisión periódica.- Consiste en examinar los inventarios periódicamente, y reordenar una cantidad con la cual se alcance el nivel de existencia prestablecido.

Un factor importante dentro del control de inventarios es el costo del mismo. Se han desarrollado varios modelos cuantitativos para determinar el costo óptimo. Estos modelos pueden clasificarse de manera general en: modelos determinísticos y modelos estocásticos.

Ambos tipos de modelos tratan de minimizar el costo total del control de inventarios y deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- a) Costo del artículo mismo o precio de compra.
- b) Costos asociados con el suministro de las existencias o costos de adquisición del artículo.
- c) Costos por mantener los inventarios. Por ejemplo seguros, arrendamiento de bodegas, impuestos, iluminación, etc.
- d) Costos por no tener los elementos en inventarios. Se refiere a los costos por pérdida de ventas o por incumplimiento de pedidos.
- e) Costos de operación asociados con la recolección de datos y los procesamientos de información.

### 3. Control de calidad.

El proceso de conversión se opera con el fin de obtener como resultado un producto. Este va a poseer características específicas, las cuales se conocen como especificaciones de diseño. Una vez que el producto ha sido fabricado se puede observar que tanto se adecua o se desvía de las especificaciones de diseño. El grado en el cual el producto se amolda a las especificaciones de diseño se conoce como calidad.

La calidad de un producto no se puede dejar al azar. Desde el momento en el que se diseña el producto de acuerdo a los objetivos de la empresa y las exigencias de mercado se debe tener presente la calidad. Sin embargo, aun cuando se procura que la calidad esté implícita en el diseño del producto, una organización desea garantizar que la producción se comporte de acuerdo a ciertos estándares preestablecidos y para ello utiliza sistemas de control de calidad.

El control de calidad, al igual que el control de inventarios, debe tomar en cuenta ciertos costos relevantes y tratar de lograr un balance entre ellos. Estos costos son:

- 1) Costos de control de calidad.- Son aquellos en los cuales se incurre al garantizar la calidad.
- 2) Costos de los defectos no detectados.

Las técnicas más usadas en el control de calidad son: la inspección directa, el muestreo y los gráficos de control.

Por lo general para llevar a cabo el control de calidad dentro de una empresa no se utiliza una sola técnica, sino una combinación de las tres.

CAPITULO II  
PROGRAMACION LINEAL

A. Marco teórico.

El problema de programación lineal puede describirse de la siguiente manera: "Dado un conjunto de  $m$  desigualdades o ecuaciones lineales con  $r$  variables, se trata de encontrar valores no negativos para estas variables de tal manera que se satisfagan las restricciones y se maximice o minimice alguna función lineal de ellas".<sup>(1)</sup>

Algebráicamente el problema se puede representar de la siguiente manera:

$$\text{Max ó Min } Z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_r x_r$$

Sujeto a (S.T.):

$$a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1r} x_r \{>, =, <\} b_i \quad i=1, \dots, m$$

$$x_j \geq 0 \quad j=1, \dots, r$$

$Z$  es la función objetivo, los coeficientes  $c_j$  son los coeficientes de costo, y  $x_1, x_2, \dots, x_r$  son las variables que deben ser determinadas.

$\sum_{j=1}^r a_{ij} x_j \{>, =, <\} b_i$  constituye la  $i$ -ésima restricción.  $b_i$  representa los requerimientos mínimos que deben satisfacerse. Los coeficientes  $a_{ij}$  denotan la cantidad de recurso  $i$  disponible por unidad de actividad  $j$ . Las  $x_j \geq 0$  son las restricciones de no negatividad.

(1) G. Hadley, Linear Programming, USA 1963, pag. 4.

Para representar un problema de optimización como un problema de programación lineal, es necesario que se cumplan varios supuestos, (2) los cuales se encuentran implícitos en el modelo mencionado anteriormente:

1. Proporcionalidad.- Dada una variable  $x_j$ , su contribución al costo total es  $c_j x_j$  y su contribución a la  $i$ -ésima restricción es  $a_{ij} x_j$ . Es decir, que el valor  $x_j$  es proporcional al costo ( $c_j$ ) y a la cantidad de recurso ( $a_{ij}$ ) dado.

2. Actividad.- Garantiza que el costo total es la suma de los costos individuales, y la contribución total a la  $i$ -ésima restricción es la suma de las contribuciones individuales de cada actividad.

3. Divisibilidad.- Las variables de decisión pueden dividirse en cualquier nivel fraccional, de modo que se permiten valores no enteros para las variables de decisión.

También se requiere que los parámetros  $c_j$ ,  $a_{ij}$  y  $b_i$  sean conocidos o estimados.

Existen dos formas de plantear un problema de programación lineal: la forma canónica y la forma estándar.

FORMA CANONICA

$$\begin{aligned} \text{MAX } Z &= \sum_{j=1}^r c_j x_j \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^r a_{ij} x_j \leq b_i \\ & i=1, \dots, m \\ & x_j \geq 0 \quad j=1, \dots, r \end{aligned}$$

FORMA ESTANDAR

$$\begin{aligned} \text{MAX } Z &= \sum_{j=1}^r c_j x_j \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^r a_{ij} x_j = b_i \\ & i=1, \dots, m \\ & x_j \geq 0 \quad j=1, \dots, r \end{aligned}$$

(2) Mokhtar S. Bazaraa. Programación lineal y flujo en redes, México 1981, pag. 15.

El método simplex está diseñado para trabajar con un problema escrito en forma estándar, por lo cual, si se tiene un problema de la forma:

$$\begin{aligned} & \text{max } Z \quad (3) \\ & \text{s.t.} \\ & \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \{ \rangle, =, \langle \} b_i \end{aligned}$$

debe transformarse a la forma estándar agregando variables para obtener la igualdad. Estas variables pueden ser de dos tipos variables de holgura o variables de excedente.

La transformación se lleva a cabo de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} & a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1r} x_r \leq b_1 \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & a_{u1} x_1 + a_{u2} x_2 + \dots + a_{ur} x_r \leq b_u \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} & a_{11} x_1 + a_{12} x_2 + \dots + a_{1r} x_r \leq b_1 \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & a_{u1} x_1 + a_{u2} x_2 + \dots + a_{ur} x_r \leq b_u \end{aligned}} \right\} \begin{array}{l} (4) \\ \text{U restricciones} \\ \text{de tipo } \leq \end{array}$$

$$\begin{aligned} & a_{u+1,1} x_1 + a_{u+1,2} x_2 + \dots + a_{u+1,r} x_r \geq b_{u+1} \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & a_{v,1} x_1 + a_{v,2} x_2 + \dots + a_{v,r} x_r \geq b_v \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} & a_{u+1,1} x_1 + a_{u+1,2} x_2 + \dots + a_{u+1,r} x_r \geq b_{u+1} \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & a_{v,1} x_1 + a_{v,2} x_2 + \dots + a_{v,r} x_r \geq b_v \end{aligned}} \right\} \begin{array}{l} \text{U-U restric-} \\ \text{ciones} \\ \text{de tipo } \geq \end{array}$$

$$\begin{aligned} & a_{v+1,1} x_1 + a_{v+1,2} x_2 + \dots + a_{v+1,r} x_r = b_{v+1} \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & a_{m,1} x_1 + a_{m,2} x_2 + \dots + a_{m,r} x_r = b_m \end{aligned} \left. \vphantom{\begin{aligned} & a_{v+1,1} x_1 + a_{v+1,2} x_2 + \dots + a_{v+1,r} x_r = b_{v+1} \\ & \cdot \\ & \cdot \\ & a_{m,1} x_1 + a_{m,2} x_2 + \dots + a_{m,r} x_r = b_m \end{aligned}} \right\} \begin{array}{l} \text{M-U restric-} \\ \text{ciones de} \\ \text{tipo } = \end{array}$$

(3) En el desarrollo del método simplex se trabajará con el problema de maximización; sin embargo es sencillo transformarlo a un problema de minimización de la siguiente manera:  $\min Z = -\max(-Z)$ .

(4)  $b_i \geq 0 \forall i$ , en caso de que exista  $b_i$  tal que  $b_i < 0$  se multiplica la restricción por  $(-1)$ .

Se añaden variables de holgura del tipo  $x_{r+1} \geq 0, \dots, x_{r+u} \geq 0$

donde:

$$x_{r+k} = b_k - \left( \sum_{j=1}^r a_{kj} x_j \right) \quad k=1, \dots, u$$

o bien

$$\sum_{j=1}^r a_{kj} x_j + x_{r+k} = b_k$$

Además se agregan variables de excedente  $x_{r+u+1} \geq 0, \dots,$

$x_{r+v} \geq 0$  tales que:

$$x_{r+h} = \left( \sum_{j=1}^r a_{hj} x_j \right) - b_h \quad h=u+1, \dots, v$$

o bien

$$\sum_{j=1}^r a_{hj} x_j - x_{r+h} = b_h$$

Es necesario incluir a las variables de holgura y de excedente en la función objetivo, pero sin alterarla, por eso se les asigna un coeficiente  $c_j$  tal que  $c_j = 0 \quad j=r+1, \dots, v$ .

Una vez hecha la transformación a forma estándar, es posible representar el problema en forma matricial de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \max Z &= c\bar{x} \\ \text{s. t.} & \\ A\bar{x} &= \bar{b} \end{aligned}$$

donde:

$$\begin{aligned} \max Z = & \left[ \begin{array}{cccccccc} a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,r} & 1 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{u,1} & a_{u,2} & \dots & a_{u,r} & 0 & \dots & 1 & 0 & \dots & 0 \\ a_{u+1,1} & a_{u+1,2} & \dots & a_{u+1,r} & 0 & \dots & 0 & -1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{v,1} & a_{v,2} & \dots & a_{v,r} & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & -1 \\ a_{v+1,1} & a_{v+1,2} & \dots & a_{v+1,r} & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m,1} & a_{m,2} & \dots & a_{m,r} & 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \end{array} \right] \bar{x} \end{aligned}$$

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_{r+1} \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

$$\bar{b} = \begin{bmatrix} b_1 \\ \vdots \\ b_r \\ b_{r+1} \\ \vdots \\ b_m \end{bmatrix}$$

$$\bar{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_r \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

### 1. Conceptos preliminares.

Considérese el sistema de ecuaciones lineales:

$$A\bar{x} = \bar{b}$$

donde:  $A$   $m \times n$ ,  $\bar{x}$   $n$ ,  $\bar{b}$   $m$ .

El sistema tiene solución si y sólo si el rango de la matriz  $A$  es igual al rango de la matriz aumentada  $(A, b)$ , de lo contrario se considera que el sistema es inconsistente.

Una solución  $\bar{x}$  del sistema, es solución factible si satisface todas las restricciones de no negatividad del modelo.

Sea la siguiente partición de la matriz  $A$ :  $A = (B, N)$  donde  $B$  es una matriz de  $n$  columnas linealmente independientes de  $A$ , es decir,  $B$  es una base de la matriz  $A$ , y  $N$  es una matriz de  $m$  renglones por  $(n-m)$  columnas.

Si se hace una partición al vector  $\bar{x}$  de la siguiente manera:

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} x_B \\ x_N \end{bmatrix}$$

entonces es posible transformar el sistema  $Ax=b$  en:

$$(B, N) \begin{bmatrix} x_B \\ x_N \end{bmatrix} = \bar{b}$$

o bien, escrito de otra forma:  $B\bar{x}_B + N\bar{x}_N = \bar{b}$

Despejando  $\bar{x}_B$  se tiene la siguiente ecuación:

$$\bar{x}_B = B^{-1}b + B^{-1}N\bar{x}_N$$

Se considera que el sistema tiene una solución básica factible  $\bar{x}_B^*$  si  $\bar{x}_B^* > 0$  y  $\bar{x}_N^* = 0$ . Si existe una  $x_{B_i}$  tal que  $x_{B_i} = 0$  entonces el sistema tiene una solución básica factible degenerada.

Supóngase que se tiene una solución básica factible  $\bar{x}_B^*$  entonces, si el valor de la función objetivo  $Z^*$  es tal que  $Z^* > -Z$  para todo valor  $Z$  de la función objetivo  $\max Z = c\bar{x}$ , dicha solución se denomina solución óptima.

La programación lineal encuentra una solución óptima tomando una solución básica factible, la cual va mejorando hasta que se alcanza al óptimo.

## 2. Mejora de una solución básica factible.

Supóngase que se tiene una solución básica factible  $\bar{x}_B^{(-1)}$  del sistema:  $\max Z = c\bar{x}$   
s.t  
 $A\bar{x} = \bar{b}$

El valor correspondiente de la función objetivo es  $z = c_B \bar{x}_B$

Para mejorar esta solución se realizan los siguientes pasos:

1) Encontrar una nueva solución básica factible:

Sean  $\bar{a}_1, \dots, \bar{a}_m$  columnas de la matriz original  $A$ , y sean  $b_1, \dots, b_m$  columnas de la matriz base  $B$ . Es posible representar cualquier  $\bar{a}_j$  de  $A$  como combinación lineal de las  $\bar{b}_j$ 's:

$$\bar{a}_j = \sum_{i=1}^m y_{ij} \bar{b}_i$$

donde  $y_{ij}$  es la representación de  $\bar{a}_j$  en términos de la base.

$$\bar{b} = \sum_{i=1}^m x_{B_i} \bar{b}_i$$

Si se introduce  $\bar{a}_j$  en la base, es decir, se reemplaza  $\bar{b}_r$  por  $\bar{a}_j$ , entonces:

$$x_{B_r} \bar{b}_r + \sum_{i=1}^m x_{B_i} \bar{b}_i = \bar{b} \dots \dots \dots (1)$$

$$\bar{b}_r = (1/y_{rj}) \bar{a}_j - \sum_{i=1}^m (y_{ij}/y_{rj}) \bar{b}_i \dots \dots \dots (2)$$

Sustituyendo (2) en (1):

$$\sum_{i=1}^m (x_{B_i} - x_{B_r} (y_{ij}/y_{rj})) \bar{b}_i + (x_{B_r}/y_{rj}) \bar{a}_j = \bar{b}$$

entonces la nueva solución es:

$$\hat{x}_{B_i} = x_{B_i} - (x_{B_r}/y_{rj}) y_{ij} \quad i \neq r$$

$$\hat{x}_{B_r} = x_{B_r}/y_{rj}$$

Si se escoge el vector  $\bar{b}_r$  que sale de la base de acuerdo al siguiente criterio:  $x_{B_r}/y_{rj} = \min \{ x_{B_i}/y_{ij} \mid y_{ij} > 0 \}$  Entonces se garantiza que la nueva solución es factible.

ii) Mejorar Z de acuerdo a la nueva solución básica factible.

$\hat{z} = \hat{x}_B \hat{c}_B$  donde  $\hat{c}_{B_i} = c_{B_i}$  para  $i \neq r$  y  $\hat{c}_{B_r} = c_j$ , ya que fue  $\bar{a}_j$  la que entró en la base.

$$\hat{z} = \sum_{i=1}^m c_{B_i} \hat{x}_{B_i} = ((x_{B_r}/y_{rj}) \sum_{i=1}^m c_{B_i} y_{ij}) + (x_{B_r}/y_{rj}) c_j$$

Sea  $z_j$  la representación de  $c_j$  en términos de la base, es decir,  $z_j = \bar{c}_B \bar{y}_j$ . Entonces  $\hat{z} = z - (x_{B_r}/y_{rj}) [z_j - c_j]$

Para que  $\hat{z}$  sea mejor que  $z$ , es necesario que  $\hat{z} > z$ , lo cual quiere decir que  $z_j - c_j < 0$ . Esto significa que  $z_j - c_j$  determina el vector que entra a la base y que mejorará la solución.

Si  $z_j - c_j > 0$  para toda  $\bar{a}_j$  que no pertenece a la base, entonces ya se ha llegado a la solución óptima.

Si existe  $\bar{a}_j$  tal que  $z_j - c_j < 0$  y  $y_{rj} < 0$  para toda  $i$ , entonces la solución es no acotada, es decir, es posible hacer crecer la función objetivo dentro de la región factible tanto como se quiera.

## B. Método Simplex.

"El método simplex es un procedimiento iterativo para resolver de manera exacta cualquier problema de programación lineal en un número finito de pasos, o indicar que existe una solución no acotada."  
(S)

Lo primero que hace el método simplex es encontrar una base factible, una vez que la tiene va intercambiando vectores en la base hasta llegar al óptimo.

Las fórmulas para pasar de una solución a otra son las siguientes (para el caso en que se cambia  $\bar{a}_k$  por  $\bar{b}_k$ ):

$$\hat{x}_{B_L} = x_{B_L} - (x_{B_r} / y_{rk}) y_{Lk} \quad 1 \neq r$$

$$\hat{x}_{B_r} = x_{B_r} / y_{rk}$$

$$\hat{y}_{Lj} = y_{Lj} - (y_{rj} / y_{rk}) y_{Lk} \quad 1 \neq r$$

$$\hat{y}_{rj} = y_{rj} / y_{rk}$$

$$\hat{z}_j - c_j = z_j - c_j - (y_{rj} / y_{rk}) (z_k - c_k)$$

Como se mencionó anteriormente, el método simplex es un proceso iterativo cuyos pasos pueden describirse de la siguiente manera:

-----  
(S) G. Hadley, op. cit. pag. 19

Suponiendo que tenemos una solución básica factible  $\bar{x}_n$  del problema lineal con valor de la función objetivo  $Z$ , y que para toda  $\bar{a}_j$  el valor  $\bar{y}_j$  y  $z_j - c_j$  correspondiente a esta solución son conocidos.

i. Se examina  $z_j - c_j$ . Existen tres posibilidades:

- i)  $z_j - c_j \geq 0$  para toda  $j$ , entonces la solución básica factible dada es óptima.
- ii) Uno o más  $z_j - c_j < 0$ , y para alguna  $\bar{a}_k$  tal que  $z_k - c_k < 0$  todos  $y_{rk} < 0$ . Entonces el problema es no acotado.
- iii) Uno o más  $z_j - c_j < 0$ , y cada uno de ellos tiene al menos una  $y_{rj} > 0$ . Se escoge uno de estos vectores, por ejemplo  $\bar{a}_k$ , y se inserta en la base. El criterio para seleccionar cual  $\bar{a}_k$  entra en la base es el siguiente:

$$z_k - c_k = \min_j (z_j - c_j) \quad z_j - c_j < 0$$

2. En caso de que suceda (iii) se determina el vector que saldrá de la base de la siguiente forma:

$$x_{B_r} / y_{rk} = \min \{ x_{B_r} / y_{rj} \mid y_{rk} > 0 \}$$

Hasta ahora el desarrollo de método simplex, se ha basado en el hecho de que se tiene una solución básica factible. Sin embargo, en el caso de que no se cuente con dicha solución, el procedimiento a seguir se explica a continuación.

Supóngase el siguiente problema de programación lineal:

$$\begin{aligned} \max Z &= c\bar{x} \\ \text{s.t.} \\ A\bar{x} &= b \end{aligned}$$

Existen dos posibilidades:

Existen dos posibilidades:

1. Las restricciones iniciales eran todas del tipo  $\sum_{j=1}^r a_{ij} x_j \leq b_i$  en cuyo caso al añadir las variables de holgura, forman una matriz I que constituye una solución básica inicial, y puede llevarse a cabo el proceso iterativo sin dificultad.

2. Dentro de las restricciones iniciales, existen algunas del tipo  $\sum_{j=1}^r a_{ij} x_j > b_i$  ó  $\sum_{j=1}^r a_{ij} x_j = b_i$

En este caso se introduce un nuevo tipo de variables llamadas variables artificiales, las cuales se denotan por  $\bar{x}_\Delta$ . Con ellas es posible formar una matriz I que constituya una solución básica factible inicial.

Para obtener una solución óptima las variables artificiales deben encontrarse fuera de la base, por esta razón, se "castiga" a dichas variables, es decir, se les asigna un valor negativo muy grande (-M) en la función objetivo. Esto garantiza que saldrán de la base lo más rápido posible.

Sin embargo, puede darse el caso de que la solución óptima contenga variables artificiales en la base:

i) Existe un vector artificial en la base a nivel cero. En este caso es posible que el sistema sea redundante, es decir, que existan más restricciones de las necesarias.

ii) Existe un vector artificial a nivel positivo. Esto puede deberse a dos razones: inconsistencia y no factibilidad.

Normalmente para facilitar los cálculos en el método simplex, se utiliza el formato de Tableau.

Este método consiste en formar una matriz que contenga todos los elementos mencionados anteriormente. En la fig. 1, se muestra dicha matriz. Los vectores  $q_1, \dots, q_m$  son los vectores correspondientes a las variables artificiales.

Una vez construida la matriz, se procede a efectuar las operaciones correspondientes por medio del método de pivoteo, que opera de la siguiente forma:

1. Se selecciona el vector  $\bar{b}_r$  que sale de la base, y el vector  $\bar{a}_k$  que entra a la base de acuerdo con los criterios mencionados anteriormente.
2. Se divide el  $r$ -ésimo renglón por  $y_{rk}$ .
3. Para  $i=1, 2, \dots, m$  con  $i \neq r$ , se actualiza el  $i$ -ésimo renglón sumándole el nuevo  $r$ -ésimo renglón multiplicado por  $-y_{ik}$ .
4. Se actualiza el renglón  $m+1$  sumándole el nuevo  $r$ -ésimo renglón multiplicado por  $-(z_j - c_j)$ .

El procedimiento se termina cuando se cumplen las condiciones de optimalidad previamente mencionadas.

### C. DUALIDAD.

Asociado con cada problema de programación lineal (problema primal) existe un problema equivalente llamado problema dual.

Para obtener el dual de un problema primal es necesario:

- 1.- Colocar una  $w_i$  en el dual por cada restricción del primal.
- 2.- Transponer la matriz  $A$ .
- 3.- Intercambiar el vector de coeficientes  $c$  en la función objetivo por el vector  $\bar{b}$ .

			$c_1$	$c_2$	...	$c_j$	...	$c_n$	$\pm M$		$\pm M$
$c_0$	Vectors in Basis	$b$	$a_1$	$a_2$	...	$a_j$	...	$a_n$	$q_1$	...	$q_r$
$c_{n1}$	$b_1$	$x_{n1} = y_{10}$	$y_{11}$	$y_{12}$		$y_{1j}$		$y_{1n}$	$y_{1,n+1}$		$y_{1,n+r}$
$c_{n2}$	$b_2$	$x_{n2} = y_{20}$	$y_{21}$	$y_{22}$		$y_{2j}$		$y_{2n}$	$y_{2,n+1}$		$y_{2,n+r}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$
$c_{nr}$	$b_r$	$x_{nr} = y_{r0}$	$y_{r1}$	$y_{r2}$		$y_{rj}$		$y_{rn}$	$y_{r,n+1}$		$y_{r,n+r}$
			$x_1 - c_1 = y_{m+1,1}$	$x_2 - c_2 = y_{m+1,2}$	...	$x_j - c_j = y_{m+1,j}$	...	$x_n - c_n = y_{m+1,n}$	...	...	...
		$x = y_{m+1,0}$									

Método simplex formato de tableau

Fig. 1

4.- Modificar el sentido de las desigualdades de acuerdo con la siguiente tabla:

	Maximización del problema		Minimización del problema	
R				
a	$\leq$	$\langle \text{-----} \rangle$	$\geq 0$	U
s	$\geq$	$\langle \text{-----} \rangle$	$\leq 0$	a
t	$=$	$\langle \text{-----} \rangle$	irrestric	r
U	$\geq 0$	$\langle \text{-----} \rangle$	$\geq$	R
a	$\leq 0$	$\langle \text{-----} \rangle$	$\leq$	a
r	irrestric	$\langle \text{-----} \rangle$	$=$	t

Por ejemplo, considérese el siguiente problema primal:

$$\begin{aligned} \max z &= \bar{c}\bar{x} \\ \text{s.t.} \\ A\bar{x} &\leq b \\ \bar{x} &\geq 0 \end{aligned}$$

El dual del problema será:

$$\begin{aligned} \min z &= \bar{w}b \\ \text{s.t.} \\ \bar{w}A &\geq c \quad (\text{ya que } \bar{w}A = A'\bar{w}) \\ \bar{w} &\geq 0 \end{aligned}$$

El concepto de dualidad es importante por varias razones. En primer lugar, el planteamiento dual de un problema de programación lineal puede reducir considerablemente los cálculos necesarios para resolverlo. En segundo lugar, existen ciertas relaciones importantes entre el problema primal y el problema dual:

1.- El dual del dual es el primal. Esto significa que los términos primal dual son relativos al marco de referencia que se seleccione.

