

881217

8
209



UNIVERSIDAD ANAHUAC
VINCE IN BONO MALUM

UNIVERSIDAD ANAHUAC

Escuela de Ingeniería

con estudios incorporados a la
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**MEZCLA OPTIMA DE PRODUCTOS
PARA LA MAXIMIZACION
DE UTILIDADES**

TESIS

Que para obtener el título de:

Licenciatura en Ingeniería Mecánica-Eléctrica

presentan:

**PIERRO ADRIANO RAYMOND COMEL BERLIE
PABLO DE JESUS GARCIA DE ALBA FIGUEROA
ENRIQUE CARLOS MADERO GARZA
LUIS ENRIQUE PABLO IGNACIO ROBLES GIL ORVAÑANOS
JUAN IGNACIO STETA GANDARA**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

UNIVERSIDAD ANAHUAC
Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica
CARRERAS DE INGENIERIA
MEXICO, D.F. 2010



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.

PREFACIO

La presente tesis conlleva el estudio de la utilización de la capacidad de producción en la Sección de Manufactura de Fresas de Carburo de Tungsteno de la Empresa "XYZ".

En el trabajo se determina la necesidad de contar con un Programa de Control de Producción y, al mismo tiempo, se desarrolla un sistema para planear y controlar la capacidad de producción, necesaria para satisfacer los requerimientos de la empresa con bases reales.

Tomando en consideración los diferentes parámetros que afectan la medición de capacidad de producción de las máquinas-herramienta, se determinaron tanto la capacidad actual como la potencial de la Sección de Carburo de Tungsteno citada. Ello a pesar de haber tenido que trabajar "con datos imprecisos para efectos de llegar a la obtención de información precisa". La falta de un sistema adecuado para la obtención y sumariación de datos, limitó la posibilidad de evaluar todos los recursos necesarios para mejorar la disponibilidad de la capacidad existente. No obstante, se llegan a efectuar recomendaciones precisas respecto de las formas por medio de las cuales tales recursos pueden ser determinados.

También fueron establecidos, y ampliamente evaluados, aquellos factores que limitan la manufactura simultánea de diversos tipos de fresas.

Por medio de las Técnicas de Programación Lineal, se llegó a determinar la Mezcla Óptima de Productos para el ejercicio fiscal 1993. Utilizando los datos obtenidos de este análisis se efectúan las recomendaciones necesarias para alcanzar los objetivos del Pronóstico de Ventas del ejercicio en cuestión, así como para mejorar la utilización de la mano de obra y del equipo.

CONTENIDO

1.0 INTRODUCCION

- 1.1.- La Compañía
- 1.2.- Antecedentes a la Investigación
- 1.3.- El Producto

2.0 ANALISIS DE LOS SISTEMAS EXISTENTES DE PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

- 2.1.- Diagramas de Flujo de Información
- 2.2.- Análisis de Tiempos de Producción Planeados vs. Reales
- 2.3.- Evaluación de Resultados

3.0 FACTORES QUE LIMITAN EL TIPO DE FRESAS QUE PUEDEN SER FABRICADOS

- 3.1.- Disponibilidad de Matrices o "Blanks"
- 3.2.- Disponibilidad de Equipo

4.0 PLANEACION Y CONTROL DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION

- 4.1.- Introducción
- 4.2.- Planeación de los Recursos Disponibles
- 4.3.- Cargado y Programado de Máquinas
- 4.4.- Sistema de Control y Reportes de Excepción
- 4.5.- Mejoras a la Capacidad Productiva

5.0 MEZCLA OPTIMA DE PRODUCTOS

- 5.1.- Introducción
- 5.2.- Consideraciones Prácticas
- 5.3.- La Función Objetivo
- 5.4.- Las Restricciones
- 5.5.- Soluciones Optimas para la Mezcla de Productos
- 5.6.- Evaluación de Resultados

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- Conclusiones

6.2.- Recomendaciones

7.0 REFERENCIAS

8.0 BIBLIOGRAFIA

APENDICES

- A - Términos de Referencia**
- B - Descripción de Códigos y Línea de Productos**
- C - Diagramas de Flujo de Información**
- D - Análisis de Varianzas entre las Fechas de Terminación Planeadas y Reales**
- E - Estimados de Producción Diaria de los Supervisores -Marzo 1993-**
- F - Análisis Comparativo entre las Tasas de Producción Estimadas y Reales**
- G - Tarjeta de Ruta de Proceso**
- H - Comparación de Tasas de Producción para una Muestra de 13 Lotes Fabricados entre los Periodos 8 y 9, 1992**
- I - Matrices de Carburo de Tungsteno - Requerimientos de Materiales para el ejercicio 1993**
- J - Disponibilidad de Arboles de Levas**
- K - Cálculo de Horas de Trabajo para el Ejercicio 1993**
- L - Requerimientos de Arboles de Levas para el Ejercicio 1993**
- M - Diagramas de Flujo de Proceso de Materiales**
- N - Causas de Pérdida de Capacidad Productiva**
- O - Capacidad Perdida por Descomposturas Mayores**
- P - Cálculo de la Capacidad de Producción**
- Q - Procedimiento Existente para el Cargado y Programado de Máquinas**
- R - Un Sistema de Control con Retroalimentación**
- S - Reporte de Desempeño Departamental**
- T - Terminología de la Programación Lineal (Definiciones)**
- U - Información sobre las Variables de Decisión y las Restricciones para la Mezcla Óptima de Productos**

- V -** Formulación Matemática del Problema para la Mezcla Óptima de Productos
- W -** Algoritmo Estándar de Programación Lineal: Alimentación de Datos
- X -** Reporte de la Solución Óptima
- Y -** Necesidades de Insumos Adicionales
- Z -** Diagrama de Ruta Crítica de la Tesis ("PERT")

1.0 INTRODUCCION

1.1.- La Compañía

La Empresa "XYZ" es una Compañía subsidiaria de un importante grupo industrial. Es una Empresa mediana del ramo metal-mecánico. Emplea aproximadamente 220 personas, y en el ejercicio 1992 obtuvo ventas del orden de los \$75 Millones de Nuevos Pesos.

La Empresa tiene 2 grandes líneas de productos, las cuales son fabricadas en la misma unidad productiva, correspondiéndole a cada una de ellas la generación del 50% del total de ventas. Las líneas en cuestión son:

- i) "Línea 1" : que produce porta herramientas para la industria de fabricación de máquinas-herramienta, empleando alrededor de 140 personas.
- ii) "Línea 2" : que produce fresas y máquinas-herramienta de transmisión flexible. Su uso principal es en la industria metal-mecánica, y en esta línea son empleadas 80 personas, aproximadamente.

Las diferentes características de estas dos líneas de productos fueron revaluadas recientemente por la Corporación, llegándose a la decisión de dividir la Empresa en dos negocios prácticamente autónomos. Quedando los aspectos individuales de producción, mercadotecnia, ventas y administración a cargo de distintos Gerentes de División.

Los productos de la Línea "2" se venden directamente a grandes clientes que son usuarios finales de los mismos, e indirectamente a través de una red de Distribuidores Autorizados. Aproximadamente, el 30% de las ventas son de exportación a los países de la Comunidad Económica Europea y a los Estados Unidos de Norteamérica. Un creciente sector del negocio es el mercado de "Hágalo Usted Mismo" ("DIY").

1.2.- Antecedentes a la Investigación

Algunos estudios preliminares realizados dentro de la Empresa, revelaron que tanto la capacidad disponible como la capacidad requerida en la Línea "2", se definían en términos del número de productos manufacturados dentro de un plazo determinado. Sin embargo, debido a la falta de información detallada, los parámetros de capacidad de producción eran estimados, y resultaban demasiado imprecisos para soportar un sistema efectivo de Planeación y Control de la Producción.

Dichos estudios también revelaron la necesidad de llegar a determinar las soluciones óptimas para la mezcla de productos, con el propósito de maximizar la contribución marginal para la Compañía. Estas soluciones serían utilizadas por la Gerencia en la toma de decisiones relativas a las políticas de mercadotecnia y producción.

1.2.1.- Como resultado de lo anterior, los autores y la Empresa fijaron conjuntamente los siguientes objetivos:

- i) Establecer las capacidades actual y potencial para la fabricación de fresas, y
- ii) Determinar soluciones óptimas para la mezcla de productos.

1.2.2.- El proyecto abarcaría:

- i) Las operaciones de manufactura de las Rectificadoras destinadas a la producción de fresas de carburo de tungsteno, y
- ii) Las operaciones de manufactura de las máquinas utilizadas en la producción de fresas de acero de alta velocidad, fresas de acero para herramientas rotatorias y de fresas para el mercado "Hágalo Usted Mismo".

Sin embargo, a medida que el proyecto fue desarrollándose, se tomó la decisión de limitar el estudio a las fresas de carburo de tungsteno, por las siguientes razones: Primero, por la falta de información disponible y, segundo, porque se consideró que los beneficios del estudio serían mucho más redituables si se concentraban los esfuerzos en una sola área.

Los términos de referencia, tal y como fueron acordados con la Empresa, han sido incluidos en el "APENDICE A".

1.3.- El Producto

Dentro del Grupo de Productos de Carburo de Tungsteno, las fresas son producidas con una gran variedad de formas, tamaños y número de dientes de corte ("APENDICE B"), y en función de su demanda son clasificadas en:

- i) **Estándar:** fresas de las que se mantiene un inventario y que pueden ser surtidas en cualquier cantidad.
- ii) **Suplementarias:** fresas disponibles dentro del rango de productos que ofrece la Compañía, pero fabricadas sobre pedido. Su venta está sujeta a un mínimo de 50 piezas en la serie normal y de 200 piezas en las series miniatura ("APENDICE B").
- iii) **Especiales:** fresas no incluidas dentro del rango ofrecido por la Empresa, pero producidas bajo las especificaciones y requerimientos de clientes individuales.

La mayoría de las fresas estándar y suplementarias, también son ofrecidas con dientes escalonados y algunas con dientes en la punta; con lo cual el número de fresas de carburo de tungsteno ofrecidos por la Empresa asciende a 150 tipos, aproximadamente.

2.0 ANALISIS DE LOS SISTEMAS EXISTENTES DE PLANEACION Y CONTROL DE LA PRODUCCION

El primer paso consistió en lograr que los autores se familiarizaran con el sistema existente para Planear y Controlar la Producción. Se consideró que este objetivo sería mejor alcanzado mediante la preparación de Diagramas de Flujo de Información.

La preparación de dichos diagramas, aunadas a un estudio entre las fechas de terminación estimadas y reales, también fue visto como un medio para evaluar la efectividad del Sistema de Planeación y Control de Producción. Obteniendo además, la información necesaria respecto de aquellas áreas en las que debía concentrarse el esfuerzo, dentro del marco de los Términos de Referencia.

2.1.- Diagramas de Flujo de Información

Los Diagramas compilados abarcaron:

- i) La preparación de Programas de Producción a Largo Plazo, y
- ii) El Procedimiento Generalizado para Procesar Pedidos de Clientes.

Estos han sido incluidos en el "APENDICE C".

De la preparación del primer diagrama, se determinó que realmente no existía un esfuerzo concreto para evaluar los requerimientos de capacidad productiva. Hasta hace poco, la Gerencia consideraba que con el reacondicionamiento hecho a las máquinas rectificadoras manuales y con la introducción de una máquina rectificadora automática, se contaba con suficiente capacidad disponible para hacer frente a los pronósticos de ventas.

De este análisis también se desprendió que los requerimientos de materiales se determinaban en forma anual, y que en base a ellos se establecían contratos de suministro con los diferentes proveedores. Esto se debe, por un lado, a los largos plazos de entrega y, por el otro, al hecho de que el Carburo de Tungsteno es de importación.

En el curso de la preparación del segundo Diagrama de Flujo, se encontró que:

- a) Los requerimientos de capacidad para órdenes individuales de trabajo eran determinados empleando tiempos de manufactura estimados versus tiempos reales de producción.
- b) Las órdenes vencidas eran tomadas en cuenta en el momento de cargar órdenes nuevas de trabajo, pero no se contaba con un procedimiento formal para adecuar la carga de máquinas, y
- c) Las órdenes de trabajo eran cargadas en el momento de su recepción, más sin embargo, no se establecía un programa de producción a corto plazo.

No obstante, los efectos que tales prácticas tenían sobre la capacidad disponible, no fueron evaluados en esta etapa.

2.2.- Análisis de Tiempos de Producción Planeados vs. Reales

El análisis se basó en los registros de producción correspondientes a 33 semanas del año fiscal 1992, de entre los cuales, fue posible identificar 179 lotes con fechas reales de terminación.

Las varianzas entre las fechas de terminación estimadas y reales fueron determinadas y los resultados sumariados acorde con el periodo en el cual debió completarse la producción. ("APENDICE D"). Los resultados del análisis estadístico mostraron que existía un

promedio de retraso por lote de producción de aproximadamente 2 semanas, con una desviación estándar de 2.75 semanas. Ello implica que si las fechas de entrega se tuvieran que cumplir, en el 90% de los casos las fechas de terminación planeadas tendrían que aumentar en aproximadamente 5.5 semanas, bajo condiciones normales de operación ("APENDICE D").

Los efectos de tales desviaciones no pueden ser subestimados, ya que no solo redundan en un menor flujo de efectivo debido a mayores niveles de inventario (en el caso de fresas estándar), sino que muy probablemente provocaría la pérdida o cancelación de un gran número de pedidos.

Cabe destacar, sin embargo, que estos retrasos se debieron a cinco causas principales:

2.2.1.- Los problemas para importar materias primas.

Aún cuando no es posible recomendar ninguna acción correctiva para esta causa de retraso, sus efectos sobre la producción no deben soslayarse. Este factor provocó un retraso en las entregas de 2 semanas hacia el final del Segundo Período y un retraso de 3 semanas para cuando se iniciaba el Período Número Cuatro.

2.2.2.- Disponibilidad de Matrices.

La creciente demanda de fresas de carburo de tungsteno durante el segundo semestre de 1992, aunada a la imposibilidad del proveedor más importante de la Empresa (Compañía "C") para cumplir con las fechas de entregas prometidas, fue otra de las causas de retrasos.

Al respecto, la Empresa ya tomó las medidas correctivas necesarias y, en consecuencia, sólo resta recomendar que la cantidad de Matrices suministradas por la Compañía "C" sea reducida aún más, en especial en el caso de aquellas Matrices utilizadas para producir fresas estándar.

2.2.3.- La falta de Tiempos Reales de Manufactura.

Los tiempos de manufactura son estimados por los Supervisores sobre la base de su experiencia, y aún cuando ha sido dicho "que el juicio de un supervisor tiende a ser exacto", una estimación no deja de ser una suposición, y como tal, constituye una fuente de imprecisión. Por tal motivo, y como se mencionó anteriormente, se realizó un análisis que involucró 179 lotes producidos durante los primeros 8 periodos del año 1992, así como una muestra al azar de 63 lotes producidos entre los periodos 7º y 11º del año 1991. El objeto de esta muestra al azar, fue el de checar la validez de la información obtenida en el primer juego de datos.

La lista de estimaciones empleada para comparar los tiempos actuales de manufactura fue establecida en Abril de 1992, pero sigue siendo considerada como un registro válido y verdadero ("APENDICE E").

Los resultados del análisis han sido sumariados en las TABLAS 1 y 2. Sin embargo, un mayor detalle de los resultados ha sido incluido en el "APENDICE F".

La Tabla 1 muestra que el número de tipos de fresas en los cuales se subestiman los tiempos de manufactura (donde:

$$\frac{\text{Producción Real/ Día}}{\text{Producción Estimada Diaria}} < 1 \quad)$$

no es significativamente mayor que el número de tipos de fresas en los cuales se han sobrestimado los tiempos de manufactura (donde:

$$\frac{\text{Producción Real/ Día}}{\text{Producción Estimada Diaria}} > 1 \quad)$$

Esta consideración puede ser engañosa ya que podría llegarse a concluir que, en el largo

plazo las estimaciones dadas por los Supervisores balancearían la capacidad requerida. Debe recordarse que los tiempos de manufactura y las tasas de demanda correspondientes, son diferentes para cada tipo de fresa y que, por lo tanto, cada caso debe tratarse por separado.

Consecuentemente, lo que la Tabla 1 muestra, es la imperiosa necesidad de cargar y programar todas las órdenes de trabajo utilizando tiempos reales de manufactura. Ello si es que se quiere reducir los retrasos debidos a este factor. Esto implica que se tendrá que crear una base de datos de tiempos de manufactura. Sin embargo, esta puede ser compilada fácilmente si los operarios anotaran en la "Tarjeta de Ruta", tanto la hora como la fecha en que cada orden es iniciada y terminada. Cualquier observación relevante, tal como el tipo de montaje requerido (ya fuera total o parcial), las averías mayores sufridas por la máquina o la mala calidad de las Matrices, también pueden incluirse en la Sección de "Registro de Inspecciones" de la tarjeta, la cual no está siendo utilizada actualmente ("APENDICE G")

A pesar de que los datos reunidos cubrieron 86 tipos distintos de fresas, sobre una base individual, no fueron suficientes para comprobar estadísticamente la exactitud de las estimaciones de los Supervisores. De ahí que se procediera a la preparación de la Tabla 2 en la que se muestra la "consistencia" entre los tiempos de manufactura reales y estimados, para fresas producidas entre los periodos séptimo y onceavo de 1991, y primero y octavo de 1992. Los resultados indican que la proporción de tipos de fresas para los cuales los tiempos de manufactura fueron consistentemente sub- o sobrestimados aumentó en relación al número de lotes evaluados para cada tipo de fresa.

TABLA 1. RESUMEN DE VARIANCIAS ENTRE TIEMPOS DE PRODUCCION ESTIMADOS Y REALES

VARIANCIA	Producción Real / Día Producción Estimada / Día			TOTAL
	<1	=1	>1	
(%)				
0		3		3
1-10	13		13	26
11-20	17		10	27
21-30	7		5	12
31-40	3		4	7
41-50	1		0	1
50	1		1	2
TOTAL	42	3	33	78

TABLA 2. CONSISTENCIA EN LA SUB- O SOBRE-ESTIMACION DE TIEMPOS DE MANUFACTURA PARA LOTES DE FRESAS PRODUCIDAS ENTRE LOS PERIODOS 7º Y 11º, 1991, Y LOS PERIODOS 1º Y 8º, 1992.

	CONSISTENCIA	INCONSISTENCIA	OBSERVACIONES
No. de Tipo de Fresas con uno o más lotes en cada muestra	25	15	46 Tipos de Fresas no fueron considerados por no ser comunes a ambas muestras
No. de Tipo de Fresas con dos o más lotes en cada muestra	9	3	

EJEMPLO.

Código de la Fresa	Tasa de Producción			
	ESTIMADA	REAL 1991	REAL 1992	
7503/18	50 P.P.D.	45 P.P.D.	32 P.P.D.	Consistente
7505/20	17 P.P.D.	9 P.P.D.	23 P.P.D.	Inconsistente

donde P.P.D. = Piezas por Día

Finalmente, debe mencionarse que un estudio que cubría 13 órdenes de trabajo producidas entre los periodos octavo y noveno de 1992 también mostró que en el 70% de los casos, los tiempos de manufactura fueron consistentemente sub- o sobrestimados. ("APENDICE H"). Enfatizando la necesidad de una mejor planeación y control de la capacidad productiva.

2.2.4.- Re-acondicionado de Fresas de Clientes

Los requerimientos de capacidad para operaciones de re-acondicionado (o re-afilado) no son considerados en el "Pizarrón de Producción" y, por ende, constituyen otra fuente de retrasos debido a errores "de memoria". Obviamente, esta causa de retrasos puede eliminarse si los requerimientos de re-acondicionado son cargados de una manera adecuada.

En relación a los tiempos de re-acondicionado, no fue posible establecerlos, pero una estimación razonable sería la de considerar las mismas tasas de manufactura de las fresas producidas a partir de las Matrices. Ello debido a que el montaje de cada fresa en las máquinas rectificadoras resulta mucho más difícil y tiende a consumir el tiempo que pudiera ahorrarse por el menor número de cortes requeridos.

2.2.5.- Actitud de los Operarios hacia el Programa de Incentivos

Variaciones mayores a un 30% en la tasa diaria de producción para la misma orden de trabajo son comunes en la Sección de Carburo de Tungsteno. Por tal motivo, se procedió a realizar una investigación al respecto, y de las pláticas sostenidas con la Supervisión y los Operarios, se encontró que los propios trabajadores tienen fijadas sus normas de producción. En otras palabras, éstos "conocen" la cantidad de horas estandar requeridas para obtener un determinado incentivo y, consecuentemente, trabajan para lograr esa meta. Esta situación se asemeja a los resultados obtenidos por Elton Mayo en el desarrollo de los "Estudios Hawthorne" (1927-1939).

Esta causa de retrasos tiene un efecto directo sobre las tasas reales de manufactura y, por tanto, sobre la capacidad disponible. Sin embargo, su importancia relativa no pudo ser evaluada dada la inexistencia de datos respecto de los tiempos perdidos por otros factores (tales como las descomposturas menores y mayores del equipo). Más aún, esta causa no pudo ser investigada a fondo, debido a objeciones presentadas por el Sindicato.

2.3.- Evaluación de Resultados

Los resultados aquí expuestos confirmaron los Términos de Referencia originalmente acordados con la Compañía y, al mismo tiempo, subrayaron que la efectividad de la Función de Planeación y Control de la Producción, se ha visto constreñida por una ineficiente planeación y control de la capacidad productiva.

3.0 FACTORES QUE LIMITAN EL TIPO DE FRESAS QUE PUEDEN SER FABRICADAS

Con antelación a un análisis detallado de los requerimientos para lograr una buena planeación y Control de la Capacidad, se decidió llevar a cabo una investigación respecto de los factores que limitan el tipo de fresas que pueden ser producidas simultáneamente. Esta investigación fue considerada de primordial importancia por la Compañía, ya que habían surgido dudas en torno a si la Empresa podría o no cumplir con un número de pedidos de clientes por razones ajenas a limitantes en la propia capacidad del taller.

En este contexto, los factores más importantes fueron:

- i) La Disponibilidad de Matrices, y
- ii) La Disponibilidad de Arboles de Levas

3.1.- Disponibilidad de Matrices

Las Matrices son surtidas por tres proveedores mediante contratos anuales en los que se establecen las fechas y cantidades de cada entrega. Dos de ellos, la Compañía "A" y la Compañía "B", puede decirse que surten de inventario, ya que sus corridas de producción alcanzan a cubrir las entregas de seis meses. En cambio, el tercer proveedor (La Compañía "C") sólo fabrica los volúmenes requeridos en cada entrega.

Esto implica que cuando la demanda de Matrices surtidas de inventario excede a aquella establecida en el Programa de Requerimiento de Materiales (y, por ende, en los Contratos de Compra), se puede pedir al proveedor que adelante las entregas, nulificando así la contingencia de este factor. Obviamente, esta situación no procede cuando las Matrices son producidas para cubrir los requerimientos de una entrega específica, con lo cual se ven afectadas las ventas y/o el servicio a clientes.

Con lo anterior en mente, se procedió a efectuar un análisis para determinar el grado de influencia que cada tipo de suministro tiene sobre la producción. Este análisis se basó en el Programa de Requerimiento de Materiales y en los Contratos de Compra firmados con los proveedores para el año 1993 ("APENDICE I").

Los resultados son mostrados en las TABLAS 3 y 4, en las que se puede observar que si bien sólo el 34% de los tipos de Matrices compradas tienen una disponibilidad sobre pedido, éstos involucran el 43% del volumen total de Matrices requeridas.

TABLA 3.

	DISPONIBILIDAD DE MATRICES		TOTAL
	de Inventario	sobre Pedido	
Tipos de Matrices (No.)	28 + Husillo de 3 mm	14 + Husillo de 3mm	43
Volumen Total (Piezas)	70,700	53,000	123,700
Tipos de Fresas Estándar producidas*	41	18	59
Tipos de Fresas Suplementarias producidas*	35	27	62
TOTAL	76	45	121

* Incluyendo Fresas S/C

TABLA 4.

	DISPONIBILIDAD DE MATRICES		TOTAL
	de Inventario	sobre Pedido	
Tipos de Matrices	66%	34%	100%
Volumen Total	57%	43%	100%
Tipos de Fresas Estándar producidas	69%	31%	100%
Tipos de Fresas Suplementarias producidas	56%	44%	100%
Tipos de Fresas Estándar y Suplementarias producidas	63%	37%	100%

Asimismo y, a pesar de que éstos insumos son usados para producir el 31% de las fresas estándar y el 44% de las suplementarias, aproximadamente el 90% de las 53,000 Matrices con disponibilidad sobre pedido son empleadas en la fabricación de fresas estándar.

Por tanto, puede concluirse que el grado de influencia que tiene este tipo de suministro sobre la capacidad productiva es bastante alto: De cada 7 Matrices compradas, 3 tienen una disponibilidad sobre pedido.