2.- El valor de la función objetivo para cualquier solución factible del problema de minimización es siempre mayor o igual que el valor de la función objetivo para cualquier solución

factible del problema de maximización. Esto tiene como consecuencia que:

- a) Si  $\bar{x}_0$  y  $\bar{w}_0$  son soluciones factibles de los problemas primal y dual, y son tales que  $\bar{c}\bar{x}_0 = \bar{w}_0\bar{b}$ , entonces  $\bar{x}_0$  y  $\bar{w}_0$  son soluciones óptimas de sus respectivos problemas.
- b) Si uno de los problemas tiene una solución no acotada entonces el otro problema no tiene ninguna solución. Aunque también puede darse el caso de que ambos problemas tengan solución no factible.
- c) Si uno de los problemas tiene solución óptima entonces ambos tienen soluciones óptimas y los dos valores objetivos óptimos son iguales.

Es posible obtener información económica acerca del valor de los recursos escasos que se utilizan en el problema primal examinando el problema dual. Cada una de las variables duales equivale a la utilidad adicional que pueda obtenerse de una unidad adicional de recurso correspondiente. En otras palabras, las variables duales indican qué se está dispuesto a pagar un precio más elevado por un recurso escaso hasta por el valor de la variable dual.

Para resolver el problema dual, es posible aplicar el método simplex; sin embargo, se han desarrollado otros algoritmos que facilitan la resolución de un problema dual de programación lineal, como el algoritmo simplex dual y el algoritmo primal-dual.

#### D. ANALISIS DE SENSIBILIDAD.

En la práctica, es frecuente que los coeficientes de la función objetivo o los valores del vector  $\bar{b}$  sean estimaciones,

por lo cual la sensibilidad de la solución ante cambios en el valor de estos parámetros resulta de particular importancia.

El análisis de sensibilidad es un método para investigar el efecto que tienen las variaciones en los diferentes parámetros sobre la solución óptima de un problema de programación lineal.

Se considerarán las siguientes variaciones en el problema:

1. Cambios en el vector de costos.
2. Cambios en el vector  $b$  del lado derecho.
3. Cambios en la matriz  $A$  de restricciones.
4. Adición de una nueva actividad.
5. Adición de una nueva restricción.

1. Cambios en el vector de costos.

Dada una solución básica factible óptima, supongamos que el coeficiente de costo de una (o más) variables cambia de  $c_j$  a  $c_j'$ .

El efecto de este cambio sobre el tableau final ocurrirá sobre el renglón de costos. Considérense dos casos:

i)  $x_k$  no básica:  $c_B$  no es afectado y  $z_j = c_B^{-1} a_j$  no cambia para ningún  $j$ . Por lo tanto  $z_k = c_k$  se reemplaza por  $z_k = c_k'$ . Si  $z_k - c_k'$  es negativo entonces  $x_k$  debe entrar en la base y se debe buscar una nueva solución óptima. En caso de que  $z_k - c_k' > 0$  la solución anterior sigue siendo óptima.

ii)  $x_k$  variable básica ( $x_k = x_{B_t}$ ): En este caso  $c_{B_t}$  se reemplaza por  $c_{B_t}'$ . Sea  $z_j'$  el nuevo valor de  $z_j$ . Entonces  $z_j - c_j$  será:  
 $z_j' - c_j = (z_j - c_j) + (c_{B_t}' - c_{B_t}) y_{kj}$  para toda  $j$ .

En particular para  $j=k$   $z_k - c_k = 0$ , por lo tanto el renglón de costo se puede actualizar sumando el renglón original, de costo, el producto del cambio neto en el costo de  $x_k = x_{B_k}$  por el renglón actual del tableau final. Por supuesto durante el proceso se obtiene el nuevo valor de la función objetivo mediante la siguiente fórmula:  $c_B^{-1} B^{-1} b + (c_k' - c_{B_k}) b$ .

## 2. Cambios en el vector del lado derecho.

Si el vector de lado derecho es reemplazado por  $\bar{b}'$  entonces  $B^{-1} \bar{b}$  se reemplaza por  $B^{-1} \bar{b}'$ . Es posible calcular  $B^{-1} \bar{b}'$  de la siguiente manera:  $B^{-1} \bar{b}' = B^{-1} (\bar{b} + \bar{b}' - \bar{b}) = B^{-1} \bar{b} + B^{-1} (\bar{b}' - \bar{b})$ .

La única violación posible de la optimalidad es que el nuevo valor  $B^{-1} \bar{b}$  puede tener algunos componentes negativos.

Si  $B^{-1} \bar{b}' \geq 0$  entonces la misma base sigue siendo óptima, los valores de las variables básicas son  $B^{-1} \bar{b}'$  y la función objetivo tiene valor  $c_B^{-1} B^{-1} \bar{b}'$ .

## 3. Cambios en la matriz de restricciones.

Al igual que en el vector de costos, un cambio en la matriz  $A$  puede darse de dos maneras:

i)  $\bar{a}_k$  no básica: Supóngase que se modifica  $\bar{a}_k \rightarrow \bar{a}_k'$ . Entonces la nueva columna actualizada es  $B^{-1} \bar{a}_k'$  y  $z_k - c_k = c_B^{-1} B^{-1} \bar{a}_k' - c_k$ . Si  $z_k - c_k \geq 0$  la solución anterior es óptima. En caso contrario se continúa con el método simplex hasta encontrar el óptimo.

ii)  $\bar{a}_j$  básica: Si se cambia una columna básica  $\bar{a}_j$  por  $\bar{a}_j'$ , y cambia a  $y_j' = B^{-1} \bar{a}_j'$ . Si  $y_{j_j}' = 0$   $\bar{a}_j'$  ya no pertenece a la base sino

que es linealmente dependiente de la base. El problema se soluciona añadiendo una variable artificial y pivotando luego sobre todo el tableau hasta llegar al óptimo. Si  $y_{ij} \neq 0$  se puede reemplazar la columna  $j$  por  $y_j$  y pivotar sobre  $y_{ij}$  con lo que se recupera la base.

#### 4. Adición de una nueva variable (actividad).

Supóngase que una variable  $x_{n+1}$  con costo unitario  $c_{n+1}$  y  $n$  columnas  $\bar{a}_{n+1}$  es considerada para nueva producción. Se puede determinar si conviene producir  $x_{n+1}$  sin necesidad de resolver de nuevo el problema.

Basta calcular  $z_{n+1} - c_{n+1}$ , si  $z_{n+1} - c_{n+1} > 0$  (para un problema de maximización) entonces  $x_{n+1} = 0$  y la solución actual es óptima. Si, por el contrario,  $z_{n+1} - c_{n+1} < 0$  entonces  $x_{n+1}$  debe introducirse en la base y se continúa con el método simplex hasta alcanzar una solución óptima.

#### 5. Adición una nueva restricción.

Al añadir una nueva restricción a un problema de programación lineal si la solución óptima del problema satisface la nueva restricción entonces continuamos en el óptimo. Si, por otra parte, el punto no satisface la nueva restricción entonces debe añadirse al tableau final la restricción con su variable de holgura o excedente correspondiente.

La base y las  $y_{ij}$  se obtienen pivotando. Una vez que se ha pivotado se busca optimizar el problema por medio del método simplex.

## CAPITULO III

### DESCRIPCION DE LOS PAQUETES DE COMPUTACION

#### A. LINDO

(1)  
LINDO (Linear Interactive And Discrete Optimizer) es un sistema interactivo creado para resolver problemas de programación lineal de manera sencilla.

Opera por medio de comandos, es decir, en lugar de guiar al usuario a través de una secuencia de pantallas, cada una de las cuales contienen varias opciones, le muestra una gran variedad de comandos. Estos pueden ejecutarse en cualquier momento sin necesidad de regresar a una pantalla determinada.

LINDO es capaz de resolver problemas de programación lineal hasta con 319 variables y 179 restricciones.

Los comandos básicos con los que cuenta son:

MAX,- Inicializa la entrada de un problema de maximización.

MIN - Inicializa el ingreso de un problema de minimización.

END - Termina el problema y regresa la terminal al nivel de comandos.

GO - Resuelve el problema y muestra la solución.

LOOK- Muestra diversas secciones del problema.

ALTER- Cambia cualquier elemento del problema.

Como ya se mencionó es muy fácil trabajar con LINDO. Por ejemplo si se desea resolver el siguiente problema:

$$\begin{array}{ll} \text{MIN } 3X + 2Y & \\ \text{s.t.} & \\ 2X + 4Y < 12 & \\ 5X + Y > 10 & \end{array}$$

-----  
(1) Linus Schrage, User's manual for LINDO, USA 1981.

Basta con introducir el problema tal y como se encuentra escrito. En la fig. 2 se muestra un ejemplo de como proporciona LINDO las soluciones de los problemas.

LINDO cuenta con el comando USER, el cual permite al usuario realizar sus propias subrutinas en FORTRAN para definir un problema de programación lineal y ejecutarlo a través del propio comando.

### 1. Interfase en FORTRAN

Como mencionamos anteriormente LINDO posee una comando llamado USER. Cuando se teclea este comando una subrutina del mismo nombre es ejecutada, sin embargo, el usuario puede reemplazarla por su propia versión.

Por medio de esta subrutina en FORTRAN es posible definir un problema de programación lineal utilizando algunas de las subrutinas de LINDO como:

- i) INIT.- Inicializa la memoria preparándola para el ingreso de un nuevo problema.
- ii) DEFROW (idir,rhs,idrow,toobig) .- De acuerdo a los parámetros define los renglones correspondientes a las restricciones. IDIR define el signo de las restricciones, toma los siguientes valores: -1 si el signo es > o se está maximizando, 0 si se tiene un signo de = y 1 en el caso de que el signo sea < o se esté minimizando. RHS es el valor del lado derecho de la restricción. IDROW indica el número de renglón. TOOBIG es una variable lógica que determina si hay espacio para más renglones.

```

MIN      3 X + 2 Y
SUBJECT TO
  2)    2 X + 4 Y <= 12
  3)    5 X + Y >= 10
END

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 1

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 6.00000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X	2.000000	.000000
Y	.000000	1.400000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	8.000000	.000000
3)	.000000	-1.600000

NO. ITERATIONS= 1

```

MIN      5 X + 2 Y
SUBJECT TO
  2)    2 X + 4 Y <= 12
  3)    5 X + Y >= 10
END

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 0

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 10.0000000

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
X	2.000000	.000000
Y	.000000	1.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	8.000000	.000000
3)	.000000	-1.000000

NO. ITERATIONS= 0

(iii)APPCOL (name, nonz, val, iro, loobig).- Añade una columna dándole el nombre que se encuentra en el vector NAME. Este tiene NONZ coeficientes distintos de cero cuyos valores se encuentran en el vector VAL. IRO asocia a cada valor de VAL el número de renglón que le corresponde.

Gracias a la subrutina USER se pueden definir problemas de programación lineal mediante un programa en FORTRAN facilitando el manejo de problemas de programación lineal con gran cantidad de variables y restricciones.

## B. PRODUCTION MANAGEMENT

(2)

"PRODUCTION MANAGEMENT" es un sistema diseñado para facilitar los procesos de planeación y control de la producción y las operaciones.

A diferencia de LINDO, "PRODUCTION MANAGEMENT" utiliza pantallas para llevar al usuario de una función a otra. (Anexo I.1).

Para facilitar la descripción del funcionamiento de "PRODUCTION MANAGEMENT" se dividirá este en tres secciones: Control de piso, planeación de requerimientos de capacidad y análisis de entradas y salidas.

### 1. Control de piso.

Ayuda a programar el procesamiento de las órdenes de trabajo a través de la planta. Esto proporciona retroalimentación de como las operaciones de manufactura cumplen con el rendimiento planeado.

-----  
(2) Hewlett Packard HP\_PRODUCTION MANAGEMENT Paso a paso, México 1981.

Dentro de las funciones que se realizan se encuentran:

1.1 Definición de planta:

La programación de las órdenes y las funciones de administración depende de una adecuada definición de sus instalaciones, es decir, el sistema deberá conocer los productos que se elaboraran y las capacidades, la distribución, el personal y procedimientos de la planta.

a) Partes: A cada pieza, producto o subproducto fabricado se le asigna un número de parte único. Este se utiliza para acceder, actualizar y recuperar información sobre cada artículo.

b) Operaciones: Por medio de "PRODUCTION MANAGEMENT" es posible describir de manera independiente cada proceso básico de manufactura. El sistema le asigna un número de operación único, describe brevemente el proceso y mantiene información como tiempo promedio de cola, tiempo de preparación, tiempo de corrida y rendimiento estándar de producción.

c) Estaciones y centros de trabajo: Para el sistema un centro de trabajo es una ubicación lógica de estaciones de trabajo. Estas últimas representan la mano de obra o el equipo que se utiliza para realizar cada actividad de producción.

d) Rutas estándar: Una ruta estándar es la secuencia de operaciones requerida para fabricar un artículo. La secuencia en la ruta de la parte está asociada a una estación de trabajo y a una operación dada. Por medio de la información que proporciona la definición de las rutas es posible controlar la secuencia de cada operación.

e) Empleados: Para cada empleado se tiene información que permite validar los cargos de mano de obra directa.

f) Códigos de estado de la orden: Sirven para describir y dar seguimiento a la orden o paso de producción.

g) Códigos de excepción: Registra información descriptiva de fallas de materiales, mermas, actividades de reproceso u otras condiciones especiales asociadas para cada paso de producción.

## 1.2 Calendario de planta.

Mantiene información sobre los días de trabajo y cambios programados para cada centro de trabajo. Esta información se utiliza para programar órdenes.

## 1.3 Administración de la orden:

"PRODUCTION MANAGEMENT" ayuda a controlar el proceso de las órdenes en la planta, es decir, el ciclo de vida de la orden.

Este proceso incluye los siguientes pasos:

1) Alta de la orden: Se registra el número de orden, número de parte, cantidad ordenada, cantidad de entrada, fecha de vencimiento, la ruta deseada y otra información descriptiva.

11) Programación de la orden: Calcula las fechas de inicio y terminación así como los tiempos para cada paso en la ruta de la orden. La programación puede llevarse a cabo de dos maneras:

a) Programación hacia adelante: Se hace a partir de la fecha y hora programada de llegada para el primer paso en la ruta. Se repite el proceso para cada paso hasta llegar al último paso de

la ruta.

b) Programación hacia atrás: Se sustituye la fecha programada de terminación por la fecha de vencimiento, de acuerdo a ésta se calcula la fecha de inicio del último paso en la ruta. Este mismo proceso se realiza para cada paso hasta que se ha programado la hora y fecha de arribo para todos los pasos de la ruta.

iii) Liberación de la orden: Una vez que la orden no sido programada debe liberarse a la planta. De esta manera el sistema envía la orden a la primera estación de trabajo en la ruta.

iv) Elaboración de la orden: A medida que la orden es procesada a través de la planta "PRODUCTION MANAGEMENT" permite registrar información como mano de obra directa, inicios y fines de cada paso en la ruta, cantidades terminadas, perdidas o acreditadas en cada paso, excepciones y comentarios al proceso de la orden y el empleado que realizó el trabajo.

Con esta información es posible dar seguimiento al proceso de la orden y, si es necesario, hacer ajustes al programa o a las rutas de la orden.

## Z. Planeación de requerimientos de capacidad.

La planeación de requerimientos de capacidad permite anticipar los requerimientos de mano de obra y maquinaria para cada estación y centro de trabajo de la planta.

Para calcular la carga de requerimientos para cada orden de trabajo se utilizan las partes y rutas de la orden, y el calendario de la planta.

Cada orden se programa independiente de las otras como si existiera disponibilidad de capacidad ilimitada.

### 3. Análisis de entradas y salidas.

Proporcionan una comparación entre las entradas y salidas planeadas contra las observadas para cada estación de trabajo.

Constituyen una herramienta para evaluar el rendimiento reciente contra las expectativas, ayudando a identificar cuellos de botella que puedan afectar el plan de producción.

### 4. Base de datos de PRODUCTION MANAGEMENT.

"PRODUCTION MANAGEMENT" cuenta con dos bases de datos: SPCDB (base de datos de control de piso) y SCDB (base de datos de calendario de piso).

Toda la información que se ingresa en "PRODUCTION MANAGEMENT" es guardada en el campo correspondiente dentro de las bases de datos. Cada uno de los códigos, fechas, nombres, números de parte, números de orden, etc. se almacenan en un campo específico. De esta manera la información puede ser utilizada para análisis posteriores. El anexo I.3 muestra los nombres de los campos en los que se almacena la información así como una breve explicación de cada uno.

Es posible consultar información específica directamente de las bases de datos, sin necesidad de recurrir a las pantallas de "PRODUCTION MANAGEMENT". Esto se puede llevar a cabo utilizando otros paquetes de computación como IMAGE/5000 o QUERY/5000. (3)

Sin embargo no debe introducirse información a las bases de datos por medio de estos paquetes ya que se corre el riesgo de alterarlas.

### C. Estructura de la interfase entre LINDO y PRODUCTION MANAGEMENT.

Cada uno de los paquetes anteriormente descritos representa una herramienta de gran utilidad dentro del proceso de planeación de la producción. Sin embargo la utilización de ambos paquetes de manera conjunta facilitaría aun más dicho proceso. Es decir usar la información proporcionada por "PRODUCTION MANAGEMENT" dentro de la optimización de la planeación de la producción (usando el paquete LINDO) incrementaría la eficacia de los dos paquetes, para resolver problemas de planeación de la producción.

Esto puede hacerse a través de un procedimiento manual mediante los siguientes pasos:

1. Elaborar el modelo de programación lineal que resuelva un problema de planeación de la producción dado.
2. Obtener del paquete "PRODUCTION MANAGEMENT" la información que dicho modelo requiere.
3. Adaptar la información al modelo de programación lineal.
4. Introducir el modelo al paquete LINDO para encontrar una solución óptima.

-----  
(5) Hewlett Packard, IMAGE/3000 System reference manual, México 1984.

Lo anterior implica una gran inversión de tiempo en la solución del problema, sobre todo si se trata de un problema con muchas restricciones y variables.

Por esta razón, una interfase que permita pasar la información que proporciona "PRODUCTION MANAGEMENT" directamente al modelo de programación lineal y resolverlo por medio de LINDO, simplificaría en gran medida el procedimiento, ya que ahorraría tiempo tanto de trabajo manual como de máquina.

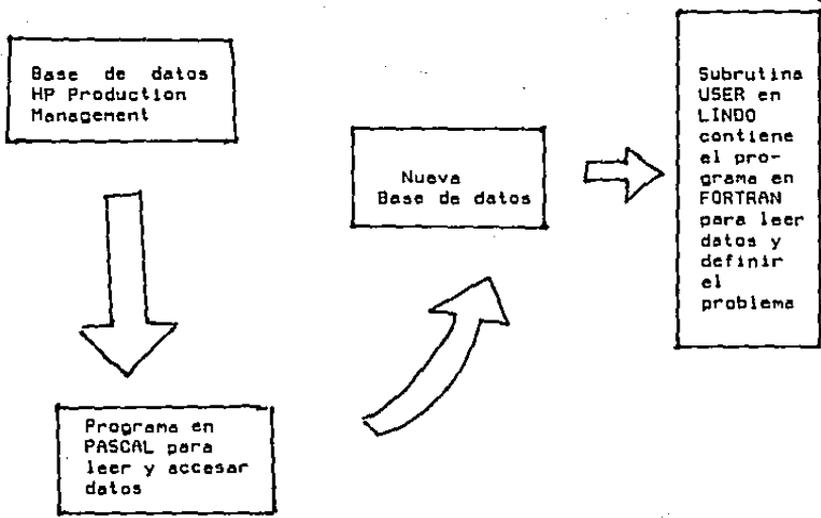
Además evitaría los posibles errores que pueden presentarse al transcribir la información de un lado a otro.

Por otro lado, si se da el caso en que el problema de planeación de la producción se repita de manera cíclica, por ejemplo de un año a otro, pero en cada ciclo los datos varíen, una interfase evita la necesidad de repetir todo el procedimiento, ya que solo se necesitaría modificar los datos y resolver el problema.

A continuación se presenta una posible interfase entre "PRODUCTION MANAGEMENT" y LINDO. En esta interfase se aprovecha la facilidad que proporciona LINDO al usuario para introducir sus propias subrutinas en FORTRAN. La fig. 3 ilustra básicamente la estructura de la interfase.

El procedimiento que se sigue en la elaboración de dicha interfase es el siguiente:

1. Dentro de la subrutina USER del paquete LINDO se introduce un modelo de programación lineal específico.



Estructura de la interfase propuesta

fig. 3

Se crearon la función objetivo, las variables y el lado derecho de las restricciones, utilizando las herramientas que el paquete mismo proporciona y que fueron mencionadas en el inciso A.1 del presente capítulo.

2. Se localizó la información, que el modelo requería, en la base de datos de "PRODUCTION MANAGEMENT"

3. Por medio de un programa elaborado en el lenguaje PASCAL y utilizando procedimientos intrínsecos del paquete IMAGE/3000. Se leyó la información pertinente de los campos correspondientes.

Este mismo programa coloca esta información en una nueva base de datos. Se tuvo que transferir la información de la base SFCDB a una nueva base de datos llamada FJAB, debido a que la base de datos SFCDB de "PRODUCTION MANAGEMENT" contiene la información en forma "empacada", es decir, los campos correspondientes de SFCDB están definidos como de tipo PB.<sup>(4)</sup> Esto se debe a que de esta manera la información ocupa menos espacio en la memoria de la computadora.

Sin embargo, no es posible consultar la información contenida en campos de tipo PB por medio de un programa de aplicación en lenguaje FORTRAN, utilizando procedimientos intrínsecos de IMAGE/3000. Por esta razón se transfirieron los datos necesarios para resolver el problema a la base de datos FJAB, en ella los campos que contienen los datos se encuentran definidos como de tipo I2, es decir, los datos se convierten a la

-----  
(4) Hewlett Packard, IMAGE/3000, op.cit., pag. 3-6

forma de enteros. El anexo II.1 muestra la estructura de la base de datos FJAB.

4. Por medio de una subrutina en FORTRAN, que siendo ejecutada desde LINDO utiliza procedimientos intrínsecos de IMAGE/3000, se procedió a leer la información, ya transformada, de la nueva base de datos.

5. Una vez leída la información se procedió a transformarla para obtener los coeficientes del modelo de programación lineal implantado.

El anexo II.2 presenta la estructura de los programas que se utilizan dentro de la interfase.

Para activar la interfase el usuario únicamente necesita introducirse al paquete LINDO y llamar al comando USER.

Si se desea ver el modelo de programación lineal es necesario utilizar el comando LOOK y para resolver el problema se requiere del comando GO.

Esto significa que, una vez que se ha activado la interfase por medio del comando USER, el usuario deberá trabajar con LINDO como si se hubiera ingresado el problema en forma interactiva.

Por último, es necesario aclarar que la interfase funciona únicamente si se trabaja dentro de la cuenta en donde se encuentra la base de datos.

## CAPITULO IV

### APLICACION DE LA INTERFASE PROPUESTA AL PROBLEMA DE PLANEACION DE LA PRODUCCION DE UNA FABRICA JABONES PARA EL CABELLO

#### A. Antecedentes.

En el presente capitulo se ejemplificará el funcionamiento de la interfase entre LINDO y "PRODUCTION MANAGEMENT" por medio del problema de planeación de una fábrica de jabones para el cabello. (1)

Esta empresa produce tres tipos de jabones para el cabello. Para la elaboración de la mezcla utilizada en la fabricación de estos productos se cuenta con dos reactores con capacidad de 5000 kgs. cada uno. Cada producto requiere de un lote económico de mezcla de 5000 kgs. El tiempo de fabricación de cada lote es de 2 horas. El rendimiento para cada uno de los productos es el siguiente:

CUADRO 4.1

#### RENDIMIENTO POR LOTE DE MEZCLA

PRODUCTO	LOTE DE 5,000 Kgs.
1	25,000 pzas.
2	12,500 pzas.
3	5 250 pzas.

Cada lote que se fabrica se deposita en tanques de almacenamiento para ser envasado. Para el envasado de los jabones

(1) Marie Petty Teresita Pérez Ríos Aguilar. Una aplicación de la programación lineal al problema de programación de la producción y requerimientos. México 1987.

se dispone de cuatro líneas (el producto 3 utiliza dos de ellas en el envasado), cuya producción por turno (turno normal de 8 hrs.) es de 12,500 piezas.

Esto significa que el rendimiento máximo en turno normal para cada producto es el siguiente:

#### CUADRO 4.2

##### RENDIMIENTO MAXIMO EN TURNO NORMAL

PRODUCTO	RENDIMIENTO MAXIMO
1	12,500 pzas. (línea 1)
2	12,500 pzas. (línea 2)
3	12,500 pzas. (línea 3)
	12,500 pzas. (línea 4)

Anteriormente la empresa llevaba a cabo su planeación de producción de manera manual. Durante mucho tiempo esta forma de planeación le resultó eficaz, pero en los últimos años, debido a un atinado plan de promoción, las ventas de sus productos se han incrementado en gran medida por lo cual empezó a tener problemas con su sistema de planeación de producción. Ya que las decisiones de producción están basadas en la política de producir la mercancía solicitada por el departamento de ventas, mes con mes, sin constituir un inventario adecuado mediante el equilibrio entre temporadas de baja y alta demanda. Lo que trae como consecuencia que la empresa incurra en altos costos de producción, ya que se requiere de tiempos extras y turnos adicionales programados en el momento, en periodos de alta demanda y tiempos desperdiciados en periodos de baja demanda. Por esta razón, empezó a analizar la posibilidad de automatizar su planeación de la producción, con el fin de minimizar los

costos de producción e inventarios, distribuyendo de manera adecuada la disponibilidad de producción.

Para llevar a cabo la automatización, debe sujetarse a las siguientes restricciones:

- El departamento de ventas elabora pronósticos que se van ajustando mensualmente.

- La demanda esperada debe satisfacerse en su totalidad ya que de lo contrario se corre el riesgo de que las ventas se reduzcan hasta un 50%, si no se entregan en el tiempo pactado.

- Los turnos en tiempo extra y turno adicional están limitados por el contrato colectivo de trabajo, es decir, la producción en tiempo extra no será mayor al 18.75% de la producción normal, y la producción en turno adicional no será mayor al 16.00% de la producción normal.

La estructura de los costos de producción para los 3 productos se muestra a continuación:

CUADRO 4.3

ESTRUCTURA DE COSTOS DE PRODUCCION

Turno de producción/ Concepto	Turno normal	Tiempo extra	Turno adicional
Costo de material	70%	70%	70%
Costo de mano de obra	20%	40%	40%
Costo de gastos indirectos	10%	14%	20%
Total	100%	124%	130%

Con base en esta estructura de costos, el departamento de costos proporcionó los siguientes costos de producción:

CUADRO 4.4

COSTOS DE PRODUCCIÓN  
(año 1986)

Costo/ Producto	Producción Normal	Producción t. extra	Producción t. adicional
1	197.00	232.00	243.00
2	374.00	464.00	486.00
3	650.00	806.00	845.00

Además deben tomarse en cuenta los costos por mantener un producto en inventario y el costo de ruptura, es decir, el costo por incumplimiento del pedido.

CUADRO 4.5

COSTOS DE INVENTARIO Y DE RUPTURA  
(año 1986)

PRODUCTO	COSTO POR MANTENER INVENTARIO	COSTO DE RUPTURA
1	46.00	374.00
2	92.00	748.00
3	161.00	1300.00

El departamento de ventas reportó los siguientes pronósticos de ventas, para doce meses. Los siguientes cuadros muestran los pronósticos de ventas y la producción máxima en tiempo normal para cada producto (producción máxima = no. de días laborables x no. de piezas fabricadas por día).

CUADRO 4.6

PRODUCCION EN TIEMPO NORMAL Y PRONOSTICO DE VENTAS

PRODUCTO 1

MES	DIAS LABORABLES	PRODUCCION NORMAL (en miles)	PRONOSTICO DE VENTAS (en miles)
1	19	237	428
2	25	312	330
3	18	225	281
4	19	237	234
5	19	237	230
6	25	312	428
7	20	250	330
8	25	312	281
9	18	225	234
10	20	250	230
11	24	300	428
12	18	225	330
	-----	-----	-----
TOTAL	250	3,122	3,764

CUADRO 4.7

PRODUCCION NORMAL Y PRONOSTICO DE VENTAS

PRODUCTO 2

MES	DIAS LABORABLES	PRODUCCION NORMAL (en miles)	PRONOSTICO DE VENTAS (en miles)
1	19	237	329
2	25	312	232
3	18	225	343
4	19	237	338
5	19	237	221
6	25	312	329
7	20	250	232
8	25	312	343
9	18	225	338
10	20	250	221
11	24	300	329
12	18	225	232
	-----	-----	-----
TOTAL	250	3,122	3,487

CUADRO 3.8

PRODUCCION NORMAL Y PRONOSTICO DE VENTAS

PRODUCTO 3

MES	DIAS LABORABLES	PRODUCCION NORMAL (en miles)	PRONOSTICO DE VENTAS (en miles)
1	19	475	443
2	25	625	448
3	18	450	770
4	19	475	924
5	19	475	714
6	25	675	443
7	20	500	448
8	25	625	770
9	18	450	924
10	20	500	714
11	24	600	443
12	18	450	448
	-----	-----	-----
TOTAL	250	6,250	7,489

B. Modelo de programación lineal.

Para la solución del problema de producción de la fábrica de jabones, se propuso un modelo de programación lineal, ya que como deben satisfacerse siempre las cantidades demandadas por el departamento de ventas, el problema se convierte en uno de asignación de recursos disponibles: producción normal, producción en tiempo extra y producción en turno adicional satisfaciendo la demanda y minimizando el costo total de la producción dado por el costo de producción, el costo de mantener el inventario y el costo de ruptura.

Dentro del planteamiento del problema no se consideran limitaciones de producción de mezcla para la elaboración de los productos.

Esto se debe a que un análisis comparativo entre la disponibilidad y requerimientos de material demostró que la capacidad de elaboración de mezcla es mayor que la cantidad máxima que pueda ser envasada en un día, y es esta última la que se toma en cuenta dentro de las restricciones del modelo.

Antes de describir el modelo propuesto debe mencionarse que solo se considerará dentro de este la variación sobre el tiempo, ya que como los procesos para los tres productos son independientes el mismo modelo sirve para resolver el programa de producción de cada uno de ellos, variando los parámetros correspondientes.

La función objetivo está dada por la siguiente ecuación:

$$\text{MIN CT} = \text{CP} + \text{CA} + \text{CR}$$

CP es el costo de producción

CA es el costo de mantener inventario

CR es el costo de ruptura

Donde,

$$\text{CP} = \sum_{i=1}^{12} P p_i + Q x_i + T y_i$$

P es el costo unitario de producción normal

$p_i$  es la producción en tiempo normal en el mes i

Q es costo unitario de producción en tiempo extra

$x_i$  es la producción en tiempo extra en el mes i

T es el costo unitario de producción en turno adicional

$y_i$  es la producción en turno adicional en el mes i

La ecuación que calcula el costo por mantener inventario se obtuvo sobre el supuesto de tener un inventario medio, ya que se supone la regularidad de la producción y de las ventas, considerando además que el inventario inicial no es igual a inventario final.

El inventario medio para el mes  $i$  puede expresarse de la siguiente manera:

$$s_i = 1/2 (s_0 + \sum_{k=1}^i (p_k + x_k + y_k - U_k)) + s_0 + \sum_{k=1}^{i-1} (p_k + x_k + y_k - U_k)$$

factorizando tenemos,

$$s_i = (s_0 + \sum_{k=1}^{i-1} (p_k + x_k + y_k - U_k)) + 1/2(p_i + x_i + y_i - U_i)$$

sumando los doce meses para obtener el costo de almacenamiento,

$$CA = S(12s_0 + \sum_{i=1}^{12} (12.5-1)(p_i - U_i)) + \sum_{i=1}^{12} (12.5-1)(x_i + y_i)$$

$S$  es el costo unitario por mantener inventario.

$s_0$  es el inventario inicial.

$p_i$  es la producción en tiempo normal para el mes  $i$ .

$x_i$  es la producción en tiempo extra para el mes  $i$ .

$y_i$  es la producción en turno adicional para el mes  $i$ .

$U_i$  es el pronóstico de ventas para el mes  $i$ .

Y el costo de ruptura está dado por:

$$CR = \sum_{i=1}^{12} Rf_i$$

$R$  es el costo unitario de ruptura

$f$  es el número de unidades demandadas que no podrán ser producidas en el mes  $i$ .

Sustituyendo cada parte en la función del costo total y factorizando se obtiene la siguiente función objetivo:

$$CT = (12Ss_0 + \sum_{i=1}^{12} (Pp_i + S(12.5-1)(P_i - U_i)) + \sum_{i=1}^{12} (Q + S(12.5-1))x_i + \sum_{i=1}^{12} (T + S(12.5-1))y_i + \sum_{i=1}^{12} Rf_i)$$

Nótese que el primer término de la ecuación es constante (ya que todas las cantidades que involucra son conocidas) por lo que puede eliminarse del modelo ya que no afecta la solución de este. Por lo tanto la función objetivo queda de la siguiente manera:

$$CT = \sum_{i=1}^{12} (Q + S(12.5-1))x_i + \sum_{i=1}^{12} (T + S(12.5-1))y_i + \sum_{i=1}^{12} Rf_i + 12Ss_0$$

Se considerarán dos tipos de restricciones:

Restricciones comerciales (donde se consideran los recursos disponibles)

$$s_0 + \sum_{K=1}^L (x_K + y_K + f_K) \geq \sum_{K=1}^L U_K - p_K \quad \text{para } i=1 \dots 11 \text{ y } s_0=0$$

$$(s_0-t) + \sum_{K=1}^{12} ((x_K + y_K + f_K)) \geq \sum_{K=1}^{12} (U_K - p_K) \quad \text{para } i=12, \quad s_0=0 \text{ y } t=125$$

Aquí se hace la consideración de que debe tenerse en existencia un inventario final igual a 125,000. Esto se estableció arbitrariamente ya que se considera que esa cantidad constituye un inventario suficiente.

Restricciones sociales (son las que se establecen debido al contrato colectivo de trabajo):

$$x_i \leq .1875 p_i \quad \text{para toda } i$$

$$y_i \leq .15 p_i \quad \text{para toda } i$$

Entonces, el modelo de programación lineal que resuelve el problema de planeación de la producción de la fábrica de jabones queda de la siguiente manera.

$$\text{MIN } Z = 125s_0 + \sum_{L=1}^{12} (Q + S(12.5-1))x_L + \sum_{L=1}^{12} (T + S(12.5-1))y_L + \sum_{L=1}^{12} Rf_L$$

S.T.

$$s_0 + \sum_{K=1}^L (x_K + y_K + f_K) \geq \sum_{K=1}^L (U_K - p_K) \quad i=1 \dots 11 \text{ y } s_0=0$$

$$(s_0-t) + \sum_{K=1}^{12} ((x_K + y_K + f_K)) \geq \sum_{K=1}^{12} (U_K - p_K) \quad i=12, \quad s_0=0 \text{ y } t=125$$

$$x_i \leq 0.1875 p_i \quad i=1 \dots 12$$

$$y_i \leq 0.15 p_i \quad i=1 \dots 12$$

Este modelo de programación lineal es el que se definió dentro de la subrutina USER del paquete LINDO para probar la interfase propuesta entre este paquete y "PRODUCTION MANAGEMENT". Se crearon la función objetivo y las restricciones y, por medio de la interfase propuesta, se obtuvieron los coeficientes correspondientes de la base de datos SFCDB de "PRODUCTION MANAGEMENT".

Cabe mencionar que debido a la estructura de este modelo de programación lineal en particular es relativamente poca la información que se puede obtener por medio de "PRODUCTION MANAGEMENT".

#### C. Programación de la producción por medio de PRODUCTION MANAGEMENT.

Una vez definido el problema de programación lineal es necesario obtener los coeficientes correspondientes de la base de datos SFCDB de "PRODUCTION MANAGEMENT".

Para ello se necesita ingresar la información al paquete a través de las pantallas convenientes. Es decir, debe llevarse a cabo la programación de la producción utilizando "PRODUCTION MANAGEMENT".

Para este caso en particular, debido a que la información que puede obtenerse del paquete es poca, no se utilizó éste en su totalidad únicamente se usaron aquellas pantallas que contenían los campos que el modelo de programación lineal requería.

Las figs. 4,5,6,7,8,y 9, muestran algunas de las pantallas utilizadas y los datos que contienen los campos.

RPT AMBOS CON CTAS  
 IMPRESO SALIDA  
 02/03/85 05:27P

ID del Centro de Trabajo  
 ENVAI

Descripcion del Centro de Trabajo  
 CENTRO DE ENVASADO DEL PROD.

Codigo de Ubicacion: EH-001  
 ID del Administrador: N  
 ID del Subcontratista: 7  
 N.O. Subcontratada: 0  
 N (S/N)

	ESTANDAR	ACTUAL	FECHAS		BANDERAS DE CAPTURA
Tarifa salario	.00	39.00	Aita	03/03/85	[en Tránsito N]
% Gastos Ind.	.0	50.0	Mantenimiento		[en Cola N]
			Transferido		[en Corrida N]
			Obsolescencia	dd/mm/aa	[Suspension N]
					[("S"=Activada)]
Fin de Consulta.					1016

CONSULTA DE UN CENTRO DE TRABAJO  
 fig. 4

RPT AMBOS CON PART  
 IMPRESO SALIDA  
 08/03/88 05:17P

Linea de Producto  
 JA

Descripcion  
 CACION DEL TIPO 2

Id de Ruta Comun	Nuz. Rutas Comunas	Tiempo de Entrega (Dias)	-----Actual-----		-----Estandar-----		Vig. PH
			Cant	Corr % Rend	Cant	Corr % Rend	
	0		1562	100.00	100	100.00	0

BANDERAS		Fecha del Maestro de Partes	Fecha de Maestro de Rutas
DE CAPTURA			
en Trancito	N	Aita 03/03/88	
en Cola	N	Transferida a PM	Transferida a PM
de Corrida	N	Ultimo Mto. a BD	Ultimo Mto. a BD 03/03/88
Suspension	N	Obsolescencia	Cantidad Decimal N

\*S\* = ACTIVADA  
 Fin de Consulta..

1016

CTrab RPT CON ESTAD  
 PorETrab IMPRESO SALIDA  
 00/03/88 07:29P

Descripción de la Estacion  
 de Trabajo Centro de  
 Trabajo  
 LINEA DE ENVASADO FRIO. 3 ENVH1

Mano de Obra	Capacidad	Promedio	Energia
Maquina	8.00 horas/dia	Arranque	50.00 unidades/hr
	8.00 horas/dia	Equiv. Arranque	50.00 unidades
		Unidad de Medida	1.00 horas
			WT

FECHAS:  
 Descompostura | Alta 03/03/85  
 Manto. Prevent | Transferido  
 Obsolescencia | Mantenimiento 08/03/85  
 dd/mm/aa | dd/mm/aa

Tiempo Prom. en Cola - 00 hrs. Estado de la Est. de Trab. 0  
 % de Compresion de Cola 0 Estado ( 1000 significa disponible)  
 Fin de Consulta. 1016

CONSULTA DE UNA ESTACION DE TRABAJO  
 fig:6

Comb. Plan RPT. CON ORD  
 Ord Ep Ond IMPRESO ANBOS SALIDA  
 03/03/88 05:31P

Numero de Parte Referencia de Orden  
 JABDN1

Cantidad de Entrada Cantidad Ordenada Cantidad de Salida  
 428000 428000 0

Tipo de Orden Id de Ruta Alternativa Num. de Parciales Prioridad  
 01 0 0 50

# de Compresion # de Entragar a Estado de Cuenta Departamento  
 de Cols Traslaps (Ubicacion) Orden  
 0 0 0 0

FECHAS:

Entrada	03/03/88	Alta	03/03/88
Salida		Mantenimiento	
Vencimiento	31/03/88	Transferida	
	dd/mm/aa		dd/mm/aa

Fin de Consulta.

1016

Comb	Plan	RPT	AMBOS	CON ORD
Ord Ep	Ord	IMPRESO		SALIDA
			03/03/88	05:32P

Numero de Parte	Referencia de Orden
JAB012	

Cantidad de Entrada	Cantidad Ordenada	Cantidad de Salida
329000	329000	0

Tipo de Orden	Id de Ruta Alternativa	NUM. de Parciales	Prioridad
OT		0	50

% de Compresion de Cola	% de Transfer	Entregar a (Ubicacion)	Estado de Orden	Cuenta	Departamento
0	0		0		

FECHAS:

Entrada	03/03/88	Alta	03/03/88	
Salida		Mantenimiento		
Vencimiento	31/03/88	Transferida		
	dd/mm/aa		dd/mm/aa	

Fin de Consulta..

1016

CONSULTA DE UNA ORDEN (PRODUCTO 2)

fig.8

66



Es importante notar que aún de estas pantallas no todos los campos fueron utilizados. El cuadro 4.9 muestra los campos que se utilizaron de cada pantalla, el nombre que le corresponde en la base de datos SFCDB y el archivo en el que se encuentra el campo.

CUADRO 4.9  
CAMPOS DE PRODUCCION MANAGEMENT UTILIZADOS

PANTALLA	CAMPO	NOMBRE DEL CAMPO EN LA BASE SFCDB	ARCHIVO
Maestro de Partes	Cant-corr-actual	CUR-RUN-QTY	PART-MSTR
Maestro del ciclo de trabajo	Tarifa salario	WAGE-RATE-CUR	WORK-CENTER
	% Gastos Ind.	OVH-PCT-CUR	WORK-CENTER
Detalle de estación de trabajo	Capacidad de máquina	CAPACITY-MACH	WORK-STATION
Alta de una orden	Cantidad ordenada	QTY-ORDERED	ORDER-MSTR

Dada la naturaleza propia de la información fue necesario transformarla antes de asignarla al problema, para que correspondiera a los coeficientes del problema de programación lineal.

Dentro de la subrutina USER se lee la información de la base de datos FJAB (a la cual se transfirieron los datos de la base de SFCDB) y se transforma la información realizando operaciones aritméticas para obtener los coeficientes del modelo.

A continuación se explica detalladamente el procedimiento que se llevó a cabo en la subrutina USER, para cada uno de los coeficientes requeridos.

El modelo de programación lineal requiere los siguientes datos:

- Q costo unitario de producción en tiempo extra.
- T costo unitario de producción en turno adicional.
- S costo unitario de mantener inventario.
- R costo unitario de ruptura.
- $V_i$  pronóstico de ventas mes  $i$ .
- $p_i$  producción en tiempo normal mes  $i$ .

a) Obtención de Q y T: De acuerdo con el cuadro 4.3 el costo de producción en tiempo normal se obtiene de la siguiente manera:

Costo de materiales + costo de mano de obra + gastos indirectos  
donde,

Costo de materiales = 70%

costo de mano de obra = 20%

gastos indirectos = 10%

El costo de mano de obra se obtiene del campo Tarifa salario. Como los gastos indirectos son el 50% del costo de mano de obra, éste se obtiene asignando este porcentaje al campo % Gastos ind. y luego multiplicándolo por la Tarifa de salario.

"PRODUCTION MANAGEMENT" no proporciona el costo de materiales por lo que éste se ingresó directamente a la base de datos FJAB dentro del archivo "costosdad" en el campo "cto-mat".

La subrutina en FORTRAN lee los datos de FJAB, los suma y obtiene el costo de producción en tiempo normal. Una vez que se tiene éste se multiplica por 1.24 y 1.30 para obtener Q y T respectivamente.

b) Obtención de S y R : Debido a que no se localizó ningún campo que manejara este tipo de costos ("PRODUCTION MANAGEMENT" no maneja inventario), estos también se ingresaron directamente a la base de datos FJAB, para ser leídos desde la subrutina USER.

c) Obtención del pronóstico de ventas  $V_c$  : Esta información pasa directamente del campo de la base de datos SFCDB al campo "cant-ord" de la base FJAB. Se leyó desde la subrutina USER antes de ser asignada como coeficiente, debido a que en el modelo las cantidades se manejan expresadas en miles (con excepción de los costos).

d) Obtención de la producción en tiempo normal  $p_c$  : Se tomó la información del campo "cent-cor" de la base FJAB correspondiente al campo "cur-run-qty" de la base de datos SFCDB. Con esto se obtiene la cantidad de cada producto que se produce en una hora, si se multiplica por la capacidad de máquina (del campo "capacity-mach" de SFCDB y "cap-maq" de FJAB) se obtiene la producción diaria en tiempo normal. Para obtener la producción en cada mes i, se multiplica también por el número de días laborables en el mes. Estos últimos datos se ingresaron directamente en la subrutina USER.

Para el producto 3 que utiliza dos líneas de envasado, se multiplicó la cantidad obtenida anteriormente por dos.

D. Solución del modelo de programación lineal por medio de la interfase entre LINDO y "PRODUCTION MANAGEMENT".

En esta sección se presentan los resultados obtenidos al activar la interfase propuesta, es decir, el problema de programación lineal y la solución a este utilizando el paquete LINDO.

Los cuadros 4.10, 4.11 y 4.12 muestran el plan de producción que propone el modelo de programación lineal para la fábrica productora de jabones para el cabello.

CUADRO 4.10  
PRODUCCION OPTIMA

MES	PRONOSTICO DE VENTAS	PRODUCTO 1 (en miles)			FALTANTE
		PROD. T. NORMAL	PROD. T. EXTRA	PROD. T. ADICIONAL	
1	428	237	44	38	109
2	330	312	18	--	--
3	281	225	42	14	--
4	234	237	--	--	--
5	230	237	--	--	--
6	428	312	58	48	--
7	330	250	47	33	--
8	281	312	--	--	--
9	234	225	42	5	--
10	230	250	47	40	--
11	428	300	56	48	--
12	330	225	42	36	--

Costo total de producción: \$9,034,462.00

CUADRO 4.11

PRODUCCION OPTIMA

PRODUCTO 2

MES	PRONOSTICO DE VENTAS	PROD. T. NORMAL	PROD. T. EXTRA	PROD. T. ADICIONAL	FALTANTE
1	329	237	44	38	10
2	232	312	--	--	--
3	343	225	42	15	--
4	338	237	44	38	--
5	221	237	--	--	--
6	329	312	1	--	--
7	232	250	--	--	--
8	343	312	48	--	--
9	338	225	42	36	--
10	221	250	--	--	--
11	329	300	54	--	--
12	232	225	42	36	--

Costo total de producción: \$1,710,350.00

CUADRO 4.12

PRODUCCION OPTIMA

PRODUCTO 3

(en miles)

MES	PRONOSTICO DE VENTAS	PROD. T. NORMAL	PROD. T. EXTRA	PROD. T. ADICIONAL	FALTANTE
1	443	475	89	7	--
2	448	625	117	100	--
3	770	450	84	72	--
4	924	475	89	76	--
5	714	475	89	76	--
6	443	675	--	--	--
7	448	500	52	--	--
8	770	625	117	100	--
9	924	450	84	72	--
10	714	500	94	80	--
11	443	600	--	--	--
12	448	450	--	--	--

Costo total de producción: \$2,718,254.00

De acuerdo con estos resultados se establece que el número de piezas en inventario para cada producto en cada periodo es el siguiente:

CUADRO 4.13  
PIEZAS EN INVENTARIO

MES	PRODUCTO 1	PRODUCTO 2	PRODUCTO 3
1	--	--	128
2	--	80	522
3	--	19	358
4	3	--	74
5	41	16	--
6	33	--	232
7	--	18	336
8	31	35	408
9	69	--	90
10	176	29	50
11	152	54	207
12	125	125	209

El anexo II.3 muestra los modelos de programación lineal y los resultados obtenidos por medio de LINDO.

## CONCLUSIONES Y MARGENES DE ESTUDIO

## C O N C L U S I O N E S

La interfase propuesta entre "PRODUCTION MANAGEMENT" Y LINDO facilita la transferencia de información entre ambos paquetes, con lo cual se simplifica la solución de los problemas de planeación de la producción que pueden ser resueltos por medio de la programación lineal.

Aun cuando el problema de planeación de la producción de la fábrica productora de jabones para el cabello pudo resolverse utilizando "PRODUCTION MANAGEMENT", LINDO y la interfase propuesta, no se explotó la capacidad real de ninguno de los paquetes. Esto se debió, en gran parte, a la poca flexibilidad del problema. Es decir, "PRODUCTION MANAGEMENT" y LINDO son paquetes que deben aprovecharse dentro de problemas de administración de la producción más complejos. Sin embargo, el ejemplo sencillo de la fábrica productora de jabones para el caballo demostró que es posible establecer una interfase entre ambos paquetes para solucionar problemas de planeación de la producción.

El procedimiento a seguir para resolver problemas más complicados es básicamente el mismo que el que se propone en este trabajo. Únicamente habría que formular el problema de planeación de la producción correspondiente, localizar la información dentro de las bases de datos y aplicar la técnica empleada en la interfase propuesta.

Una vez resuelto el problema de planeación de la producción, lo ideal sería retroalimentar al paquete "PRODUCTION MANAGEMENT" con los resultados obtenidos, para reprogramar la producción. En el caso de la fábrica productora de jabones para el cabello esto no fue posible debido a que el paquete, en su versión actual, no maneja tiempos extra ni turnos adicionales. Aunque es importante hacer notar que es posible crear estos campos dentro de la base de datos SFCDB, así como las pantallas correspondientes. No se realizaron estos cambios, debido a que no se deseaba alterar ninguna de las bases de datos. Sin embargo, una empresa que implementase "PRODUCTION MANAGEMENT" para llevar a cabo la administración de la producción podría realizar este tipo de modificaciones incrementando así la utilización del paquete.