A la luz de éste análisis, y considerando el hecho de que las Matrices surtidas sobre pedido no están siendo entregadas a tiempo por la Compañía "C", se recomienda reducir el volumen de suministro contratado con ese proveedor, especialmente en el caso de las Matrices utilizadas en la fabricación de productos estándar. Ello resultará en un incremento en el costo de materias primas, pero los beneficios obtenidos al tener una disponibilidad inmediata de Matrices no sólo cubrirá el incremento en costos, sino que dará a la Empresa una mejor posición competitiva al tener "los productos indicados, en el momento oportuno y a un costo general óptimo".

3.2.- Disponibilidad de Árboles de Levas

A efecto de determinar el grado de influencia de este factor, los árboles de levas fueron agrupados en función de la forma y el tamaño de fresas que con ellos pueden producirse ("APENDICE J").

Cada grupo fue cargado a capacidad infinita, tomando en consideración tanto el Programa de Requerimiento de Materiales para 1993 ("APENDICE I") como dos juegos de tasas de manufactura: las estimadas por los Supervisores y las determinadas en las evaluaciones realizadas ("APENDICES E y F", respectivamente). El hecho de que se empleara el Programa de Requerimiento de Materiales en este ejercicio se debió a que no se contaba, en ese momento, con un Pronóstico de Ventas detallado.

El propósito de cargar cada grupo de árboles de levas utilizando ambos juegos de tasas de producción, no fue otro sino el de proveer los inicios necesarios para evaluar los efectos que cada juego de datos tenía, no sólo en lo que respecta a la disponibilidad de árboles de levas, sino también por lo que toca a los requerimientos de capacidad de planta.

Finalmente, se calculó el número de horas de trabajo requeridas por año ("APENDICE K") y se compararon las necesidades totales de cada grupo de árboles de levas, con los recursos existentes. Debe aclararse que en los cálculos se adicionó un 2.5% de tolerancia para dar cabida al montaje de máquinas, y que dicha tolerancia fue acordada con los Supervisores en base a otro estudio realizado ("APENDICE H").

Los resultados, resumidos en la TABLA 5, muestran que con excepción de los grupos 1A, 8A y 13, los requerimientos de árboles de levas para el resto de los grupos, están muy por debajo de la capacidad disponible en el caso de que se utilizaran todas las Matrices adquiridas. Además, las fresas correspondientes a los grupos 1A y 8A, por lo general se producen en la máquina rectificadora automática, por lo que puede concluirse, que la disponibilidad de levas no es un factor limitante en el tipo de fresas que se pueden producir simultáneamente.

TABLA 5. UTILIZACION DE ARBOLES DE LEVAS PARA CUBRIR EL PROGRAMA DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES, 1993

GRUPO (No.)	CAPACIDAD DISPONIBLE	CAPACIDAD REQUERIDA *		UTILIZACION DE ARBOLES DE LEVAS	
		TIEMPOS ESTIMADOS	TIEMPOS REALES	TIEMPOS ESTIMADOS	TIEMPOS REALES
1A	5,688 hrs.	7,517 hrs.	8,822 hrs.	132%	155%
2A	5,688 hrs.	2,875 hrs.	2,523 hrs.	51%	44%
2B	3,792 hrs.	1,121 hrs.	1,211 hrs.	30%	32%
2C	1,896 hrs.	970 hrs.	871 hrs.	51%	46%
2D	3,792 hrs.	2,243 hrs.	1,794 hrs.	59%	47%
2E	3,792 hrs.	2,491 hrs.	2,358 hrs.	66%	62%
3	1,896 hrs.	565 hrs.	428 hrs.	30%	23%
4	5,688 hrs.	1,249 hrs.	1,357 hrs.	22%	24%
5	9,480 hrs.	2,335 hrs.	2,604 hrs.	25%	27%
6	3,792 hrs.	168 hrs.	186 hrs.	4%	5%
7	3,792 hrs.	2,042 hrs.	2,300 hrs.	54%	61%
8A	1,896 hrs.	1,413 hrs.	1,499 hrs.	75%	79%
9	7,584 hrs.	579 hrs.	735 hrs.	8%	10%
10A	3,792 hrs.	1,413 hrs.	1,889 hrs.	37%	50%
10B	1,896 hrs.	374 hrs.	408 hrs.	19%	22%
11	3,792 hrs.	2,362 hrs.	2,127 hrs.	63%	56%
12	1,896 hrs.	168 hrs.	104 hrs.	9%	5%
13	9,480 hrs.	7,216 hrs.	7,278 hrs.	76%	77%
14	1,896 hrs.	942 hrs.	997 hrs.	50%	53%
15	1,896 hrs.	154 hrs.	154 hrs.	8%	8%
16	1,896 hrs.	154 hrs.	146 hrs.	8%	8%
17	1,896 hrs.	336 hrs.	434 hrs.	18%	18%
18	1,896 hrs.	77 hrs.	77 hrs.	5%	4%
TOTALES		38,764 hrs.	40,092 hrs.		

* Incluye un 2.5% de tolerancia para el montaje de Máquinas

Los resultados también muestran que:

- i) La producción en cada grupo puede incrementarse por lo menos en un 15%, antes de que la disponibilidad de árboles de levas se convierta en factor crítico. Y aún en el caso de que esto aconteciera, la compra de juegos completos de árboles de levas para todos los grupos no sería necesario, ya que en algunos de ellos solamente se requieren levas helicoidales y/o levas extra lineales ("APENDICE J").
- ii) Los requerimientos de capacidad se subestimarían en por lo menos 1,000 horas-máquina, si se continúan utilizando tiempos estimados de manufactura. Ello, no sólo redundará en un pobre Servicio a Clientes, sino que también repercutirá en las utilidades de la Compañía, dada la subestimación del costo de la mano de obra.

El procedimiento detallado que se siguió para establecer los requerimientos de árboles de levas, utilizando tiempos reales de manufactura, ha sido incluido en el "APENDICE L". Un procedimiento similar fue empleado cuando se utilizaron las tasas estimadas de producción.

4.0 PLANEACION Y CONTROL DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION

4.1.- Introducción

"Capacidad es el tiempo disponible, ya sea en términos de horas-hombre u horas-máquina, que se tiene en cualquier medio productivo para manufacturar productos terminados" (Referencia 1). No obstante, en algunos casos la capacidad también puede ser medida en términos del número de unidades producidas, cuando todas las unidades involucran un "mismo contenido de trabajo".

En la Sección de Carburo de Tungsteno, la capacidad no puede ser medida en términos del número total de fresas producidas por día, dado que la mayoría de los tipos de fresas fabricadas tiene diferentes tasas de manufactura y, en consecuencia, el volumen de producción variará en función de la mezcla de productos. Esto implica que la capacidad debe medirse en base a las horas de trabajo disponibles.

Con el fin de determinar las diferentes operaciones involucradas en la fabricación de fresas de carburo de tungsteno, se desarrollaron Diagramas de Flujo de Proceso de Materiales acordes al Estándar No. 101 de la A.S.M.E.(Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos). De ellos fue posible establecer que:

- i) En las operaciones de soldado y esmerilado, la capacidad puede ser medida en términos de "horas-hombre", "horas-máquina" o bien "horas hombre-máquina", ya que un trabajador opera una sola máquina. Esta consideración también aplica a las operaciones de corte realizadas en la rectificadora automática.
- ii) En las operaciones de corte de las máquinas rectificadoras manuales, la capacidad debe ser medida en términos de "horas-máquina"; ya que un sólo trabajador (o un equipo formado por un operador y un montador/operador), maneja un determinado número de máquinas simultáneamente.

Durante la preparación de estos Diagramas, y de las pláticas sostenidas con la Supervisión y el Jefe del Taller, también se encontró que:

- i) Las máquinas de soldado y esmerilado, sólo se utilizan en, aproximadamente, un 60% de la "capacidad planeada". Entendiéndose por "capacidad planeada", el tiempo real durante el cual existe disponibilidad de operarios y energía eléctrica para poder trabajar los equipos.
- ii) Los tiempos de manufactura en estas máquinas son considerablemente mas bajos que aquéllos requeridos para las operaciones de corte.
- iii) Las operaciones de soldado y/o esmerilado, generalmente son realizadas en cuanto se cuenta con el "Manual de Especificaciones", de tal forma que las mismas están terminadas por lo menos con una o dos semanas de antelación al inicio de las operaciones de corte. Esto permite realizar cambios de última hora en la producción. El "Manual de Especificaciones" consta de todos los documentos de trabajo, listas de materiales y dibujos necesarios para producir un tipo particular de fresas.

Por tanto, se llegó a la conclusión de concentrar el análisis de Planeación y Control de Capacidad de Producción en las máquinas rectificadoras, y de usar las "horas-máquina" como la unidad de medida de la capacidad productiva.

Los Diagramas de Flujo de Proceso de Materiales han sido incluidos en el "APENDICE M".

4.2.- Planeación de los Recursos Disponibles

La FIGURA 1, ilustra los diferentes tipos de capacidad descritos por J. L. Burbidge (Referencia 2) y muestra los factores que han de considerarse al planear la capacidad en la Sección de Carburo de Tungsteno.

Cada rectificadora tiene una "capacidad máxima" de 168 horas por semana (7 días x 24 horas). El tiempo real durante el cual existe disponibilidad de operarios y energía eléctrica para trabajar, conocido como "Capacidad Planeada de Máquina", será menor a la capacidad máxima en una cantidad que dependerá del número de turnos trabajados, de las horas trabajadas por turno, y del tiempo extra planeado.

CAPACIDAD MAXIMA DE CADA MAQUINA				(168 Hrs/Semana)	
Capacidad Normal de Máquina			Tiempo Extra (Presupuestado)	Tiempo no Trabajado	
CAPACIDAD PLANEADA DE MAQUINA					
Tiempo de Operación (Planeado)	Tiempo Auxiliar (Presupuestado)	Tiempo Muerto (Presupuestado)	Tiempo de Paro por Mantenimiento (Presupuestado)		
CAPACIDAD PLANEADA DISPONIBLE					
Tiempo de Operación de Máquina (Planeado)					
Tiempo Estándar de Operación	Tiempo de Baja Productividad (Presupuestado)				

FIGURA 1.

En el caso particular de la Sección de Carburo de Tungsteno, la "Capacidad Planeada de Máquina" será igual a la "Capacidad Normal de Máquina", ya que por el momento, no se considera deseable laborar tiempo extra. No obstante, cabe mencionar, que durante las vacaciones individuales el tiempo extra es permitido, pero éste debe considerarse como una excepción y, por ende, que el trabajo debe planearse en función de la disponibilidad de mano de obra. La planta trabaja un sólo turno, con un total de 40 horas por semana.

La "Capacidad Planeada de Máquina" no llega a utilizarse en su totalidad para trabajo útil, debido a pérdidas tales como:

- i) Tiempos Muertos : Por falta de órdenes de trabajo, materia prima, herramental, etc.
- ii) Tiempos Auxiliares : El tiempo requerido para montajes de máquinas, mantenimiento preventivo, cambio de herramental, etc., y
- iii) Tiempos de Paro : Ocasionados por mantenimiento correctivo, cortes de energía eléctrica, materiales defectuosos, etc.

Al Tiempo remanente, una vez deducidas las tolerancias por dichas pérdidas, se le conoce como "Tiempo de Operación de Máquina". Por último, el "Tiempo Estándar de Operación" se obtiene ajustando el "Tiempo de Operación de Máquina" con el "Tiempo de Baja Productividad".

Los principales tipos de pérdidas que deben tomarse en cuenta al planear la capacidad de producción en la Sección de Carburo de Tungsteno, son descritos en el "APENDICE N". Y las deducciones que por ellos se hagan, deberán actualizarse con regularidad, lo cual resalta la imperiosa necesidad de contar con un adecuado sistema de monitoreo y control.

J. L. Burbidge, también especifica la existencia de dos métodos básicos para verificar las cargas de máquinas, ellos son: el Ajuste de Capacidad y el Ajuste de la Carga, como tal.

- i) Con el primer método, la capacidad disponible es ajustada totalmente, tal y como se ilustra en la Fig. 1. Ello implica comparar "El Tiempo de Operación de Máquina" planeado con la carga neta o "tiempos estándares" para todo el trabajo desarrollado.
- ii) Con el Ajuste de la Carga, la capacidad considerada es la "Capacidad Planeada de Máquina", la cual es comparada con la carga bruta (Es decir, con la carga de máquinas una vez agregadas las pérdidas por tiempos muertos, tiempos auxiliares y tiempos de paro).

De éstos, el método de Ajuste de Carga es el utilizado actualmente en la Sección de Carburo de Tungsteno. Sin embargo, la capacidad tendrá que ser ajustada a lo que se denomina "Capacidad Planeada Disponible", ya que con anterioridad no se han considerado los tiempos muertos por descomposturas mayores de máquinas.

Las ecuaciones necesarias para calcular los requerimientos de capacidad de una orden de trabajo en particular, así como para determinar la capacidad disponible y la capacidad potencial en la Sección de Carburo de Tungsteno, han sido incluidas en el "APENDICE P".

4.3.- Cargado y Programado de Máquinas

"La función de Cargado de Máquinas, consiste en la asignación de la capacidad requerida para fabricar un producto, la cual es distribuida entre los distintos equipos que intervienen en la manufactura de ese producto en particular". (Referencia 1).

"El Programado de Máquinas se refiere a la secuencia y tiempos en el curso de los cuales han de desarrollarse las diferentes operaciones requeridas para fabricar los distintos productos o componentes dentro de las instalaciones de producción". (Referencia 3).

Tradicionalmente, estas funciones han sido realizadas al mismo tiempo por el Departamento de Producción, dado su conocimiento de las restricciones de capacidad. Las razones principales por las cuales estas funciones se realizan simultáneamente son:

- i) **Disponibilidad de Árboles de Levas:**
Este aspecto fue tratado en la Sección 3.2. No obstante, cabe mencionar, que si bien se encontró que existió capacidad suficiente de árboles de levas para cumplir con el Programa de Requerimiento de Materiales 1993, el número de árboles de levas disponibles por cada grupo de productos varía entre uno y cinco. Limitando, consecuentemente, la capacidad total disponible a aquella de cada grupo individual de árboles de levas. (TABLA 5 y "APENDICE J").

- ii) **Requerimientos de Montaje:**
Mientras que un montaje total en las máquinas rectificadoras manuales toma unas 4 horas, en promedio, un montaje parcial solo toma 30 minutos, aproximadamente ("APENDICE N"). Por tanto, al cargar y programar las máquinas simultáneamente, han logrado mejorías substanciales en la utilización de la capacidad disponible; generando con ello, un incremento directo en la productividad y una reducción en los costos unitarios.

- iii) **Políticas de la Empresa:**
Es política de la Empresa el que: "No más del 10% de la capacidad disponible (en las máquinas rectificadoras) sea utilizada para fabricar un tipo particular de fresa, a menos de que exista aprobación expresa de la Gerencia".

4.3.1.- Análisis del Sistema Existente

El cargado y programado de las diferentes órdenes de trabajo se realiza en el "Pizarrón de Producción". Por lo general, estas funciones se desarrollan diariamente de acuerdo con el procedimiento descrito en el "APENDICE Q". La abscisa del pizarrón la configuran las semanas del año, mientras que la rectificadora automática y las 21 máquinas manuales configuran la ordenada.

Por cada orden de trabajo, se prepara una "Tarjeta de Producción", la cual contiene el número de la orden de trabajo, el código de la fresa, la cantidad requerida y la semana de terminación del trabajo. En caso de que los requerimientos de capacidad sean tales que se necesite emplear más de una máquina, se preparará una tarjeta por cada máquina a utilizar. Las tarjetas se colocan acorde con la semana en la que debe iniciarse el trabajo y con la máquina que se va a utilizar. Una cinta roja en la tarjeta indica que la orden está siendo procesada y una cinta azul que no existe disponibilidad de Matrices.

4.3.2.- Evaluación de Resultados

Del análisis arriba descrito, se encontró que:

- i) Para determinar los requerimientos de capacidad se emplean estimaciones en lugar de tiempos reales de manufactura.
- ii) Los requerimientos de capacidad para órdenes de trabajo vencidas, no son registrados formalmente en el "Pizarrón de Producción".
- iii) Los requerimientos de capacidad para el "re-afilado de fresas de Clientes", no son registrados en el "Pizarrón de Producción".
- iv) No se mantienen registros que indiquen la capacidad asignada a Ordenes de Trabajo individuales, ni tampoco acerca de la capacidad

disponible restante, y

- v) Por lo general, no se mantiene disciplina en el procedimiento de cargado y programado de máquinas.

De estas observaciones, solamente se hará mención en este capítulo al cuarto y quinto puntos, puesto que los otros tres ya fueron tratados en la Sección 2.0.

4.3.2.1.- La falta de registros que muestren el saldo de capacidad disponible, seguramente ha provocado la sub-utilización o sobrecargado de máquinas individuales. Las fallas en el sistema se han ido acumulando, no sólo por la utilización de tiempos de manufactura estimados, sino también por la falta de cifras confiables acerca de la capacidad disponible. Este factor, sin embargo, puede ser corregido con facilidad, mostrando en cada "Tarjeta de Producción", tanto la capacidad requerida como el saldo de capacidad disponible.

4.3.2.2.- Las órdenes de trabajo de fresas estándar cuya producción no ha sido aún asignada a algún cliente en particular, por lo general son retrasadas, aún cuando ya hayan sido programadas. La razón dada para explicar ésta situación es que la producción de otras órdenes de trabajo representa ventas realizadas, pero no se toma en consideración el hecho de que, cuando se ordenan productos estándar, ello obedece a que su nivel de inventario ha llegado al punto de reorden.

Si bien los efectos de esta acción no han sido demasiado críticos debido al uso de inventarios de seguridad y a la liberación de órdenes parciales de producción, si se han llegado a agotar las existencias de productos estándar. Por lo tanto, resulta necesario no sólo observar el procedimiento descrito para el cargado y programado de máquinas sino también respetar la programación ya establecida. Más aún, existen razones para creer que si este procedimiento es seguido de una manera apropiada, los ciclos de manufactura para fresas estándar podrían reducirse de ocho a seis o siete semanas. Lo cual permitiría a la Compañía hacer un uso más eficiente de su capital, dada la reducción en los niveles de inventario que se tendría.

4.3.2.3.- Por otro lado, también se evaluaron otros métodos para el cargado y programado de máquinas en la Sección de Carburo de Tungsteno. El más factible de ellos en su aplicación práctica, consistió en: cargar los grupos individuales de árboles de levas, comparar los requerimientos de capacidad con la disponibilidad de árboles de levas y máquinas, para finalmente, proceder a programar los equipos. No obstante, después de una más profunda consideración en torno a esta alternativa, se llegó a la conclusión de que tomaría más tiempo, además de que podría provocar mayores pérdidas de capacidad dado el probable incremento en los requerimientos de montaje de máquinas.

Como resultado de lo anterior, se concluyó que el procedimiento seguido para el cargado y programado de máquinas es el adecuado, pero que su implementación ha adolecido de fallas. Los medios recomendados para corregir dichas deficiencias han sido mencionados a lo largo del estudio y es la creencia de los autores, de que con el cúmulo de información presentada, las funciones de carga y programado de máquinas, bien podrían transferirse al Departamento de Control de Producción.

4.4.- Sistema de Control y Reportes de Excepción

"Controlar consiste en monitorear continuamente la producción real contra la planeada; instrumentando, en caso necesario, las acciones correctivas apropiadas para lograr o que la producción se apegue al plan, o que los planes a futuro sean modificados considerando los motivos que dieron lugar a las desviaciones del plan original" (Referencia 1).

El "APENDICE R" muestra la forma en que un sistema puede ser controlado. Esta conceptualización es obra de J.L. Burbidge (Referencia 3).

De acuerdo con J.G.H. Pearce, "LA REGLA DE ORO CONSISTE EN CONTROLAR POR EXCEPCION" (Referencia 1), lo cual implica que sólo las desviaciones más significativas del plan han de ser reportadas. La forma de reportar tales desviaciones es a través de "Reportes de Excepción", los cuales deberán incluir, dentro de lo posible, las razones de esas desviaciones y las propuestas para la toma de acciones correctivas necesarias.

4.4.1.- Diseño de un Sistema de Control

Después de estudiar las necesidades de monitoreo relativas al sistema propuesto para la planeación de la capacidad productiva, se llegó a la conclusión de que existen cuatro factores clave en la productividad departamental que deben ser monitoreados. Estos son:

- i) Las Fechas de Terminación Planeadas contra las Reales.
- ii) Las Varianzas de Productividad.
- iii) La Tasa de Desperdicios.
- iv) Los Tiempos de Paro por Descomposturas Mayores del Equipo.

Otros factores, tales como la utilización de máquinas y árboles de levas, también pueden ser monitoreados, pero han sido descartados en base a que el Sistema de Control requerido sería muy complejo.

Un resumen de las razones, y los medios, para monitorear los factores anotados es ilustrado en la TABLA 6; y una vista general del Sistema de Control propuesto, es mostrado en la FIGURA 2. Los Documentos de control sugeridos para soportar dicho sistema han sido incluidos en el "APENDICE S".

Sin embargo, cabe mencionar, que antes de que el segundo factor pueda ser monitoreado en forma apropiada, los tiempos (promedio) reales de manufactura deben ser obtenidos. Algunos de ellos han sido precisados a lo largo de la presente investigación ("APENDICE F"), pero es necesario contar con una mayor base de datos.

En este mismo contexto, puede ahorrarse mucho tiempo y trabajo utilizando los tiempos estándares empleados para calcular el sistema de incentivos. Estos tiempos incluyen una tolerancia del 40% por tiempo perdido. Sin embargo, cuando los autores intentaron determinar los tipos de pérdidas considerados en dicha provisión, ni el Departamento de Ingeniería Industrial ni el de Producción pudieron proporcionar una explicación exacta al respecto. Por esta razón, se recomienda el uso de tiempos (promedio) reales de manufactura.

4.4.2.- La Función de EXPEDITAR

En el ámbito de la actividad productiva, por EXPEDITAR se entiende "la actividad de circunscribir el rendimiento de la producción al seguimiento de los planes respectivos, y anticipar cualesquiera desviaciones de esos planes para que el área apropiada inicie la acción correctiva correspondiente" (Referencia 4).

En la Sección de Carburo de Tungsteno, la expeditación se logra a través de Juntas Mensuales entre todas las áreas involucradas. Esta forma de expeditar fue evaluada y se llegó a la conclusión de que tales juntas son justamente el medio indicado, tomando en consideración el tipo de actividad productiva y la política de la compañía de fabricar para inventarios.

Aún cuando existen "medios informales" para monitorear el avance de trabajo entre cada junta, se considera que es posible alcanzar resultados más positivos si las juntas de expeditación se realizaran semanalmente o cuando menos cada quince días. Particularmente, si se redujeran los "ciclos de manufactura" y se mejorara la utilización de la capacidad productiva.

4.5.- Mejoras a la Capacidad Productiva

"Cualquier mejora en la disponibilidad de la Capacidad existente, genera un incremento directo en el rendimiento productivo, una reducción en los costos unitarios y, por ende, una mayor utilidad" (Referencia 1).

Aún cuando no es posible utilizar la capacidad potencial del equipo, debido a los diferentes problemas que se presentan en el desarrollo del ciclo productivo, la brecha entre este objetivo y la capacidad disponible puede ser acortada si las distintas causas de tiempo perdido son reducidas, y se ejerce un mayor control de la capacidad de producción.

Si bien la Empresa ha empezado a tomar algunas medidas para mejorar la programación y reducir los tiempos de paro (con el reciente re-acondicionamiento de las rectificadoras manuales), no se ha hecho lo suficiente respecto de las otras causas que provocan pérdidas en la capacidad productiva.

Por medio de un estudio de "Interferencia de Máquinas y Tiempo no Productivo", los autores intentaron:

- i) Aislar y medir los diversos "elementos problema". ("APENDICE N"), y
- ii) Evaluar y recomendar los medios para reducir los más críticos.

A raíz de las objeciones presentadas por el Sindicato, el estudio tuvo que ser cancelado. No obstante, se recomienda su realización para que la Compañía pueda hacer un mejor uso de sus recursos.

TABLA 6. SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO

¿QUE CONTROLAR?	¿PORQUE CONTROLAR?	¿COMO CONTROLAR?
<ul style="list-style-type: none"> • Fechas de Terminación Planeadas vs. Reales 	<p>Para determinar áreas problema</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comparando la semana de terminación originalmente planeada contra la fecha real de terminación para todas las ordenes de trabajo terminadas en un mes particular. • Preparando reportes que muestren, en base mensual y acumulada: <ul style="list-style-type: none"> a) La proporción de órdenes terminadas a tiempo contra el porcentaje de órdenes terminadas fuera de tiempo. b) Las causas de retrasos, incluyendo su frecuencia.
<ul style="list-style-type: none"> • Varianzas de Productividad 	<p>Para determinar cambios en la capacidad disponible</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comparando los requerimientos de montaje y las tasas promedio de producción establecidas contra los tiempos reales reportados en las Tarjetas de Ruta individuales. • Usando técnicas gráficas para determinar tendencias.
<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de Desperdicio 	<p>Para determinar si la tasa "promedio" de desperdicio esperada debe ser modificada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comparando la tasa "promedio" de desperdicio de todas las órdenes de trabajo terminadas en un mes particular contra la tasa de desperdicio tolerada. • Usando técnicas gráficas para determinar tendencias
<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de Paro: Descomposturas Mayores de Máquinas 	<p>Para determinar si el tiempo "promedio" de descomposturas estimado debe ser modificado</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Comparando la proporción de "capacidad planeada de máquinas" perdida debido a descomposturas mayores contra aquella tolerada en el "APENDICE N". • Usando técnicas gráficas para determinar tendencias.