Otra de las cuestiones que se manejaron con cierta rigidez en este trabajo, es la referente al costo de los materiales. Es posible aprovechar la interfase que existe entre "PRODUCTION MANAGEMENT" y el paquete "MATERIALS MANAGEMENT", que maneja todo lo relacionado con la administración de los materiales, y obtener de alguna de sus bases de datos los costos de los materiales.

El manejo de este tipo de información dentro de una interfase como la que se propone entre "PRODUCTION MANAGEMENT" y LINDO da lugar a una investigación más amplia y detallada dentro de otro margen de estudio.

En resumen, la interfase propuesta entre "PRODUCTION MANAGEMENT" y LINDO no sólo puede aplicarse en la solución de problemas de planeación de la producción, sino también en otro tipo de problemas que conciernen a la administración de la producción.

Por último, cabe mencionar, que es posible que haya otras formas más sencillas y mejores de establecer una interfase entre "PRODUCTION MANAGEMENT" y LINDO. Sin embargo, la interfase propuesta cumple con el objetivo de esta tesis, ya que demuestra que es posible crear una interfase entre ambos paquetes.

## MARGENES DE ESTUDIO

Como se mencionó anteriormente existen otro tipo de problemas de planeación de la producción que pueden resolverse por medio de un modelo de programación lineal, en los que se aprovecha mejor la información proporcionada por "PRODUCTION MANAGEMENT".

Entre estos modelos podemos mencionar, por ejemplo, aquellos en los que se desea minimizar tanto el costo de producción como el costo de transporte del producto de una determinada planta  $i$  a un mercado  $j$ . En este tipo de problemas se pueden involucrar varias plantas de producción, varios mercados, los productos elaborados requieren ser procesados por diferentes máquinas y las máquinas pueden producir varios productos diferentes.

El modelo de programación lineal es el siguiente:

$$\text{Min } Z = \sum_{c \in C} \sum_{i \in I} \left\{ \sum_{j \in J} CT_{c,i,j} x_{c,i,j} + CP_{c,i} y_{c,i} \right\}$$

S.T.

$$y_{c,i} \geq \sum_{j \in J} x_{c,i,j} \quad c \in C \quad i \in I$$

$$\sum_{c \in C} b_{m,c,i} y_{c,i} \leq k_{m,i} \quad m \in M_i$$

$$\sum_{i \in I} x_{c,i,j} \geq r_{c,j} \quad c \in C \quad j \in J$$

$$x_{c,i,j} \geq 0 \quad i \in I, j \in J, c \in C$$

$$y_{c,i} \geq 0 \quad i \in I, c \in C$$

donde,

C es el conjunto de productos fabricados.

I es el conjunto de plantas con que se cuenta.

J es el conjunto de mercados accesibles.

$x_{c,i,j}$  son las unidades de producto c producidas en la planta i que serán transportadas al mercado j.

$CT_{c,i,j}$  es el costo unitario de transporte del producto c de la planta i al mercado j.

$CP_{c,i}$  es el costo unitario de producción del producto c en la planta i.

$y_{c,i}$  es el nivel de producción del producto c en la planta i.

$b_{m,c,i}$  es el número de unidades de capacidad que se usan de la máquina m de la planta i para producir una unidad de producto c.

$k_{m,i}$  es la capacidad de la máquina m en la planta i.

$M_i$  es el conjunto de máquinas disponibles en la planta i.

$r_{c,j}$  es la demanda del producto c de la planta i en el mercado j.

"PRODUCTION MANAGEMENT" proporciona casi toda la información requerida por este modelo. Por ejemplo, considerando una sola planta, es decir,  $i=1$ , podemos obtener la información de la siguiente manera:

1)  $b_{m,c,i}$ .- Dentro de la ruta estándar del producto c, se programa en determinada secuencia el paso de este producto por la estación de trabajo (máquina) m. Si consultamos el archivo STD-ROUTING de la base de datos SFCDB en el campo UNIT-RUN-MCH-CUR (tiempo actual de máquina por corrida), obtendremos el número de horas máquina requeridas para procesar el producto c a través de la máquina m.

Para poder leer esta información desde LINDO es necesario crear el campo correspondiente en la base de datos FJAB.

2)  $k_{max}$ . - Dentro del archivo WORK-CENTER se encuentra la información relacionada con la capacidad de la máquina  $n$  en el campo CAPACITY-MACH.

3)  $C_{ij}$ . - Se obtiene del campo QTY-ORDERED del archivo ORDER-MSTR.

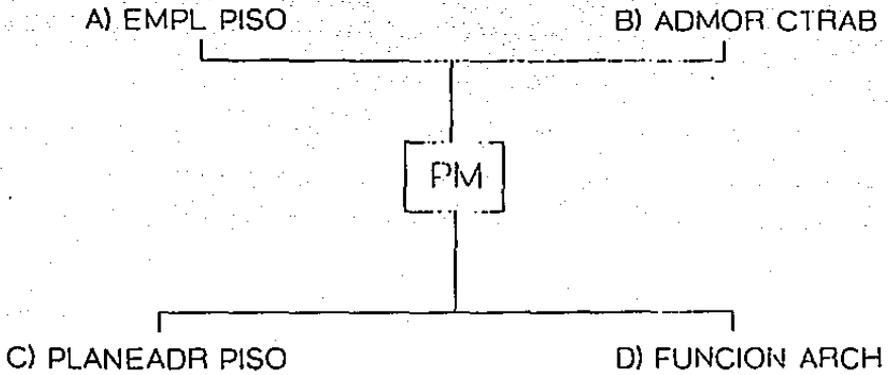
Para obtener el costo unitario de producción debe hacerse lo mismo que en el caso de la fábrica productora de jabones para el cabello, es decir, determinar que parte del costo puede obtenerse directamente de "PRODUCTION MANAGEMENT".

El costo de transporte no se obtiene directamente de "PRODUCTION MANAGEMENT", pero podría expresarse como un porcentaje del costo de producción.

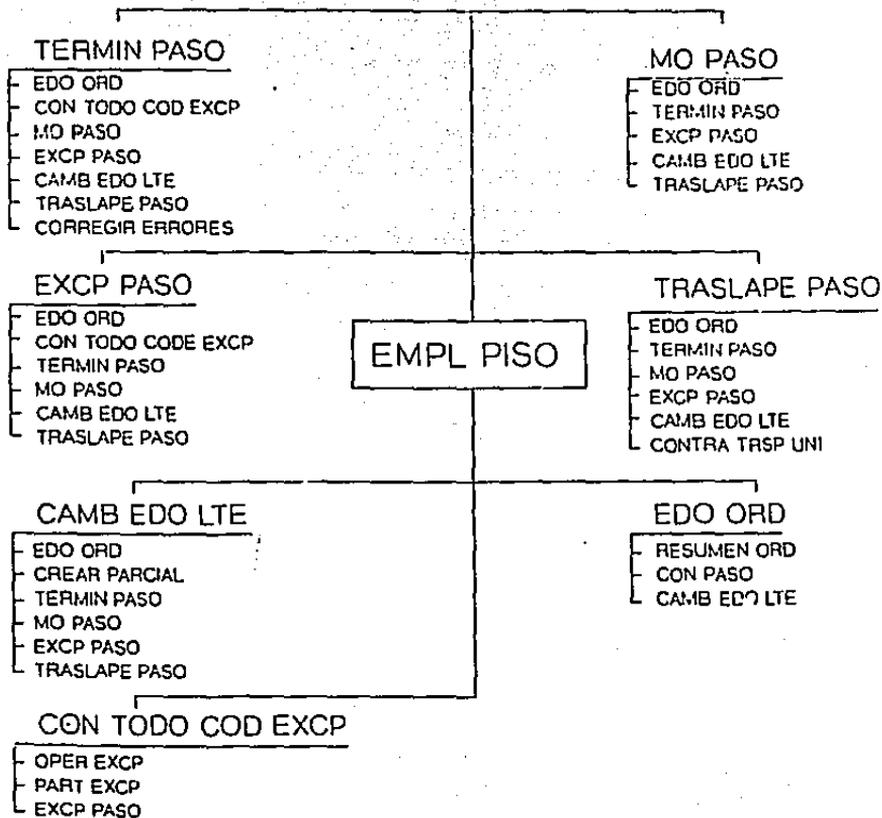
En este tipo de modelos pueden existir muchas variables y muchas restricciones por lo que la interfase propuesta entre LINDO y "PRODUCTION MANAGEMENT" facilita su solución. Únicamente deben generarse la función objetivo y las restricciones correspondientes dentro de la subrutina USER.

**A N E X O I**

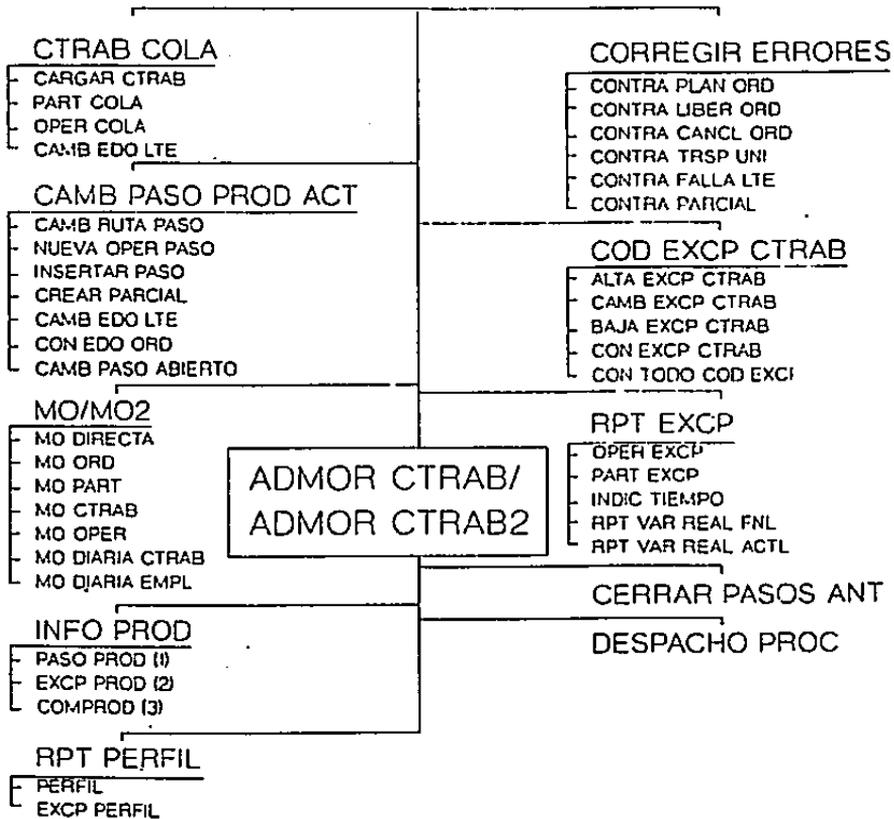
# JERARQUIA DE PANTALLAS DE PM



# A) EMPL PISO

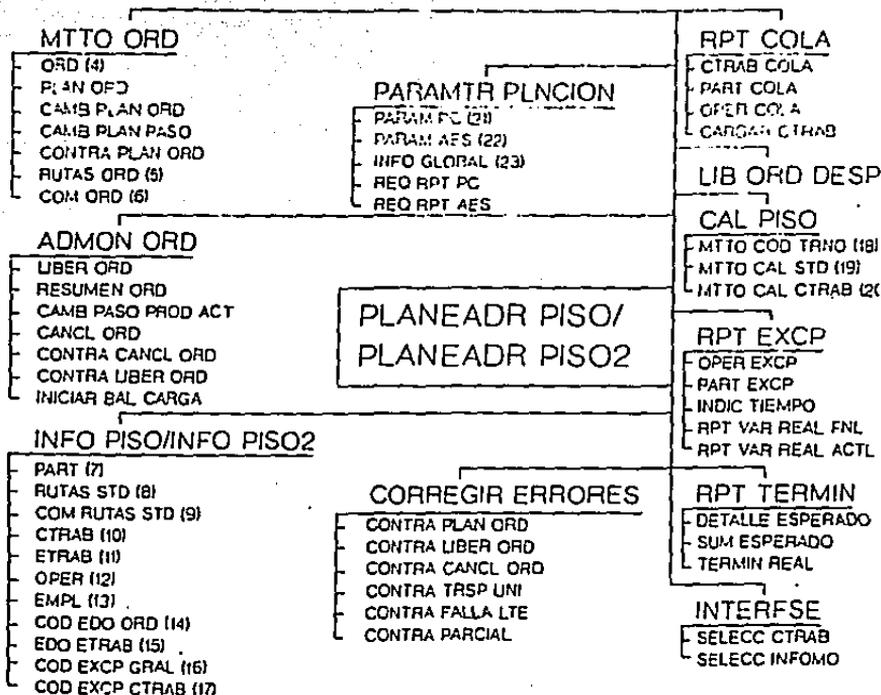


## B) ADMOR CTRAB



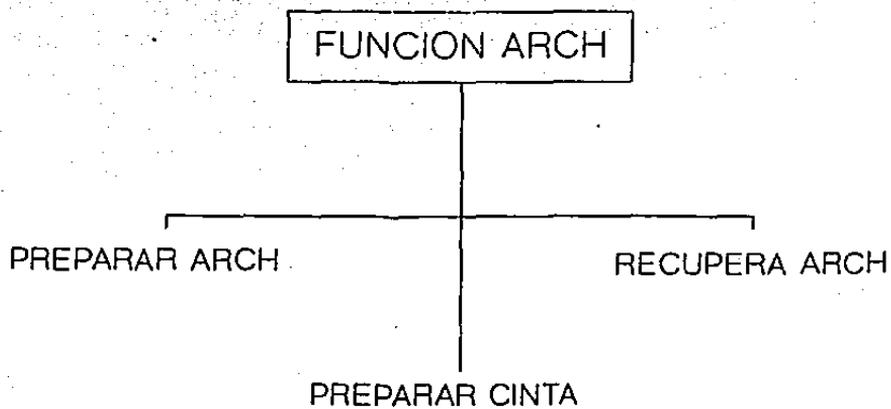
\* LAS PANTALLAS CON UN NUMERO ENTRE PARENTESIS, SON PANTALLAS DE MENU

## C) PLANEADR PISO/PLANEADR PISO2



\* LAS PANTALLAS CON UN NUMERO ENTRE PARENTESIS, SON PANTALLAS DE MENU Y LAS PANTALLAS RELACIONADAS A ESTAS SERAN VISTAS A CONTINUACION

## D) FUNCION ARCH



(1) PASO PROD  
CAMB PASO ADERTO  
CAMB PASO CERRADO  
CON PASO

(2) EXCP PROD  
CAMB EXCP PROD  
BAJA EXCP PROD  
CON EXCP PROD

(3) COM PROD  
CAMB COM PROD  
BAJA COM PROD  
CON COM PROD

(4) ORD  
ALTA ORD  
BAJA ORD  
CON ORD  
CAMB ORD  
CAMB ORD EP

(5) RUTAS ORD  
ALTA RUTA ORD  
CAMB RUTA ORD  
BAJA RUTA ORD  
CON RUTA ORD  
LIST RUTAS

(6) COM ORD  
ALTA COM ORD  
CAMB COM ORD  
BAJA COM ORD  
CON COM ORD

(7) PART  
ALTA PART  
CAMB PART  
BAJA PART  
CON PART  
CAMB PART PWLOCAL

(8) RUTAS STD  
ALTA RUTA STD  
CAMB RUTA STD  
BAJA RUTA STD  
CON RUTA STD  
CORA RUTA STD  
RUTAS PART

(9) COM RUTA STD  
ALTA COM RUTA  
CAMB COM RUTA  
BAJA COM RUTA  
CON COM RUTA

(10) CTRAB  
ALTA CTRAB  
CAMB CTRAB  
BAJA CTRAB  
CON CTRAB

(11) ETRAB  
ALTA ETRAB  
CAMB ETRAB  
BAJA ETRAB  
CON ETRAB  
CTRAB POR ETRAB

(12) OPER  
ALTA OPER  
CAMB OPER  
BAJA OPER  
CON OPER

(13) EMPL  
ALTA EMPL  
CAMB EMPL  
BAJA EMPL  
CON EMPL

(14) COD EDO ORD  
ALTA EDO ORD  
CAMB EDO ORD  
BAJA EDO ORD  
CON EDO ORD

(15) EDO ETRAB  
ALTA EDO ETRAB  
CAMB EDO ETRAB  
BAJA EDO ETRAB  
CON EDO ETRAB

(16) COD EXCP GRAL  
ALTA EXCP GRAL  
CAMB EXCP GRAL  
BAJA EXCP GRAL  
CON EXCP GRAL  
CON TODO COD EXCP

(17) COD EXCP CTRAB  
ALTA EXCP CTRAB  
CAMB EXCP CTRAB  
BAJA EXCP CTRAB  
CON EXCP CTRAB  
CON TODO COD EXCP

(18) MTTD COD TRNO  
ALTA COD TRNO  
CAMB COD TRNO  
BAJA COD TRNO  
CON COD TRNO

(19) MTTD CAL STD  
ALTA CAL STD  
CAMB CAL STD  
BAJA CAL STD  
CON CAL STD

(20) MTTD CAL CTRAB  
ALTA CAL CTRAB  
CAMB CAL CTRAB  
BAJA CAL CTRAB  
CON CAL CTRAB

(21) PARAM PC  
ALTA PARAM PC  
CAMB PARAM PC  
BAJA PARAM PC  
REQ RPT PC

(22) PARAM AES  
ALTA PARAM AES  
CAMB PARAM AES  
BAJA PARAM AES  
REQ RPT AES

(23) INFO GLOBAL

ANEXO I.2  
ATA BASE: SFCOP

MON, APR 25, 1988, 12:34 PM

ATA BASE LANGUAGE ATTRIBUTE: NATIVE-3000

ET NAME:  
PART-MSTR.MANUAL

ITEMS:		
PART-NUMBER,	X10	<<KEY ITEM>>
DESCRIPTION,	X30	
PRODUCT-LINE,	X2	
USE-FRACNL-QTY,	X2	
TRANSIT-TIME-FLG,	X2	
QUEUE-TIME-FLAG,	X2	
RUN-TIME-FLAG,	X2	
HOLD-FLAG,	X2	
LEAD-TIME,	P4	
VERIFY-SRTE-CD,	X2	
AGING-POLICY-PN,	P4	
CUR-RUN-QTY,	P8	
STD-RUN-QTY,	P8	
CUR-YIELD,	P8	
STD-YIELD,	P8	
COMMON-ROUTE-ID,	X18	
COMMON-PRTE-ENT,	11	
DATE-DE-TRANSFER,	X6	
DATE-ADDED,	X6	
DATE-DE-MAINT,	X6	
DATE-SR-MAINT,	X6	
DATE-SR-TRANSFER,	X6	
DATE-OBSOLETE,	X6	

CAPACITY: 261

ENTRIES: 99

ET NAME:  
PRDCTN-CHG-INDX.AUTOMATIC

ITEMS:		
PC-ORDER-NBR,	X6	<<KEY ITEM>>

CAPACITY: 1000

ENTRIES: 0

ET NAME:  
WORK-CENTER.MANUAL

ITEMS:		
WCTR-ID,	X8	<<KEY ITEM>>
WCTR-DESCR,	X30	
LOCATION-CODE,	X8	
MANAGER-ID,	X10	
DATE-OBSOLETE,	X6	
TRANSIT-TIME-FLG,	X2	
QUEUE-TIME-FLAG,	X2	
RUN-TIME-FLAG,	X2	
HOLD-FLAG,	X2	
OVR-PCT-CUR,	P8	

OVN-PCT-STD,	P8
WAGE-RATE-CUR,	P8
WAGE-RATE-STD,	P8
DATE-OB-TRANSFER,	X6
DATE-ADDED,	X6
DATE-OB-MAINT,	X6
SUBCNTR-FLAG,	X2
LCRN-LBR-OVN-PCT,	P8

CAPACITY: 3009

ENTRIES: 142

SET NAME:  
WSTN-INDX,AUTOMATIC

ITEMS:		
WSTN-ID,	X8	<<KEY-ITEM>>

CAPACITY: 751

ENTRIES: 236

SET NAME:  
OPERATION-MSTR,MANUAL

ITEMS:		
OPER-NBR,	X4	<<KEY ITEM>>
OPER-DESCP,	X30	
QUEUE-TIME-AVG,	P8	
SETUP-LBR-AVG,	P8	
SETUP-MCH-AVG,	P8	
SETUP-SCHD-CD,	X2	
UNIT-RUN-LBR-AVG,	P8	
UNIT-RUN-MCH-AVG,	P8	
UNIT-RUN-MCH-CD,	X2	
OPER-YIELD,	P8	
DATE-OBSOLETE,	X6	
DATE-OB-TRANSFER,	X6	
DATE-ADDED,	X6	
DATE-OB-MAINT,	X6	

CAPACITY: 2005

ENTRIES: 230

SET NAME:  
EMPLOYEE-MSTR,MANUAL

ITEMS:		
EMPLOYEE-NBR,	X10	<<KEY ITEM>>
LAST-NAME,	X10	
FIRST-NAME,	X14	
MIDDLE-INITIAL,	X2	
EMPLOYEE-CODE,	X2	
LOCATION-CODE,	X3	
OVERHEAD-ACCT,	X9	
DATE-INH,	X6	
DATE-OUT,	X6	
DATE-OB-TRANSFER,	X6	
DATE-ADDED,	X6	
DATE-OB-MAINT,	X6	

CAPACITY: 2005

ENTRIES: 312

SET NAME:  
ORDER-MSTR, MANUAL

ITEMS:

ORDER-NUMBER,	X8	<<KEY ITEM>>
ORDER-TYPE,	X2	
ORDER-REFERENCE,	X8	
PART-NUMBER,	X10	
PRIORITY-ORDER,	X2	
ALT-ROUTE-CODE,	X2	
DATE-IN,	X6	
DATE-OUT,	X6	
DATE-DUE,	X6	
OVERLAP-PCT,	11	
QUEUE-COMPR-PCT,	11	
DELIVER-TO-LOCH,	X8	
ORDER-STATUS-PM,	11	
PULL-OPM-FLG,	X2	
PARTIAL-COUNT,	11	
VERIFY-DATE-CO,	X2	
QTY-IN,	P8	
QTY-ORDERED,	P8	
QTY-OUT,	P8	
DATE-ADDED,	X6	
DATE-DE-MAINT,	X6	
DATE-DE-TRANSFER,	X6	
DATE-PC-RTH-TRF,	X8	
ACCT,	X14	
DEPT,	X6	
DATE-SCHD-APP,	X6	

CAPACITY: 1005

ENTRIES: 114

SET NAME:  
XCPTN-CODE-INDX, AUTOMATIC

ITEMS:

XCPTN-CODE,	X4	<<KEY ITEM>>
-------------	----	--------------

CAPACITY: 500

ENTRIES: 0

SET NAME:  
ARCHIVE-INFO, MANUAL

ITEMS:

DATASET-REF,	11	<<KEY ITEM>>
DATASET-NAME,	X16	
DATE-LST-TRANSFER,	X6	
LAST-BASE-DATE,	X6	
ARCHIVE-BASE-DATE,	X6	
AGING-POLICY-FLG,	X2	
USE-TRANSFER-FLG,	X2	
TAPE-AUTO-START,	X2	
JOB-PENDING-FLAG,	X2	
DELETE-ONLY-FLAG,	X2	

CAPACITY: 101

ENTRIES: 0

SET NAME:  
WSTN-USTAT-INDX,AUTOMATIC

ITEMS:  
USER-WSTN-STATUS, X4 <<KEY ITEM>>  
CAPACITY: 100 ENTRIES: 1

SET NAME:  
ORD-STATUS-INDX,AUTOMATIC

ITEMS:  
ORDCR-STATUS-PM, I1 <<KEY ITEM>>  
CAPACITY: 100 ENTRIES: 13

SET NAME:  
USER-ORD-STATUS-INDX,AUTOMATIC

ITEMS:  
USER-ORD-STATUS, X4 <<KEY ITEM>>  
CAPACITY: 100 ENTRIES: 1

SET NAME:  
WSTN-STATUS-INDX,AUTOMATIC

ITEMS:  
WSTN-STATUS, I1 <<KEY ITEM>>  
CAPACITY: 100 ENTRIES: 46

SET NAME:  
ACCTNG-CHG-MSTR,MANUAL

ITEMS:  
ACCTNG-CHG-NBR, X8 <<KEY ITEM>>  
ACCTNG-CHG-DESCR, X34  
DATE-OBSOLETE, X6  
CAPACITY: 100 ENTRIES: 0

SET NAME:  
STD-ROUTING,DETAIL

ITEMS:  
PART-NUMBER, X18 <<SEARCH ITEM>>  
ALT-ROUTE-CODE, X2 <<SORT ITEM>>  
ROUTE-SEQ-NBR, X4  
PARALLEL-CODE, X2  
OPER-NBR, X4 <<SEARCH ITEM>>  
WCTR-ID, X8 <<SEARCH ITEM>>  
WSTN-ID, X8 <<SEARCH ITEM>>