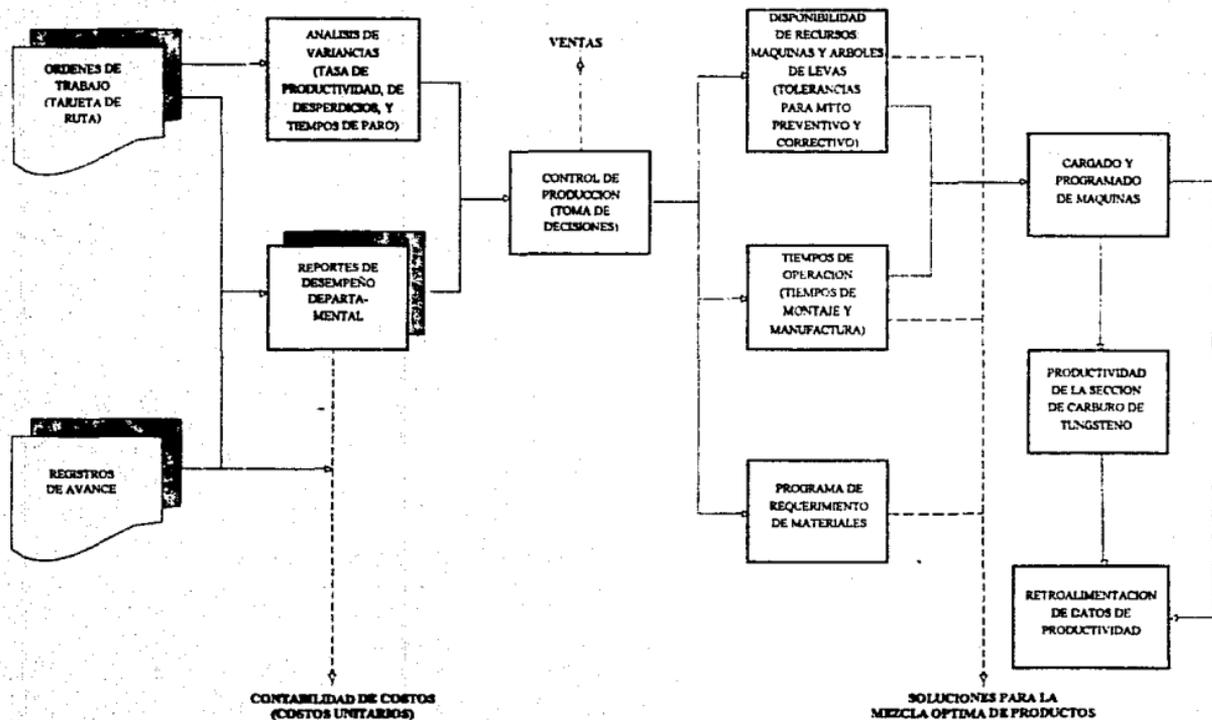


FIGURA 2. BOSQUEJO DEL SISTEMA DE CONTROL PROPUESTO

5.0 MEZCLA OPTIMA DE PRODUCTOS

5.1.- Introducción

La fabricación y venta de fresas de carburo de tungsteno puede ser optimizada mediante la aplicación de Técnicas de Programación Lineal.

En esencia, la Programación Lineal trata con el problema de distribuir y asignar "recursos limitados" entre "actividades competitivas" de la mejor manera posible (v.gr. óptima). Este problema de asignación se presenta cuando se requiere establecer la importancia relativa de algunas actividades que han de competir por ciertos recursos limitados, necesarios para realizar dichas actividades.

La Programación Lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema en cuestión. Involucra la planeación de actividades tendientes a obtener un resultado óptimo, es decir, a obtener el resultado que mejor logre el objetivo deseado de entre las alternativas viables que surjan del modelo matemático.

Los autores no consideraron necesario adentrarse en la descripción del procedimiento general para resolver problemas de Programación Lineal (conocido como Método "Simplex"), porque ello trascendería el objetivo del presente estudio, además de que es ampliamente tratado en la literatura existente en la materia. Sin embargo, en el "APENDICE T", se ha incluido una breve explicación de la terminología empleada en la Programación Lineal. El problema de la mezcla óptima de productos fue resuelto mediante el uso del "Programa XDLA" contenido en el Paquete de Programación Matemática Mark 3 de I. C. L. (International Computers Limited).

5.2.- Consideraciones Prácticas

5.2.1.- Del rango total de fresas de carburo de tungsteno ofrecidas por la Compañía, solamente fueron consideradas aquellas para las cuales existía pronóstico de ventas ("APENDICE U").

5.2.2.- Dado que la Compañía no puede vender volúmenes ilimitados de cada tipo de fresas, se consideró que el Pronóstico de Ventas 1993, constituía el mercado potencial.

5.2.3.- Dado que existen distintos precios de venta dependiendo del canal de distribución, la contribución unitaria de cada tipo de fresa varía consecuentemente. Por tal motivo, una vez establecido el volumen total de ventas por cada tipo de producto, se determinó la contribución unitaria (ponderada) por medio de prorrateos ("APENDICE U").

5.2.4.- Debido a que algunas fresas pueden ser producidas por distintos medios, se consideraron tres procesos de manufactura. El primero de ellos se refiere a las fresas fabricadas en las máquinas rectificadoras manuales, el segundo, a las producidas en el equipo automático y, el tercero, a las fresas producidas parcialmente en la rectificadora automática y terminadas en las máquinas manuales.

5.2.5.- Debido a la inexistencia de costos detallados de mano de obra para fresas producidas en la rectificadora automática, se consideró que el costo unitario de tales productos sería el mismo que cuando estos son fabricados en las máquinas manuales.

5.2.6.- Se consideró una tasa de desperdicio del 10%. Esta cifra fue proporcionada por el Gerente de Control de Producción, y es aplicable a toda la producción, independientemente de si las fresas son producidas en los equipos manuales o en el automático.

5.2.7.- Se consideró que el monto de Matrices disponibles para el ejercicio fiscal 1993 es el establecido en el Programa de Requerimiento de Materiales 1993 ("APENDICE I").

5.2.8.- Se consideró que el inventario final de producto terminado sería igual que el del inicio del ejercicio.

5.3.- La Función Objetivo

El objetivo es optimizar el uso del capital, y la mejor forma de alcanzar dicho objetivo es estableciendo la cantidad que debe venderse de cada tipo de fresa para maximizar la contribución para la Compañía (Tomando en consideración, que los volúmenes de venta estarán sujetos, a la vez, a las restricciones impuestas por los recursos disponibles y por las limitantes del mercado).

5.4.- Las Restricciones

La función objetivo, está sujeta a una serie de restricciones lineales, entre las que se encuentran aquellas asociadas con la capacidad de producción, la disponibilidad de Matrices y las ventas mismas.

5.4.1.- Restricciones debidas a la Capacidad de Producción

Estas no pueden definirse en términos del proceso de manufactura utilizado, dado que algunos de los distintos procesos "compiten" por las mismas facilidades productivas. En consecuencia, las restricciones de capacidad tienen que ser asociadas con el tipo de máquina empleada (v. gr., ya sea con las máquinas manuales o con la rectificadora automática). Más aún, al considerar las restricciones de capacidad en las máquinas manuales, es necesario considerar así mismo la disponibilidad de árboles de levas; ya que, tal y como se explicó en la Sección 3.2., algunos tipos de árboles de levas son utilizados en la producción de una variedad de fresas.

5.4.2.- Restricciones por Disponibilidad de Matrices

Estas se presentan en base al hecho de que la Empresa no puede adquirir cantidades ilimitadas de cada uno de los tipos de Matriz. Así mismo, también resulta necesario considerar que cada tipo de Matriz puede utilizarse en la manufactura de uno o más tipos de fresas (Sección 3.1. y "APENDICE I").

5.4.3.- Restricciones de Ventas

Estas incluyen, tanto las obligaciones contraídas por la Empresa para con sus Clientes (por Contratos de Venta), como las derivadas del potencial de mercado.

5.4.4.- Restricciones No-Negativas

Dado que las ventas no pueden ser negativas, resulta necesario restringir el valor de las variables de decisión (v. gr., de las variables que representan la cantidad de cada fresa a ser vendida) para que éstas no sean negativas.

La formulación matemática tanto de la función objetivo como de sus diversas restricciones ha sido incluida en el "APENDICE V".

5.5.- Soluciones Óptimas para la Mezcla de Productos

5.5.1.- Preparación General

Habiendo formulado la función objetivo y sus correspondientes restricciones en una "forma algebraica", resultó necesario disponer las ecuaciones en la "forma tabular" del Método Simplex, para ser consistente con los requerimientos de alimentación del paquete de computación.

A cada restricción le fue asignado un nombre en el correspondiente renglón de la Tabla, y como la "Tabulación Simplex" no permite la precisión de referirse directamente al tipo de

fresa "i" fabricado por medio del proceso de manufactura "j", las variables de decisión tuvieron que ser numeradas de la X_1 a la X_{141} . Tanto los nombres que por cada renglón fueron dados a las diferentes restricciones, como la descripción de cada una de las variables de decisión, son descritos en el "APENDICE W".

En el curso de la primera corrida del programa de computación, se obtuvo una "solución no factible". La razón de ello fue que, si bien existe un contrato por 2,400 fresas código 7543/20, solamente existía una disponibilidad de 2,000 Matrices. Esto fue informado a la Compañía y se asumió que se comprarían por lo menos 2,640 Matrices código 96-3021 (o sea, la cantidad necesaria para cumplir con el contrato de venta más un 10% de tolerancia por mermas en producción).

5.5.2.- Soluciones Optimas

Una vez removida la restricción arriba citada, fue posible obtener soluciones óptimas factibles, por lo que se procedió a correr el programa de computación en dos ocasiones:

En la primera corrida, se consideraron todas las restricciones iniciales. Del análisis del "Reporte de Soluciones Optimas" se detectó que el Pronóstico de Ventas 1993, no podría ser alcanzado debido a la insuficiente disponibilidad de ciertos tipos de Matrices, y no por razón de restricciones en la capacidad productiva.

En la segunda corrida, se asumió que ninguna fresa sería producida en la máquina automática. Esto con el objeto de determinar cualquier restricción posible en la capacidad productiva de las rectificadoras manuales o en la disponibilidad de árboles de levas. Los resultados demostraron que aún sin emplear la máquina automática, el factor limitante seguía siendo la disponibilidad de Matrices (y no aquellas restricciones imputables a la capacidad productiva).

Como resultado de lo anterior, se determinó la cantidad requerida de cada tipo de Matriz necesaria para cumplir el Pronóstico de Ventas 1993. Se asumió que la Compañía procedería a adquirir los faltantes detectados de materia prima, y en base a ello, se modificaron los datos iniciales del Programa.

Finalmente, el Programa fue corrido dos veces más, siguiendo las consideraciones asumidas en las corridas anteriores. Los resultados probaron de manera concluyente, que aún sin utilizar la máquina automática existe suficiente capacidad de producción para hacer frente a la demanda esperada.

La Tabla 7 muestra la contribución marginal que la Compañía puede esperar, así como la utilización de capacidad tanto en las máquinas manuales como en el equipo automático, para cada una de las cuatro Soluciones Optimas encontradas. Obviamente, y dado que la contribución marginal unitaria de cada tipo de fresa fue considerada constante (independientemente del proceso de manufactura utilizado), la contribución global para la Compañía resultante de la primera y segunda Soluciones Optimas Factibles, así como de la tercera y cuarta Soluciones, respectivamente, resulta ser la misma.

TABLA 7. Soluciones Optimas para la Mezcla de Productos

Solución Optima	Contribución Máxima	Capacidad Utilizada ¹	
		Rectificadoras	
		Manuales	Automática
Considerando las restricciones iniciales	1'019,420	85%	29%
Asumiendo que la Máquina Automática no será utilizada	1'019,420	93%	0%
Considerando las restricciones iniciales pero asumiendo que se contará con una adecuada disponibilidad de Matrices	1'090,135	94%	22%
Asumiendo que el equipo automático no será utilizado pero que se contará con suficientes Matrices	1'090,135	99%	0%

(1) Basada en la capacidad disponible considerada para el Problema de la Mezcla de Productos ("APENDICE U").

En este reporte se consideró necesario incluir únicamente los resultados de la tercera Solución Óptima encontrada, debido a que:

- i) La Empresa con toda facilidad puede adquirir las Matrices requeridas para alcanzar el Pronóstico de Ventas 1993, y
- ii) Es deseable que se continúe utilizando la máquina automática, dada su capacidad productiva.

La solución detallada del modelo, juntamente con los resultados de un análisis de sensibilidad post-óptimo han sido incluidos en el "APENDICE X", las cantidades adicionales de Matrices requeridas, en base a las recomendaciones hechas, se muestran en el "APENDICE Y".

5.6.- Evaluación de Resultados

El Modelo de Mezcla Óptima de Productos, ha sido empleado para proyectar las consecuencias de una serie de cursos de acción alternativos, con el propósito de permitir a la Empresa tomar una decisión debidamente sustentada. Dándole así una idea respecto de los resultados potenciales, que se tendrán como consecuencia de su acción presente.

Durante las etapas iniciales de la investigación, los autores fueron informados acerca de los diversos problemas de capacidad surgidos a raíz del incremento en la demanda de fresas de carburo de tungsteno. Sin embargo, los requerimientos de capacidad para alcanzar el Pronóstico de Ventas 1993, comprobaron que en la actualidad, éste no era el caso, particularmente si la mayoría de las fresas cilíndricas y cónicas se fabricaran en la máquina automática. Ello aumentará la capacidad de utilización de la rectificadora automática a 57%, pero disminuirá la de las máquinas manuales a 84%.

De lo anterior podría optarse, por reducir la planta productiva en la Sección de Carburo de Tungsteno. Sin embargo, ello podría provocar un incremento en los tiempos unitarios de manufactura debido a una mayor interferencia entre máquinas y, por tanto, disminuiría el monto de la capacidad productiva excedente. No obstante, antes de llevar a cabo esta acción, la Empresa deberá realizar todos los esfuerzos posibles por aumentar el volumen de ventas, y aún cuando esto no fuera factible, deberá considerar un número de factores, entre los que se encuentran:

- i) Los efectos que las menores tasas de producción tendrían sobre los tiempos de entrega, mismos que no sólo podrían afectar las ventas de fresas especiales y suplementarias; sino también el monto de capital invertido en el mantenimiento de mayores niveles de inventario.
- ii) Las repercusiones sobre las ventas que se tendrían por no contar con suficiente capacidad disponible dado un súbito incremento en la demanda de fresas de carburo de tungsteno, y
- iii) Las implicaciones obvias en el área de Relaciones Industriales, incluidas la pérdida de buena voluntad y cooperación por un decaimiento en la moral del personal.

Por otro lado, la diversificación hacia nuevos productos no ha sido considerada como un medio para incrementar la utilización de capacidad en la Sección de Carburo de Tungsteno, ya que todas las máquinas utilizadas en la fabricación de las fresas en cuestión, son, de hecho, máquinas especiales.

Finalmente, cabe mencionar, que mientras los requerimientos de materiales para alcanzar el Pronóstico de Ventas 1993 han sido subestimados en un número de casos, existen por lo menos 15 tipos de Matrices, cuyos requerimientos deberían ser disminuidos si quieren evitar problemas de sobre-existencias en el inventario de Materia Prima.

6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1.- Conclusiones

6.1.1.- La Función de Planeación y Control de la Producción en la Empresa se encontró ser ineficiente. Esta ineficiencia, sin embargo, no ha evolucionado del uso de sistemas o procedimientos inadecuados, sino de las fallas incurridas en el momento de su implementación. Aún más crítico resultó el hecho de que la Empresa no cuenta con sistemas adecuados de planeación y control de la capacidad productiva, lo cual ha provocado el uso de estimaciones, que a la vez ha propiciado:

- i) Inseguridad en torno a como se deberían utilizar los recursos productivos de la Empresa, para lograr una óptima rentabilidad.
- ii) Dificultades para anticipar cuellos de botella o para detectarlos en cuanto se presenten.
- iii) Dificultades para detectar las causas principales de pérdida de capacidad, con el propósito de tomar la acción correctiva apropiada.
- iv) Sub- o Sobrestimar la Carga de Máquinas.
- v) Inseguridad en torno a si los costos directos de mano de obra aplicados son o no correctos.

6.1.2.- La Empresa ha fallado en utilizar el Sistema "PRM" como un sistema integrado (o total), ya que sólo es empleado para planear los requerimientos de materiales sin llevar a cabo un análisis a fondo de las restricciones de capacidad. Más aún, el hecho de que el Programa de Requerimientos de Materiales (PRM) sea preparado en base a consumos históricos y no en base al pronóstico de ventas, hace más difíciles las funciones de presupuestación y control.

6.1.3.- Aún cuando pudiera ser deseable que las funciones de Cargado y Programado de Máquinas sean realizadas por los Supervisores de Producción, ello no exime al Departamento de Control de Producción de contar con un conocimiento apropiado de la Operación del Sistema. Después de todo, esas funciones son su responsabilidad y, por ende, debe vigilar que todos los factores que afectan tanto la capacidad requerida como la capacidad disponible, sean debidamente registrados y tomados en consideración.

6.1.4.- La falta de adecuados sistemas de control para detectar las causas de desviaciones de los planes, ha permitido a los operarios la libertad de establecer "sus propias normas productivas".

6.1.5.- De acuerdo con los resultados obtenidos del Problema de Mezcla de Productos, la única restricción que puede impedir alcanzar el Pronóstico de Ventas 1993, es la disponibilidad de ciertos tipos de Matrices. Sin embargo, existen por lo menos 15 diferentes tipos de Matrices cuyos requerimientos deberán ser reducidos para evitar sobreinventarios.

6.1.6.- Dados los requerimientos de capacidad para cubrir el Pronóstico de Ventas 1993, las instalaciones de producción se verán sub-utilizadas, a menos que se tomen las acciones apropiadas para prevenir tal situación. En particular, respecto de la rectificadora automática que sería utilizada a menos del 60% de su capacidad.

6.1.7.- La falta de costos detallados de mano de obra para la máquina automática, impidió que con el Modelo de Mezcla de Productos se determinara el proceso de manufactura idóneo por medio del cual se deberían producir algunos tipos de fresas. Así mismo, afecta la elaboración de un análisis más profundo respecto a las ventajas económicas que obtendrá la Empresa mediante la utilización de dicho equipo.

6.2.- Recomendaciones

6.2.1.- Dentro de las mejoras que se pueden realizar en el ámbito de la Función de Planeación y Control de Producción, las siguientes recomendaciones son consideradas prioritarias en su adopción e implementación:

- i) Creación de un sistema de planeación de capacidad que encierre el suficiente detalle para establecer las bases para una planeación y control efectivos. Dicho sistema deberá, en forma adicional, ayudar a integrar las necesidades de un Sistema "PRM" verdaderamente confiable.
- ii) Establecimiento de un continuo sistema de control que proporcione la adecuada retroalimentación para así poder cerrar el círculo entre la Función de Planeación y Control de Producción, y el Sistema "PRM".
- iii) La utilización de un Modelo de Mezcla de Productos, como al que se hace referencia en el presente estudio, para estimar la contribución máxima, y determinar cuales recursos serán sub-utilizados y que factores limitarán la realización de los planes a largo plazo. Esto permitirá a la Empresa tomar las acciones correctivas apropiadas en el momento oportuno.

Los principios básicos requeridos para implementar estas recomendaciones, ya han sido descritos en otras secciones del presente estudio.

6.2.2.- Para el control de planes a largo plazo, las fresas pueden ser agrupadas de acuerdo con el tipo de Matriz empleado, siendo los factores de control, la contribución marginal para la Compañía y el monto de Matrices consumidas. Cuando ocurrieran desviaciones significativas en el consumo de algún tipo particular de Matrices, se podría proceder a evaluar la producción de cada tipo de fresas fabricadas con la Matriz en cuestión. Ello permitirá determinar las causas probables de las desviaciones, así como las medidas correctivas a implementar.

6.2.3.- Aún cuando existe suficiente capacidad disponible para lograr el Pronóstico de Ventas 1993, el "estudio de interferencia de máquinas y tiempo no productivo" sugerido en la Sección 4.5. de esta tesis, debe ser desarrollado. Y de acuerdo con los resultados obtenidos, probablemente valiera el esfuerzo iniciar una serie de acciones correctivas para incrementar la productividad de la Sección de Carburo de Tungsteno, aún antes de que la capacidad requerida exceda a la capacidad disponible.

6.2.4.- Dada la capacidad de producción requerida para cumplir el Pronóstico de Ventas 1993, se recomienda capacitar a otro de los Operadores de la misma área para operar la máquina rectificadora automática, en lugar de apoyarse con un Operador de otra área. Ello siempre y cuando lo permita el Contrato Colectivo de Trabajo vigente.

6.2.5.- Se sugiere realizar un estudio detallado de los tiempos de producción obtenidos en la rectificadora automática para las distintas fresas en ella producidas, con el fin de obtener los ciclos individuales de manufactura. Esto, a su vez, redundará en los niveles de inventario que actualmente mantiene la Compañía.

6.2.6.- Se propone llevar a cabo un estudio de tiempos muertos en la máquina automática para determinar si el operador puede trabajar, simultáneamente, una o dos rectificadoras manuales. De ser positivos los resultados de esta propuesta, lo más probable es que habrá que cambiar la distribución de la planta y, en consecuencia, el costo involucrado deberá sopesarse contra los ahorros obtenidos en mano de obra. Otros aspectos, tales como la capacidad disponible y el bono de productividad, también deberán ser considerados.

6.2.7.- La implementación de un procedimiento adecuado para el cargado y programado de máquinas, que dé continuidad a la producción y una mayor utilización de los recursos productivos existentes. En este punto, los autores también sugieren se estudie el Modelo de Lotes Económicos de Producción y, en particular, el método de tasas uniformes de reposición para varios productos.

Para fresas estándar producidas en las rectificadoras manuales se deberán seguir los siguientes lineamientos antes de poder aplicar el Modelo arriba sugerido:

- i) Clasificar las fresas de acuerdo con los árboles de levas empleados en su producción.
- ii) Determinar los requerimientos de capacidad por cada grupo de árboles de levas.
- iii) Calcular el número de rectificadoras requeridas para cada grupo de árboles de levas.
- iv) Determinar que tipo de fresa va a ser producida en cada máquina.
- v) Definir la secuencia de manufactura para cada tipo de fresa con el fin de minimizar los tiempos de montaje de máquina.

Para fresas estándar producidas en la rectificadora automática el procedimiento anterior se verá reducido a los puntos iv) y v). Sin embargo, tanto en este caso como en el anterior, un cierto porcentaje de la capacidad disponible deberá ser reservado para la fabricación de fresas especiales y/o suplementarias. Esto significa que los lotes económicos de producción deberán ser incrementados para cubrir la tasa de demanda esperada durante el tiempo asignado para producir este último tipo de fresas.

7.0 REFERENCIAS

1. **Pearce, J. G. H.** Apuntes sobre Control de la Producción para la Pequeña Empresa. Escuela de Producción, Instituto Tecnológico de Cranfield, Inglaterra, 1980.
2. **Burbidge, J. L.** Principios de Control de Producción 2ª Edición, Mc Donald Evans, 1968.
3. **Burbidge, J. L.** Planeación de la Producción Heinemaun; Londres 1971.
4. **Galgut, P. E.** Apuntes sobre Planeación y Control de la Producción. Escuela de Producción, Instituto Tecnológico de Cranfield, Inglaterra, 1980.

8.0 BIBLIOGRAFIA

- Ballico - Lay, B.** Manual del usuario -Paquete de Programación Lineal -"International Computers Ltd." (I.C.L.).
- Burbidge, J. L.** Planeación de la Producción Heinenman, Londres, 1971.
- Galgut, P. E.** Apuntes sobre Planeación y Control de la Producción, Escuela de Producción, Instituto Tecnológico de Cranfield, Inglaterra, 1980.
- Levy, M.** Apuntes sobre Investigación de Operaciones, Escuela de Ingeniería, Universidad Anahuac, 1976.
- Murdock, J.
Barnes, J. A.** Estadística -Problemas y Soluciones Macmillan, 1978.
- Murdock, J.
Barnes, J. A.** Tablas Estadísticas, 2ª Edición, Macmillan, 1978.
- Pearce, J. G. II.** Apuntes sobre Control de la Producción para la Pequeña Empresa, Escuela de Producción, Instituto Tecnológico de Cranfield, Inglaterra, 1980.
- Schrage, L.** LINDO -Manual del Usuario para Programación Lineal, Integral y Cuadrática, Versión 5.0 Escuela de Administración, Universidad de Chicago.

APENDICES

APENDICE "A"

TERMINOS DE REFERENCIA

- 1) Investigar el método utilizado para cuantificar el tiempo requerido en la fabricación de cada lote de fresas.
- 2) Realizar los estudios necesarios para determinar la interferencia entre máquinas y su efecto sobre la capacidad del taller.
- 3) Determinar la importancia de otros factores que limiten la fabricación simultánea de varios tipos de fresas.
- 4) Evaluar y recomendar las medidas a través de las cuales puedan ser eliminados dichos factores.
- 5) Proponer los medios para medir la capacidad actual del taller y, en su caso, la capacidad potencial si alguno o todos los factores limitantes son removidos.
- 6) Determinar y, en su caso, cuantificar los insumos adicionales necesarios para lograr una máxima utilización del taller.
- 7) Obtener el costo y margen de utilidad unitario por tipo de fresa.
- 8) Proponer soluciones óptimas para la mezcla de productos tomando en cuenta la demanda, la capacidad de producción, el costo y la utilidad de cada fresa.
- 9) Examinar los efectos que la implementación de las soluciones óptimas tendrán sobre las políticas de la Empresa y sobre las técnicas empleadas por los Departamentos de Ingeniería Industrial, y Planeación y Control de la Producción, y
- 10) Obtener el consentimiento de la Gerencia respecto a la implementación de las soluciones óptimas propuestas.

APENDICE "B"

DESCRIPCION DE CODIGOS Y LINEA DE PRODUCTOS

1.- Descripción de Códigos

No obstante, que el método de codificación ha sido modificado recientemente, se considera necesario describir en el presente apéndice tanto el sistema de codificación viejo como el nuevo, dado que el primero sigue siendo ampliamente usado por el personal del taller.

(a) Código Viejo.

Incluye de tres a cinco campos dependiendo del tipo de fresa:

- i) No. de Parte: Consta de cuatro dígitos, de los cuales los dos primeros indican el tipo de fresa, es decir, si la matriz es de una pieza se le asigna los números 79 u 89, y si es soldada, los números 75 u 85. Los dos últimos dígitos se refieren a la forma de la fresa
- ii) No. de Dientes: Varía dependiendo del tamaño y uso final de la fresa
- iii) Dientes Sobrepuestos: Se refiere a las fresas con dientes escalonados y se describen con las letras "SC"
- iv) Corte Delantero: Se refiere a las fresas cilíndricas con dientes en el frente y se describe con las letras "EC"
- v) Diámetro del Husillo de la Matriz: Se refiere al diámetro del cuerpo y puede ser de 3 a 8 milímetros

Ejemplo: 7505/20/SC/EC/6

ó 7505/20/EC/6

si no se requiere con
dientes sobrepuestos

(b) Código Nuevo.

Consta de los mismos campos descritos en el inciso (a) pero ordenados en forma distinta:

No. de Parte/ Diámetro del Husillo/ No. de Dientes/ Dientes Sobrepuestos/ Corte Delantero

Ejemplo: 7505/6/20/SC/EC

(c) Códigos Especiales.

Estos son empleados en productos que no son de línea, y se forman anteponiendo a los campos antes descritos el número 19 si el producto es diseñado internamente o las letras "CD" si el cliente proporciona el diseño.

2.- Línea de Productos

"CATALOGO"

Todas las Dimensiones son en milímetros

FORMAS TÍPICAS	ANGULO	CABEZA		HUSILLO		No. DIENTES	CODIGO	
		DIAMETRO	LARGO	DIAMETRO	LARGO		ESTANDAR	S.C.
	-	4	14	6	36	14	7514/14	7514/14/SC
	-	6	16	6	33	18	7901/18	7901/18/SC
	-	6	16	6	35	30	7901/30	7901/30/SC
	-	8	19	6	44	18	7515/18	7515/18/SC
	-	9.5	19	6	44	18	7503/18	7503/18/SC
	-	12.7	19	6	44	20	7505/20	7505/20/SC
	-	16	25	8	44	30	7507/30	7507/30/SC
-	16	25	8	44	40	7507/40	7507/40/SC	
	-	6	16	6	35	16	7902/16	7902/16/SC
	-	6	16	6	35	20	7902/20	7902/20/SC
	-	8	19	6	44	20	7524/20	7524/20/SC
	-	9.5	19	6	44	18	7522/18	7522/18/SC
	-	9.5	19	6	44	24	7522/24	7522/24/SC
	-	12.7	19	6	44	20	7506/20	7506/20/SC
	-	12.7	19	6	44	36	7506/36	7506/36/SC
-	16	25	8	44	20	7530/20	7530/20/SC	
-	16	25	8	44	24	7530/24	7530/24/SC	
	-	6	19	6	32	14	7921/14	7921/14/SC
	-	6	19	6	32	24	7921/24	7921/24/SC
	-	9.5	19	6	38	18	7944/18	7944/18/SC
	-	12.7	19	6	44	18	7525/18	7525/18/SC
	-	12.7	19	6	44	24	7525/24	7525/24/SC
	-	12.7	25	6	44	18	7526/18	7526/18/SC
	-	12.7	25	6	44	24	7526/24	7526/24/SC
	-	12.7	25	6	44	28	7526/28	7526/28/SC
-	12.7	29	8	44	24	7550/24	7550/24/SC	
-	16	32	8	44	30	7549/30	7549/30/SC	
-	16	32	8	44	40	7549/40	7549/40/SC	
	17°	6	19	6	32	12	7932/12	7932/12/SC
	24°	9.5	19	6	44	16	7536/16	7536/16/SC
	24°	9.5	19	6	44	24	7536/24	7536/24/SC
	28°	12.7	25	6	44	20	7534/20	7534/20/SC
	90°	9.5	9.5	6	44	18	7533/18	No Disponibile en SC
	90°	16	12.7	6	44	24	7531/24	
	60°	16	16	6	44	24	7535/24	
	-	9.5	25	6	32	16	7920/16	7920/16/SC
	-	12.7	29	6	44	20	7538/20	7538/20/SC
	-	16	33	8	44	24	7537/24	7537/24/SC
	-	8	16	6	41	18	7942/18	7942/18/SC
	-	8	16	6	41	24	7942/24	7942/24/SC
	-	12.7	19	6	44	20	7543/20	7543/20/SC
	-	12.7	19	6	44	24	7543/24	7543/24/SC
	-	16	25	8	44	12	7517/12	7517/12/SC
-	16	25	8	44	24	7517/24	7517/24/SC	
	-	6	-	6	44	16	7951/16	7951/16/SC
	-	6	-	6	44	24	7951/24	7951/24/SC
	-	8	-	6	44	18	7954/18	7954/18/SC
	-	9.5	-	6	44	18	7552/18	7552/18/SC
	-	9.5	-	6	44	24	7552/24	7552/24/SC
	-	12.7	-	6	44	18	7553/18	7553/18/SC
	-	16	-	6	44	24	7557/24	7557/24/SC
-	16	-	6	44	40	7557/40	7557/40/SC	

Nota: Todos los CODIGOS en *itálica* se refieren a fresas suplementarias y están sujetas a pedidos mínimos de 50 piezas.

FORMA DE CORONA	ANGULO	CABEZA		HUSILLO		No. DIENTES	CODIGO	
		DIAMETRO	LARGO	DIAMETRO	LARGO		ESTANDAR	S.C.
	-	9.5	1.6	6	48	30	7504	No Disponible en SC
	-	19	9.5	8	44	56	7591	No Disponible en SC
	-	19	6.4	8	44	40	7592	7592/SC
	-	25	3	8	44	40	7593	7593/SC
	-	25	6	8	44	40	7590	7590/SC

Nota: Todos los CODIGOS en *itálica* se refieren a fresas suplementarias y están sujetas a pedidos mínimos de 50 piezas.

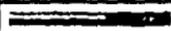
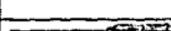
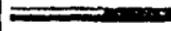
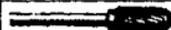
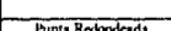
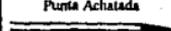
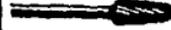
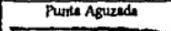
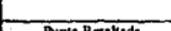
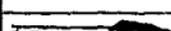
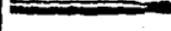
FRESAS "SC"	FRESAS "EC"
 <p>Un juego de dientes escalonados con espiral opuesta son sobrepuestos en la fresa normal para producir la Fresa "SC". Las ventajas obtenidas con este tipo de Fresas son:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Mayor velocidad de corte. 2) Mejor Control- Reduce la tendencia de barrido 3) Cuando se emplea en metales duros granula la viruta 4) Son excelentes para dar un buen acabado a soldaduras de metales duros. 	 <p>Todas las Fresas Cilíndricas pueden ser adquiridas con dientes en el frente. Sin embargo, algunas no son de línea y están sujetas a pedidos mínimos. Para mayores detalles consulte la lista de precios.</p>

SERVICIO DE REACONDICIONAMIENTO

Se cuenta con un servicio de intercambio de fresas reacondicionadas en todas las fresas fabricadas por la Compañía, excepto en los modelos miniatura. Las fresas a reacondicionar no deberán estar muy astilladas ni tan reducidas en tamaño que no puedan ser esmeriladas al 75% de su diámetro original. Las fresas en este estado serán regresadas al cliente junto con una cotización para su reposición.

Manual de Usuario: Se entregara a solicitud del Cliente.

SERIES MINIATURA - Todos los husillos son de 3mm de Diámetro

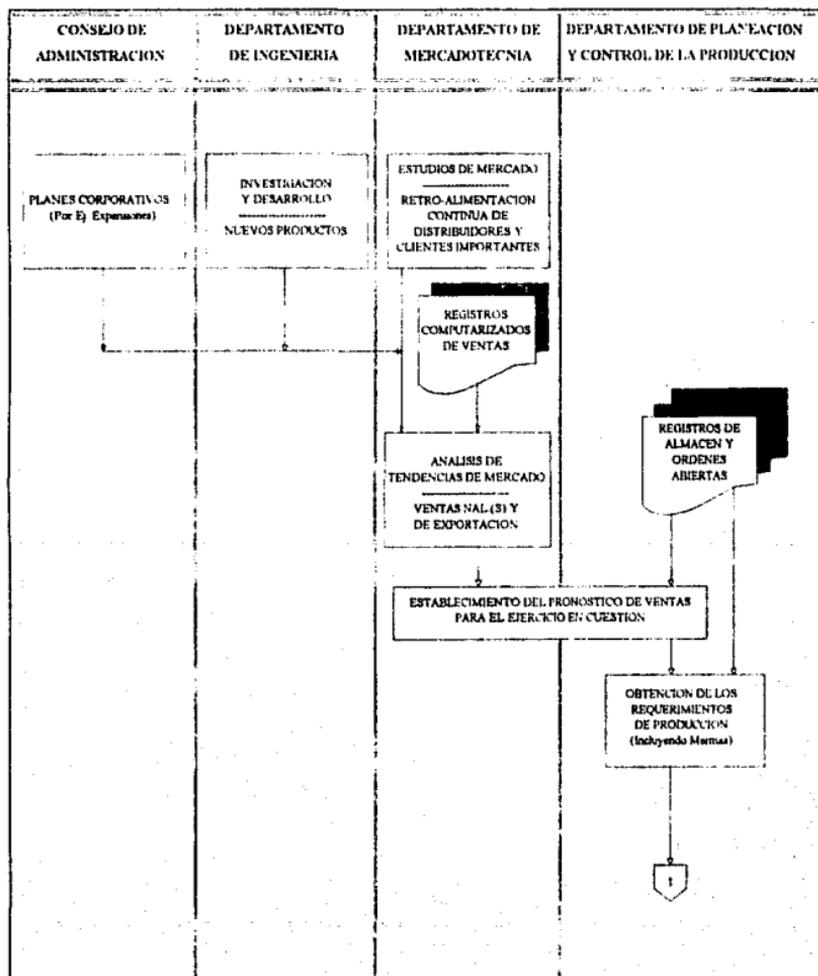
FORMA	ANGULO	CABEZA		LARGO	No. DIENTES	CODIGO	
		DIAMETRO	LARGO	TOTAL		ESTANDAR	S.C.
	-	3	16	44	14	8901/14	8901/14SC
	-	6	6	29	16	8503/16	8503/16SC
	-	6	12.7	35	20	8504/20	8504/20SC
	-	3	16	44	14	8924/14	8924/14SC
	-	3	16	44	24	8924/24	8924/24SC
	-	6	12.7	38	20	8506/20	8506/20SC
	-	4	-	28	14	8951/14	8951/14SC
Punta Redondeada 	10°	3	8	44	12	8920/12	8920/12SC
Punta Achatada 	20°	3	7	44	12	8932/12	8932/12SC
	30° 30°	6	10	35	12	8536/12	8536/12SC
		6	10	35	16	8536/16	8536/16SC
	10°	6	12.7	38	16	8538/16	8538/16SC
Punta Aguzada 	-	3	12.7	44	12	8921/12	8921/12SC
Punta Resaltada 	-	3	7	44	14	8948/14	8948/14SC
	-	6	12.7	38	12	8544/12	8544/12SC
	-	6	12.7	38	16	8544/16	8544/16SC
	10°	3	9.5	44	14	8913/14	8913/14SC
	15°	6	8	29	14	8916/14	8916/14SC
	10°	3	8	44	14	8961/14	8961/14SC
	-	3	8	44	14	8971/14	8971/14SC
	-	6	9.5	35	20	8545/20	8545/20SC
	-	3	6	44.5	12	8922/12	8922/12SC

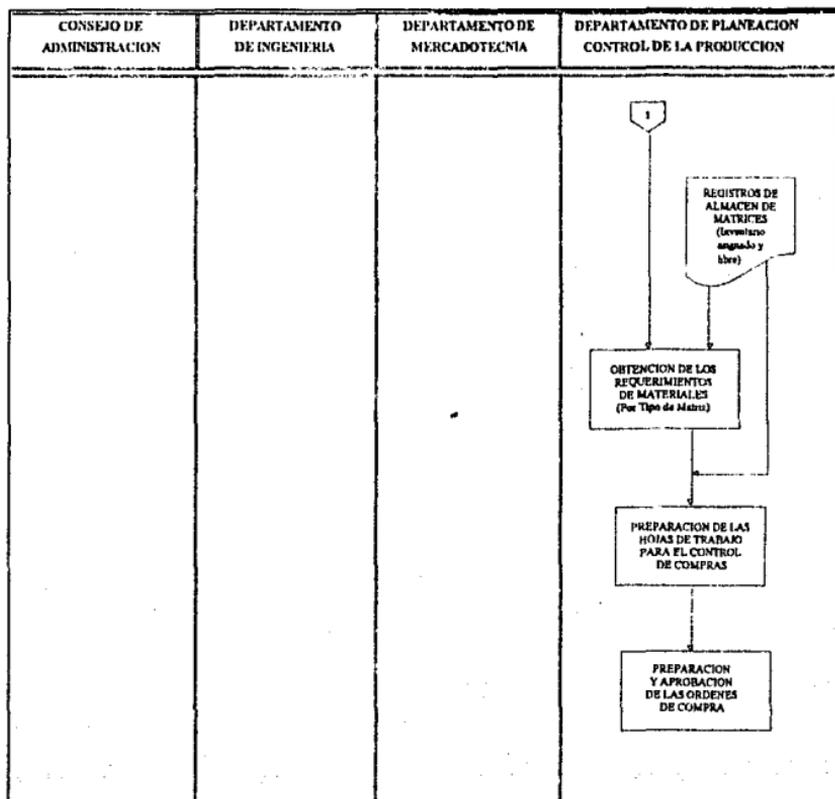
Nota: Todos los CODIGOS en *itálica* se refieren a fresas suplementarias y están sujetas a pedidos mínimos de 200 piezas.

APENDICE "C"

DIAGRAMAS DE FLUJO DE INFORMACION

1.- Preparación de Programas de Producción a Largo Plazo



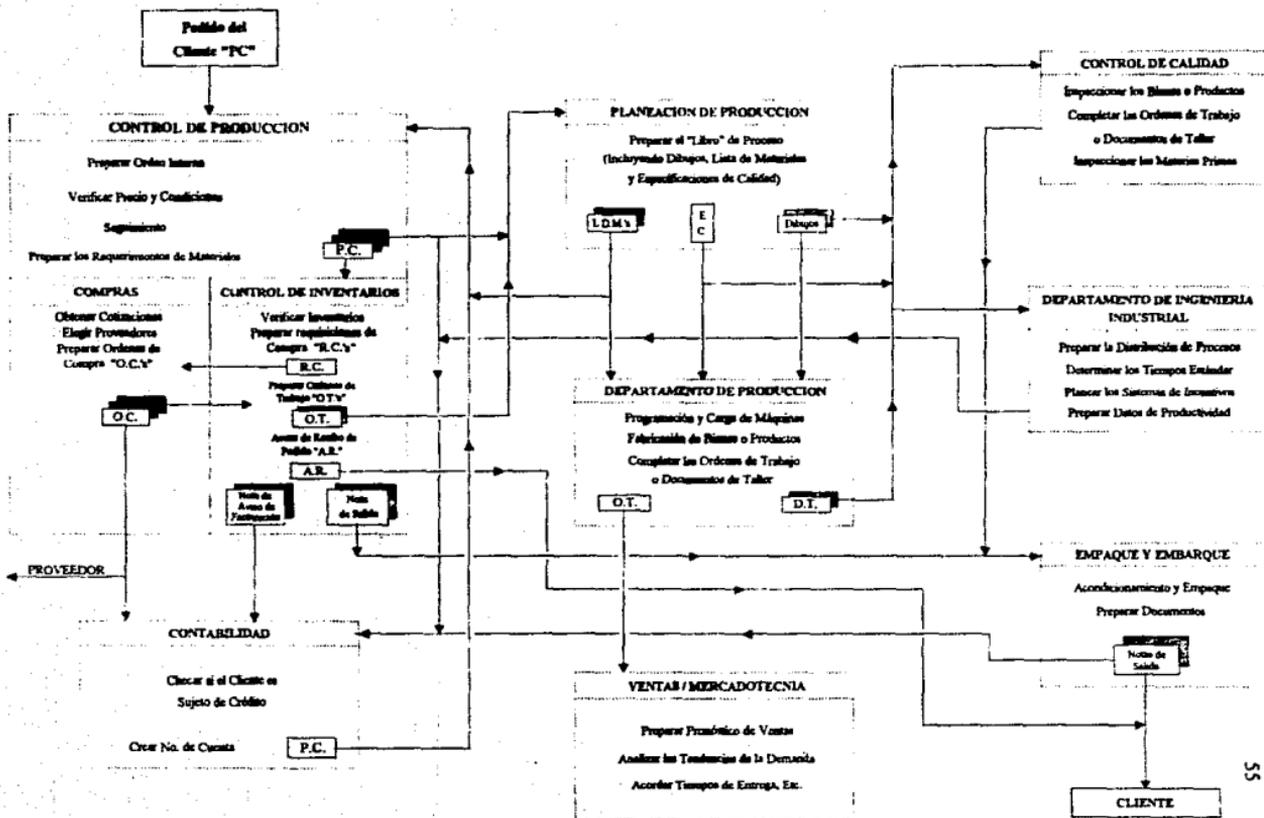


2.- Procedimiento Generalizado para Procesar Pedidos de Clientes

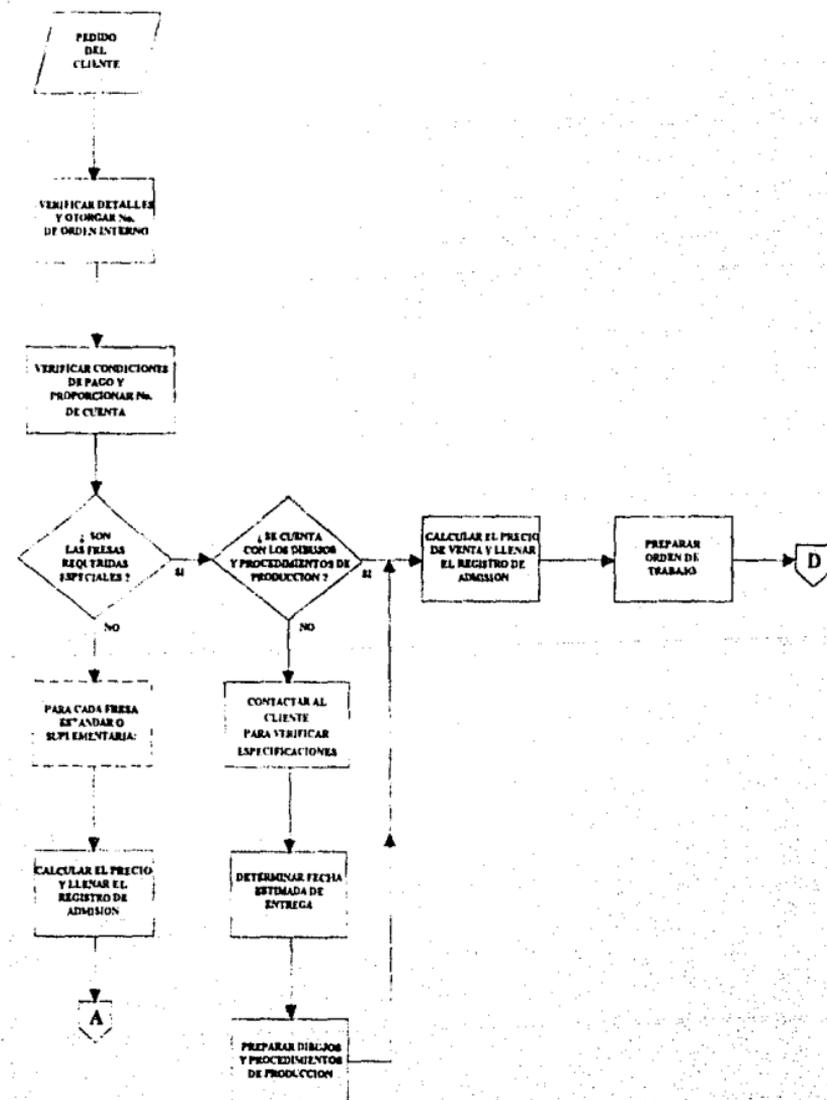
Con el fin de lograr un mayor entendimiento de este procedimiento se ilustra, en primer lugar, el "Concepto de Sistema Total" de J.G.H. Pearce (Ref. 1), el cual muestra la inter-relación que existe entre los distintos departamentos que intervienen en el procesamiento de un pedido.

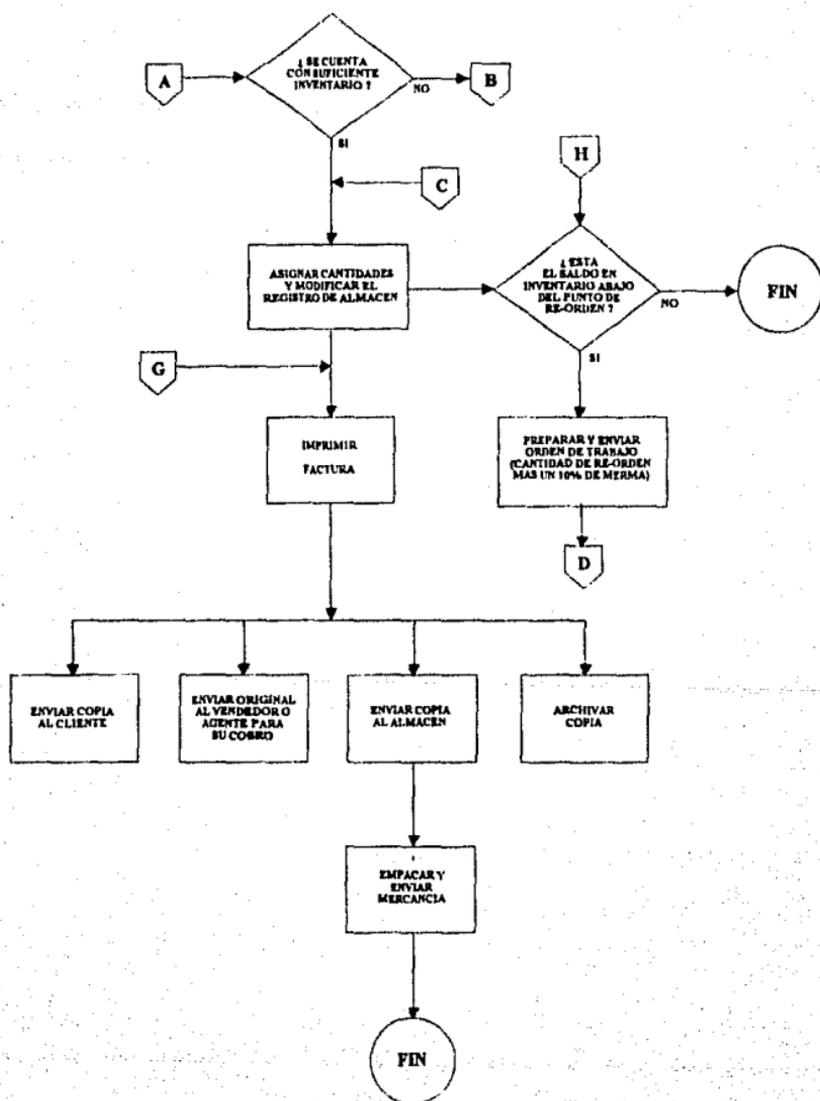
Posteriormente, se muestra el procedimiento en cuestión, haciendo referencia a las actividades efectuadas (excluyendo los nombres de los departamentos que las realizan).