NEXT-SEQ-OVRD,	X4
REPAIR-LEVEL,	I1
TRACK-FLAG,	X2
NBR-OF-SPLITS,	I1
OVERLAP-PCT,	I1
DRAWING-ID,	X10
TOOL-ID,	X10
TRANSIT-TIME-CUR,	P8
SETUP-LBR-CUR,	P8
SETUP-MCH-CUR,	P8
SETUP-SCHD-CD,	X2
UNIT-RUN-LBR-CUR,	P8
UNIT-RUN-MCH-CUR,	P8
UNIT-RUN-SCHD-CD,	X2
TRANSIT-TIME-STD,	P8
SETUP-LBR-STD,	P8
SETUP-MCH-STD,	P8
UNIT-RUN-LBR-STD,	P8
UNIT-RUN-MCH-STD,	P8

CAPACITY: 2004

ENTRIES: 581

ET NAME:  
PRDCTN-CHG-DR.DETAIL

ITEMS:

PC-ORDER-NBR,	X8	<<SEARCH ITEM>>
PART-NUMBER,	X10	<<SEARCH ITEM, SORT ITEM>>
PC-MODE,	X2	
PC-START-DATE,	X6	
PC-END-DATE,	X6	
PC-START-WK,	X8	
PC-END-WK,	X8	
DATE-DB-TRANSFER,	X6	
DATE-ADDED,	X6	
DATE-OB-MAINT,	X6	
DATE-OTL-TRANSF,	X6	
DATE-OTL-MAINT,	X6	

CAPACITY: 1000

ENTRIES: 0

ET NAME:  
PRDCTN-CHG-OTL.DETAIL

ITEMS:

PC-ORDER-NBR,	X8	<<SEARCH ITEM>>
ALT-ROUTE-CODE,	X2	<<SORT ITEM>>
ROUTE-SEQ-NBR,	X4	
PARALLEL-CODE,	X2	
OPER-NBR,	X4	<<SEARCH ITEM>>
WCTR-ID,	X2	<<SEARCH ITEM>>
WSTN-ID,	X8	<<SEARCH ITEM>>
NEXT-SEQ-OVRD,	X4	
REPAIR-LEVEL,	I1	
NBR-OF-SPLITS,	I1	
OVERLAP-PCT,	I1	
DRAWING-ID,	X10	
TOOL-ID,	X10	

TRANSIT-TIME-CUR,	P8
SETUP-LBR-CUR,	P8
SETUP-MCH-CUR,	P8
SETUP-SCHD-CO,	X2
UNIT-RUN-LBR-CUR,	P8
UNIT-RUN-MCH-CUR,	P8
UNIT-RUN-SCHD-CO,	X2
TRANSIT-TIME-STD,	P8
SETUP-LBR-STD,	P8
SETUP-MCH-STD,	P8
UNIT-RUN-LBR-STD,	P8
UNIT-RUN-MCH-STD,	P8

CAPACITY: 2001                      ENTRIES: 0

SET NAME:  
WORK-STATION,DETAIL

ITEMS:

UCTR-ID,	X8
WSTN-ID,	X8
WSTN-DESCR,	X30
DATE-FD,	X6
DATE-RECV-DOWN,	X6
QUEUE-TIME-AVG,	P8
QUEUE-COMPL-PCT,	I1
CAPACITY-LBR,	P8
CAPACITY-MACH,	P8
ENERGY-RATE,	P8
ENERGY-START-UP,	P8
ENERGY-START-RECV,	P8
ENERGY-RATE-UN,	X2
WSTN-STATUS,	I1
DATE-OBSOLETE,	X6
DATE-OB-TXFER,	X6
DATE-ADDED,	X6
DATE-OB-MAINT,	X6

<<SEARCH ITEM>>  
<<SEARCH ITEM, SORT ITEM>>

CAPACITY: 2007                      ENTRIES: 256

SET NAME:  
ORDER-ROUTING,DETAIL

ITEMS:

ORDER-NUMBER,	X8
PARTIAL-NBR,	X4
ORDER-TYPE,	X2
ALT-ROUTE-CODE,	X2
ROUTE-SEQ-NBR,	X4
PARALLEL-CODE,	X2
OPER-NBR,	X4
UCTR-ID,	X6
WSTN-ID,	X8
NEXT-SEQ-QVRD,	X4
REPAIR-LEVEL,	I1
TRACK-FLAG,	X2
NBR-OF-SPLITS,	I1
OVERLAP-PCT,	I1

<<SEARCH ITEM>>  
<<SORT ITEM>>  
  
  
  
  
  
  
<<SEARCH ITEM>>  
  
<<SEARCH ITEM>>

DRAWING-ID.	X18
TOOL-ID.	X18
DATE-SCHD-ARR.	X6
TIME-SCHD-ARR.	X4
DATE-SCHD-BEG.	X6
TIME-SCHD-BEG.	X4
DATE-SCHD-END.	X6
TIME-SCHD-END.	X4
TRANSIT-TIME-CUR.	P8
SETUP-LBR-CUR.	P8
SETUP-MCH-CUR.	P8
SETUP-SCHD-CD.	X2
UNIT-RUN-LBR-CUR.	P8
UNIT-RUN-MCH-CUR.	P8
UNIT-RUN-SCHD-CD.	X2
DATE-ADDED.	X6
DATE-DB-MAINT.	X6

CAPACITY: 2000

ENTRIES: 139

SET NAME:

PROCTH-STEP,DETAIL

ITEMS:

ORDER-NUMBER.	X8	<<SEARCH ITEM>>
ROUTE-SEQ-NBR.	X4	<<SORT ITEM>>
PARTIAL-NBR.	X4	
OPDEN-TYPE.	X2	
PARALLEL-CODE.	X2	
REPAIR-LEVEL.	I1	
TRACK-FLAG.	X2	
OPER-NBR.	X4	<<SEARCH ITEM>>
WCTR-ID.	X8	<<SEARCH ITEM>>
WSTH-ID.	X8	
NEXT-SEQ-OVRD.	X4	
ALT-ROUTE-CODE.	X2	
NBR-OF-SPLITS.	I1	
OVERLAP-PCT.	I1	
DRAWING-ID.	X18	
TOOL-ID.	X18	
DATE-SCHD-ARR.	X6	
TIME-SCHD-ARR.	X4	
DATE-SCHD-BEG.	X6	
TIME-SCHD-BEG.	X4	
DATE-SCHD-END.	X6	
TIME-SCHD-END.	X4	
TRANSIT-TIME-CUR.	P8	
SETUP-LBR-CUR.	P8	
SETUP-MCH-CUR.	P8	
SETUP-SCHD-CD.	X2	
UNIT-RUN-LBR-CUR.	P8	
UNIT-RUN-MCH-CUR.	P8	
UNIT-RUN-SCHD-CD.	X2	
RUN-TIME-ACTUAL.	P8	
TRANSIT-TIME-FLG.	X2	
QUEUS-TIME-FLAG.	X2	
RUN-TIME-FLAG.	X2	
HOLD-FLAG.	X2	
DATE-IN.	X6	

TIME-IN.	X4
DATE-OUT.	X6
TIME-OUT.	X4
ORDER-STATUS-PM.	I1
OVERLAP-STATL.	I1
QTY-IN.	P9
QTY-BCHUSED.	P9
QTY-REFUSED.	P9
QTY-PARTIALED.	P9
QTY-SCRAPPED.	P9
QTY-OUT.	P9
PART--NUMBER.	X19
PARTIAL-PARENT.	X4
DATE-MAINT.	X6
EMPLOYEE-NBR.	X10

<<SEARCH ITEM>>

CAPACITY: 3001

ENTRIES: 2

SET NAME:

PRDCTH-XCPIN.DETAIL

ITEMS:

ORDER-NUMBER.	X8
PARTIAL-NBR.	X4
ORDER-TYPE.	X2
ALT-ROUTE-CODE.	X2
ROUTE-SEQ-NBR.	X4
PARALLEL-CODE.	X2
OPER-NBR.	X4
UCTR-ID.	X8
WSTH-ID.	X8
REPAIR-LEVEL.	I1
DATE-IN.	X6
TIME-IN.	X4
DATE-OUT.	X6
TIME-OUT.	X4
ORDER-STATUS-PM.	I1
XCPIN-CODE.	X4
QTY-XCPIN.	P9
PART--NUMBER.	X19
COMPONENT-PART.	X10

<<SEARCH ITEM>>

<<SEARCH ITEM>>

<<SORT ITEM>>

<<SEARCH ITEM>>

CAPACITY: 2002

ENTRIES: 0

SET NAME:

PRDCTH-COMMENT.DETAIL

ITEMS:

ORDER-NUMBER.	X8
PARTIAL-NBR.	X4
ORDER-TYPE.	X2
ALT-ROUTE-CODE.	X2
ROUTE-SEQ-NBR.	X4
PARALLEL-CODE.	X2
OPER-NBR.	X4
UCTR-ID.	X8
WSTH-ID.	X8
REPAIR-LEVEL.	I1

<<SEARCH ITEM>>

<<SEARCH ITEM>>

DATE-OUT,	X6	<<SORT ITEM>>
TIME-OUT,	X4	
QTY-XCPN,	P8	
PART-NUMBER,	X10	<<SEARCH ITEM>>
PRO-COMMENT-1,	X24	
PRO-COMMENT-2,	X24	
PRO-COMMENT-3,	X24	
COMPONENT-PART,	X10	

CAPACITY: 1000

ENTRIES: 0

SET NAME:  
DIRECT-LABOR-DETAIL

ITEMS:		
ORDER-NUMBER,	X8	<<SEARCH ITEM>>
PARTIAL-NBR,	X4	
ORDER-TYPE,	X2	
ALT-ROUTE-CODE,	X2	
ROUTE-SEQ-NBR,	X4	
PARALLEL-CODE,	X2	
OPER-NBR,	X4	<<SEARCH ITEM>>
USTR-ID,	X8	<<SEARCH ITEM>>
USTN-ID,	X8	
REPAIR-LEVEL,	I1	
DATE-OUT,	X6	<<SORT ITEM>>
TIME-OUT,	X4	
PART-NUMBER,	X10	<<SEARCH ITEM>>
EMPLOYEE-NBR,	X10	<<SEARCH ITEM>>
SETUP-TIME,	P8	
LABOR-HRS-DIRECT,	P8	
DATE-DB-TXNFER,	X6	
TIME-DB-TXNFER,	X4	
DATE-PL-TXNFER,	X6	
LOCATION-CODE,	X8	

CAPACITY: 1000

ENTRIES: 0

SET NAME:  
LABOR-VOUCHER-DETAIL

ITEMS:		
EMPLOYEE-NBR,	X10	<<SEARCH ITEM>>
DATE-PERIOD-END,	X6	<<SORT ITEM>>
ACTING-ENG-NBR,	X8	<<SEARCH ITEM>>
LOCATION-CODE,	X8	
CHG-HRS-SUN,	P8	
CHG-HRS-MON,	P8	
CHG-HRS-TUE,	P8	
CHG-HRS-WED,	P8	
CHG-HRS-THU,	P8	
CHG-HRS-FRI,	P8	
CHG-HRS-SAT,	P8	
OVERTIME-AUTH,	X2	
DATE-DB-TXNFER,	X6	
TIME-DB-TXNFER,	X4	

CAPACITY: 1000

ENTRIES: 0

SET NAME:  
STD-RTE-COMMENT.DETAIL

ITEMS:  
PART-NUMBER, X19 <<SEARCH ITEM>>  
ALT-ROUTE-CODE, X2 <<SORT ITEM>>  
ROUTE-SEQ-NBR, X4  
COMMENT-NBR, 11  
RTE-COMMENT, X30

CAPACITY: 2004 ENTRIES: 32

SET NAME:  
WSTN-STATUS-DTL.DETAIL

ITEMS:  
WSTN-STATUS, 11 <<SEARCH ITEM>>  
USER-WSTN-STATUS, 24 <<SEARCH ITEM>>  
WSTN-STATUS-DESC, X30

CAPACITY: 114 ENTRIES: 46

SET NAME:  
ORDER-STATUS-DTL.DETAIL

ITEMS:  
ORDER-STATUS-PN, 11 <<SEARCH ITEM>>  
USER-ORD-STATUS, X4 <<SEARCH ITEM>>  
ORD-STATUS-DESCR, X30

CAPACITY: 114 ENTRIES: 13

SET NAME:  
XCPTN-CODE.DETAIL

ITEMS:  
XCPTN-ID, X3 <<SEARCH ITEM>>  
XCPTN-CODE, X4 <<SEARCH ITEM, SORT ITEM>>  
XCPTN-DESCR, X30

CAPACITY: 104 ENTRIES: 0

SET NAME:  
ORDER-COMMENT.DETAIL

ITEMS:  
ORDER-NUMBER, X8 <<SEARCH ITEM>>  
PARTIAL-NBR, X4 <<SORT ITEM>>  
ORDER-TYPE, X2  
ALT-ROUTE-CODE, X2  
ROUTE-SEQ-NBR, X4  
COMMENT-NBR, 11  
ORD-COMMENT, X30

CAPACITY: 1008 ENTRIES: 4

SET NAME:  
ORDER-PARTIAL.DETAII

ITEMS:

ORDER-NUMBER.	X8	<<SEARCH ITEM>>
PARTIAL-NBR.	X4	<<SORT ITEM>>
PRIORITY-ORDER.	X2	
ALT-ROUTE-CODE.	X2	
DATE-IN.	X6	
DATE-OUT.	X6	
DATE-DUE.	X6	
OVERLAP-PCT.	I1	
QUEUE-COMPR-PCT.	I1	
DELIVER-TO-LOCN.	X9	
ORDER-STATUS-PH.	I1	
PRLL-ARM-FLG.	X2	
QTY-IN.	P8	
QTY-ORDERED.	P8	
QTY-OUT.	P8	
DATE-ADDED.	X6	
DATE-OR-MAINT.	X6	

CAPACITY: 1

ENTRIES: 0

F IN IDENTIFYING INFORMATION

MASTER SET NAME	ASSOCIATED DETAIL SET NAME	SEARCH ITEM NAME	SORT ITEM NAME
F RT-MSTR	STD-ROUTING PRDCTN-CHG-HDR PRDCTN-STEP PRDCTN-XCPN PRDCTN-COMMENT DIRECT-LABOR STD-RTE-COMMENT	PART-NUMBER PART-NUMBER PART-NUMBER PART-NUMBER PART-NUMBER PART-NUMBER	ALT-ROUTE-CODE     ALT-ROUTE-CODE
PRDCTN-CHG-INX	PRDCTN-CHG-HDR PRDCTN-CHG-DTL	PC-ORDER-NBR PC-ORDER-NBR	PART-NUMBER ALT-ROUTE-CODE
WORK-CENTER	STD-ROUTING PRDCTN-CHG-DTL WORK-STATION PRDCTN-STEP DIRECT-LABOR XCPTN-CODE	WCTR-ID WCTR-ID WCTR-ID WCTR-ID WCTR-ID WCTR-ID	  WSTN-ID   XCPTN-CODE
WSTN-INX	STD-ROUTING PRDCTN-CHG-DTL WORK-STATION ORDER-ROUTING	WSTN-ID WSTN-ID WSTN-ID WSTN-ID	
OPERATION-MSTR	STD-ROUTING PRDCTN-CHG-DTL ORDER-ROUTING PRDCTN-STEP PRDCTN-XCPN PRDCTN-COMMENT DIRECT-LABOR	OPER-NBR OPER-NBR OPER-NBR OPER-NBR OPER-NBR OPER-NBR	
EMPLOYEE-MSTR	DIRECT-LABOR LABOR-VOUCHER	EMPLOYEE-NBR EMPLOYEE-NBR	DATE-OUT DATE-PERIOD-END
ORDER-MSTR	ORDER-ROUTING PRDCTN-STEP PRDCTN-XCPN PRDCTN-COMMENT DIRECT-LABOR ORDER-COMMENT ORDER-PARTIAL	ORDER-NUMBER ORDER-NUMBER ORDER-NUMBER ORDER-NUMBER ORDER-NUMBER ORDER-NUMBER ORDER-NUMBER	PARTIAL-NBR ROUTE-SEQ-NBR DATE-IN DATE-OUT  PARTIAL-NBR PARTIAL-NBR
XCPTN-CODE-INX	XCPTN-CODE	XCPTN-CODE	
ARCHIVE-INFO			
WSTN-OSTAT-INX	WSTN-STATUS-DTL	USER-WSTN-STATUS	
ORDER-STATUS-INX	ORDER-STATUS-DTL	ORDER-STATUS-PH	
ORDER-OSTAT-INX	ORDER-STATUS-DTL	USER-ORD-STATUS	
WSTN-STATUS-INX	WSTN-STATUS-DTL	WSTN-STATUS	
ACTNG-CHG-MSTR	LABOR-VOUCHER	ACCTNG-CHG-NBR	

DETAIL SET NAME	SEARCH ITEM NAME	SORT ITEM NAME	ASSOCIATED MASTER SET NAME
ORD-ROUTING	IPART-NUMBER OPER-NBR WCTR-ID WSTN-ID	ALT-ROUTE-CODE	PART-MSTR OPERATION-MSTR WORK-CENTER WSTN-INDX
PRDCTN-CHG-HDR	PC-ORDER-NBR IPART-NUMBER	PART-NUMBER	PRDCTN-CHG-INDX PART-MSTR
PRDCTN-CHG-DTL	IPL-ORDER-NBR OPER-NBR WCTR-ID WSTN-ID	ALT-ROUTE-CODE	PRDCTN-CHG-INDX OPERATION-MSTR WORK-CENTER WSTN-INDX
WORK-STATION	WCTR-ID WSTN-ID	WSTN-ID	WORK-CENTER WSTN-INDX
ORDER-ROUTING	ORDER-NUMBER OPER-NBR WSTN-ID	PARTIAL-NBR	ORDER-MSTR OPERATION-MSTR WSTN-INDX
ORDER-STEP	ORDER-NUMBER OPER-NBR WCTR-ID PART-NUMBER	ROUTE-SEQ-NBR	ORDER-MSTR OPERATION-MSTR WORK-CENTER PART-MSTR
PRDCTN-MSTR	ORDER-NUMBER OPER-NBR PART-NUMBER	DATE-IN	ORDER-MSTR OPERATION-MSTR PART-MSTR
ORDER-COMMENT	ORDER-NUMBER OPER-NBR PART-NUMBER	DATE-OUT	ORDER-MSTR OPERATION-MSTR PART-MSTR
DIRECT-LABOR	ORDER-NUMBER OPER-NBR WCTR-ID PART-NUMBER EMPLOYEE-NBR	DATE-OUT	ORDER-MSTR OPERATION-MSTR WORK-CENTER PART-MSTR EMPLOYEE-MSTR
LABOR-VOUCHER	EMPLOYEE-NBR ACCTG-CHG-NBR	DATE-PERIOD-END	EMPLOYEE-MSTR ACCTG-CHG-MSTR
STD-RTE-COMMENT	IPART-NUMBER	ALT-ROUTE-CODE	PART-MSTR
WSTN-STATUS-DTL	WSTN-STATUS USER-WSTN-STATUS		WSTN-STATUS-INDX WSTN-USTAT-INDX
ORDER-STATUS-DTL	ORDER-STATUS-PM USER-ORD-STATUS		ORD-STATUS-INDX USER-OSTAT-INDX
WSTN-CODE	WCTR-ID XCPTN-CODE	XCPTN-CODE	WORK-CENTER XCPTN-CODE-INDX
ORDER-COMMENT	ORDER-NUMBER	PARTIAL-NBR	ORDER-MSTR

ORDER-PARTIAL

ORDER-NUMBER

PARTIAL-NBR

ORDER-NSTR

### ANEXO I.3

Este apéndice contiene:

- Los nombres de los campos de la base de datos (en inglés) ordenados alfabéticamente, el nombre en español y una descripción.
- Los nombres de los campos en español ordenados alfabéticamente, el nombre en español y una descripción.

#### ACC-TOTAL-HRS

Las horas totales acumuladas para un periodo específico.

Horas Totales Acumuladas

#### AGING-POLICY-PM

El número de semanas que una orden es retenida en la base de datos después de ser completada. Después de este período, las ordenes son archivadas. (Consulte con su Administrador del Sistema respecto a información archivada).

Política de Períodos de PM

#### ALT-ROUTE-CODE

Un campo utilizado para distinguir entre la ruta primaria para una parte y una o más rutas alternas. Para cada paso en la ruta primaria, este campo es dejado en blanco; para cada paso en la ruta alterna el Código de Ruta Alterna deberá ser el mismo.

Código de Ruta Alterna

#### ARRIVE-DCN-TLG

Determina que ordenes son desplegadas en la pantalla de CARGAR CTRAB. Introduzca una "S" en este campo para revisar las ordenes programadas para llegar a este centro de trabajo dentro del rango especificado. Introduzca una "N" para revisar las ordenes en las cuales el trabajo esta programado para empezar durante el rango de fechas especificado.

Selección de Fecha de Llegada

#### BEGIN-DATE

La fecha de inicio para el periodo de tiempo que usted quiera especificar.

Fecha de Inicio

#### BREAK-PERIOD

La cantidad de tiempo que usted quiere designar como tiempo no laborable. El sistema no programara trabajo para este lapso.

Tiempo No Laborable

#### CAPACITY-LABOR

El número máximo de horas de trabajo disponibles por día en una estación de trabajo, es igual al número de empleados en esta estación por el número de horas que trabajan en un día.

Capacidad de Mano de Obra

#### CAPACITY-MACH

El número máximo de horas máquina disponibles en una estación de trabajo en un día.

Capacidad de Máquina

#### COMMENT-NBR

El número que controla la secuencia de líneas en el comentario con múltiples líneas.

Número de Comentario

#### COMMON-ROUTE-ID

Identificación de Ruta Común

El campo que liga una o más partes a una ruta. Este número deberá ser el que contenga el número de parte al que se le define una ruta común.

**COMPONENT-PART**

Parte Componente

El número de la parte componente que identifica a la parte para la cual una excepción de producción o comentario es introducida.

**CUR-RUN-QTY**

Cantidad de Corrida Actual

El tamaño del lote de producción para una parte.

**CURR-WCTR**

Identificación del Centro de Trabajo Actual

El centro de trabajo en donde se encuentra el paso de producción actualmente.

**CURR-WSTN**

Identificación de la Estación de Trabajo Actual

La estación de trabajo en donde se encuentra el paso de producción actualmente.

**CUR-YIELD**

Porcentaje de Rendimiento Actual

El sistema utiliza este porcentaje para calcular la cantidad de entrada (QTY-IN) a partir de la cantidad de la orden.

**DATE-DUE**

Fecha de Vencimiento

La fecha programada de terminación para una orden o paso de producción.

**DATE-IN**

Fecha de Entrada

Este campo tiene varios posibles significados dependiendo del elemento de la base de datos (item) al que estén referenciados. Generalmente este campo indica la fecha efectiva para una transacción. Por ejemplo, la fecha de entrada en la pantalla de CREAR PARCIAL, es la fecha en la que usted crea una orden parcial. Otras referencias son las siguientes:

Empleado: la primera fecha en la que un empleado puede introducir mano de obra directa.

Paso de Producción: la fecha en que un paso de producción inicia su operación.

Frecuencia de producción: La fecha en que una excepción es registrada.

**DATE-OBSOLETE**

Fecha de Obsolescencia

La fecha que determina cuando una parte, operación, centro de trabajo o estación de trabajo es obsoleta en su planta. Esta fecha es utilizada por la función de archivo en el sistema para determinar cuando la información puede ser archivada.

**DATE-OUT**

Fecha de Salida

Este campo tiene varios posibles significados dependiendo del elemento de la base de datos (item) al que este referenciado. Generalmente este campo indica la fecha de terminación para una transacción o la fecha en que las unidades dejan la estación. Por ejemplo, la Fecha de Salida en la pantalla de TRASLAPÉ PASO, indica el momento en que las unidades dejaron el paso padre para formar el hijo. Otras referencias específicas son:

Empleado: la última fecha en que un empleado puede introducir mano de obra.

Orden: la fecha en que una orden es completada.

Paso de Producción: la fecha en que un paso de producción es terminado.

**DATE-P-M**

Fecha del Último Mantenimiento Preventivo

La fecha más reciente en que una estación de trabajo recibió mantenimiento preventivo.

**DATE-PREV-DOWN**

Fecha de la Última Descompostura

La fecha más reciente en que una estación estuvo fuera de operación debido a una descompostura.

**DATE-SCHD-ARR** Fecha Programada de Llegada  
La fecha en que una orden o parcial esta programada para llegar a una estación de trabajo para ser procesada.