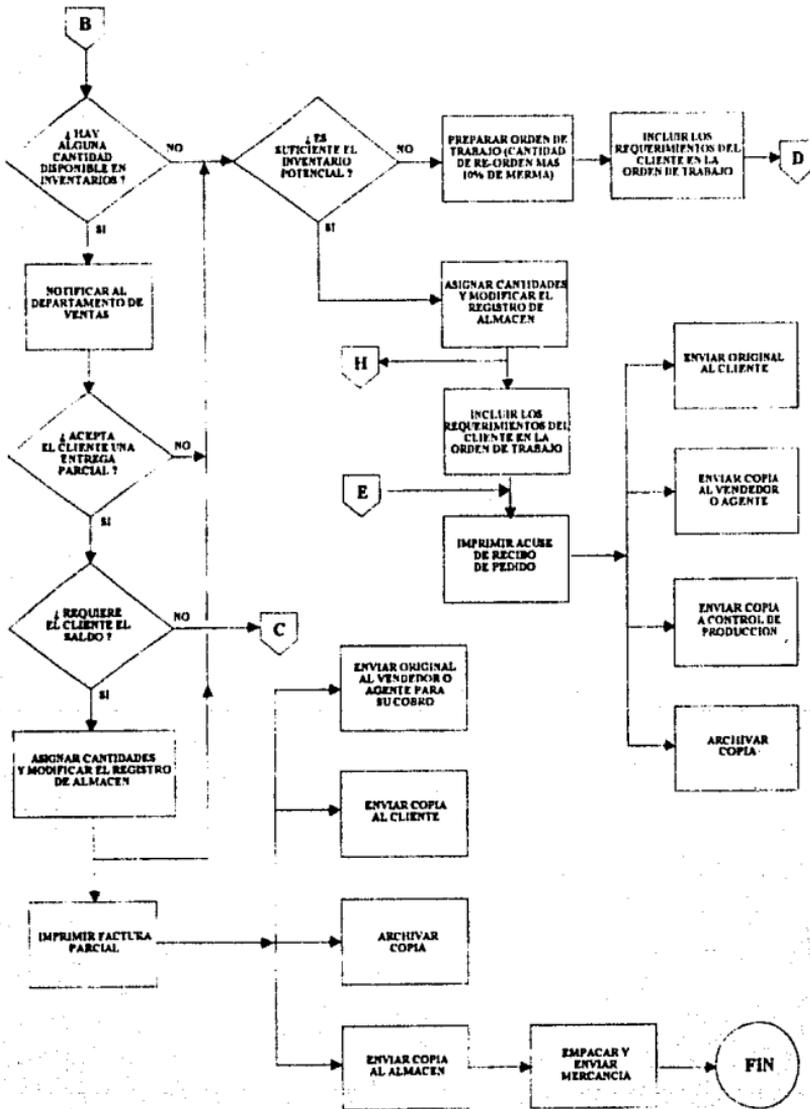
CONCEPTO DE SISTEMA TOTAL

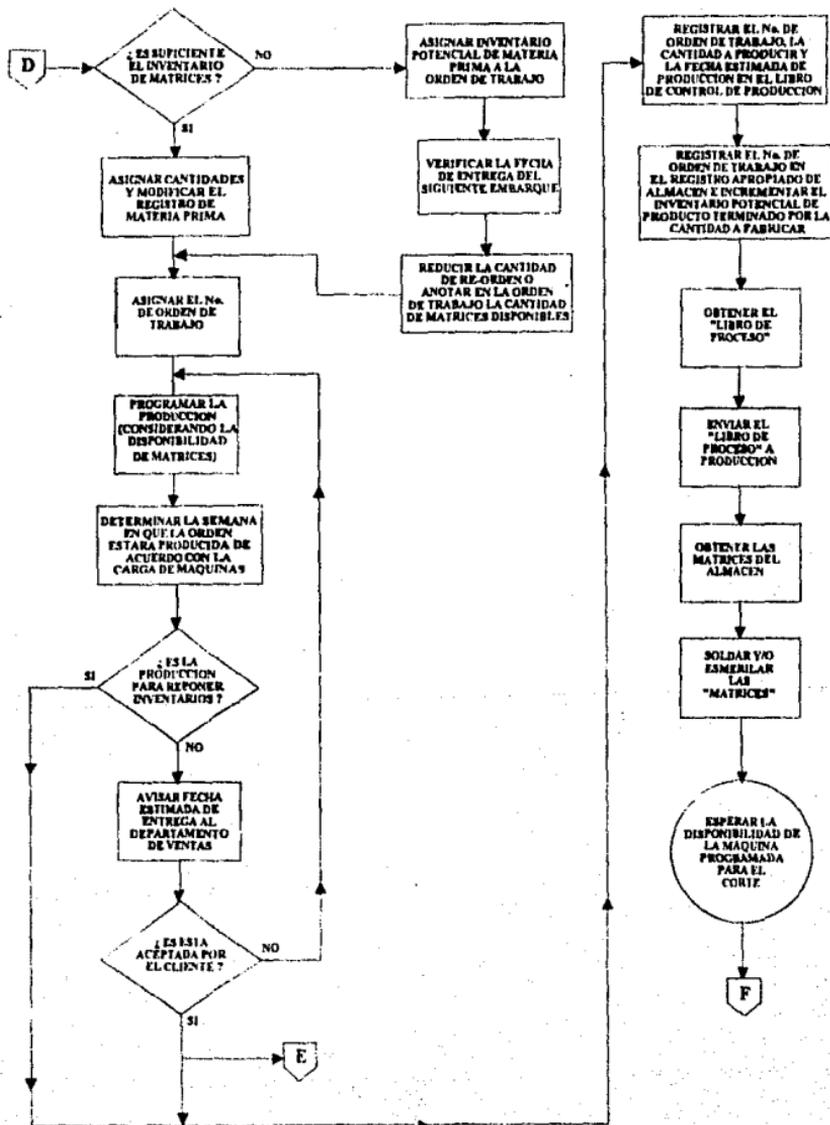


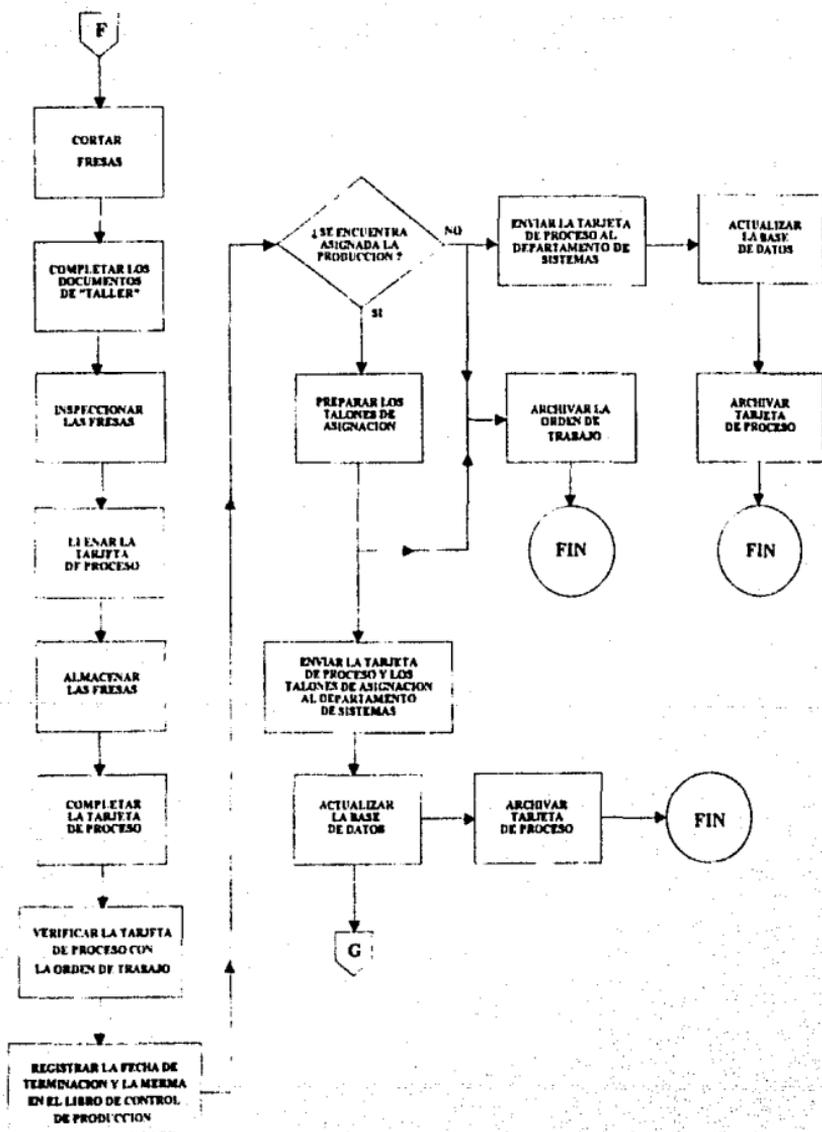
PROCEDIMIENTO GENERALIZADO PARA PROCESAR PEDIDOS DE CLIENTES











APENDICE "D"

ANALISIS DE VARIANZAS ENTRE LAS FECHAS DE TERMINACION PLANEADAS Y REALES

1. Consideraciones Prácticas

Con el fin de determinar estadísticamente las varianzas entre las fechas de terminación planeadas y reales se realizaron las siguientes consideraciones:

- a) Las fechas de terminación fueron referidas a la semana en que los lotes fueron completados y no al día de terminación.
- b) Las variaciones fueron definidas como la diferencia entre la semana de terminación planeada y la real.

Los resultados han sido sumariados en la TABLA D1 y en la GRAFICA D1.

El siguiente paso consistió en establecer límites de varianza superior e inferior, para así poder obtener un análisis estadístico más realista. Se consideró que lotes con una varianza negativa mayor o igual a cinco semanas (es decir, lotes producidos con más de cuatro semanas de adelanto) fueron expeditados por así requerirlo el cliente. En forma similar, lotes con una varianza positiva mayor a 8 semanas fueron retrasados por causas especiales, tales como el rechazo de una partida de Matrices por falta de calidad.

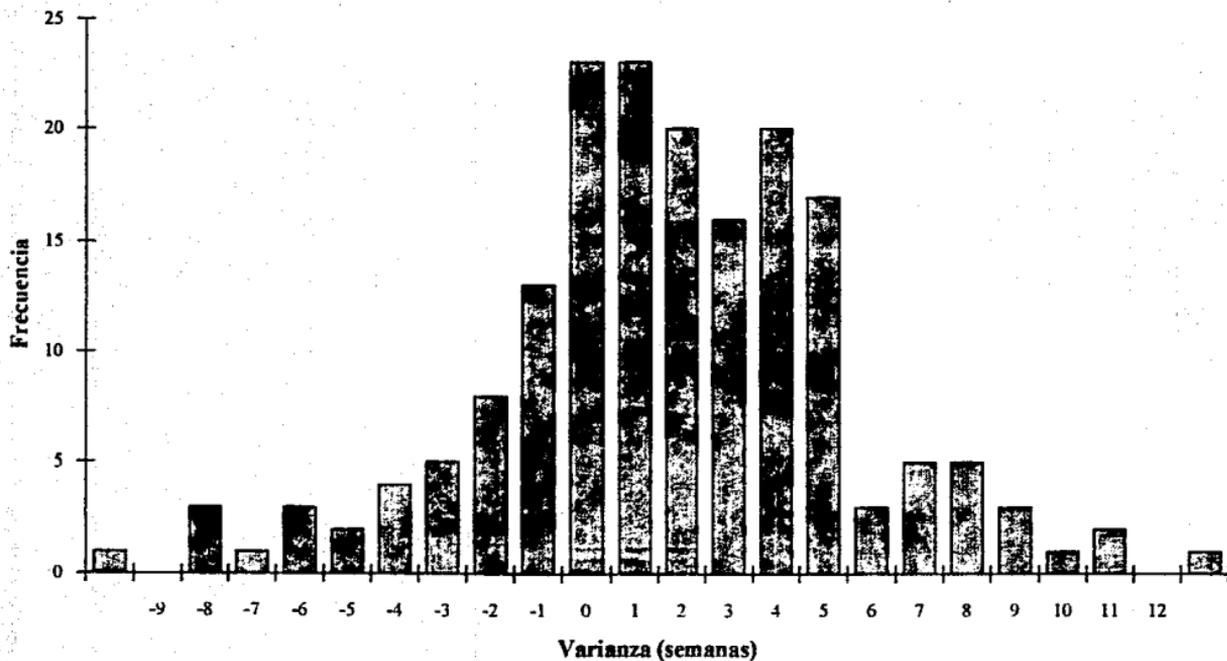
2. Análisis Estadístico

Una vez establecidas las consideraciones anteriores, los datos fueron sumariados en una tabla de distribución (TABLA D2), y la media y la desviación estándar calculadas.

TABLA D1. RESUMEN DE VARIANZAS ENTRE FECHAS DE
TERMINACION PLANEADAS Y REALES

		MES (No.)										TOTAL	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11
V A R I A N C I A	-10											1	1
	-9												0
	-8								1			2	3
	-7										1		1
	-6									1	2		3
	-5								1	1			2
	-4							1		3			4
	-3						1	3	1				5
	-2				1		1	2	3	1			8
	-1		1		1	2	4	2	3				13
	0	1	4	2	2	3	4	2	5				23
	1	4	2		5	5	2		5				23
	2	4	2		5	3	3	2	1				20
3	4	2	2	2	3	3						16	
4	2	2	6	2	1	1	6					20	
5	2	3	4	4	1		3					17	
6		1	1	1								3	
7	1	2					2					5	
8	1	1	2			1						5	
9			1	1		1						3	
10		1										1	
11			1			1						2	
12												0	
13		1										1	
TOTAL	19	22	19	24	18	22	23	20	6	3	3	179	

GRAFICA D1. VARIANZAS ENTRE FECHAS DE TERMINACION PLANEADAS Y REALES



RANGO= DE (-4) A 8 SEMANAS
 DISTRIBUCION "DISCRETA"
 INTERVALO DE CLASE (C)= 1 SEMANA

TABLA D2.

SEMANAS DE ADELANTO / RETRASO	FRECUENCIA (f)	u	uf	u ² f
-4	4	-6	-24	144
-3	5	-5	-25	125
-2	8	-4	-32	128
-1	13	-3	-39	117
0	23	-2	-46	92
1	23	-1	-23	23
2	20	0	0	0
3	16	1	16	16
4	20	2	40	80
5	17	3	51	153
6	3	4	12	48
7	5	5	25	25
8	5	6	30	180
	162		-15	1,231

$$X_0=2 \quad C=1$$

∴ Varianza Promedio por Pedido

$$X = 2 + 1 \times \left(\frac{-15}{162} \right) = 1.91 \approx 2 \text{ Semanas (de Retraso)}$$

Varianza de la Muestra

$$(S')^2 = 1^2 \times \frac{1,231 - \frac{(-15)^2}{162}}{161} = 7.64$$

∴ Desviación Estándar de la Muestra = 2.76 $\approx 2\frac{3}{4}$ semanas

APENDICE "E"

ESTIMADOS DE PRODUCCION DIARIA DE LOS SUPERVISORES (MARZO 1993)

1.- Consideraciones Prácticas

- (i) Los estimados de producción establecidos por la Supervisión toman en cuenta descansos de los trabajadores, interferencia entre máquinas, reafilado de las piedras de corte y fallas mecánicas menores (es decir, descomposturas que pueden ser arregladas por los operadores y/o técnicos).
- (ii) La tasa de producción estimada para las fresas con dientes sobrepuestos (SC) y/o con corte al frente (EC) considera que el corte parte de fresas estándar ya terminadas, y no de Matrices.
- (iii) Las tasas de producción se establecieron en base a turnos de 8.75 Hrs.

2.- Tasas de Producción Estimadas

CODIGO	TASA DE PRODUCCION		CODIGO	TASA DE PRODUCCION	
	DIARIA			DIARIA	
	R/M	R/A		R/M	R/A
7503/18/6	50	150	7504/30	50	200
7503/18-SC/6	60	200	7505/20/SC/6	50	180
7503/EC	30		7505/EC	30	
7503/18/SC/EC	30		7505/20/SC/EC/6	30	

R/M = Máquina Rectificadora Manual

R/A = Máquina Rectificadora Automática

CODIGO	TASA DE PRODUCCION		CODIGO	TASA DE PRODUCCION	
	DIARIA			DIARIA	
	R/M	R/A		R/M	R/A
7506/20/6	20		7530/24 SC/8	25	
7506/20/SC/6	50		7531/24/6	25	
7506/36/6	14		7533/18/6	35	
7507/30/8	15	40	7534/20/6	20	100
7507/30/SC/8	25	60	7534/20/SC/6	30	150
7507/40/8	10	30	7535/24	25	
7514/14/6	45	200	7535/24/SC/8	40	
7514/14/SC/6	125	250	7536/16	30	100
7514/SC/EC	30		7536/24/6	40	100
7515/18/6	50	175	7537/24/8	12	
7515/18/SC		225	7538/20/6	30	
7515/EC	30		7538/20/SC/6	50	
7515/18/SC/EC/6	30		7543/20/6	20	
7517/24/8	12		7543/24/6	20	
7522/18	20		7543/24/SC/6	50	
7522/24/6	20		7549/30	12	
7522/24/SC/6	50		7549/40	12	
7524/20/6	25		7550/24/8	15	
7524/20/SC/6	50		7550/24/SC/8	50	
7525/18/6	20		7552/18/6	35	
7525/24/6	20		7552/24/6	35	
7525/24/SC/6	50		7553/18/6	25	
7526/18/6	25		7553/18/SC	40	
7526/24/6	25		7557/24	20	
7526/24/SC/6	50		7557/40/6	15	
7526/28	15		7590/40	8	
7530/20/8	8		7591/36	12	
7530/24/8	12		7592/40	15	50

R/M = Máquina Rectificadora Manual

R/A = Máquina Rectificadora Automática

CODIGO	TASA DE PRODUCCION		CODIGO	TASA DE PRODUCCION	
	DIARIA			DIARIA	
	R/M	R/A		R/M	R/A
7593/40	8		8536/12	30	
7901/18/6	30	200	8536/16	30	
7901/18/SC/6	70	250	8538/16/3	35	
7901/18/EC/6	30		8544/12/3	40	
7901/18/SC/EC/6	30		8544/16	40	
7901/30	30	100	8545/20	35	
7902/16/6	40		8901/14/3	50	225
7902/16/SC/6	80		8901/14/EC	40	
7902/20/6	40		8901/14/SC/EC/3	40	
7920/16/6	40		8913/14	35	
7920/16/SC/6	80		8916/14	35	
7921/14/6	25		8920/12/3	40	
7921/14/SC/6	50		8921/12/3	40	
7921/24/6	25		8922/12/3	55	
7932/12/6	70	120	8924/14/3	40	
7942/18/6	30		8924/14/SC/3	80	
7942/18/SC/6	60		8924/24	40	
7942/24	25		8932/12	40	
7944/18/6	30		8948/14/3	40	
7944/SC	50		8951/14/3	45	
7951/16/6	50		8951/14/SC/3	80	
7951/24	40		8961/14/3	40	
7951/SC	65		8971/14/3	40	
7954/18/6	45				
7954/18/SC/6	80		19-4150		30
8503/16	55	150	19-4315	40	
8504/20	50	120	CD 2750	40	
8504/FC	50				
8506/20	35		7505/20/6	17	120

R/M = Máquina Rectificadora Manual

R/A = Máquina Rectificadora Automática

APENDICE "F"

ANALISIS COMPARATIVO ENTRE LAS TASAS DE PRODUCCION ESTIMADAS Y REALES

El análisis fue realizado usando dos juegos de datos:

- (i) Ciento setenta y seis lotes producidos entre los periodos uno y ocho de 1992, y
- (ii) Una muestra escogida al azar, consistente de sesenta y tres lotes producidos entre los periodos siete y once de 1991.

El libro de control de los Supervisores (o libro azul) fue usado para determinar las tasas actuales de producción. Para tal fin, se tomaron en cuenta las siguientes consideraciones:

- (a) Las fresas producidas durante el primer y último día en que el lote fue reportado no fueron consideradas, debido a que no se registran las horas de inicio o terminación del mismo. Quedando excluido, consecuentemente, el tiempo de montaje del equipo.
- (b) Un intervalo de un día entre registros sucesivos del mismo lote fue considerado como un día de descompostura de máquina, pero las horas perdidas no fueron sumadas al tiempo total de manufactura del lote en cuestión.
- (c) Cuando transcurrió más de un día entre registros sucesivos del mismo tipo de fresa, se asumió que un lote fue terminado y uno nuevo iniciado.

Las consideraciones anteriores fueron realizadas con el fin de ser consistentes con las distintas tolerancias hechas por los Supervisores al establecer las tasas estimadas de producción (APENDICE "E")

Los resultados del estudio efectuado con cada juego de datos son mostrados en las TABLAS F1 y F2, respectivamente. Sin embargo, y como ha sido mencionado en la Sección 2.2.3, una comparación directa entre el número de fresas cuyas tasas de producción han sido subestimadas con aquéllas en que las tasas de producción han sido sobrestimadas no puede ser realizada ya que el volumen de demanda y el tiempo de manufactura son distintos para cada tipo de fresa. Lo que los resultados muestran es la necesidad de analizar, en forma continua, los registros de producción para establecer tasas de manufactura reales y no estimadas.

En base a esta recomendación, y como primer paso para el uso de tasas de producción reales, los resultados obtenidos de los dos juegos de datos analizados han sido sumariados en la TABLA F3.

**TABLA F1. RESUMEN DE VARIANCIAS PARA FRESAS
PRODUCIDAS ENTRE LOS PERIODOS 1 Y 8, 1992**

VARIANCIA	Producción Real / Día Producción Estimada / Día			TOTAL
	<1	=1	>1	
(%)				
0		2		2
1-10	12		12	24
11-20	12		8	20
21-30	5		8	13
31-40	6		5	11
41-50	1		0	1
> 50	1		1	2
TOTAL	37	2	34	73

**TABLA F2. RESUMEN DE VARIANCIAS PARA FRESAS
PRODUCIDAS ENTRE LOS PERIODOS 7 Y 11, 1991**

VARIANCIA	Producción Real / Día Producción Estimada / Día			TOTAL
	<1	=1	>1	
(%)				
0		5		5
1-10	8		6	14
11-20	3		8	11
21-30	4		3	7
31-40	3		2	5
41-50	3		0	3
> 50	0		0	0
TOTAL	21	5	19	45

TABLA F3. TASAS DE PRODUCCION PROMEDIO PARA FRESAS PRODUCIDAS ENTRE LOS PERIODOS 7 Y 11, 1991, Y 1 Y 8, 1992.

CODIGO	No. DE LOTES FABRICADOS	PRODUCCION TOTAL (UNIDADES)	TIEMPO DE FABRICACION (Hrs.-Mag.)	TASA DE PRODUCCION*		VARIACION (%)	OBSERVACIONES
				REAL	ESTIMADA		
7503/18	2	428	97.50	38	50	-24%	Producción estimada en la rectificadora automática =150 fresas/día
7503/18/EC	3	312	120.00	23	30	-23%	
7505/20	3	386	218.75	15	17	-12%	Producción estimada en la rectificadora automática =120 fresas/día
7505/20/EC	5	393	142.50	24	30	-20%	
7506/20	3	914	352.50	23	20	+15%	
7506/20/SC	3	267	43.75	53	50	+6%	
7506/36	3	609	436.25	12	14	-14%	Un día de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
7507/40	4	122	128.75	8	10	-20%	Producción estimada en la rectificadora automática =30 fresas/día
7514/SC/EC	1	36	8.75	36	30	+20%	
7515/18	3	594	146.25	36	50	-28%	Producción estimada en la rectificadora automática =175 fresas/día
7515/EC	1	221	49.75	40	30	+33%	
7517/24	4	290	218.75	12	12	0%	Un día de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
7522/18	3	400	160.00	22	20	+10%	
7522/24	3	2345	816.25	25	20	+25%	Medio día de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
7522/4/SC	7	1735	276.25	55	50	+10%	
7524/20	7	1244	466.25	23	25	-8%	
7524/20/SC	3	480	76.25	55	50	+10%	
7524/24	1	126	40.00	28	1		
7525/18	3	296	133.75	19	20	-5%	
7525/24	3	602	278.75	19	20	-5%	
7525/24/SC	2	105	48.25	19	50	-62%	

* Por Turno de 8.75 Hrs.

CODIGO	No. DE LOTES FABRICADOS	PRODUCCION TOTAL (UNIDADES)	TIEMPO DE FABRICACION (Hrs.-Mes.)	TASA DE PRODUCCION*		VARIACION (%)	OBSERVACIONES
				REAL	ESTIMADA		
7526/18	4	893	360.00	22	25	-12%	Un día de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
7526/24	6	1430	592.50	21	25	-16%	
7526/24/SC	2	183	26.25	61	50	+22%	
7530/20	4	217	222.50	9	8	+13%	
7530/24	1	33	22.50	13	12	+8%	
7530/24/SC	1	124	13.75	26	25	+4%	
7531/24	4	397	210.00	17	25	-32%	Un día de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
7532/24	1	32	17.50	16			
7533/18	5	568	150.00	33	35	-6%	
7534/20	3	397	156.25	22	20	+10%	Producción estimada en la rectificadora automática - 100 fresas/día
7534/20/SC	1	28	17.5	14			Producción estimada en la rectificadora automática - 150 fresas/día
7535/24	1	47	22.50	18	25	-28%	
7536/24	4	344	128.75	23	40	-43%	217 días de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
7537/24	5	174	138.75	11	12	-8%	Un día de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
7538/16	1	12	8.75	12			
7538/20	3	419	191.25	19	30	-37%	Dos días de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
7538/24	1	50	26.25	17			
7543/20	5	1005	555.00	16	20	-20%	
7543/24	5	869	414.00	18	20	-10%	
7543/24/SC	4	351	58.75	52	50	+4%	
7549/24	2	51	31.25	14			
7549/40	2	81	66.25	11	12	-8%	
7550/24	4	274	200.00	12	15	-20%	

* Por Turno de 8.75 Hrs.

CODIGO	No. DE LOTES FABRICADOS	PRODUCCION TOTAL (UNIDADES)	TIEMPO DE FABRICACION (Hrs.-Mesq.)	TASA DE PRODUCCION*		VARIACION (%)	OBSERVACIONES
				REAL	ESTIMADA		
7552/18	1	210	40	46	35	+31%	
7552/24	3	141	43.75	28	35	-20%	
7553/18	2	776	222.50	31	25	-24%	
7557/40	2	116	80.00	13	15	-13%	
7590/40	2	163	111.25	13	8	+63%	
7592/40	1	47	31.25	13	15	-13%	Producción estimada en la rectificadora automática = 50 fresas/día
7593/40	1	50	48.75	9	8	-13%	
7901/18	1	78	31.25	22	30	-27%	Producción estimada en la rectificadora automática = 200 fresas/día
7901/18/EC	2	167	36.25	40	30	+33%	
7902/16	4	4132	759.25	48	40	+20%	
7902/16/SC	2	173	22.50	67	80	-16%	
7902/20	4	411	83.75	43	40	+8%	
7920/16	2	193	66.25	25	40	-38%	
7921/14	1	304	87.50	30	25	+20%	
7921/24	2	405	102.50	35	25	+40%	
7932/12	1	347	43.75	69	70	-1%	Producción estimada en la rectificadora automática = 120 fresas/día
7942/18	2	167	53.75	27	30	-10%	
7942/18/SC	1	70	8.75	70	60	+17%	
7944/18	3	276	88.75	27	30	-10%	
7951/16	4	1204	203.75	52	50	+4%	
7951/24	1	50	8.75	50	40	+25%	
7954/18	2	230	53.75	37	45	-18%	
8504/20	1	50	9.25	47	50	-6%	Producción estimada en la rectificadora automática = 120 fresas/día
8506/20	1	119	40.00	26	35	-26%	
8536/12	3	129	45.00	25	30	-17%	
8538/16	4	878	252.50	30	35	-14%	

* Por Turno de 8.75 Hrs.

CODIGO	No. DE LOTES FABRICADOS	PRODUCCION TOTAL (UNIDADES)	TIEMPO DE FABRICACION (Hrs.-Maq.)	TASA DE PRODUCCION*		VARIACION (%)	OBSERVACIONES
				REAL	ESTIMADA		
8544/12	6	2366	528.25	39	40	-3%	Un día de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
8901/14/EC	3	2345	471.25	44	40	-10%	
8913-14	1	358	88.75	35	35	0%	
8916-14	2	293	87.50	29	35	-17%	
8916-24	1	358	71.25	44	35	+26%	
8920-12	5	822	181.25	40	40	0%	Medio día de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
8921-12	6	2041	440.00	41	40	+3%	1/2 días de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
8922-12	4	10009	1631.25	54	55	-2%	
8924-14	4	1132	221.25	45	40	+13%	
8932-12	1	221	40.00	48	40	+20%	
8948/12	1	103	26.25	34			
8948/14	2	661	132.50	44	40	+10%	
8951-12	1	723	128.75	49			Un día de descompostura de máquina no considerado en los tiempos de producción
8951/14	5	3793	627.50	53	45	+18%	
8961-14	3	518	147.50	31	40	-23%	
8971/14	2	161	40.00	35	40	-13%	

* Por Turno de 8.75 Hrs.

APENDICE "H"

COMPARACION DE TASAS DE PRODUCCION PARA UNA MUESTRA DE 13 LOTES FABRICADOS ENTRE LOS PERIODOS 8 Y 9, 1992

ORDEN DE TRABAJO No.	CODIGO DE LA FRESA	CANTIDAD REQUERIDA	TIPO DE MONTAJE	CAPACIDAD UTILIZADA * (HORAS-MAQUINA)	TASA DE PRODUCCION**		
					ESTIMADA	DEL ESTUDIO (APENDICE "F")	REAL
18572	7524/20/SC	125	TOTAL	41.75	50	55	26
18575	7522/24/SC	440	PARCIAL	129.25	50	55	30
18611	8932/12	110	PARCIAL	19.50	40	48	49
18685	7921/24	250	TOTAL	54.25	25	35	40
18695	8536/12	50	PARCIAL	22.50	30	25	19
18770	8504/20	50	PARCIAL	9.25	50	47	47
18814	7552/24	50	PARCIAL	17.75	35	28	25
18870	7325/24/SC	75	PARCIAL	39.00	50	19	17
18906	8948/14	250	PARCIAL	58.25	40	44	38
18998	8504/20	55	PARCIAL	14.00	50	47	34
19028	7525/18	100	TOTAL	57.50	20	19	15
19029	7526/18	275	PARCIAL	102.50	25	22	23
19073	7557/40	150	PARCIAL	88.25	15	13	15

* Sin incluir el tiempo de montaje de máquina

** Por turno de 8.75 Horas

De la tabla anterior se concluye que:

- (a) El 70% de las órdenes de trabajo las tasas de producción fueron consistentemente sub- o sobrestimadas, de acuerdo con los datos descritos en el APENDICE "F".
- (b) El tiempo de montaje de máquinas ascendió al 2.5% de la capacidad total utilizada.

Nota: Los tiempos promedio de montaje considerados fueron 4 horas-máquina para el montaje total y media hora-máquina para el parcial.

APENDICE "I"

MATRICES DE CARBURO DE TUNGSTENO REQUERIMIENTOS DE MATERIALES PARA EL EJERCICIO 1993

En la tabla siguiente:

ASL = "Compañía A"
 WL = "Compañía B"
 HCL = "Compañía C"

CODIGO GENERICO DE LA FRESA	MATRIZ		PROVEEDOR	CODIFICACION DE LA LINEA*
	CODIGO	REQUERIMIENTOS		
7503	96.3000	1,700	ASL	R3
7504	96.3001	—		R4
7505	96.3002	4,000	WL	R5
7506	96.3003	4,000	ASL	R6
7507	96.3004	250	WL	R7
7514	96.3005	700	(STOCK)	R8
7515	96.3006	1,200	WL	R9
7517	96.3007	600	ASL	R10
7520	96.3008	—		
7522	96.3009	4,000	ASL	R11
7524	96.3010	2,500	ASL	R12
7525	96.3011	2,000	WL	R13
7526	96.3012	3,000	ASL	R14
7530	96.3013	700	ASL	R15
7531	96.3014	700	ASL	R16
7533	96.3015	1,000	ASL	R17
7534	96.3016	2,000	HCL	R18
7535	96.3017	200	HCL	R19
7536	96.3018	1,000	WL	R20
7537	96.3019	400	HCL	R21
7538	96.3020	1,700	HCL	R22
7543	96.3021	2,000	ASL	R23
	96.3022	—		
7549	96.3023	200	HCL	R24
7550	96.3024	300	ASL	R25
7552	96.3025	800	ASL	R26
7553	96.3026	1,000	ASL	R27
7557	96.3027	300	HCL	R28
7590	96.3028	150	ASL	R29
7591	96.3029	—		
7591	96.3030	—		
7593	96.3031	—		

* Información relativa a la mezcla óptima de productos.

CODIGO GENERICO DE LA FRESA	MATRIZ		PROVEEDOR	CODIFICACION DE LA LINEA*
	CODIGO	REQUERIMIENTOS		
7901	96.3151	9,000	HCL	R30
7902				
7920	96.3060	500	WL	R31
7921	96.3066	1,500	HCL	R32
7932	96.3065	700	ASL	R33
7942	96.3061	400	WL	R34
7944	96.3062	200	WL	R35
7951	96.3063	1,800	HCL	R36
7954	96.3064	500	HCL	R37
8503	96.3090	—		
8504	96.3091	400	ASL	R38
8506	96.3092	400	ASL	R39
8536	96.3093	300	HCL	R40
8538	96.3094	500	HCL	R41
8544	96.3095	4,000	HCL	R42
8545	96.3096	300	ASL	R43
8916	96.3120	600	HCL	R45
8951	96.3121	6,000	ASL	R46
8901	96.3082	60,000	50% HCL. 50% ASL	R44
8920				
8921				
8922				
8924				
8932				
8948				
8961				
8971				

* Información relativa a la mezcla óptima de productos.

APENDICE "J"

DISPONIBILIDAD DE ARBOLES DE LEVAS

GRUPO (S)	CODIFICACION DE LA LINEA*	ARBOLES DE LEVAS DISPONIBLES	FRESA(S) PRODUCTA(S)		OBSERVACIONES
			FORMA	CODIGO(S)	
1A & 1B	R47	3	CILINDRICA DE CORONA (SERIES MINIATURA)	7503, 7505, 7507. 7514, 7515, 7501 7504, 7592 8503, 8504, 8901	El grupo 1B se refiere a las mismas fresas, pero producidas en la Rectificadora automática
2A	R48	3	CILINDRICA CON PUNTA REDONDEADA (SERIES MINIATURA)	7902 8506, 8924	La disponibilidad de árboles de levas dentro de estos grupos puede ser incrementada si se adquirieran levas helicoidales y/o extra lineales
2B	R49	2	CILINDRICA CON PUNTA REDONDEADA	7524	
2C	R50	1	CILINDRICA CON PUNTA REDONDEADA	7530	
2D	R51	2	CILINDRICA CON PUNTA REDONDEADA	7522	
2E	R52	2	CILINDRICA CON PUNTA REDONDEADA	7506	
3	R53	1	FORMA DE ARBOL	7921	
4	R54	3	FORMA DE ARBOL	7525, 7550, 7944	
5	R55	5	FORMA DE ARBOL (SERIES MINIATURA)	7526, 7549 8544	
6	R56	2	OVAL	7942	
7	R57	2	OVAL	7517, 7543	
8A & 8B	R58	1	CONICA (SERIE MINIATURA)	7534, 7536, 7932 8536, 8932	El grupo 8B se refiere a las mismas fresas, cuando éstas son producidas en la máquina automática, exceptuando los códigos 8536 y 8932
9	R59	4	ABOCARDADORA	7531, 7533, 7535	

* Información relativa a la mezcla óptima de productos

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

GRUPO (S)	CODIFICACION DE LA LINEA*	ARBOLES DE LEVAS DISPONIBLES	FRESA(S) PRODUCIDA(S)		OBSERVACIONES
			FORMA	CODIGO(S)	
10A	R60	2	CONICA CON PUNTA REDONDEADA (SERIES MINIATURA)	7538, 7920 8538, 8920	La disponibilidad de árboles de levas dentro de estos grupos puede ser incrementada si se adquirieran levas helicoidales y / o extra lineales
10B	R61	1	CONICA CON PUNTA REDONDEADA	7537	
11	R62	2	REDONDA (SERIES MINIATURA)	7552, 7553, 7557, 7951, 7954 8951	
12	R63	1	FORMA DE CORONA	7590, 7591, 7993	Este tipo de fresas solo puede ser producido en una rectificadora manual en particular
13	R64	5	(SERIES MINIATURA)	8921, 8922	
14	R65	1	(SERIES MINIATURA)	8948, 8971	
15	R66	1	(SERIES MINIATURA)	8913	
16	R67	1	(SERIES MINIATURA)	8916	
17	R68	1	(SERIES MINIATURA)	8961	
18	R69	1	(SERIES MINIATURA)	8545	

* Información relativa a la mezcla óptima de productos

APENDICE "K"

CALCULO DE HORAS DE TRABAJO PARA EL EJERCICIO 1993

$$\text{Horas de trabajo} = \left[(52 \text{ semanas} - 3 \text{ semanas de vacaciones}) \times 5 \frac{\text{días hábiles}}{\text{semana}} - 8 \text{ días feriados} \right] \times 8 \frac{\text{Hrs.}}{\text{día}} = 1,896 \text{ Horas}$$

Nota: Los operadores y ajustadores en la sección de Carburo de Tungsteno tienen 4 semanas de vacaciones al año, pero solamente tres de ellas son tomadas al mismo tiempo.

La cuarta semana es tomada por separado por cada trabajador. Sin embargo, ello no afecta la capacidad de producción disponible ya que un técnico relevista actúa como suplente.

APENDICE "L"

REQUERIMIENTOS DE ARBOLES DE LEVAS PARA EL EJERCICIO 1993

Las necesidades de árboles de levas fueron determinadas del Programa de Requerimientos de Materiales para el ejercicio en cuestión, así como del uso de los 2 juegos de datos relativos a los tiempos de producción. Este apéndice ilustra los supuestos y el procedimiento seguido usando los tiempos de manufactura descritos en el APENDICE "F".

El Programa de Requerimientos de Materiales sólo indica el número de piezas a producir de un tipo y tamaño de fresa, en particular. Sin embargo, no hace referencia a la cantidad de piezas que tendrán "X" o "Y" número de dientes, o a la cantidad de fresas que será requerida con dientes sobrepuestos (S/C) y/o con corte al frente (E/C).

De ahí que, durante la operación de cargado de máquinas, se hicieran las siguientes consideraciones:

- (a) En fresas estándar y suplementarias con la misma forma y tamaño, el tiempo de producción considerado fue el de las fresas estándar.
- (b) En fresas estándar (o suplementarias) con la misma forma y tamaño, pero que pueden ser producidas con distinto número de dientes, las tasas de fabricación empleadas fueron los promedios ponderados. Estos fueron calculados de las tasas de fabricación descritas en el APENDICE "F".
- (c) En aquellos casos en que no se contaba con tasas actuales de producción, los estimados de los supervisores (APENDICE "E") fueron empleados, y
- (d) Los requerimientos de árboles de levas para producir fresas S/C y E/C fueron determinados en base a las estadísticas de ventas del ejercicio 1992. Asignándole a cada grupo de árboles un porcentaje adicional para cubrir las necesidades de estos tipos de fresas.

Las TABLAS L1 a L18 muestran, en forma detallada, los requerimientos de cada grupo de árboles de levas. Estos han sido sumariados en la TABLA 5 (Sección 3.2.) en la que se incrementaron los requerimientos totales en un 2.5% para dar lugar al tiempo de montaje de máquinas. Ello debido a que en las tasas de producción empleadas no se tomó en cuenta esta operación.

TABLA L1

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
1A	CILINDRICA	7514	3005	700	11.7 min. ¹	137 hrs.
		7901	3151	3200	23.9 min.	1275 hrs.
		7515	3006	1200	14.6 min.	292 hrs.
		7503	3000	1700	13.8 min.	391 hrs.
		7505	3002	4000	35.0 min.	2333 hrs.
	7507	3004	250	65.6 min.	273 hrs.	
	DE CORONA	7504	3001	----	10.5 min. ¹	----
		7592	3030	----	40.4 min.	----
	(SERIES MINIATURA)	8901	3082	5500	10.5 min. ¹	963 hrs.
		8503	3090	----	09.5 min. ¹	----
8504		3091	400	11.2 min.	75 hrs.	
1B (T/F)	CILINDRICA	7514	3005	700	02.6 min.	30 hrs.
		7901	3151	3200	02.6 min.	140 hrs.
		7515	3006	1200	03.0 min.	60 hrs.
		7503	3000	1700	03.5 min.	99 hrs.
		7505	3002	4000	04.4 min.	292 hrs.
	7507	3004	250	17.5 min.	73 hrs.	
	DE CORONA	7504	3001	----	02.6 min.	----
		7592	3030	----	10.5 min.	----
	(SERIES MINIATURA)	8901	3082	5500	02.3 min.	214 hrs.
		8503	3090	----	03.5 min.	----
8504		3091	400	04.4 min.	29 hrs.	

TABLA L1 (Cont.)

GRUPO	1A	1B
SUB-TOTAL	5738 hrs.	937 hrs.
50% PARA S/C & E/C	2869 hrs.	937 hrs. ²
TOTAL	8607 hrs.	1874 hrs.

- (1) Tiempos de fabricación estimados por los Supervisores.
 (2) Las fresas con corte delantero (E/C's) tienen que ser fabricadas en las máquinas rectificadoras manuales, cuyas tasas de producción son menores. De ahí que en este caso se consideró apropiado dar una tolerancia del 100%.

TABLA L2

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
2A	CILINDRICA C/PUNTA REDONDEADA	7902	3151	5800	10.9 min.	1054 hrs.
	(SERIES MINIATURA)	8924	3082	4000	11.7 min.	780 hrs.
		8506	3092	400	20.2 min.	135 hrs.
2B	CILINDRICA C/PUNTA REDONDEADA	7524	3010	2500	22.8 min.	950 hrs.
2C	CILINDRICA C/PUNTA REDONDEADA	7530	3013	700	58.3 min.	680 hrs.
2D	CILINDRICA C/PUNTA REDONDEADA	7522	3009	4000	21.0 min.	1400 hrs.
2E	CILINDRICA C/PUNTA REDONDEADA	7506	3003	4000	27.6 min.	1840 hrs.

TABLA L2 (Cont.)

GRUPO	2A	2B	2C	2D	2E
SUB-TOTAL	1969 hrs.	950 hrs.	680 hrs.	1400 hrs.	1840 hrs.
25% PARA S/C & E/C	492 hrs.	238 hrs.	170 hrs.	350 hrs.	460 hrs.
TOTAL	2461 hrs.	1188 hrs.	850 hrs.	1750 hrs.	2300 hrs.

TABLA L3

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
3	DE ARBOL	7921	3066	1500	15.9 min.	398 hrs.
					SUB-TOTAL	398 hrs.
					5% PARA S/C & E/C	20 hrs.
					TOTAL	418 hrs.

TABLA L4

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
4	DE ARBOL.	7944	3062	200	19.4 min.	65 hrs.
		7525	3011	2000	27.6 min.	920 hrs.
		7550	3024	300	43.8 min.	219 hrs.
					SUB-TOTAL	1204 hrs.
					10% PARA S/C & E/C	120 hrs.
					TOTAL	1324 hrs.

TABLA L5

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
5	DE ARBOL.	7526	3012	3000	25.0 min.	1250 hrs.
		7549	3023	200	47.7 min.	159 hrs.
	(SERIES MINIATURA)	8544	3095	4000	13.5 min.	900 hrs.
					SUB-TOTAL	2309 hrs.
					10% PARA S/C & E/C	231 hrs.
					TOTAL	2540 hrs.

TABLA L6

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
6	OVAL.	7942	3061	400	19.4 min.	129 hrs.
					SUB-TOTAL	129 hrs.
					40% PARA S/C & E/C	52 hrs.
					TOTAL	181 hrs.

TABLA L7

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
7	OVAL	7543	3021	2500	30.9 min.	1288 hrs.
		7517	3007	600	43.8 min.	438 hrs.
					SUB-TOTAL	1726 hrs.
					30% PARA S/C & E/C	518 hrs.
					TOTAL	2244 hrs.

TABLA L8

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
8A	CONICA	7932	3065	700	07.6 min.	89 hrs.
		7536	3018	1000	22.8 min.	380 hrs.
		7534	3016	2000	23.9 min.	797 hrs.
	(SERIES MINIATURA)	8932	3082	500	10.9 min.	91 hrs.
		8536	3093	300	21.0 min.	105 hrs.
8B (T/F)	CONICA	7932	3065	700	04.4 min.	51 hrs.
		7536	3018	1000	05.3 min.	88 hrs.
		7534	3016	2000	05.3 min.	175 hrs.
	(SERIES MINIATURA)	8932	3082	500	----	----
		8536	3093	300	----	----

TABLA L8 (Cont.)

GRUPO	8A	8B
SUB-TOTAL	1462 hrs.	314 HRS.
0% para S/C & E/C	----	----
TOTAL	1462 HRS.	314 HRS.

TABLA L9

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
9	ABOCARDADORA	7533	3015	1000	15.9 min.	265 hrs.
		7531	3014	700	30.9 min.	361 hrs.
		7535	3017	200	27.2 min.	91 hrs.
					SUB-TOTAL	717 hrs.
					0% PARA S/C & E/C	----
					TOTAL	717 hrs.

TABLA L10

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
10A	CONICA C/PUNTA REDONDEADA	7920	3060	500	21.0 min.	175 hrs.
		7538	3020	1700	27.6 min.	782 hrs.
	(SERIE MINIATURA)	8920	3082	1700	13.1 min.	371 hrs.
		8538	3094	500	17.5 min.	146 hrs.
10B	CONICA C/PUNTA REDONDEADA	7537	3019	400	47.7 min.	318 hrs.

TABLA L10 (Cont.)

GRUPO	10A	10B
SUB-TOTAL	1474 hrs.	318 hrs.
25% PARA S/C & E/C	369 hrs.	80 hrs.
TOTAL	1843 hrs.	398 hrs.

TABLA L11

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
11	REDONDA	7951	3063	1800	10.1 min.	303 hrs.
		7954	3064	500	14.2 min.	118 hrs.
		7552	3025	800	13.5 min.	180 hrs.
		7553	3026	1000	16.9 min.	282 hrs.
		7557	3027	300	40.4 min.	202 hrs.
	(SERIES MINIATURA)	8951	3121	6000	09.9 min.	990 hrs.
					SUB-TOTAL	2075 hrs.
					0% PARA S/C & E/C	---
					TOTAL	2075 hrs.

TABLA L12

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
12	DE CORONA	7591	3029	---	43.8 min. ¹	---
		7593	3031	---	43.8 min.	---
		7590	3028	150	40.4 min.	101 hrs.
					SUB-TOTAL	101 hrs.
					0% PARA S/C & E/C	---
					TOTAL	101 hrs.

(1) Tiempos de fabricación estimados por los Supervisores.

TABLA L13

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
13	(SERIES MINIATURA)	8921	3082	6000	12.8 min.	1280 hrs.
		8922	3082	36000	09.7 min.	5820 hrs.
					SUB-TOTAL	7100 hrs.
					0% PARA S/C & E/C	---
					TOTAL	7100 hrs.

TABLA L14

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
14	(SERIES MINIATURA)	8948	3082	1500	11.9 min.	298 hrs.
		8971	3082	2700	15.0 min.	675 hrs.
					SUB-TOTAL	973 hrs.
					0% PARA S/C & E/C	----
					TOTAL	973 hrs.

TABLA L15

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
15	(SERIES MINIATURA)	8913	3082	600	15.0 min.	150 hrs.
					SUB-TOTAL	150 hrs.
					0% PARA S/C & E/C	----
					TOTAL	150 hrs.

TABLA L16

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
16	(SERIES MINIATURA)	8916	3120	600	14.2 min.	142 hrs.
					SUB-TOTAL	142 hrs.
					0% PARA S/C & E/C	----
					TOTAL	142 hrs.

TABLA L17

GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
17	(SERIES MINIATURA)	8961	3082	1500	16.9 min.	423 hrs.
					SUB-TOTAL	423 hrs.
					0% PARA S/C & E/C	----
					TOTAL	423 hrs.

TABLA L18

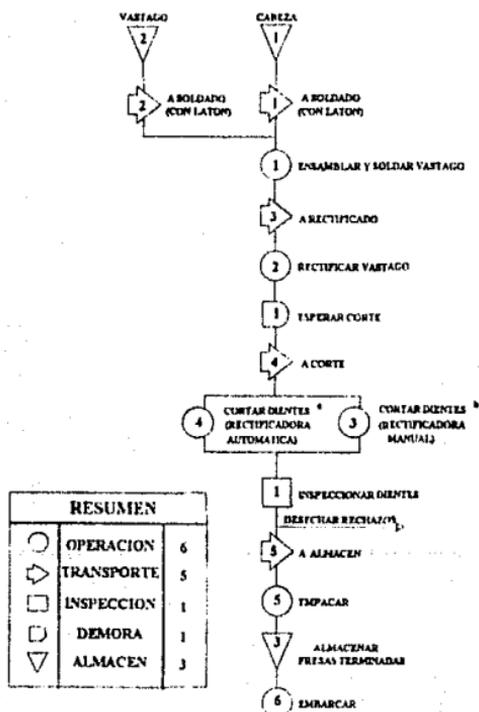
GRUPO	FRESA		MATRIZ		TIEMPO DE FABRICACION	
	FORMA	CODIGO	CODIGO	CANT.	UNITARIO	TOTAL
18	(SERIES MINIATURA)	8545	3096	300	15.0 min. ¹	75 hrs.
					SUB-TOTAL	75 hrs.
					0% PARA S/C & E/C	----
					TOTAL	75 hrs.