**DATE-SCHD-BEGIN** Fecha Programada de Inicio  
La fecha programada para iniciar un paso en la ruta de la orden.

**DATE-SCHD-END** Fecha Programada de Terminación  
La fecha para una orden o un paso de producción en que esta programada su terminación.

**DELIVER-TO-LOCN** Enviar a Ubicación  
El almacén u otra ubicación a los cuales una orden debiera ser enviada al ser terminada.

**DESCRIPTION** Descripción  
Una breve descripción de una operación, parte, centro de trabajo, estación de trabajo, código de cambio, código de excepción o código de estado.

**DRAWING-ID** Identificación de Dibujo  
Referencia a un documento en el que se especifica información acerca de una parte u operación.

**EMPLOYEE-CODE** Código de Empleado  
Un código definido en sus instalaciones que puede ser utilizado para describir la función de un empleado. CA es un código ya definido en el sistema que indica que un empleado esta en capacitación.

**EMPLOYEE-NAME** Nombre del Empleado  
El nombre de un empleado.

**EMPLOYEE-NBR** Número del Empleado  
Un número que usted asigna a un empleado para identificarlo.

**END-DATE** Fecha de Terminación  
La fecha de terminación para el periodo que usted quiera especificar.

**ENERGY-RATE** Razón de Energía  
La cantidad de energía expresada en unidades consumida por hora en una estación de trabajo.

**ENERGY-RATE-UM** Unidad de Medida de Energía  
La unidad de medida utilizada para especificar el consumo de energía en una estación de trabajo. Los valores estándar son:

GL galones  
PC pies cubicos  
LJ litros  
TN toneladas  
WT wats

**ENERGY-START-EQ** Energía de Inicio Equivalente  
El consumo de energía equivalente para echar a andar esta estacion de trabajo en condiciones normales.

**ENERGY-START-UP** Energía de Inicio  
La energía requerida para cambiar una estación de trabajo de la condición de detenida a operación normal.

**EXCLUSION-FLAG**

Muestra Todos los Pasos de Excepción Excepto Introduzca una "S" para desplegar todos los pasos de una estación de trabajo excepto aquellos que están en suspensión. Introduzca una "T" para desplegar todos los pasos de una estación de trabajo excepto aquellos que están en tránsito. Introduzca una "A" para desplegar todos los pasos de una estación de trabajo excepto aquellos que estén en suspensión. o en tránsito. Deje en blanco este campo para desplegar todos los pasos de una estación de trabajo.

**FIRST-NAME**

Apellido

El apellido de un empleado.

**FUTURE-STEPS**

Pasos Futuros

Requiere información de producción futura para una orden. Introduzca una "S" en este campo si usted desea información de los pasos de producción y los de la orden. Introduzca una "N" si quiere información de los pasos de producción únicamente. E introduzca una "R" si desea información de los pasos de la ruta de la orden y de los de reparación.

**HOLD-FLAG**

Bandera de Suspensión

Introduzca una "S" en este campo si desea que el sistema registre el momento en que una orden o todas las ordenes que pasan a través de un centro de trabajo son cambiadas a un estado de "suspensión.

**LABOR-HRS-DIRECT**

Horas de Mano de Obra

El tiempo actual (en horas) en que un empleado realiza un paso de producción.

**LATE-FLAG**

Bandera de Retraso

Una "S" en esta columna indica que la fecha de hoy es mayor que la fecha programada de terminación para este paso o que la fecha de entrada para el paso es mayor que la fecha programada de inicio para este paso.

**LEAD-TIME**

Duración

El número de días requeridos normalmente para procesar una orden de trabajo para una parte específica.

**LOCATION-CODE**

Ubicación

Un código que usted define, que puede ser utilizado para agrupar empleados o centros de trabajo en unidades contables. Este es un campo utilizado para documentación. No es usado por el sistema para procesamiento.

**LUNCH 1/2/3**

Inicio de la Comida

La hora de inicio para la comida de un turno.

**LUNCH 1/2/3 STOP**

Finalización de la Comida

La hora de terminación para la comida de un turno.

**MANAGER-ID**

Identificación del Gerente

El número de empleado para un gerente o supervisor en un centro de trabajo.

**MIDDLE-INITIAL**

Inicial

La inicial para un empleado.

**NBR-OF-SPLITS**

Número de Divisiones

El número de personas o máquinas que pueden realizar una operación particular. El sistema utiliza este valor cuando se programa un paso de la ruta para determinar el tiempo apropiado de corrida: el tiempo de corrida es igual a la cantidad de entrada por el tiempo de corrida por unidad dividido entre el número de divisiones.

**NEW-OPER-NBR** Nueva Operación  
El número de la operación con la que esta sustituyendo la actual.

**NEW-PARTIAL-NBR** Número del Nuevo Parcial  
El número del lote parcial que esta creando.

**NEXT-SEQ-OVRD** Sustitución Siguiete Secuencia  
Designa la siguiente operación a ser realizada en una ruta. Se debe utilizar cuando la operación especificada no es la siguiente en la secuencia normal al usar rutas paralelas.

**NUMBER-COPIES** Número de Copias  
El número de copias de una lista de la ruta de la orden que usted desea que sean impresas.

**OPER-DESCR** Descripción de la Operación  
Una descripción breve de una operación.

**OPER-NBR** Número de Operación  
Un número único que identifica a una operación.

**OPER-YIELD** Rendimiento de la Operación  
El porcentaje de partes resultantes en una operación vs el total de entrada.

**ORD-COMMENT** Comentarios de la Orden  
Comentarios o instrucciones especiales para un paso de producción en una ruta de una orden.

**ORD-STATUS-DESCR** Descripción del Estado de la Orden  
Una breve descripción del código de estado de la orden.

**ORDER-NBR** Número de la Orden  
Un número único que identifica a una orden.

**ORDER-NUMBER** Número de la Orden (Lote Actual)  
El número de la orden del cual usted esta creando una orden parcial.

**ORDER-REFERENCE** Referencia de la Orden  
Un campo que usted puede utilizar para documentar una orden. Por ejemplo, puede ser utilizado para referenciar el plan maestro de producción del cual la orden es generada.

**ORDER-STATUS PM** Estado de la Orden  
Un código numerico utilizado por el sistema para coordinar, controlar y reportar el procesamiento de una orden. Usted puede definir codigos de estado para sus instalaciones dentro de ciertos rangos especificos

**ORDER-STATUS-DESCR** Estado de la Orden  
Identifica el estado del paso de producción para el cual, la excepción relacionada fue registrada: 500 = en cola, 1000 = en tránsito, 2000 = en proceso, 3000 = en suspensión.

**ORDER-TYPE** Tipo de Orden  
Un campo que usted puede utilizar para describir el tipo de la orden. Los valores definidos para este campo son: IE= Especial de Ingeniería, OM = Orden de Manufactura, TU= Tiempo Unicamente, CA = Orden de Entrenamiento y QT = Orden de Trabajo.

**OUTPUT-PRINT** Impresora de Salida  
En este campo, especifique el nombre de la impresora a la que quiere que salga la lista de la ruta de la orden. Usted puede introducir el nombre de un dispositivo (consultar con su administrador del sistema) o

dejar el campo en blanco. Si lo deja en blanco, el sistema enviará la impresión a la impresora auxiliar definida para terminal. Si no existe una impresora auxiliar definida para la terminal, será enviada a la impresora del sistema.

**OVERHEAD-ACCT**

Cuenta de Sobregastos

El número de cuenta para al que usted puede asignar sobregastos para un empleado. Este campo es para propósitos de documentación, no es utilizado por el sistema.

**OVERLAP-PCT**

Porcentaje de Traslape

El tránsito hacia el siguiente paso puede ser iniciado cuando el 100% de la orden menos este porcentaje de trabajo ha sido completado en el paso actual. Puede ser especificado para una orden o para un paso individual de producción.

**OVH-PCT-CUR**

Porcentaje Extra de Gastos Actuales

Un porcentaje aplicado a los costos de mano de obra de un centro de trabajo para determinar los gastos indirectos en un centro de trabajo. Este valor es utilizado por el módulo SPC de HP MATERIALS MANAGEMENT y en un futuro por el sistema SCM.

**OVH-PCT-STD**

Porcentaje Extra de Gastos Estandar

Un campo estandar utilizado para documentar el porcentaje aplicado a los costos de mano de obra para determinar los gastos indirectos en un centro de trabajo.

**PART-NUMBER**

Número de Parte

Un identificador alfanumérico único para cada parte.

**PARTIAL-NBR**

Número Parcial

Un campo utilizado para identificar una orden parcial.

**PARTIAL PARENT**

Padre Parcial

El número parcial del padre de un lote parcial. Si este valor esta en blanco, el padre es el principal parcial de la orden.

**PASSWORD**

Clave

Un código asignado por su administrador del sistema, que le proporciona el acceso al sistema.

**PRI-RTE**

Primaria

Una "X" en este campo, indica que usted quiere revisar la ruta primaria para una parte, no las rutas alternas. Generalmente, la ruta primaria para una parte o una orden, debe de estar en blanco.

**PRIORITY-ORDER**

Prioridad de la Orden

Una de las claves en las que usted puede tener el ordenamiento del sistema para los reportes de PART COLA, CTRAB COLA y OPER COLA. Usted podrá asignar prioridades a las ordenes 1 (la más alta) al 99 (la más baja).

**PROD-COMMENTS-1/2/3**

Comentarios de Producción

Son notas introducidas en la pantalla de EXCEP PASO acerca de eventos que ocurrieron durante el proceso de producción.

**PRODUCT-LINE**

Línea de Productos

Un código definido por usted que agrupa a los productos en categorías generales.

**QTY-BONUSED**

Cantidad Acreditada

Cuando el número de unidades resultantes de una operación es superior al que entró, esta cantidad extra es registrada como cantidad acreditada.

**QTY-IN** Cantidad de Entrada  
El número de unidades enviadas a una operación.

**QTY-LEFT** Cantidad Remanente  
El número de unidades en un lote que no han sido procesadas por la operación.

**QTY-ORDERED** Cantidad Ordenada  
El número de unidades a ser producidas por una orden de trabajo.

**QTY-OUT** Cantidad de Salida  
El número de unidades completadas para una orden en un paso de producción o totales (para una orden).

**QTY-OVERLAPPED** Cantidad Traslapada  
El número de unidades traslapadas del paso actual de producción al siguiente.

**QTY-PARTIALED** Cantidad Parcializada  
El número de unidades en un lote parcial.

**QTY-REWORKED** Cantidad Reprocesada  
El número de unidades que requieren ser retrabajadas a través de un paso extra de producción.

**QTY-SCRAPPED** Cantidad de Merma  
El número de unidades dañadas o incompletas que no pueden ser transferidas a la siguiente operación.

**QTY-XCPTN** Cantidad de Excepción  
El número de unidades para las que una excepción es registrada.

**QUEUE-COMPR-PCT** Porcentaje de Compresión de Colas  
El máximo tiempo (expresado como un porcentaje) con el que se puede reducir la cola de un centro de trabajo.

**QUEUE-TIME-AVG;** Tiempo Promedio de Cola  
El número promedio de horas que las ordenes esperan en cola en una estación de trabajo u operación.

**QUEUE-TIME-FLAG** Tiempo de Cola (Banderas de Captura)  
Introduzca una "S" en este campo para indicar que el sistema registre el momento en que la orden o las ordenes para un centro de trabajo específico son puestas en cola.

**RATIO-A-TO-S** Razón  
El tiempo que un paso de producción permanece dentro de un estado dividido entre las horas estándar para el estado (reporte de INDIC TIEMPO).

**RATIO-FLAG** Bandera  
Una signo de "+" en este campo indica que la razón calculada es mayor que el porcentaje de tolerancia especificado. Un signo de "-" significa que la razón calculada es menor que la tolerancia especificada.

**RELEASE-FLAG** Bandera de Liberación  
Introduciendo una "S" en este campo indica que usted desea liberar esta orden.

**REPAIR-LEVEL** Nivel de Reparación

Este valor indica el número de nivel bajo un paso de una ruta en los que un paso de reparación ocurre.

**ROUTE-SEQ-NBR** Número de Secuencia de Ruta  
Un campo utilizado para secuenciar las operaciones contenidas en una ruta.

**RTE-COMMENT** Comentarios de la Ruta  
Instrucciones o comentarios relacionados con un paso en una ruta estandar o una ruta de orden.

**RUN-TIME-ACTUAL** Tiempo de Corrida Actual  
La cantidad de tiempo requerida por una operación.

**RUN-TIME-FLAG** Bandera de Tiempo de Proceso (Banderas de Captura)  
Introduciendo una "S" en este campo indica al sistema que registre el momento en que la orden o las ordenes en un centro de trabajo entran a un estado de en proceso.

**SETUP-LBR-AVG** Tiempo Promedio de Preparación de Mano de Obra  
El tiempo necesario promedio para preparar una operación que usted desea cargar como horas de mano de obra.

**SETUP-LBR-CUR** Tiempo Actual de Preparación de Mano de Obra  
El tiempo necesario para preparar una operación que usted desea cargar como mano de obra.

**SETUP-LBR-STD** Tiempo Estándar de Preparación de Mano de Obra  
Es utilizado para documentar las horas de mano de obra estándar requeridas para preparar una operación. Este valor no es utilizada por el sistema; es utilizado con propósitos contables.

**SETUP-MCH-AVG** Tiempo Promedio de Preparación de Máquina  
El número de horas máquina requeridas para preparar una estación de trabajo u operación (valor promedio).

**SETUP-MCH-CUR** Tiempo Actual de Preparación de Máquina  
El número de horas máquina requeridas para preparar una estación de trabajo u operación.

**SETUP-MCH-STD** Tiempo Estándar de Preparación de Máquina  
Un campo utilizado para documentar el tiempo de mano de obra para procesar una parte a través de una operación. Este valor no es utilizado por el sistema, es utilizado con propósitos de contabilidad.

**SETUP-SCHD-CODE** Código de Preparación para Programar  
Este valor determina como el sistema programara el tiempo de de preparación para un paso de una ruta. M = horas máquina, H = horas hombre y A = tanto horas hombre como de máquina.

**SHIFT-CD-NAME** Código de Turno  
Un código definido en su planta que describe la actividad de trabajo durante horas especificadas.

**SHIFT-1/2/3 START** Inicio de Turno  
La hora de inicio para un turno.

**SHIFT-1/2/3 STOP** Finalización de Turno  
La hora de finalización para un turno.

**STATUS-CODE-PM** Nuevo Código de Estado  
El nuevo código de estado que usted desea que sea efectivo para el periodo en el calendario especificado.

**STD-RUN-QTY** Cantidad Estándar de Corrida

El tamaño del lote estándar de producción para una parte. Este campo es generalmente utilizado para propósitos de contabilidad y documentación.

**STD-YIELD**

Porcentaje de Rendimiento

Este valor indica el porcentaje de utilización de las unidades resultantes de una orden para una parte. Este campo no es usado por el sistema para programar, es un campo de documentación utilizado generalmente con propósitos de contabilidad.

**STEP-COMP-FLAG**

Bandera de Terminación de Paso

Es utilizado para indicar como es completado un paso: N = normal, R = necesita reparación y F = falló todo el lote.

**TIME-IN**

Hora de Inicio

La hora en que un paso de producción inicia o la hora en que las unidades entran en un paso de producción. Por ejemplo, la hora de inicio en la pantalla de INSERTAR PASO es la hora en que las horas son trasladadas al paso insertado. Otras referencias son las siguientes:

Empleado: El primer momento en que un empleado puede introducir mano de obra directa.

Orden Parcial: La fecha en que la orden parcial es creada.

Paso de Producción: La hora en que un paso de producción se inicia en una operación.

Excepción de Producción: La fecha en que una excepción es registrada.

**TIME-OUT**

Hora de Terminación

Indica la hora de terminación para una transacción o la hora en que las unidades dejan una transacción.

Por ejemplo, La hora de salida para la pantalla de TRASLAPE PASO indica cuando las unidades dejan el

paso padre para formar el hijo. Otras referencias son las siguientes:

Empleado: El hora límite en que un empleado podrá introducir mano de obra directa.

Orden: La hora en que una orden es terminada.

Paso de Producción: La hora en que un paso de producción es terminado.

**TIME-SCHD-ARR**

Hora Programada de Llegada

La hora en que una orden esta programada para llegar a una estación de trabajo.

**TIME-SCHD-BEG**

Hora Programada de Inicio

La hora en que el trabajo esta programado para iniciarse en un paso de la ruta de una orden.

**TIME-SCHD-END**

Hora Programada de Terminación

La hora en que un paso de producción es programado para ser terminado.

**TOLERANCE**

Tolerancia

Este campo es utilizado por los reportes de INDIC TIEMPO y de Variación en la Eficiencia de la Mano de Obra para determinar que tiempos y variaciones de mano de obra serán marcadas como excepciones. Las variaciones que son mayores que el porcentaje especificado de tolerancia son indicadas con un signo de "+" y las que son menores mediante uno de "-".

**TOOL**

Herramienta

El número de identificación de una herramienta o grupo de herramientas.

**TOTAL-HOURS**

Horas Totales

Horas de mano de obra acumuladas en la elaboración de una orden. Los totales son listados en diferentes pantallas para una parte, centro de trabajo, estación de trabajo, orden parcial y operación.

**TRACK-FLAG**

Bandera de Seguimiento

Una "S" en este campo identifica este paso como un paso de seguimiento. Una "N" lo identifica como un paso sin seguimiento.

**TRANSIT-TIME-CUR** Tiempo Actual en Tránsito  
Las horas necesarias para trasladar partes de la operación anterior a la actual.

**TRANSIT-TIME-FLG** Bandera de Tiempo en Tránsito (Banderas de Captura)  
Introduzca una "S" en este campo para indicar al sistema que registre el momento en que la orden o las ordenes en un centro de trabajo específico sean puestas en tránsito.

**TRANSIT-TIME-STD** Tiempo Estándar en Tránsito  
El tiempo estándar requerido para trasladar productos terminados de la operación previa a esta.

**UNIT-RUN-LBR-AVG** Tiempo Promedio de Mano de Obra por Corrida  
Es el número de horas de mano de obra promedio requeridas para procesar una parte a través de un paso de la ruta. Es un campo que tiene propósitos de documentación, pero puede ser utilizado como valor por omisión.

**UNIT-RUN-LBR-CUR** Tiempo Actual de Mano de Obra por Corrida  
Es el número de horas de mano de obra requeridas para procesar una parte a través de un paso de la ruta.

**UNIT-RUN-LBR-STD** Tiempo Estándar de Corrida por Unidad  
Es utilizado para documentar las horas de mano de obra requeridas para procesar una parte a través de una operación. Este valor no es utilizado por el sistema para programar. Es utilizado con propósitos contables.

**UNIT-RUN-MCH-AVG** Tiempo Promedio de Máquina por Corrida  
Es el número de horas de máquina requeridas para procesar una parte a través de un paso de la ruta. Es un campo que tiene propósitos de documentación, pero puede ser utilizado como valor por omisión.

**UNIT-RUN-MCH-CUR** Tiempo Actual de Máquina por Corrida  
Es el número de horas de máquina requeridas para procesar una parte a través de un paso de la ruta.

**UNIT-RUN-MCH-STD** Tiempo Estándar de Corrida por Unidad  
Es utilizado para documentar las horas de máquina requeridas para procesar una parte a través de una operación. Este valor no es utilizado por el sistema para programar. Es utilizado con propósitos contables.

**UNIT-RUN-SCHD-CD** Código de Programación de Corrida por Unidad  
A través de este código, usted puede especificar si usted desea que el sistema programe un paso de producción utilizando horas de mano de obra definidas para el paso (H), de máquina (M) o ambas (A).

**USE-FRCTNL-QTY** Utilización de Cantidades Fraccionarias  
Mediante este código, usted puede especificar el uso de fracciones con la programación o reprogramación de una orden específica.

**USER-ID** Identificación del Usuario  
El nombre mediante el cual se identifica usted con el sistema. Una forma posible es que su Número de Empleado sea su Identificación de Usuario.

**WAGE-RATE-CUR** Tarifa Actual de Salarios  
La tarifa actual de salario por hora asociada con un centro de trabajo.

**WAGE-RATE-STD** Tarifa Estándar de Salarios

La tarifa estándar de salario por hora asociada con un centro de trabajo.

**WCTR-DESCR**

Una descripción breve del centro de trabajo.

Descripción del Centro de Trabajo

**WCTR-ID**

Un número de identificación único para un centro de trabajo.

Identificación del Centro de Trabajo

**WORK-PERIOD 1/2**

Las horas antes del receso (del tiempo laborable 1) y después de receso (del tiempo laborable 2) para los que usted desea que el sistema programe trabajo.

Tiempo Laborable 1 y 2

**WSTN-DESCR**

Una breve descripción de la estación de trabajo.

Descripción de la Estación de Trabajo

**WSTN-ID**

Un número de identificación único para la estación de trabajo.

Identificación de la Estación de Trabajo

**WSTN-STATUS**

Un código que indica si una estación esta operando (0000-0999), no esta operando debido a mantenimiento preventivo (1000-1999), o no esta operando debido a descompostura (2000-2999).

Estado de la Estación de Trabajo

**WSTN-STATUS-DESC**

Una descripción del código de estado de la estación de trabajo.

Descripción del Estado de la Estación de Trabajo

**XCPTN-CODE**

Un código definido en sus instalaciones que describe las excepciones al procesamiento normal de las ordenes. Usted puede definir códigos de excepción que apliquen a toda la planta y códigos de excepción para un centro de trabajo específico.

Código de Excepción

**XCPTN-DESCR**

Una breve descripción del código de excepción general o del de un centro de trabajo específico.

Descripción de Códigos de Excepción

ANEXO II

ANEXO II

ANEXO II.1  
1. TA BASE: FJAE

MON. APR 25, 1988, 12:35 PM

1. TA BASE LANGUAGE ATTRIBUTE: NATIVE-3900

2. ET NAME:  
CAPACIDAD, MANUAL

ITEMS:  
CANT-OR, 12 <<KEY ITEM>>  
CAP-MAO, 12

CAPACITY: 50 ENTRIES: 1

3. ET NAME:  
VENTAS, MANUAL

ITEMS:  
ENTRADA, 12 <<KEY ITEM>>  
PRODUC, 12  
CANT-ORD, 12

CAPACITY: 100 ENTRIES: 36

4. ET NAME:  
COSTOSDAD, MANUAL

ITEMS:  
PRODUC, 12 <<KEY ITEM>>  
CTU-RUF, 12  
CTU-ALM, 12  
CTO-MAT, 12

CAPACITY: 100 ENTRIES: 3

5. ET NAME:  
COSTOSLEI, MANUAL

ITEMS:  
CTO-IND, 12 <<KEY ITEM>>  
SUELDO, 12

CAPACITY: 100 ENTRIES: 1

PATH IDENTIFYING INFORMATION

MASTER SET NAME	ASSOCIATED DETAIL SET NAME	SEARCH ITEM NAME	SORT ITEM NAME
-----------------	-------------------------------	------------------	----------------

CAPACIDAD

VENTAS

EXISTOSIDAD

COSTOSLEI

DETAIL SET NAME	SEARCH ITEM NAME	SORT ITEM NAME	ASSOCIATED MASTER SET NAME
-----------------	------------------	----------------	-------------------------------

```

1  FCOUNTER=NOFCOUNT
2  C SUBROUTINE USER < INPROB >
3  C DUMMY USER SUBROUTINE
4  C INPROB = CURRENT INPUT UNIT NUMBER
5  CCLONE IOVARS
6  C COMMON/IOVARS/ INPUT, LOU1, IFBAT, NCPVAR, LOCUR, LLGTH,
7  C HREXTBL, LINDO, (INLINE(132)), ALFANM(3), LINLEN, LTERM, KRPTIK
8  C INTEGER ALFANM
9  CCLOSE IOVARS
10 CCLONE DATE
11 CC DATE 29 DEC 80
12 CCLOSE DATE
13 C WRITE ( LTERM, 100)
14 C 100 FORMAT( A50) THIS DUMMY SUBROUTINE MAY BE REPLACED BY A MORE,
15 C 1 104 USEFUL ONE.)
16 C RETURN
17 C END
18 C
19 SUBROUTINE REMIP < ACTUAL, UNSEEN >
20 C THIS IS A USER LEVEL ROUTINE WHICH IS CALL AT EACH NEW IP
21 C SOLUTION, THE DEFAULT ACTION IS SIMPLY TO PRINT IT OUT.
22 C THE USER MIGHT WISH TO SOLVE A SUBPROBLEM AT THIS POINT,
23 C E.G., AS IN BENDERS DECOMPOSITION, AND/OR ADD A CONSTRAINT.
24 C UPON ENTRY, ACTUAL IS THE VALUE OF THE SOLUTION AS PERCEIVED BY
25 C LINDO, THE USER MAY RESET ACTUAL IF SOLVING THE SUBPROBLEM
26 C RAISES THE COST OF THE SOLUTION.
27 C UNSEEN IS A BOUND ON THE BEST REMAINING SOLUTION.
28 C REMIP CALLS OUTCAL.
29 CLOE CALL
30 CC DATE 24 FEB 81
31 CCLOSE DATE
32 CALL OUTCAL
33 RETURN
34 END
35 SUBROUTINE USER INPROB
36 C PROGRAMA PARA RESOLVER EL PROBLEMA DE PLANEACION DE UNA FA-
37 C BRICA PRODUCTORA DE UNIONES
38 INTEGER*4 COS, PH, VTA, IBUFF, A, B, C
39 INTEGER*4 CTMAT, VTA1, COS1
40 INTEGER STATUS, CS3
41 DIMENSION SEARCH(10)
42 DIMENSION STATO(20), PASSWORD(10), BASE(10)
43 DIMENSION IEE(10), LIST(50), IEOUFF(20)
44 CHARACTER*8 CS1, CS2
45 CHARACTER CS4(10), CS5(6)
46 DIMENSION NAME(8), IRO(50), VAL(50), VTA1(12,3)
47 DIMENSION COS(4,4), PH(15,4), VTA(15,4), DDC(10), COS1(4,4)
48 DIMENSION VTA1(15,4), PPH(15,4), PPTA(15,4), CTMAT(4)
49 DIMENSION FNC(15,4), FNC1(15,4), C(50), C(50), R(50)
50 CHARACTER*3 O1, C2+3, C3+3, C4+4, NOMBRE+3
51 DIMENSION NOMBRE(16)
52 LOGICAL IOOBIG
53 EQUIVALENCE (BASE(1), CS1), (PASSWORD(1), CS2)
54 EQUIVALENCE (DCET(1), CS4), (LIST(1), CS5), (SEARCH(1), CS3)
55 EQUIVALENCE (NAME(1), C1)
56 EQUIVALENCE (NAME(2), C2)
57 EQUIVALENCE (NAME(3), C3)
58 EQUIVALENCE (NAME(4), C4)
59 C

```

```

60      TOOSIG=FALSE.
61      NOMBRE(1)="00"
62      NOMBRE(2)="01"
63      NOMBRE(3)="02"
64      NOMBRE(4)="03"
65      NOMBRE(5)="04"
66      NOMBRE(6)="05"
67      NOMBRE(7)="06"
68      NOMBRE(8)="07"
69      NOMBRE(9)="08"
70      NOMBRE(10)="09"
71      C CAPTURA DE DATOS
72      DISPLAY "PARA QUE PRODUCTO DESEA CORRER EL PROGRAMA:1,2 O 3"
73      ACCEPT (K)
74      J=K
75      C APERTURA DE LA BASE DE DATOS
76      CS1=" FJNB"
77      CS2="1"
78      MODE=1
79      CALL DBOPEN(BASE,PASSWORD,MODE,STATUS)
80      IF (STATUS(1).NE.0)CALL DBEXPLAIN(STATUS)
81      C LECTURA DE LA CAPACIDAD DE MAQUINA Y LA CANTIDAD DE CORRIDA
82      CS1="CAPACIDAD"
83      CS2="CANT-COR,CAP-MAQ"
84      DUMMY=1
85      MODE=2
86      CALL DBGET(BASE,DSET,MODE,STATUS,LIST,CBUFF,DUMMY)
87      IF (STATUS(1).NE.0)CALL DBEXPLAIN(STATUS)
88      CC=CBUFF(1)
89      CN=CBUFF(2)
90      C LECTURA DEL COSTO DE MANO DE OBRA Y GASTOS INDIRECTOS
91      CS1="COSTOCLEI"
92      CS2="GTO-IND,SUELDO"
93      CALL DBGET(BASE,DSET,MODE,STATUS,LIST,CBUFF,DUMMY)
94      IF (STATUS(1).NE.0)CALL DBEXPLAIN(STATUS)
95      CI=CBUFF(1)
96      CU=CBUFF(2)
97      MODE=2
98      I=1
99      C LECTURA DE LOS COSTOS DE RUPTURA, INVENTARIO Y MATERIALES
100     CS4="COSTOSRD"
101     CS5="CTO-RUP,CTO-ALM,CTO-MAT"
102     J=K
103     GOTO 222
104     222 CALL DBGET(BASE,DSET,MODE,STATUS,LIST,CBUFF,DUMMY)
105     IF (STATUS(1).NE.0)CALL DBEXPLAIN(STATUS)
106     IF (I.EQ.1)COSTO(J,1)=CBUFF(1)
107     IF (I.EQ.2)COSTO(J,4)=CBUFF(2)
108     COSTO(J,1)=COSTO(J,1)
109     COSTO(J,4)=COSTO(J,4)
110     IF (I.EQ.3)COSTO(J)=CBUFF(3)
111     I=I+1
112     IF (I.GT.3) GOTO 223
113     GOTO 222
114     C LECTURA DEL PROMETIDO DE VENTAS
115     223 CS4="VENTAS"
116     CS5="CANT-ORD"
117     J=1
118     MODE=2
119     N=1

```

```

120      I=1
121      GOTO 200
122      200 CALL DBGETXBASE,DSET,MODE,STATUS,LIST,CBUFF,DUMMY)
123      IF(STATUS(1).NE.0.AND.STATUS(1).NE.1)CALL DBEXPLAIN(STATUS)
124      IF(CH.LE.12) GOTO 17
125      IF(CH.GE.13.AND.H.LE.24) GOTO 18
126      IF(CH.GE.25.AND.H.LE.36) GOTO 19
127      IF (STATUS(1).EQ.11) GOTO 9900
128      VTAC(I,1)=CBUFF(1)
129      VTAC(I,1)=VTAC(I,1)
130      I=I+1
131      GOTO 15
132      18 IF (CH.EQ.12) I=1
133      VTAC(I,2)=CBUFF(1)
134      VTAC(I,2)=VTAC(I,2)
135      I=I+1
136      GOTO 15
137      19 IF (CH.EQ.25) I=1
138      VTAC(I,3)=CBUFF(1)
139      VTAC(I,3)=VTAC(I,3)
140      I=I+1
141      GOTO15
142      15 H=H+1
143      GOTO 200
144      9900 MODE=1
145      CALL DBCLOSEXBASE,DUMMY,MODE(1,STATUS)
146      IF(STATUS(1).NE.0)CALL DBEXPLAIN(STATUS)
147      *TK
148      C INICIALIZAR EL NUMERO DE DIAS HABILES EN CADA PERIODO
149      DD(1)=19
150      DD(2)=25
151      DD(3)=18
152      DD(4)=19
153      DD(5)=14
154      DD(6)=25
155      DD(7)=20
156      DD(8)=25
157      DD(9)=18
158      DD(10)=20
159      DD(11)=24
160      DD(12)=18
161      C OBTENCION DE LA INFORMACION NECESARIA
162      CN= CTNAT(1)+ (SU/100)+(CSU/100)*(GI/1000)
163      PD= ((CC+.5)*CH)/1600
164      DO 11 L=1,2
165      DO 12 I=.12
166      FN(I,L)= INT(PD+DD(I))
167      12 CONTINUE
168      11 CONTINUE
169      IF (J.EQ.1) GOTO 53
170      IF (J.EQ.2) GOTO 54
171      IF (J.EQ.3) GOTO 23
172      COS(J,2)= (1.24+CH)+.12
173      COS(J,3)= 1.3+CH
174      GOTO 110
175      54 COS(J,2)= 2*(1.24+CH)+.12
176      COS(J,3)= 2*(1.3+CH)
177      GOTO 110
178      23 CN1=CTNAT(3) + 3*(SU/100) +3I
179      COS(J,2)= CN1+1.24

```

```

180      COSC(J,3)= CN1+1.3
181      DO 13 I=1,12
182      PNC(I,J)= 2*(CFD+DD(I))
183      13 CONTINUE
184      GOTO 110
185      C OBTENCION DE LOS PARAMETROS DE LA FUNCION OBJETIVO
186      110 DO 723 I=1,12
187      CC(I)= (COSC(J,3) + ((12.5-I)*COSC(J,4)))
188      RC(I)= (VTAC(I,J)/2000) + COSC(J,1)
189      BC(I)= (COSC(J,2) + ((12.5-I)*COSC(J,4)))
190      723 CONTINUE
191      C OBTENCION DE LA PRODUCCION ACUMLADA
192      PHAC(I,J)=PNC(I,J)
193      DO 777 I=2,12
194      PHAC(I,J)= PHAC(I-1,J)+PNC(I,J)
195      777 CONTINUE
196      C
197      C OBTENCION DE LA DEMANDA ACUMLADA
198      VTAC(I,J)=(VTAC(I,J)/1000)
199      DO 800 I=2,12
200      VTAC(I,J)=VTAC(I-1,J)+(VTAC(I,J)/1000)
201      800 CONTINUE
202      C OBTENCION DE LAO DERECHO DE LAS RESTRICCIONES
203      DO 337 I=1,11
204      PHAC(I,J)= VTAC(I,J)- PHAC(I,J)
205      337 CONTINUE
206      RHAC(12,J)= VTAC(12,J) - PHAC(12,J)+ 125
207      C OBTENCION DE LAS RESTRICCIONES LEGALES
208      DO 20 I=1,12
209      CINT= 0.1875*PNC(I,J)
210      PNC=INT(CINT)
211      IF (PNC.LT.0.5)PPHEC(I,J)=INT(CINT)
212      IF (PNC.GE.0.5)PPHEC(I,J)=INT(CINT)+1
213      RIN= 0.16*PH(I,J)
214      PRIMIN= INT(RIN)
215      IF ((PRI.LT.0.5))PPTAC(I,J)=INT(RIN)
216      IF (PRI.GE.0.5)PPTAC(I,J)=INT(RIN)+1
217      20 CONTINUE
218      C
219      C INICIALIZAR EL PROBLEMA
220      CALL INIT
221      C
222      C GENERAR LOS RENGLONES
223      C
224      C FUNCION OBJETIVO
225      CALL DEFFOBJ(1.0, IDROW, T00BIG)
226      C
227      C RESTRICCIONES DE DEMANDA
228      C NOTA PARA EL MES 12 LA RESTRICCION CORRESPONDIENTE LLEVA EL
229      C SIGNO =, SIN EMBARGO, PARA EFECTOS DEL PAQUETE ES LO MISMO
230      C PONER = QUE = ESTA RESTRICCION SE INCLUYE DENTRO DE LAS O-
231      C TRES
232      DO 1000 I=1,12
233      CALL DEFFROW(1, RHAC(I,J), IDROW, T00BIG)
234      1000 CONTINUE
235      C RESTRICCIONES LEGALES HORAS EXTRAS
236      DO 1033 I=1,12
237      CALL DEFFROW(1, PPHEC(I,J), IDROW, T00BIG)
238      1033 CONTINUE
239      C

```

```

140 C RESTRICCIONES LEGALES TURNO ADICIONAL
141 DO 1005 I=1,12
142     CALL DEFONC1(PATA(I,J),IDROW,TOOBIG)
143     1005 CONTINUE
144 C GENERAR LA VARIABLE DEL INVENTARIO INICIAL (IADJ)
145     J=1
146     C1="F"
147     C2= NOMBRE(J-1)
148     NONZ=13
149     I1= ((J-1)*12)+1
150     VAL(I1)= RC(J)
151     IRO(I1)=1
152     DO 80 I=2,12
153     VAL(I1)=1
154     IRO(I1)=I1+1
155     I1=I1+1
156     80 CONTINUE
157     CALL APPCOL (NAME, NONZ, VAL, IRO, TOOBIG)
158 C
159 C GENERAR LAS INCOGNITAS DEL INVENTARIO
160     J=1
161     I2= ((J-1)*12)+1
162     DO 1007 I=2,12
163     C1="F"
164     IF (I.LT.10) GOTO 115
165     IF (I.GE.10) GOTO 116
166     115 C2=NOMBRE(I+1)
167     GOTO 44
168     116 C2= NOMBRE(I)
169     C3= NOMBRE(I-9)
170     GOTO 44
171     44 K=13-I
172     NONZ=K+1
173     VAL(I1)= RC(I)
174     IRO(I1)=1
175     I1=K+1
176     I3=I2+1
177     DO 1008 L=2,I1
178     VAL(L)=1
179     IRO(L)= 13
180     I3=I3+1
181     1008 CONTINUE
182     GOTO 177
183     177 CALL APPCOL (NAME, NONZ, VAL, IRO, TOOBIG)
184     1007 CONTINUE
185 C GENERAR LAS VARIABLE DE HORAS EXTRAS (XIJ)
186     J=14
187     C1="X"
188     I3= ((J-1)*12)+1
189     DO 1010 I=1,12
190     IF (I.LT.10) GOTO 55
191     IF (I.GE.10) GOTO 65
192     55 C2=NOMBRE(I+1)
193     GOTO 22
194     65 C2=NOMBRE(I)
195     C3=NOMBRE(I-9)
196     GOTO 22
197     22 K=12-(I-1)
198     NONZ=K+2
199     VAL(I1)= RC(I)

```

```

300      IRO(I)=1
301      I1=K+1
302      I2=I3+1
303      I4=I-1
304      DO 1014 L=2,I1
305      VALCL)=1
306      IROCL)=I2
307      I2=I2+1
308      1014 CONTINUE
309      VALC(I1+1)=1
310      IROC(I1+1)=J1+I4
311      CALL APPDCCL (NAME, NONZ, VAL, IRO, TOOBIG)
312      1010 CONTINUE
313      C
314      C GENERAR LAS VARIABLES DE TURNO ADICIONAL
315      C1='Y'
316      J1=26
317      J=1
318      I3=((J-1)*12)+1
319      DO 1143 I=1,12
320      IF (I.LT.10) GOTO 78
321      IF (I.GE.10) GOTO 88
322      78 C2= NOMBRE(I+1)
323      C3= NOMBRE(J+1)
324      GOTO 99
325      88 C2=NOMBRE(2)
326      C3= NOMBRE(I-5)
327      GOTO 99
328      99 K=I2 -(I)-1
329      NONZ=K+2
330      VALC(I)=C(I)
331      IRO(I)=1
332      I1=K+1
333      I2=I3+1
334      I4=I-1
335      DO 1234 L=2,I1
336      VALCL)=1
337      IROCL)=I2
338      I2=I2+1
339      1234 CONTINUE
340      VAL (I1+1)=1
341      IRO (I1+1)= J1+I4
342      CALL APPDCCL (NAME, NONZ, VAL, IRO, TOOBIG)
343      1143 CONTINUE
344      RETURN
345      END

```

```

1  PROGRAM LEEY (INPUT,OUTPUT);
2  TYPE
3  SINGLEINTEGER = -32768..32767;
4  DSETTYPE = PACKED ARRAY [1..80] OF CHAR;
5  BUFFTYPEN = RECORD
6      CANTCOR: PACKED ARRAY [1..20] OF INTEGER;
7      CAPACD: PACKED ARRAY [1..20] OF INTEGER;
8  END;
9  BUFFTYPEN2 = RECORD
10     GTOIND: PACKED ARRAY [1..4] OF CHAR;
11     SUELDO: PACKED ARRAY [1..4] OF CHAR;
12 END;
13 BUFFTYPEN3 = RECORD
14     ENTRADA: INTEGER;
15     PRODUCTO: INTEGER;
16     CANTOPD: PACKED ARRAY [1..4] OF CHAR;
17 END;
18 VAR
19     I,J,K,L,M,DUMMY: INTEGER;
20     DBASE,DBASE1,DSET,DSET1,PASSW,LIST,LIST1,ITEMVAL:DSETTYPE;
21     MODE,MODE1,MODE2: SINGLEINTEGER;
22     STATUS: ARRAY [1..10] OF SINGLEINTEGER;
23     SEARCH: PACKED ARRAY [1..20] OF CHAR;
24     BUFF1: BUFFTYPEN;
25     BUFF2: BUFFTYPEN2;
26     BUFF3: BUFFTYPEN3;
27 PROCEDURE DBOPEN; INTRINSIC;
28 PROCEDURE DBCLOSE; INTRINSIC;
29 PROCEDURE DBLOCK; INTRINSIC;
30 PROCEDURE DDCSET; INTRINSIC;
31 PROCEDURE DDPUT; INTRINSIC;
32 PROCEDURE DBEXPLAIN; INTRINSIC;
33 PROCEDURE DDFIND; INTRINSIC;
34 PROCEDURE DBRE;
35 BEGIN
36     (* ESTE PROCEDURE ABRE LAS BASES DE DATOS *)
37     DBASE := 'DDBASE';
38     DBASE1 := 'DDBASE1';
39     PASSW := 'D';
40     MODE := 1;
41     DBOPEN(DBASE,PASSW,MODE,STATUS);
42     DBEXPLAIN(STATUS);
43     DBOPEN(DBASE1,PASSW,MODE,STATUS);
44     DBEXPLAIN(STATUS);
45 END;
46 PROCEDURE CCOAC;
47 BEGIN
48     (*LECTURA DE LA CANTIDAD ACTUAL DE CORRIDA Y LA CAPACIDAD DE*)
49     (* MAQUINA *)
50     MODE := 7;
51     DSET := 'WORK-STATION';
52     SEARCH := 'JABON';
53     LIST := 'CUR-RUN-DTY';
54     DDCSET(DBASE,DCSET,MODE,STATUS,LIST,BUFF1.CANTCOR,SEARCH);
55     DBEXPLAIN(STATUS);
56     DSET := 'WORK-STATION';
57     MODE := 1;
58     LIST := 'UCTR-10';
59     SEARCH := 'ENVYAL';

```

```

60     DBFIND(DBASE,DSET,MODE1,STATUS,LIST,SEARCH);
61     DBEXPLAIN (STATUS);
62     MODE:=6;
63     MODE1:=1;
64     DUMMY:=1;
65     LIST:='CAPACITY-MACH: ';
66     DBGET(DBASE,DSET,MODE,STATUS,LIST,BUFF1,CAPMAD,DUMMY);
67     DBEXPLAIN (STATUS);
68     DSET1:='CAPACITYAD';
69     LIST1:='CANT-COR,CAP-MAD: ';
70     DBLOCK(DBASE1,DSET1,MODE1,STATUS);
71     DBEXPLAIN(STATUS);
72     DBPUT(DBASE1,DSET1,MODE1,STATUS,LIST1,BUFF1);
73     DBEXPLAIN (STATUS);
74     END;
75     PROCEDURE GTOSUE;
76     BEGIN
77     (*LECTURA DE LOS COSTOS POR MANO DE OBRA Y LOS GASTOS INDIRECTOS*)
78     MODE:=7;
79     DSET:='WORK-CENTER';
80     SEARCH:='MEZCL';
81     LIST:='GVH-PCT-CUR';
82     DBGET (DBASE,DSET,MODE,STATUS,LIST,BUFF2,GTIIND,SEARCH);
83     DBEXPLAIN (STATUS);
84     LIST:='MAGE-RATE-CUR';
85     DBGET(DBASE,DSET,MODE,STATUS,LIST,BUFF2,SUELDO,SEARCH);
86     DBEXPLAIN (STATUS);
87     MODE1:=1;
88     DSET1:='COSTOSLE';
89     LIST1:='GTU-IND,SUELDO';
90     DBLOCK(DBASE1,DSET1,MODE1,STATUS);
91     DBEXPLAIN(STATUS);
92     DBPUT(DBASE1,DSET1,MODE1,STATUS,LIST1,BUFF2);
93     DBEXPLAIN(STATUS);
94     END;
95     PROCEDURE CANOR;
96     BEGIN
97     (* LECTURA DE LA CANTIDAD CORRESPONDIENTE AL PRONOSTICO DE VENTAS*)
98     MODE:=7;
99     DSET:='ORDER-MSTR';
100    WRITELN ('NUMERO DE ORDEN');
101    READ(SEARCH);
102    LIST:='QTY-ORDERED';
103    DBGET(DBASE,DSET,MODE,STATUS,LIST,BUFF3,CANTORD,SEARCH);
104    DBEXPLAIN(STATUS);
105    WRITELN ('ENTRAD., PRODUCTO');
106    READ(I,J);
107    BUFF3.ENTRAD:=I;
108    BUFF3.PRODUCTO:=J;
109    MODE1:=1;
110    DSET1:='VENTAS';
111    LIST1:='ENTRADA,PRODUC,CANT-ORD';
112    DBLOCK(DBASE1,DSET1,MODE1,STATUS);
113    DBEXPLAIN(STATUS);
114    DBPUT(DBASE1,DSET1,MODE1,STATUS,LIST1,BUFF3);
115    DBEXPLAIN(STATUS);
116    END;
117    (*CUERPO DEL PROGRAMA*)
118    BEGIN
119    HURE;

```

```
120      CCORAC;  
121      GTOSLE;  
122      CANOR;  
123      MUCC=-1;  
124      DBCLOSEKDBASE,DUMMY,MODE,STATUS);  
125      END.
```

## ANEXO II.3

## PRODUCTO I

M 80036 F1 + 61710 F2 + 52360 F3 + 43759 F4 + 43010 F5  
 + 60036 F6 + 61710 F7 + 52360 F8 + 43759 F9 + 43010 F10  
 + 60036 F11 + 61710 F12 + 761 X1 + 715 X2 + 669 X3 + 623 X4  
 + 577 X5 + 531 X6 + 485 X7 + 439 X8 + 393 X9 + 347 X10  
 + 301 X11 + 255 X12 + 772 Y1 + 726 Y2 + 680 Y3 + 634 Y4  
 + 588 Y5 + 542 Y6 + 496 Y7 + 450 Y8 + 404 Y9 + 356 Y10  
 + 312 Y11 + 266 Y12