(1) Tiempos de fabricación estimados por los Supervisores.

APENDICE "M"

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE MATERIALES

FRESAS DE CARBURO DE TUNGSTENO SOLDADAS

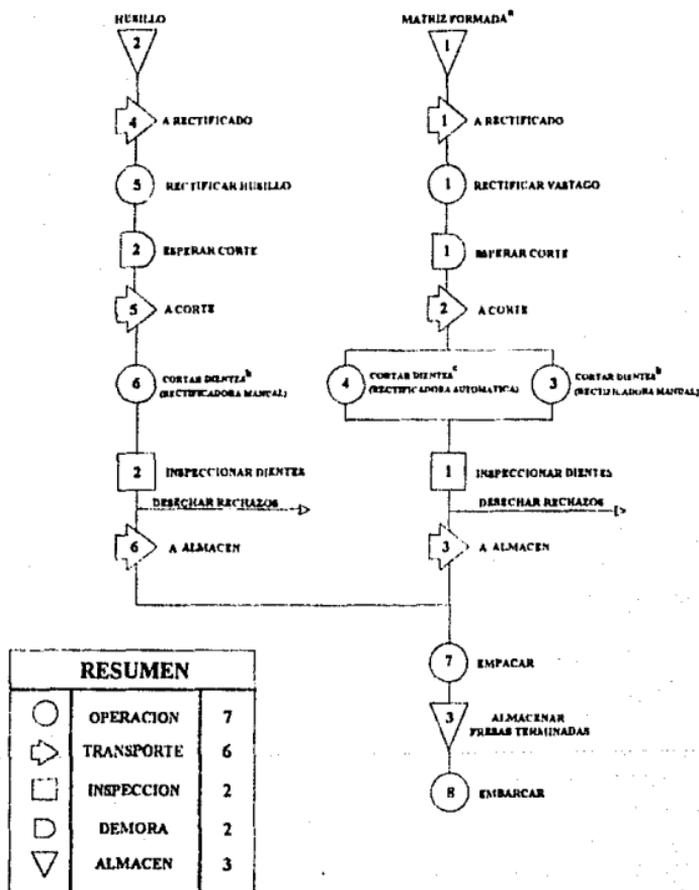


(a) Únicamente fresas cilíndricas y cónicas bien sean estándar o S/C.

(b) Cualquier fresa estándar, S/C y/o E/C.

NOTA: Las fresas con dientes sobrepuestos (S/C) y/o con corte delantero (E/C) normalmente son producidas de fresas estándar. Por consiguiente, para fabricar este tipo de fresas sólo son necesarias las operaciones realizadas después de la operación de rectificado. También cabe mencionar que algunas fresas E/C son producidas a partir de fresas S/C.

FRESAS DE CARBURO DE TUNGSTENO SOLIDAS



- (a) Matrices sólidas usadas en la fabricación de fresas cuyos códigos inician con el número 79.
 (b) Cualquier fresa estándar, S/C y/o E/C.
 (c) Únicamente fresas cilíndricas y cónicas bien sean estándar o S/C.

NOTA: Las fresas con dientes sobrepuestos (S/C) y/o con corte al frente (E/C) normalmente son producidas de fresas estándar. Por consiguiente, para fabricar este tipo de fresas sólo son necesarias las operaciones realizadas después de la operación de rectificado. También cabe mencionar que algunas fresas E/C son producidas a partir de fresas S/C.

APENDICE "N"

CAUSAS DE PERDIDA DE CAPACIDAD PRODUCTIVA

CAUSA	MAQUINAS RECTIFICADORAS MANUALES	MAQUINA RECTIFICADORA AUTOMATICA
<p>Interferencia de Máquinas</p> <p>Tiempo durante el cual una máquina está parada debido a que el ajustador y el operador están ocupados en otra(s) máquina(s).</p>	<p>La capacidad perdida por esta causa variará según el número de máquinas que se le asigne a cada equipo ajustador/operador</p>	
<p>Tiempo de Montaje</p> <p>Tiempo requerido para montar y/o ajustar las partes y el berramental de la máquina para que ésta esté en capacidad de producir.</p>	<p>Parcial</p> <p>Cuando solamente la leva helicoidal, el plato divisor y/o el cabezal portapiedras requieren ser cambiados. Este tipo de montaje toma, en promedio, 30 mins. y es realizado cuando se producen fresas que emplean el mismo árbol de levas (APENDICE "J").</p> <p>Total</p> <p>Cuando, entre otros, se requiere cambiar el árbol de levas. Este tipo de montaje toma, en promedio, 4 hrs.</p>	<p>Parcial</p> <p>Cuando el cabezal portapiedras, el mecanismo de ajuste y/o la mesa de la máquina tienen que ser reposicionadas. El tiempo empleado para este ajuste es, en promedio, de 10 mins.</p> <p>Total</p> <p>Cuando, entre otros, el plato indexador requiere ser cambiado. Este montaje toma, en promedio, 30 mins.</p>
<p>Reafilado de la Rueda de Corte</p> <p>El desgaste de las ruedas de diamante es función de la profundidad de corte y del número de dientes que lleva cada fresa.</p>	<p>En promedio 20 fresas estándar ó 50 fresas miniatura (APENDICE "B") pueden ser producidas antes de que se requiera reafilar la rueda de corte. El tiempo requerido para realizar esta operación es de 10 mins., aproximadamente, y generalmente es realizada por el ajustador.</p>	<p>Igual que al de las rectificadoras manuales. Sin embargo, debido a la velocidad de producción de este equipo, se están evaluando distintas ruedas de corte para reducir los requerimientos de reafilado.</p>

CAUSA/ORIGEN	MAQUINAS RECTIFICADORAS MANUALES	MAQUINA RECTIFICADORA AUTOMATICA
Descompostura de Maquinas	<p>Menor</p> <p>Descomposturas que pueden ser arregladas por los ajustadores y operadores. Dentro de este tipo de fallas las más comunes son la ruptura de una banda de acero y de un cordón de nylon. La primera transmite el movimiento de las levas al cabezal portacuchillas mientras que el cordón de nylon regresa el cabezal a su posición original. El tiempo perdido por estas rupturas es de, aproximadamente, 5 mins. más no fue posible establecer su frecuencia.</p> <p>Mayor</p> <p>Fallas eléctricas y/o mecánicas que deben ser reparadas por el Departamento de Mantenimiento. Sin embargo, la Empresa no lleva un registro de estas descomposturas, y aunque se llevó a cabo una investigación de las mismas (APENDICE "O"), se decidió reducir la capacidad del equipo, por estas fallas, en un 5%. Dicho porcentaje fue recomendado por los Supervisores en base "a la experiencia".</p>	<p>Las descomposturas de este equipo también son clasificadas en menores y mayores. No obstante, debido a su reciente adquisición, rara vez han ocurrido fallas mayores.</p> <p>Para fines de pluneación, se decidió cargar a este concepto un 5% de la capacidad disponible</p>

Nota: La limpieza del equipo no es considerada como una causa relevante de capacidad perdida ya que rara vez se realiza. Las Rectificadoras Manuales son limpiadas 1 ó 2 veces al año y la Rectificadora automática 4 ó 5 veces. Sin embargo, cuando esta operación se realice será necesario ajustar la capacidad disponible a menos de que se efectúe fuera de horas de trabajo. El tiempo requerido para limpiar cada Rectificadora Manual es de una hora y media, en promedio, y para la máquina automática es de tres horas.

APENDICE "O"

CAPACIDAD PERDIDA POR DESCOMPOSTURAS MAYORES

Al tratar de determinar el porcentaje de capacidad perdida en las máquinas rectificadoras manuales como consecuencia de descomposturas mayores, se hizo evidente que la Empresa no mantenía una base de datos para cuantificar este factor.

Hasta mayo de 1991 el tiempo perdido por fallas mayores era reportado al Departamento de Ingeniería Industrial para fines del cálculo del sistema de incentivos. Sin embargo, con la implementación del nuevo método para calcular los incentivos en el área, las "Tarjetas de Reporte de Descomposturas" fueron eliminadas y todos los registros históricos destruidos. La nueva metodología fue desarrollada tomando en cuenta las pérdidas por descomposturas, pero cuando se pidió al Departamento de Ingeniería Industrial estableciera las bases consideradas en el cálculo no pudieron dar fundamento alguno.

Posteriormente, se consultó al Departamento de Mantenimiento. Los únicos documentos que pudieron proporcionar fueron las órdenes de reparación para 1989. Sin embargo, éstas no fueron de utilidad ya que en muy pocas se encontraba reportado el tiempo tomado en efectuar las reparaciones.

Finalmente, los autores acudieron al Departamento de Contabilidad. Por medio de los reportes de "Prorratio de Salarios por Jornada Estándar" para los Ejercicios 1991 y 1992, y de las "Tasas de Producción Estándar por hora de Mano de Obra Directa" cargadas durante dichos Ejercicios, fue posible determinar, en base anualizada, el rango (planeado) de capacidad perdida por descomposturas. Los resultados han sido sumarizados en la tabla siguiente:

TABLA 01.

EQUIPO	CAPACIDAD PERDIDA (Planeada)	
	1991	1992
Máquinas Rectificadoras Manuales	0.9 - 1.7 %	1.2 - 1.6 %
Esmeriladoras	0.8 - 2.8 %	1.4 - 2.8 %

Sin embargo, cuando estos porcentajes fueron discutidos con el área de Producción, los consideraron bastante bajos. Los Supervisores coincidieron en señalar que esta subestimación se debía a que no siempre se reportaban las descomposturas al Departamento de Contabilidad y/o que el tiempo perdido que se reportaba era solo el tomado en la reparación y no el tiempo total que el equipo estuvo parado. Más aún, hicieron patente que a pesar del reciente ajuste realizado a todas las rectificadoras manuales, la capacidad perdida por descomposturas mayores ascendía a un 5%, aproximadamente. De ahí que se decidiera emplear dicho porcentaje en los cálculos de la capacidad del taller.

APENDICE "P"

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION

1. Capacidad Requerida (C_R)

Para cada orden de trabajo, se calculará como sigue:

$$C_R = \left\{ \begin{array}{l} \text{Tiempo de Fabricación por Fresa} \times \text{No. de Piezas a} \\ \text{Producir} + \text{Tiempo Requerido para el Montaje del Equipo} \end{array} \right\} \dots [\text{Horas - Máquina}]$$

Nota: La ecuación no considera tolerancia para piezas defectuosas ya que ésta ha sido incluida, de antemano, en la cantidad requerida. Actualmente, el porcentaje por defectos considerado en la Orden de Trabajo es del 10%.

2. Capacidad Disponible (C_D)

En la Sección 4.1 fue establecido que la mejor unidad para medir la *Capacidad Requerida* en el Taller son las "Horas-Máquina", por consiguiente, es necesario especificar la *Capacidad Disponible* en los mismos términos. La capacidad disponible existente (o capacidad actual como se le denomina en la Empresa) estará dada por la siguiente ecuación:

$$C_D = \left\{ \left(\begin{array}{l} \text{Capacidad Planeada por Máquina} - \\ \text{Pérdida por Descomposturas Mayores} \end{array} \right) \times \text{No. de Máquinas} \right\} \times \text{Factor de Productividad (\%)}$$

i) En las Máquinas Rectificadoras Manuales:

$$\begin{aligned}
 C_D &= 40 \text{ Horas-Máquina por Semana} \times \left(1 - \frac{5}{100}\right) \times 21 \text{ Máquinas} \times 100\% \\
 &= (38 \text{ Horas-Máquina por Semana}) \times 21 \text{ Máquinas} \\
 &= 798 \text{ Horas-Máquina por Semana}
 \end{aligned}$$

ii) En la Máquina Rectificadora Automática:

$$\begin{aligned}
 C_D &= 40 \left(1 - \frac{5}{100}\right) \times 1 \times 100\% \\
 &= 38 \text{ Horas-Máquina por Semana}
 \end{aligned}$$

Notas: (1) El factor de Productividad fue considerado como 100% debido a que actualmente no se cuenta con registros de varianzas de Productividad.

(2) La capacidad Disponible deberá ser modificada en aquellas semanas en las que haya días festivos.

3. Capacidad Anual (C_A)

Esta será la capacidad disponible durante un año, y deberá ser considerada al establecer los planes y programas a largo plazo. En su cálculo deberá tomarse en cuenta la capacidad perdida por factores tales como: Huelgas, días festivos, vacaciones generales, programas de mantenimiento preventivo, etc.

Para fines del presente estudio sólo se consideraron los días de descanso, ya que se tienen buenas relaciones laborales y no se ha tenido una huelga en los últimos 15 años. Asimismo, y como se mencionó en el "APENDICE O", las máquinas fueron ajustadas recientemente por lo que no se prevé un paro por cuestiones de mantenimiento preventivo.

$$\therefore C_A = \text{Capacidad Disponible "C}_d\text{"} \times \left\{ \begin{array}{l} 52 \text{ semanas} - 3 \text{ semanas} \\ \text{de Vacaciones Generales} - \frac{8 \text{ días festivos}}{5 \text{ días por semana}} \end{array} \right\}$$

(i) En las Rectificadoras Manuales:

$$\begin{aligned} C_A &= 798 \text{ Horas-Máquina por Semana} \times (49 \text{ semanas} - 1.60 \text{ semanas}) \\ &= 37,825 \text{ Horas-Máquina} \end{aligned}$$

(ii) En la Rectificadora Automática:

$$\begin{aligned} C_A &= 38 \times (49 - 1.60) \\ &= 1,801 \text{ Horas-Máquina} \end{aligned}$$

Nota: (1) Los trabajadores de la sección carburo de tungsteno tienen cuatro semanas de vacaciones al año. De ellas, tres son comunes y la cuarta semana se planea de forma que sólo un trabajador esté ausente a la vez.

Sin embargo, la capacidad de la sección no se ve afectada por vacaciones individuales ya que uno de los supervisores pasa a suplir al trabajador.

4. Capacidad Potencial (Cr)

Originalmente existió confusión en cuanto al significado de este término dentro de la Empresa. Sin embargo, después de algunas discusiones con el Gerente de Planeación y Control de Producción, los autores pudieron constatar que éste término es usado para referirse a la "Capacidad Planeada de Máquinas".

Por consiguiente, se puede decir que la Capacidad Potencial de las Máquinas Rectificadoras Manuales y de la Rectificadora Automática es de 840 y 40 Horas-Máquina por semana, respectivamente (Sección 4.2.)

APENDICE "Q"**PROCEDIMIENTO EXISTENTE PARA EL CARGADO
Y PROGRAMADO DE MAQUINAS**

En el diagrama siguiente:

CD= Capacidad Disponible (Horas-Máquina por semana)

CR= Capacidad Requerida (Horas-Máquina)

C/P= Cargar y Programar Máquina

O.P.= Orden Prioritaria

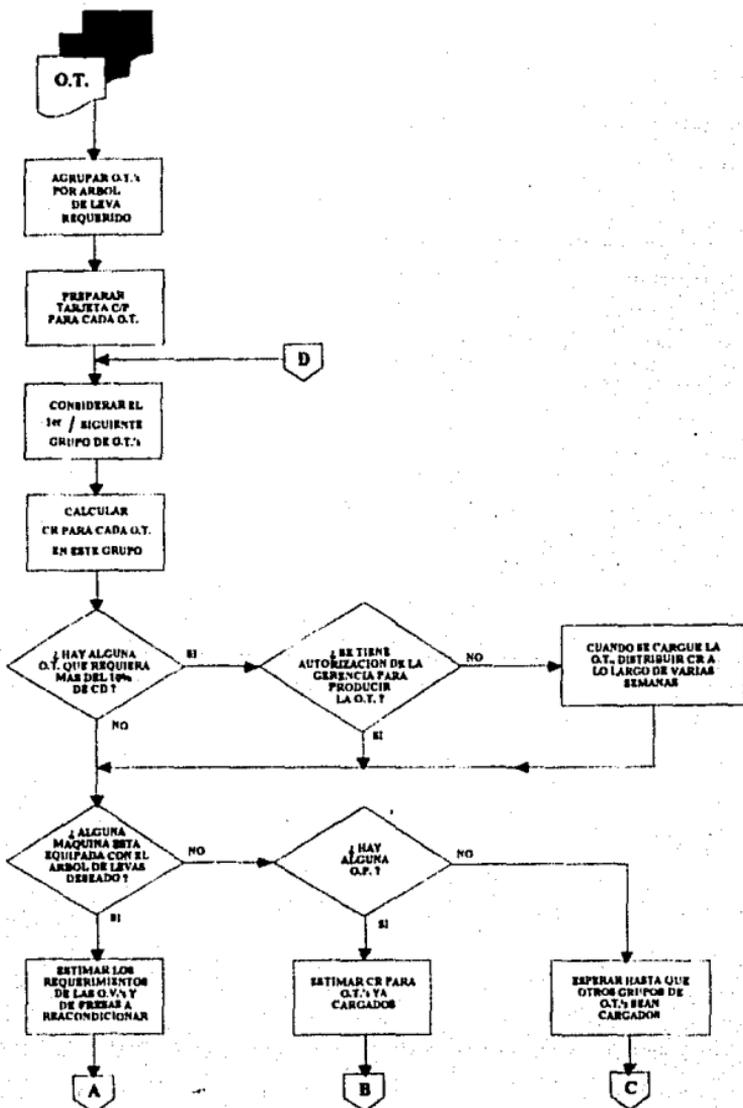
O.T.= Orden de Trabajo

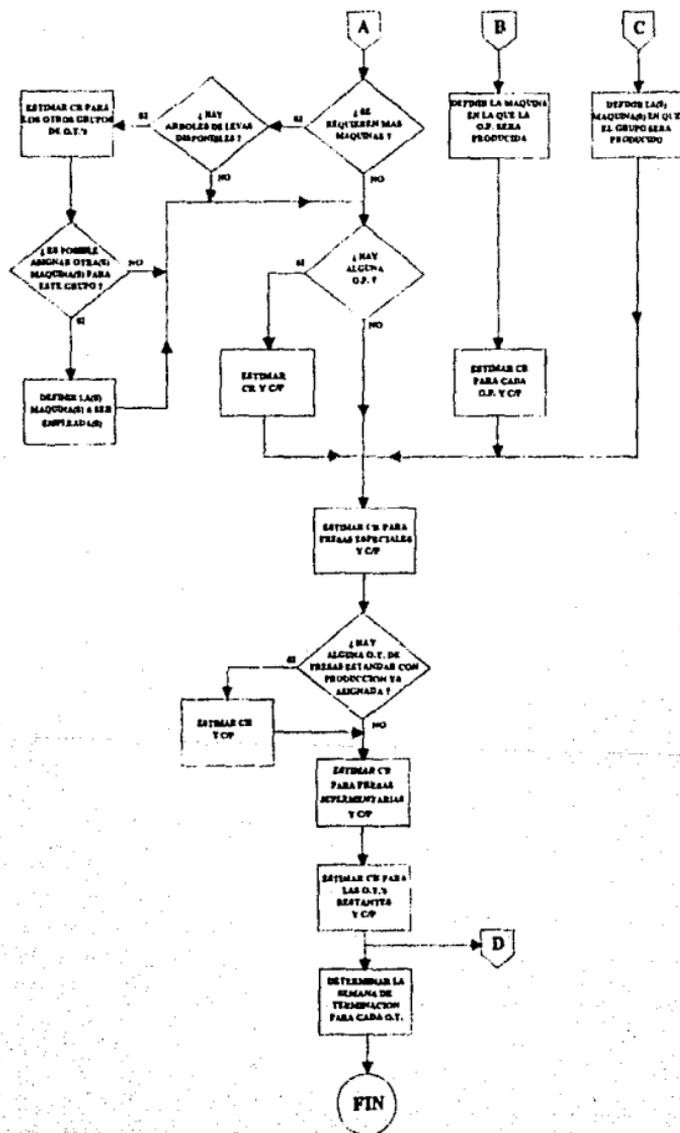
O.V.= Orden Vencida

Nota: El procedimiento para el cargado y programado de la Rectificadora Automática es similar al descrito a continuación. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que:

- (i) En esta máquina sólo se pueden fabricar fresas cilíndricas y cónicas estándar y/o S/C's.
- (ii) El movimiento cortante de esta máquina no está gobernado por un árbol de levas sino por un mecanismo hidráulico.

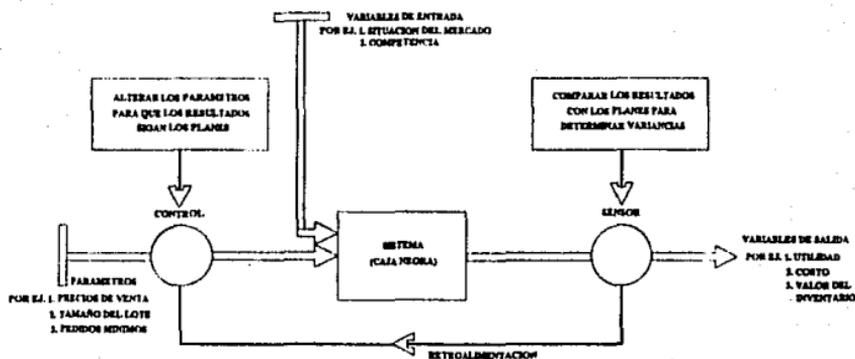
MAQUINAS RECTIFICADORAS MANUALES PROCEDIMIENTO PARA EL CARGADO Y PROGRAMADO DE MAQUINAS





APENDICE "R"

UN SISTEMA DE CONTROL CON RETROALIMENTACION (J. L. BURBIDGE, 1971)



CONTROL DE LA EMPRESA

1. Planear los valores de las **VARIABLES DE SALIDA** (Objetivo).
2. Planear la estrategia para cambios de **PARAMETROS** (Políticas).
3. Iniciar la Producción.
4. Detectar las "varianzas" entre los resultados y los planes (Sensor).
5. Informar a Control las "varianzas" (Retroalimentación).
6. Modificar los valores de los **PARAMETROS** para lograr el objetivo (Control).

En el diagrama anterior:

- (1) Las Variables de Salida son aquellas a las que no se les pueden asignar valores arbitrarios. Estas sólo pueden ser alteradas indirectamente al cambiar los valores de otras variables conocidas como Parámetros.
- (2) Los Parámetros son las variables que un Gerente puede alterar libremente. Mediante las modificaciones que haga a los valores de los parámetros, buscará dirigir el valor de las variables de salida para lograr los objetivos.
- (3) Las Variables de Entrada son aquellas sobre las que la Empresa, generalmente, tiene un control mínimo o nulo, bien sea en forma directa o indirecta. Los valores de estas variables son dados por el medio en que la Empresa existe.

APENDICE "S"

REPORTE DE DESEMPEÑO DEPARTAMENTAL

= MES No. ____ =

1.0 FECHAS DE TERMINACION PLANEADAS V.S. REALES.

ORDENES PRODUCIDAS	MES _____		ACUMULADO A LA FECHA	
	No.	%	No.	%
A TIEMPO				
FUERA DE TIEMPO				
TOTAL		100%		100%

ESTADISTICAS	ESTE MES	MES ANTERIOR
PROMEDIO { <ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-right: 10px;">⊕ = RETRAZO <li style="margin-right: 10px;">⊖ = ADELANTO 	semanas	semanas
DESVIACION ESTANDAR	semanas	semanas

Nota: Estas Estadísticas pueden ser calculadas siguiendo el procedimiento descrito en el APENDICE "C".

CAUSA DE RETRASO (ORDENES VENCIDAS)	MES		ACUMULADO A LA FECHA	
	No.	%	No.	%
FALTA DE MATRICES				
FALTA DE MANUAL DE ESPECIFICACIONES				
FALLAS DE CALIDAD				
DESCOMPOSTURA DE MAQ(S)				
FALTA DE ARBOLES DE LEVAS				
OTROS				
TOTAL		100%		100%

2.0 VARIANZAS DE PRODUCTIVIDAD

	ESTE MES	MES ANTERIOR
CAPACIDAD REQUERIDA $\left(\sum_{i=1}^n A_i\right)$	Hrs.	Hrs.
CAPACIDAD UTILIZADA $\left(\sum_{i=1}^n B_i\right)$	Hrs.	Hrs.
PRODUCTIVIDAD (%) = $\left(\frac{\sum_{i=1}^n A_i}{\sum_{i=1}^n B_i}\right) \times 100\%$	%	%

Donde:

n = No. de Ordenes de Trabajo producidas en el mes.

A_i = Capacidad Requerida para la Orden de Trabajo "i"
 = {(cantidad de piezas producidas x tiempo unitario de fabricación) + tiempo estimado de montaje}
 ...calculado con los tiempos promedio estimados

B_i = Capacidad utilizada en la orden de trabajo "i"
 = (tiempo total de manufactura + tiempo de montaje)
 ...real

3. MERMA

	ESTE MES	MES ANTERIOR
TASA ACTUAL*	%	%
TASA PERMITIDA	%	%

$$* \text{ Rango Actual de Desperdicio} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{n}$$

Donde:

n = No. total de Ordenes de Trabajo terminadas en el mes.

C_i = Porcentaje de Merma para la Orden de Trabajo "i".