SUBJECT TO

- 2) F1 + X1 + Y1 >= 191  
 3) F1 + F2 + X1 + X2 + Y1 + Y2 >= 209  
 4) F1 + F2 + F3 + X1 + X2 + X3 + Y1 + Y2 + Y3  
 >= 263  
 5) F1 + F2 + F3 + F4 + X1 + X2 + X3 + X4 + Y1 + Y2  
 + Y3 + Y4 >= 262  
 6) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5  
 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 >= 255  
 7) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + X1 + X2 + X3 + X4  
 + X5 + X6 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 >= 371  
 8) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + X1 + X2 + X3  
 + X4 + X5 + X6 + X7 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6  
 + Y7 >= 451  
 9) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + X1 + X2  
 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4  
 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 >= 420  
 10) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + X1  
 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + Y1 + Y2  
 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 + Y9 >= 429  
 11) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + F10  
 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10  
 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 + Y9 + Y10  
 >= 405  
 12) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + F10  
 + F11 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9  
 + X10 + X11 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8  
 + Y9 + Y10 + Y11 >= 537  
 13) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + F10  
 + F11 + F12 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8  
 + X9 + X10 + X11 + X12 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6  
 + Y7 + Y8 + Y9 + Y10 + Y11 + Y12 >= 767
- 14) X1 <= 44  
 15) X2 <= 58  
 16) X3 <= 42  
 17) X4 <= 44  
 18) X5 <= 44  
 19) X6 <= 58  
 20) X7 <= 47  
 21) X8 <= 58  
 22) X9 <= 42  
 23) X10 <= 47  
 24) X11 <= 56  
 25) X12 <= 43  
 26) Y1 <= 38  
 27) Y2 <= 50  
 28) Y3 <= 36  
 29) Y4 <= 38  
 30) Y5 <= 38  
 31) Y6 <= 50  
 32) Y7 <= 40

```

33)  Y8 <= 30
34)  Y9 <= 35
35)  Y10 <= 40
36)  Y11 <= 45
37)  Y12 <= 35
END

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 54

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

9034481.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
F1	109.000000	.000000
F2	.000000	60995.000000
F3	.000000	51680.000000
F4	.000000	43218.000000
F5	.000000	42482.000000
F6	.000000	79494.000000
F7	.000000	61214.000000
F8	.000000	51958.000000
F9	.000000	43354.000000
F10	.000000	42606.000000
F11	.000000	72632.000000
F12	.000000	61308.000000
X1	14.000000	.000000
X2	10.000000	.000000
X3	42.000000	.000000
X4	.000000	81.000000
X5	.000000	35.000000
X6	28.000000	.000000
X7	47.000000	.000000
X8	.000000	35.000000
X9	42.000000	.000000
X10	47.000000	.000000
X11	56.000000	.000000
X12	42.000000	.000000
Y1	38.000000	.000000
Y2	.000000	11.000000
Y3	14.000000	.000000
Y4	.000000	92.000000
Y5	.000000	46.000000
Y6	48.000000	.000000
Y7	37.000000	.000000
Y8	.000000	46.000000
Y9	5.000000	.000000
Y10	40.000000	.000000
Y11	48.000000	.000000
Y12	36.000000	.000000

IN	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	-79321.000000
3)	.000000	-35.000000
4)	.000000	-138.000000
5)	3.000000	.000000
6)	10.000000	.000000
7)	.000000	-46.000000

8)	.000000	-92.000000
9)	31.000000	.000000
10)	69.000000	.000000
11)	176.000000	.000000
12)	152.000000	.000000
13)	.000000	-404.000000
14)	.000000	79275.000000
15)	40.000000	.000000
16)	.000000	11.000000
17)	44.000000	.000000
18)	44.000000	.000000
19)	.000000	11.000000
20)	.000000	11.000000
21)	58.000000	.000000
22)	.000000	11.000000
23)	.000000	57.000000
24)	.000000	103.000000
25)	.000000	149.000000
26)	.000000	79264.000000
27)	50.000000	.000000
28)	72.000000	.000000
29)	38.000000	.000000
30)	38.000000	.000000
31)	2.000000	.000000
32)	7.000000	.000000
33)	50.000000	.000000
34)	31.000000	.000000
35)	.000000	46.000000
36)	.000000	92.000000
37)	.000000	138.000000

NO. ITERATIONS= 54

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
F1	80320.000000	INFINITY	79264.000000
F2	61710.000000	INFINITY	60995.000000
F3	52350.000000	INFINITY	51680.000000
F4	43758.000000	INFINITY	43216.000000
F5	43010.000000	INFINITY	42469.000000
F6	80036.000000	INFINITY	79494.000000
F7	61710.000000	INFINITY	61214.000000
F8	52362.000000	INFINITY	51956.000000
F9	43758.000000	INFINITY	43354.000000
F10	43010.000000	INFINITY	42606.000000
F11	80036.000000	INFINITY	79632.000000
F12	61710.000000	INFINITY	61306.000000
X1	761.000000	79275.000000	INFINITY
X2	710.000000	11.000000	35.000000
X7	669.000000	11.000000	INFINITY
X4	629.000000	INFINITY	81.000000
X5	577.000000	INFINITY	35.000000
X6	531.000000	11.000000	INFINITY
X7	485.000000	11.000000	INFINITY
X8	439.000000	INFINITY	35.000000
X9	393.000000	11.000000	INFINITY

X10	347.000000	57.000000	INFINITY
X11	301.000000	103.000000	INFINITY
X12	225.000000	149.000000	INFINITY
Y1	772.000000	79254.000000	INFINITY
Y2	726.000000	INFINITY	11.000000
Y3	680.000000	35.000000	11.000000
Y4	634.000000	INFINITY	92.000000
Y5	588.000000	INFINITY	45.000000
Y6	542.000000	35.000000	11.000000
Y7	496.000000	46.000000	11.000000
Y8	450.000000	INFINITY	46.000000
Y9	404.000000	35.000000	11.000000
Y10	358.000000	46.000000	INFINITY
Y11	312.000000	92.000000	INFINITY
Y12	266.000000	139.000000	INFINITY

ROW	CURRENT RHS	RIGHTHAND SIDE RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	191.000000	19.000000	40.000000
3	204.000000	14.000000	18.000000
4	227.000000	22.000000	2.000000
5	262.000000	3.000000	INFINITY
6	255.000000	10.000000	INFINITY
7	371.000000	2.000000	7.000000
8	451.000000	5.000000	31.000000
9	426.000000	31.000000	INFINITY
10	429.000000	69.000000	INFINITY
11	405.000000	176.000000	INFINITY
12	537.000000	152.000000	INFINITY
13	767.000000	31.000000	5.000000
14	44.000000	109.000000	44.000000
15	52.000000	INFINITY	40.000000
16	42.000000	14.000000	22.000000
17	41.000000	INFINITY	44.000000
18	44.000000	INFINITY	44.000000
19	52.000000	48.000000	2.000000
20	47.000000	33.000000	7.000000
21	59.000000	INFINITY	58.000000
22	42.000000	5.000000	31.000000
23	47.000000	5.000000	31.000000
24	51.000000	5.000000	31.000000
25	42.000000	5.000000	31.000000
26	39.000000	109.000000	39.000000
27	50.000000	INFINITY	50.000000
28	36.000000	INFINITY	22.000000
29	30.000000	INFINITY	38.000000
30	30.000000	INFINITY	38.000000
31	50.000000	INFINITY	2.000000
32	10.000000	INFINITY	7.000000
33	50.000000	INFINITY	50.000000
34	36.000000	INFINITY	31.000000
35	40.000000	5.000000	31.000000
36	49.000000	5.000000	31.000000
37	76.000000	5.000000	31.000000

PRODUCTO 2.

11) 122672 F1 + 86768 F2 + 137908 F3 + 126412 F4 + 82280 F5  
 + 122672 F6 + 86768 F7 + 127908 F8 + 126412 F9 + 82280 F10  
 + 122672 F11 + 86768 F12 + 1522 X1 + 1438 X2 + 1338 X3  
 + 1246 X4 + 1154 X5 + 1062 X6 + 970 X7 + 878 X8 + 786 X9  
 + 694 X10 + 602 X11 + 510 X12 + 1544 Y1 + 1452 Y2 + 1360 Y3  
 + 1268 Y4 + 1176 Y5 + 1084 Y6 + 992 Y7 + 900 Y8 + 808 Y9  
 + 716 Y10 + 624 Y11 + 532 Y12

1) SUBJECT TO

- 2) F1 + X1 + Y1 >= 32  
 3) F1 + F2 + X1 + X2 + Y1 + Y2 >= 12  
 4) F1 + F2 + F3 + X1 + X2 + X3 + Y1 + Y2 + Y3  
 >= 130  
 5) F1 + F2 + F3 + F4 + X1 + X2 + X3 + X4 + Y1 + Y2  
 + Y3 + Y4 >= 231  
 6) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5  
 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 >= 215  
 7) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + X1 + X2 + X3 + X4  
 + X5 + X6 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 >= 232  
 8) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + X1 + X2 + X3  
 + X4 + X5 + X6 + X7 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6  
 + Y7 >= 214  
 9) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + X1 + X2  
 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4  
 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 >= 245  
 10) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + X1  
 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + Y1 + Y2  
 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 + Y9 >= 359  
 11) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + F10  
 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10  
 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 + Y9 + Y10  
 >= 329  
 12) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + F10  
 + F11 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9  
 + X10 + X11 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8  
 + Y9 + Y10 + Y11 >= 358  
 13) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + F10  
 + F11 + F12 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8  
 + X9 + X10 + X11 + X12 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6  
 + Y7 + Y8 + Y9 + Y10 + Y11 + Y12 >= 490
- 14) X1 <= 44  
 15) X2 <= 58  
 16) X3 <= 42  
 17) X4 <= 44  
 18) X5 <= 44  
 19) X6 <= 58  
 20) X7 <= 47  
 21) X8 <= 58  
 22) X9 <= 42  
 23) X10 <= 47  
 24) X11 <= 44  
 25) X12 <= 42  
 26) Y1 <= 38  
 27) Y2 <= 50  
 28) Y3 <= 36  
 29) Y4 <= 38  
 30) Y5 <= 38  
 31) Y6 <= 50  
 32) Y7 <= 40

```

33)  Y8 <= 50
34)  Y9 <= 36
35)  Y10 <= 40
36)  Y11 <= 48
37)  Y12 <= 36
END

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 26

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 1710350.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
F1	10.000000	.000000
F2	.000000	25409.000000
F3	.000000	125548.000000
F4	.000000	122052.000000
F5	.000000	81218.000000
F6	.000000	121610.000000
F7	.000000	85226.000000
F8	.000000	127036.000000
F9	.000000	125534.000000
F10	.000000	21670.000000
F11	.000000	122070.000000
F12	.000000	86166.000000
X1	44.000000	.000000
X2	.000000	70.000000
X3	42.000000	.000000
X4	44.000000	.000000
X5	.000000	92.000000
X6	1.000000	.000000
X7	1.000000	92.000000
X8	40.000000	.000000
X9	42.000000	.000000
X10	.000000	92.000000
X11	54.000000	.000000
X12	42.000000	.000000
Y1	30.000000	.000000
Y2	.000000	92.000000
Y3	15.000000	.000000
Y4	38.000000	.000000
Y5	.000000	114.000000
Y6	.000000	22.000000
Y7	.000000	114.000000
Y8	.000000	22.000000
Y9	36.000000	.000000
Y10	.000000	114.000000
Y11	.000000	22.000000
Y12	36.000000	.000000

DU	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	-121312.000000
3)	30.000000	.000000
4)	19.000000	.000000
5)	.000000	-296.000000
6)	16.000000	.000000
7)	.000000	-124.000000

```

33)  Y8 <= 50
34)  Y9 <= 36
35)  Y10 <= 40
36)  Y11 <= 48
37)  Y12 <= 36
END

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 26

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

\*) 1710350.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
F1	10.000000	.000000
F2	.000000	35409.000000
F3	.000000	126548.000000
F4	.000000	123052.000000
F5	.000000	81218.000000
F6	.000000	121610.000000
F7	.000000	85890.000000
F8	.000000	127030.000000
F9	.000000	132234.000000
F10	.000000	21670.000000
F11	.000000	122070.000000
F12	.000000	86166.000000
X1	-44.000000	.000000
X2	.000000	70.000000
X3	-42.000000	.000000
X4	11.000000	.000000
X5	.000000	92.000000
X6	1.000000	.000000
X7	.000000	92.000000
X8	-48.000000	.000000
X9	-42.000000	.000000
X10	.000000	92.000000
X11	54.000000	.000000
X12	-42.000000	.000000
Y1	38.000000	.000000
Y2	.000000	92.000000
Y3	15.000000	.000000
Y4	28.000000	.000000
Y5	.000000	114.000000
Y6	.000000	22.000000
Y7	.000000	114.000000
Y8	.000000	22.000000
Y9	30.000000	.000000
Y10	.000000	114.000000
Y11	.000000	22.000000
Y12	36.000000	.000000

IN	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2)	.000000	-121312.000000
3)	38.000000	.000000
4)	19.000000	.000000
5)	.000000	-238.000000
6)	18.000000	.000000
7)	.000000	-124.000000

8)	14.000000	.000000
9)	25.000000	.000000
10)	.000000	-276.000000
11)	29.000000	.000000
12)	54.000000	.000000
13)	.000000	-542.000000
14)	.000000	121150.000000
15)	38.000000	.000000
16)	.000000	22.000000
17)	.000000	114.000000
18)	44.000000	.000000
19)	37.000000	.000000
20)	47.000000	.000000
21)	10.000000	.000000
22)	.000000	92.000000
23)	47.000000	.000000
24)	2.000000	.000000
25)	.000000	92.000000
26)	.000000	121120.000000
27)	30.000000	.000000
28)	21.000000	.000000
29)	.000000	92.000000
30)	30.000000	.000000
31)	50.000000	.000000
32)	40.000000	.000000
33)	50.000000	.000000
34)	.000000	70.000000
35)	40.000000	.000000
36)	40.000000	.000000
37)	.000000	70.000000

NO. ITERATIONS= 26

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

VARIABLE	CURRENT COEFF	OBJ. COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
F1	122672.000000	INFINITY	121120.000000
F2	66767.000000	INFINITY	65408.000000
F3	127906.000000	INFINITY	125548.000000
F4	126412.000000	INFINITY	125052.000000
F5	92239.000000	INFINITY	61218.000000
F6	122672.000000	INFINITY	121610.000000
F7	66767.000000	INFINITY	65890.000000
F8	127906.000000	INFINITY	127030.000000
F9	126412.000000	INFINITY	125534.000000
F10	92239.000000	INFINITY	81678.000000
F11	122672.000000	INFINITY	122070.000000
F12	66767.000000	INFINITY	65162.000000
X1	1021.000000	121150.000000	INFINITY
X2	1430.000000	INFINITY	70.000000
X3	1337.000000	22.000000	INFINITY
X4	1246.000000	114.000000	INFINITY
X5	1154.000000	INFINITY	92.000000
X6	1052.000000	22.000000	104.000000
X7	970.000000	INFINITY	92.000000
X8	870.000000	22.000000	70.000000
X9	786.000000	92.000000	INFINITY

X10	694.000000	INFINITY	92.000000
X11	602.000000	22.000000	70.000000
X12	510.000000	92.000000	INFINITY
Y1	1944.000000	121128.000000	INFINITY
Y2	1452.000000	INFINITY	92.000000
Y3	1360.000000	70.000000	22.000000
Y4	1268.000000	92.000000	INFINITY
Y5	1176.000000	INFINITY	114.000000
Y6	1084.000000	INFINITY	22.000000
Y7	992.000000	INFINITY	114.000000
Y8	900.000000	INFINITY	22.000000
Y9	808.000000	70.000000	INFINITY
Y10	716.000000	INFINITY	114.000000
Y11	624.000000	INFINITY	22.000000
Y12	532.000000	70.000000	INFINITY

FIGHTING SIDE RANGES

ROW	CURRENT RMS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	92.000000	15.000000	10.000000
3	12.000000	90.000000	INFINITY
4	130.000000	19.000000	INFINITY
5	231.000000	1.000000	15.000000
6	219.000000	16.000000	INFINITY
7	232.000000	48.000000	1.000000
8	214.000000	19.000000	INFINITY
9	245.000000	35.000000	INFINITY
10	358.000000	10.000000	2.000000
11	329.000000	29.000000	INFINITY
12	359.000000	54.000000	INFINITY
13	441.000000	2.000000	54.000000
14	44.000000	10.000000	44.000000
15	52.000000	INFINITY	58.000000
16	42.000000	15.000000	21.000000
17	44.000000	15.000000	21.000000
18	44.000000	INFINITY	44.000000
19	52.000000	INFINITY	57.000000
20	47.000000	INFINITY	47.000000
21	52.000000	INFINITY	10.000000
22	42.000000	35.000000	10.000000
23	47.000000	INFINITY	47.000000
24	56.000000	INFINITY	2.000000
25	42.000000	54.000000	2.000000
26	52.000000	10.000000	32.000000
27	50.000000	INFINITY	50.000000
28	36.000000	INFINITY	21.000000
29	38.000000	15.000000	21.000000
30	50.000000	INFINITY	38.000000
31	50.000000	INFINITY	50.000000
32	40.000000	INFINITY	40.000000
33	50.000000	INFINITY	50.000000
34	38.000000	35.000000	10.000000
35	40.000000	INFINITY	40.000000
36	48.000000	INFINITY	48.000000
37	36.000000	54.000000	2.000000

PRODUCTO 3

11N 287300 F1 + 291200 F2 + 500500 F3 + 600600 F4 + 464100 F5  
 + 187300 F6 + 291200 F7 + 500500 F8 + 600600 F9 + 464100 F10  
 + 287300 F11 + 291200 F12 + 2657 X1 + 2496 X2 + 2335 X3  
 + 2174 X4 + 2613 X5 + 1853 X6 + 1691 X7 + 1530 X8 + 1369 X9  
 + 1208 X10 + 1047 X11 + 886 X12 + 2696 Y1 + 2535 Y2 + 2374 Y3  
 + 2213 Y4 + 2052 Y5 + 1891 Y6 + 1730 Y7 + 1569 Y8 + 1408 Y9  
 + 1247 Y10 + 1086 Y11 + 925 Y12

SUBJECT TO

- 2) F1 + X1 + Y1 >= - 32  
 3) F1 + F2 + X1 + X2 + Y1 + Y2 >= - 209  
 4) F1 + F2 + F3 + X1 + X2 + X3 + Y1 + Y2 + Y3  
 >= 111  
 5) F1 + F2 + F3 + F4 + X1 + X2 + X3 + X4 + Y1 + Y2  
 + Y3 + Y4 >= 560  
 6) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5  
 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 >= 799  
 7) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + X1 + X2 + X3 + X4  
 + X5 + X6 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 >= 617  
 8) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + X1 + X2 + X3  
 + X4 + X5 + X6 + X7 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6  
 + Y7 >= 565  
 9) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + X1 + X2  
 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4  
 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 >= 710  
 10) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + X1  
 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + Y1 + Y2  
 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 + Y9 >= 1184  
 11) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + F10  
 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10  
 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8 + Y9 + Y10  
 >= 1398  
 12) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + F10  
 + F11 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9  
 + X10 + X11 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6 + Y7 + Y8  
 + Y9 + Y10 + Y11 >= 1241  
 13) F1 + F2 + F3 + F4 + F5 + F6 + F7 + F8 + F9 + F10  
 + F11 + F12 + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8  
 + X9 + X10 + X11 + X12 + Y1 + Y2 + Y3 + Y4 + Y5 + Y6  
 + Y7 + Y8 + Y9 + Y10 + Y11 + Y12 >= 1364  
 14) X1 <= 89  
 15) X2 <= 117  
 16) X3 <= 84  
 17) X4 <= 89  
 18) X5 <= 89  
 19) X6 <= 117  
 20) X7 <= 94  
 21) X8 <= 117  
 22) X9 <= 84  
 23) X10 <= 94  
 24) X11 <= 112  
 25) X12 <= 84  
 26) Y1 <= 76  
 27) Y2 <= 100  
 28) Y3 <= 72  
 29) Y4 <= 76  
 30) Y5 <= 76  
 31) Y6 <= 100  
 32) Y7 <= 80

```

33)  Y8 <= 100
34)  Y9 <= 72
35)  Y10 <= 80
36)  Y11 <= 96
37)  Y12 <= 72
END

```

LP OPTIMUM FOUND AT STEP 40

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 2718254.00

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
F1	.000000	284604.000000
F2	.000000	286504.000000
F3	.000000	497804.000000
F4	.000000	597904.000000
F5	.000000	461404.000000
F6	.000000	285609.000000
F7	.000000	289509.000000
F8	.000000	498809.000000
F9	.000000	598909.000000
F10	.000000	462409.000000
F11	.000000	287300.000000
F12	.000000	291200.000000
X1	89.000000	.000000
X2	117.000000	.000000
X3	84.000000	.000000
X4	89.000000	.000000
X5	89.000000	.000000
X6	.000000	161.000000
X7	52.000000	.000000
X8	117.000000	.000000
X9	84.000000	.000000
X10	94.000000	.000000
X11	.000000	1047.000000
X12	.000000	886.000000
Y1	7.000000	.000000
Y2	100.000000	.000000
Y3	72.000000	.000000
Y4	70.000000	.000000
Y5	76.000000	.000000
Y6	.000000	200.000000
Y7	.000000	39.000000
Y8	100.000000	.000000
Y9	72.000000	.000000
Y10	80.000000	.000000
Y11	.000000	1096.000000
Y12	.000000	925.000000

ROW	SLACK OR SURPLUS	DUAL PRICES
2	128.000000	.000000
4	52.000000	.000000
5	35.000000	.000000
6	74.000000	.000000
7	.000000	-1005.000000
8	122.000000	.000000

8	296.000000	.000000
9	357.000000	.000000
10	40.000000	.000000
11	.000000	-1691.000000
12	157.000000	.000000
13	34.000000	.000000
14	.000000	39.000000
15	.000000	200.000000
16	.000000	361.000000
17	.000000	522.000000
18	.000000	683.000000
19	117.000000	.000000
20	42.000000	.000000
21	.000000	161.000000
22	.000000	322.000000
23	.000000	483.000000
24	112.000000	.000000
25	84.000000	.000000
26	69.000000	.000000
27	.000000	161.000000
28	.000000	322.000000
29	.000000	483.000000
30	.000000	644.000000
31	100.000000	.000000
32	80.000000	.000000
33	.000000	122.000000
34	.000000	283.000000
35	.000000	444.000000
36	56.000000	.000000
37	72.000000	.000000

NO. ITERATIONS= 40

RANGES IN WHICH THE BASIS IS UNCHANGED

VARIABLE	CURRENT COEF	OBJ. COEFFICIENT RANGES	
		ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
F1	287300.000000	INFINITY	294604.000000
F2	291200.000000	INFINITY	288504.000000
F3	500500.000000	INFINITY	497804.000000
F4	200600.000000	INFINITY	597904.000000
F5	464100.000000	INFINITY	461404.000000
F6	287300.000000	INFINITY	285609.000000
F7	291200.000000	INFINITY	289509.000000
F8	500500.000000	INFINITY	498009.000000
F9	600600.000000	INFINITY	599909.000000
F10	464100.000000	INFINITY	462409.000000
F11	287300.000000	INFINITY	287300.000000
F12	251200.000000	INFINITY	291200.000000
X1	2657.000000	39.000000	INFINITY
X2	2456.000000	200.000000	INFINITY
X3	2335.000000	361.000000	INFINITY
X4	2174.000000	522.000000	INFINITY
X5	2013.000000	683.000000	INFINITY
X6	1852.000000	INFINITY	161.000000
X7	1691.000000	39.000000	122.000000
X8	1530.000000	161.000000	INFINITY
X9	1369.000000	322.000000	INFINITY

X10	1208.000000	483.000000	INFINITY
X11	1047.000000	INFINITY	1047.000000
X12	894.000000	INFINITY	896.000000
Y1	2656.000000	284604.000000	39.000000
Y2	2535.000000	161.000000	INFINITY
Y3	2274.000000	323.000000	INFINITY
Y4	2213.000000	483.000000	INFINITY
Y5	2052.000000	644.000000	INFINITY
Y6	1891.000000	INFINITY	200.000000
Y7	1730.000000	INFINITY	39.000000
Y8	1569.000000	122.000000	INFINITY
Y9	1408.000000	283.000000	INFINITY
Y10	1247.000000	444.000000	INFINITY
Y11	1086.000000	INFINITY	1086.000000
Y12	925.000000	INFINITY	925.000000

ROW	RIGHTHAND SIDE RANGES		
	CURRENT RHS	ALLOWABLE INCREASE	ALLOWABLE DECREASE
2	-32.000000	128.000000	INFINITY
3	-205.000000	323.000000	INFINITY
4	111.000000	358.000000	INFINITY
5	560.000000	74.000000	INFINITY
6	710.000000	50.000000	7.000000
7	617.000000	182.000000	INFINITY
8	565.000000	286.000000	INFINITY
9	710.000000	358.000000	INFINITY
10	1164.000000	40.000000	INFINITY
11	1396.000000	42.000000	34.000000
12	1241.000000	157.000000	INFINITY
13	1324.000000	74.000000	INFINITY
14	89.000000	7.000000	69.000000
15	117.000000	7.000000	69.000000
16	84.000000	7.000000	69.000000
17	89.000000	7.000000	69.000000
18	89.000000	7.000000	69.000000
19	117.000000	INFINITY	117.000000
20	54.000000	INFINITY	42.000000
21	117.000000	52.000000	42.000000
22	84.000000	52.000000	42.000000
23	84.000000	40.000000	42.000000
24	112.000000	INFINITY	112.000000
25	84.000000	INFINITY	84.000000
26	76.000000	INFINITY	69.000000
27	100.000000	7.000000	69.000000
28	72.000000	7.000000	69.000000
29	76.000000	7.000000	69.000000
30	76.000000	7.000000	69.000000
31	100.000000	INFINITY	100.000000
32	80.000000	INFINITY	80.000000
33	100.000000	52.000000	42.000000
34	72.000000	52.000000	42.000000
35	80.000000	40.000000	42.000000
36	96.000000	INFINITY	96.000000
37	72.000000	INFINITY	72.000000

## BIBLIOGRAFIA

1. Adan Everett Jr. y Ebert Ronald J., Administración de la Producción y las operaciones, 1a. Ed., México: Prentice Hall, 1991.
2. Bazarea Mokhtar S. y Jarvis J. John, Programación lineal y flujo en redes, 1a. Ed., México: Limusa, 1981.
3. Chase B. Richard y Aquilano Nicholas J., Production and operations management, 3a. Ed., USA: Richard Irwin Inc., 1981.
4. Davis K. Roscoe y Mc. Keown Patrick, Modelos cuantitativos para administración, 1a. Ed., México: Grupo Editorial Iberoamericana, 1986.
5. Garciduenas Pérez María Elena, "Modelos y sistemas para planear la producción y controlar los inventarios", Tesis Universidad Anáhuac-Actuaría, 1985.
6. Hadley G., Linear Programming, 1a. Ed., USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1953.
7. Hewlett Packard, FORTRAN/3000, USA, 1979.
8. Hewlett Packard, HP PRODUCTION MANAGEMENT Paso a paso, México 1984.
9. Hewlett Packard, IMAGE/3000 System reference manual, USA, 1979.
10. Moore Franklin G., Administración de la producción, 1a. Ed., México: Ed. Diana, 1977.
11. Pérez Ríos Aguilar María Betty Teresita, "Una aplicación de la programación lineal al problema de programación de producción y requerimientos", Tesis Universidad Anáhuac-Actuaría, 1987.
12. Schnrage Linus, Linear programming models with LINDO, 1a. Ed., USA: The Scientific press, 1981.
13. Schnrage Linus, User's manual for LINDO, 1a. Ed., USA: The Scientific press, 1981.