4.0 DESCOMPOSTURAS MAYORES

TIEMPO MUERTO	ESTE MES	MES ANTERIOR
TASA REAL*	%	%
TASA PERMITIDA	%	%

$$* \text{ Tasa Real} = \frac{\sum_{i=1}^n C_i}{\sum_{i=1}^n B_i + \sum_{i=1}^n C_i}$$

Donde:

n = No. Total de Ordenes de Trabajo terminadas en el mes.

B_i = Capacidad Utilizada en la Orden de Trabajo "i"

C_i = Tiempo Muerto por Descomposturas incurrido al procesar la Orden de Trabajo "i"

5.0 COMENTARIOS Y OBSERVACIONES

APENDICE "T"

**TERMINOLOGIA DE LA PROGRAMACION LINEAL
(DEFINICIONES)**

1. **FUNCION OBJETIVO:** Es la función que será maximizada o minimizada.

2. **RESTRICCIONES FUNCIONALES:** Son las restricciones que representan la disponibilidad de los distintos recursos.

3. **RESTRICCIONES NO-NEGATIVAS:** Son las restricciones que limitan el valor de cada variable para que sea no-negativa (ya que no es posible producir, usar o vender una cantidad negativa).

4. **SOLUCION BASICA FACTIBLE:** Es una solución que satisface todas las restricciones.

5. **SOLUCION OPTIMA:** Es la solución básica factible que da la solución más favorable a la función objetivo.

6. **VARIABLES DE DECISION:** Representan las variables cuyos valores tienen que ser seleccionados para lograr la función objetivo, sujeta a las restricciones impuestas.

7. VARIABLES DE HOLGURA:

Son las variables (no-negativas) que se utilizan para convertir las restricciones funcionales desiguales en restricciones iguales equivalentes. En un problema de maximización el valor de la variable de holgura "i" representa la cantidad sobrante del recurso "i".

8. VARIABLES BASICAS:

Si en la formulación matemática de un problema hay "m" restricciones y "n" variables (incluyendo variables de holgura) y si "n" es mayor que "m", entonces, para obtener una solución básica factible habrá que asignar un valor cero al número de variables que resulten de restar "n" menos "m". Una variable real o de holgura cuyo valor no sea cero en una solución óptima se define como una variable básica. Así pues, para un problema con "n" variables, "m" restricciones y, si "n" es mayor o igual que "m", entonces habrá C_m soluciones básicas, es decir, "n" soluciones con "m" variables básicas.

APENDICE "U"**INFORMACION SOBRE LAS VARIABLES DE DECISION Y LAS
RESTRICCIONES PARA LA MEZCLA OPTIMA DE PRODUCTOS****1. Información Contable y de Ventas**

Esta ha sido resumizada en las TABLAS U1 y U2, donde:

- (a) Las variables de decisión indican los diferentes procesos de manufactura por medio de los cuales se puede producir cada fresa (APENDICE "W").
- (b) Tanto el Pronóstico de Ventas 1993 como los distintos requerimientos para cumplir con Contratos de Ventas existentes fueron proporcionados por la Gerencia de Planeación y Control de Producción.
- (c) Los Precios Unitarios de Venta fueron ponderados en base a las ventas del tercer cuatrimestre del ejercicio 1992. Esto debido a las distintas escalas de precio con que cuenta la Empresa, mismas que varían dependiendo del volumen requerido y del cliente.
- (d) Los Costos Unitarios de cada fresa fueron obtenidos de las "TARJETAS DE COSTOS" llevadas por el Departamento de Contabilidad.

2. Tiempos Unitarios de Producción

La TABLA U3 muestra la capacidad requerida (en Horas-Máquina) para producir cada fresa incluida en el Pronóstico de Ventas 1993, acorde con el proceso de manufactura empleado.

La mayoría de los tiempos de producción empleados fueron obtenidos de las tasas reales de producción listadas en el APENDICE "F". Sin embargo, cuando no se contó con datos reales se recurrió a las tasas estimadas por los Supervisores (APENDICE "E"). Asimismo, y dado que las tasas de producción de las fresas S/C y E/C sólo involucran la última operación de maquinado, ya que se parte de fresas estándar o fresas S/C terminadas, los tiempos unitarios de fabricación, en estos casos, fueron calculados como sigue:

Sea:

N = Fresa Estándar

SC = Fresa S/C

EC = Fresa E/C

T.U. = Tiempo Unitario de Producción

P.T. = Tasa de Producción por turno de 8.75 Hrs.

Entonces :

$$TU_{SC} = 8.75 \text{ Hrs } \{ 1/P.T.N + 1/P.T.sc \} \quad (U1)$$

$$TU_{EC} = 8.75 \text{ Hrs } \{ 1/P.T.N + 1/P.T.ec \} \quad (U2)$$

$$TU_{sc/ec} = 8.75 \text{ Hrs } \{ 1/P.T.N + 1/P.T.sc + 1/P.T.ec \} \quad (U3)$$

NOTAS: (1) El corte de dientes delantero o corte E/C no puede ser realizado en la rectificadora automática.

(2) Para fines prácticos, cuando una fresa puede ser producida tanto en las rectificadoras manuales como en la automática, combinaciones tales como producir la fresa estándar en el equipo automático y posteriormente usar las rectificadoras manuales para producir una fresa S/C no fueron consideradas.

3. Capacidad Disponible

Para el problema de la mezcla óptima de productos, algunas deducciones adicionales fueron hechas a la capacidad anual mostrada en el APENDICE "P". Ello con el fin de tomar en cuenta los requerimientos de montaje del equipo, las necesidades para el reafileado de fresas y los requerimientos de capacidad para fabricar fresas especiales.

Luego entonces, sea :

A = Capacidad Anual Disponible

CE = Capacidad Requerida para Fresas Especiales
= 2% de la Capacidad Potencial

CM = Capacidad Requerida para el Montaje de Máquinas
= 2.5% de la Capacidad Potencial

CP = Capacidad Perdida por Descomposturas Mayores
= 5% de la Capacidad Potencial

CR = Capacidad Requerida para el reafileado de fresas
= 3% de la Capacidad Potencial

N = No. de Máquinas (o Arboles de Levas)

P = Capacidad Potencial por semana por Máquina (o Arbol de levas)
= 40 Hrs-Maq. por Semana

V_A = Vacaciones Anuales
= 3 Semanas

V_F = Dias Festivos
= 8/5 semana

Por lo tanto :

(a) Para las Rectificadoras Manuales:

$$A = \{P \times [52 \text{ semanas} - (V_A - V_F)] \times [1 - (C_P + C_R + C_M + C_E)]\} \times N \quad (U4)$$

= 1,659 x 21 máquinas (Hrs-Maq.)
= 34,839 Hrs-Maq.

(b) Para la Rectificadora Automática:

$$A = \{P \times [52 \text{ semanas} - (V_A - V_F)] \times [1 - (C_P + C_R + C_M + C_E)]\} \quad (U5)$$

= 1,716 Hrs-Maq.

Nota: En este equipo no se realizan operaciones de reafileado de fresas

(c) Para cada Grupo de Arboles de Levas (donde $K=1$ hasta n):

$$A_K = \{P \times [52 \text{ semanas} - (V_A - V_F)] \times [1 - (C_R + C_M)]\} \times N_K \quad (U6)$$

= 1,792 x N_K {Hrs-Maq}

Nota: Dado que muy rara vez se descomponen los árboles de levas, este concepto no fue considerado. Asimismo, los requerimientos de capacidad de árboles de levas para fabricar fresas especiales se consideraron cubiertos dentro de la tolerancia del 3% prevista para las operaciones de reafileado.

La Capacidad Anual disponible para cada uno de los 23 Grupos de Arboles de Levas es mostrado en la TABLA "U4".

(d) Comentarios y Observaciones

- (1) El 2.5% de la capacidad asignada para el montaje de máquinas fue establecido de acuerdo con los requerimientos de 13 órdenes de trabajo seleccionadas al azar, y producidas en los Periodos 8 y 9 de 1992 (APENDICE "H").
- (2) Los requerimientos de capacidad para las operaciones de reafilado fueron determinados en base a un estudio realizado. Dicho estudio se basó en los recibos del "Servicio de Intercambio" expedidos por el almacén entre los periodos 11, 1991 y 10, 1992, y de los cuales fue posible determinar que el 3% de la capacidad potencial de las máquinas manuales fue utilizado para este fin. Los resultados han sido sumariados en la GRAFICA "U1".
- (3) Los requerimientos de capacidad para fabricar fresas especiales fueron proporcionados por el Gerente de Planeación y Control de la Producción. Estos toman en cuenta el hecho de que las tres fresas especiales de mayor movimiento fueron consideradas como productos de línea para fines del problema a resolver.

**TABLA UI. PRONOSTICO DE VENTAS 1993 Y CONTRIBUCION
MARGINAL POR TIPO DE FRESA**

CODIGO DE LA FRESA	VARIABLE DE DESICION No.(S)	NOMBRE DEL RENGLON	PRONOSTICO DE VENTAS (UNIDS.)	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	CONTRIBUCION MARGINAL UNITARIA
7503/18	X1, X112	R79	500	23.220	6.495	16.725
7503/18/SC	X2, X113	R80	180	26.110	6.800	19.310
7503/18/EC	X3, X114	R81	130	33.955	7.105	26.850
7504/30	X4, X115	R82	75	20.725	3.775	16.950
7505/20	X5, X116	R83	2,000	27.785	8.825	18.960
7505/20/SC	X6, X117	R84	300	32.355	9.260	23.095
7505/20/EC	X7, X118	R85	200	31.600	9.700	21.900
7505/20/SC/EC	X8, X119	R86	300	36.365	10.135	26.230
7506/20	X9	R87	1,400	29.865	9.060	20.805
7506/20/SC	X10	R88	600	34.375	9.450	24.925
7506/86	X11	R89	350	28.505	9.370	19.135
7507/30/SC	X12, X120	R90	50	47.160	19.600	27.560
7507/40	X13, X121	R91	100	44.375	18.775	25.600
7514/14	X14, X122	R92	550	15.275	5.480	9.795

CODIGO DE LA FRESA	VARIABLE DE DESICION No.(S)	NOMBRE DEL RENGLON	PRONOSTICO DE VENTAS (UNIDS.)	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	CONTRIBUCION MARGINAL UNITARIA
7514/14/SC	X15, X123	R93	75	16.935	5.630	11.305
7514/14/EC	X16, X124	R94	50	22.100	5.785	16.315
7515/18	X17, X125	R95	750	18.430	5.495	12.935
7515/18/SC	X18, X126	R96	50	21.010	5.800	15.210
7515/18/EC	X19, X127	R97	100	25.050	6.105	18.945
7515/18/SC/EC	X20, X128	R98	100	23.990	6.410	17.580
7517/24	X21	R99	200	49.025	15.960	33.090
7517/24/SC	X22	R100	50	58.525	16.645	41.880
7522/18	X23	R101	350	21.025	7.695	13.330
7522/24	X24	R102	1,200	23.335	7.870	15.465
7522/24/SC	X25	R103	1,500	25.355	8.260	17.095
7524/20	X26	R104	800	18.875	6.855	12.020
7524/20/SC	X27	R105	600	19.920	7.190	12.730
7525/18	X28	R106	350	26.925	8.485	18.440
7525/24	X29	R107	850	27.315	8.485	18.830
7525/24/SC	X30	R108	200	29.380	8.875	20.505
7526/18	X31	R109	1,000	30.830	9.975	20.855

CODIGO DE LA FRESA	VARIABLE DE DECISION No.(S)	NOMBRE DEL RENGLO	PRONOSTICO DE VENTAS (UNIDS.)	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	CONTRIBUCION MARGINAL UNITARIA
7526/24	X32	R110	2,000	31.010	9.975	21.035
7526/24/SC	X33	R111	550	34.070	10.485	23.585
7530/20	X34	R112	175	45.100	17.875	27.225
7530/20/SC	X35	R113	350	55.460	18.575	36.885
7531/24	X36	R114	450	26.450	9.835	16.615
7533/18	X37	R115	500	20.000	8.660	11.340
7534/20	X38, X129	R116	1,000	28.085	9.515	18.570
7534/20/SC	X39, X130	R117	100	35.840	9.945	25.895
7535/24	X40	R118	150	27.265	15.200	12.065
7536/24	X41, X131	R119	500	20.995	6.370	14.625
7537/24	X42	R120	300	49.630	21.085	28.545
7537/24/SC	X43	R121	160	47.635	21.765	25.920
7538/20	X44	R122	600	28.710	11.685	17.025
7538/20/SC	X45	R123	450	32.165	12.125	20.040
7543/20	X46	R124	2,400	29.080	10.300	18.780
7543/24	X47	R125	850	29.175	10.230	18.945
7543/24/SC	X48	R126	350	34.485	10.625	23.860

CODIGO DE LA FRESA	VARIABLE DE DECISION No.(S)	NOMBRE DEL RENGLON	PRONOSTICO DE VENTAS (UNIDS.)	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	CONTRIBUCION MARGINAL UNITARIA
7549/40	X49	R127	100	42.015	21.700	20.315
7549/40/SC	X50	R128	80	44.530	22.510	22.020
7550/24	X51	R129	50	48.100	15.130	32.970
7550/24/SC	X52	R130	250	44.255	15.800	28.455
7552/18	X53	R131	300	21.075	6.155	14.920
7552/18/SC	X54	R132	100	27.135	6.315	20.820
7552/24	X55	R133	275	20.320	6.270	14.050
7552/24/SC	X56	R134	100	19.805	6.535	13.270
7553/18	X57	R135	600	24.505	10.190	14.315
7553/18/SC	X58	R136	250	27.120	10.490	16.630
7557/40	X59	R137	350	29.590	11.750	17.840
7590/40	X60	R138	150	44.605	12.040	32.565
7901/18	X61, X132	R139	1,400	16.485	5.560	10.925
7901/18/SC	X62, X133	R140	120	20.870	5.770	15.100
7901/18/EC	X63, X134	R141	100	18.630	5.985	12.645
7901/18/SC/EC	X64, X135	R142	250	23.990	6.195	17.795
7902/16	X65	R143	3,750	13.590	5.780	7.810

CODIGO DE LA FRESA	VARIABLE DE DECISION No.(S)	NOMBRE DEL RENGLON	PRONOSTICO DE VENTAS (UNIDS.)	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	CONTRIBUCION MARGINAL UNITARIA
7902/16/SC	X66	R144	320	19.740	5.970	13.770
7902/20	X67	R145	520	17.555	5.780	11.775
7920/16	X68	R146	375	22.635	17.155	5.480
7920/16/SC	X69	R147	200	26.490	17.425	9.065
7921/14	X70	R148	275	21.715	10.020	11.695
7921/14/SC	X71	R149	175	23.560	10.300	13.260
7921/24	X72	R150	900	20.670	10.080	10.590
7932/12	X73, X136	R151	550	20.735	10.190	10.545
7942/18	X74	R152	300	28.165	18.040	10.125
7942/18/SC	X75	R153	250	32.515	18.250	14.265
7944/18	X76	R154	400	27.955	17.535	10.420
7951/16	X77	R155	1,350	17.605	12.300	5.305
7954/18	X78	R156	375	20.315	12.890	7.425
7954/18/SC	X79	R157	150	21.535	13.100	8.435
8504/20	X80, X137	R158	275	16.390	4.255	12.135
8504/20/EC	X81, X138	R159	100	17.475	4.670	12.805
8506/20	X82	R160	400	18.270	3.825	14.445

CODIGO DE LA FRESA	VARIABLE DE DECISION No.(S)	NOMBRE DEL RENGLON	PRONOSTICO DE VENTAS (UNIDS.)	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	CONTRIBUCION MARGINAL UNITARIA
8536/12	X83	R161	175	16.265	4.575	11.690
8536/16	X84	R162	200	15.130	4.680	10.450
8538/16	X85	R163	600	16.050	5.175	10.875
8538/16/(1/8)	X86	R164	500	15.905	5.175	10.730
8544/12	X87	R165	3,500	14.335	3.895	10.440
8545/20	X88	R166	50	15.595	5.505	10.090
8901/14	X89, X139	R167	1,000	8.485	1.655	6.830
8901/14/SC	X90, X140	R168	1,400	9.750	1.805	7.945
8901/14/SC/EC	X91, X141	R169	750	11.025	2.110	8.915
8913/14	X92	R170	200	9.680	1.640	8.040
8913/14/SC	X93	R171	50	10.145	1.785	8.360
8916/14	X94	R172	750	13.800	8.485	5.315
8920/12	X95	R173	650	8.290	1.795	6.495
8921/12	X96	R174	4,000	7.845	1.935	5.910
8921/12/SC	X97	R175	200	8.800	2.145	6.655
8922/12	X98	R176	36,000	8.390	1.905	6.485
8924/14	X99	R177	2,500	8.005	1.735	6.270

CODIGO DE LA FRESA	VARIABLE DE DECISION No.(S)	NOMBRE DEL RENGLON	PRONOSTICO DE VENTAS (UNIDS.)	PRECIO UNITARIO	COSTO UNITARIO	CONTRIBUCION MARGINAL UNITARIA
8924/14/SC	X100	R178	230	9.185	1.880	-7.305
8924/24	X101	R179	100	7.150	1.950	5.200
8932/12/3	X102	R180	200	10.080	1.815	8.265
8932/12/(1/8)	X103	R181	100	14.400	1.815	12.585
8948/14	X104	R182	1,000	8.805	2.045	6.760
8951/14	X105	R183	4,500	10.205	7.730	2.475
8951/14/SC	X106	R184	100	11.905	7.895	4.010
8961/14	X107	R185	700	9.665	2.045	7.620
8971/14	X108	R186	1,800	8.315	2.045	6.270
19-4297	X109	R187	1,200	9.850	1.905	7.945
19-4372	X110	R188	1,200	8.050	1.935	6.115
19-4375	X111	R189	2,400	8.350	2.760	5.590

TABLA U2 CONTRATOS DE VENTA PARA 1993

CODIGO DEL PRODUCTO	VARIABLE DE DECISION (No.)	CODIFICACION DEL RENGLON	VOLUMEN CONTRATADO
7530/20/SC	X35	R70	120
7537/24/SC	X43	R71	60
7543/20	X46	R72	2,400
7902/16	X65	R73	3,000
8922/12	X98	R74	36,000
8951/14	X105	R75	3,000
19-4297	X109	R76	1,200
19-4372	X110	R77	1,200
19-4375	X111	R78	2,400

GRAFICA U1. NECESIDADES DE RE-AFILADO

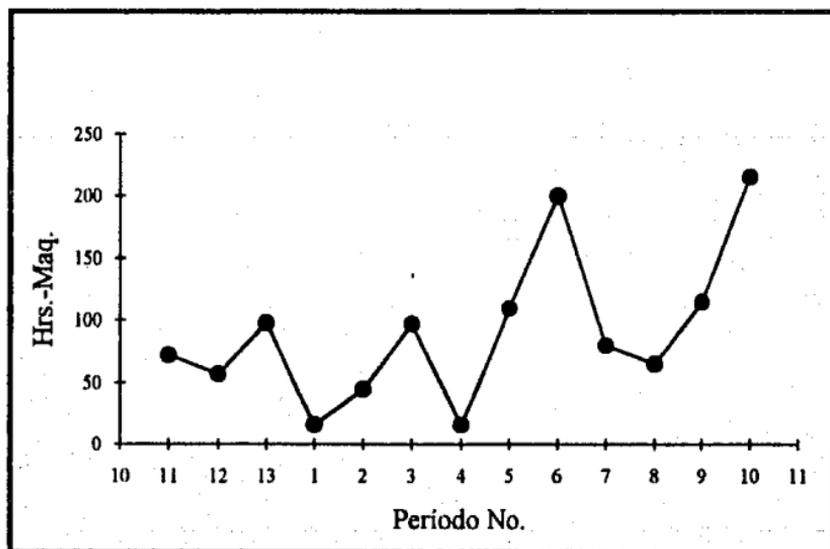


TABLA U3. TIEMPOS UNITARIOS DE PRODUCCION (TUP)

CODIGO DEL PRODUCTO	VARIABLE DE DECISION (No.)	TUP RECT.	VARIABLE DE DECISION (No.)	TUP RECT.	TUP RECT. AUTOMAT.
		MANUAL (Hrs.-Maq.)		MANUAL (Hrs.-Maq.)	
7503/18	X1	0.230	X112		0.053
7503/18/SC	X2	0.372	X113		0.102
7503/18/EC	X3	0.611	X114	0.381	0.058
7504/30	X4	0.175	X115		0.044
7505/20	X5	0.583	X116		0.073
7505/20/SC	X6	0.758	X117		0.122
7505/20/EC	X7	0.948	X118	0.364	0.073
7505/20/SC/EC	X8	1.123	X119	0.365	0.122
7506/20	X9	0.380			
7506/20/SC	X10	0.545			
7506/36	X11	0.730			
7507/30/SC	X12	0.933	X120		0.467
7507/40	X13	1.093	X121		0.292
7514/14	X14	0.194	X122		0.044
7514/14/SC	X15	0.264	X123		0.079
7514/14/EC	X16	0.389	X124	0.194	0.044
7515/18	X17	0.243	X125		0.050
7515/18/SC	X18	0.363	X126		0.089
7515/18/EC	X19	0.462	X127	0.219	0.050
7515/18/SC/EC	X20	0.587	X128	0.219	0.089
7517/24	X21	0.729			
7517/24/SC	X22	1.079			
7522/18	X23	0.398			
7522/24	X24	0.350			
7522/24/SC	X25	0.508			
7524/20	X26	0.380			

CODIGO DEL PRODUCTO	VARIABLE DE DECISION (No.)	TUP RECT. MANUAL (Hrs.-Maq.)	VARIABLE DE DECISION (No.)	TUP RECT. MANUAL (Hrs.-Maq.)	TUP RECT. AUTOMAT. (Hrs.-Maq.)
7524/20/SC	X27	0.540			
7525/18	X28	0.460			
7525/24	X29	0.460			
7525/24/SC	X30	0.922			
7526/18	X31	0.398			
7526/24	X32	0.417			
7526/24/SC	X33	0.560			
7530/20	X34	0.972			
7530/20/SC	X35	1.308			
7531/24	X36	0.515			
7533/18	X37	0.265			
7534/20	X38	0.398	X129		0.088
7534/20/SC	X39	0.625	X130		0.146
7535/24	X40	0.487			
7536/24	X41	0.380	X131		0.088
7537/24	X42	0.795			
7537/24/SC	X43	1.145			
7538/20	X44	0.460			
7538/20/SC	X45	0.635			
7543/20	X46	0.547			
7543/24	X47	0.487			
7543/24/SC	X48	0.655			
7549/40	X49	0.795			
7549/40/SC	X50	1.233			
7550/24	X51	0.730			
7550/24/SC	X52	0.905			
7552/18	X53	0.190			
7552/18/SC	X54	0.349			

CODIGO DEL PRODUCTO	VARIABLE DE DECISION (No.)	TUP RECT. MANUAL (Hrs.-Mag.)	VARIABLE DE DECISION (No.)	TUP RECT. MANUAL (Hrs.-Mag.)	TUP RECT. AUTOMAT. (Hrs.-Mag.)
7552/24	X55	0.313			
7552/24/SC	X56	0.472			
7553/18	X57	0.282			
7553/18/SC	X58	0.477			
7557/40	X59	0.673			
7590/40	X60	0.673			
7901/18	X61	0.398	X132		0.044
7901/18/SC	X62	0.523	X133		0.079
7901/18/EC	X63	0.617	X134	0.219	0.044
7901/18/SC/EC	X64	0.742	X135	0.219	0.079
7902/16	X65	0.182			
7902/16/SC	X66	0.313			
7902/20	X67	0.203			
7920/16	X68	0.350			
7920/16/SC	X69	0.459			
7921/14	X70	0.292			
7921/14/SC	X71	0.467			
7921/24	X72	0.250			
7932/12	X73	0.127	X136		0.073
7942/18	X74	0.324			
7942/18/SC	X75	0.449			
7944/18	X76	0.324			
7951/16	X77	0.168			
7954/18	X78	0.236			
7954/18/SC	X79	0.346			
8504/20	X80	0.186	X137		0.073
8504/20/EC	X81	0.361	X138	0.175	0.073
8506/20	X82	0.337			

CODIGO DEL PRODUCTO	VARIABLE DE DECISION (No.)	TUP RECT. MANUAL (Hrs.-Maq.)	VARIABLE DE DECISION (No.)	TUP RECT. MANUAL (Hrs.-Maq.)	TUP RECT. AUTOMAT. (Hrs.-Maq.)
8536/12	X83	0.350			
8536/16	X84	0.292			
8538/16	X85	0.292			
8538/16/(1/8)	X86	0.292			
8544/12	X87	0.224			
8545/20	X88	0.250			
8901/14	X89	0.175	X139		0.039
8901/14/SC	X90	0.374	X140	0.199	0.039
8901/14/SC/EC	X91	0.499	X141	0.199	0.078
8913/14	X92	0.250			
8913/14/SC	X93	0.425			
8916/14	X94	0.302			
8920/12	X95	0.219			
8921/12	X96	0.213			
8921/12/SC	X97	0.373			
8922/12	X98	0.162			
8924/14	X99	0.194			
8924/14/SC	X100	0.304			
8924/24	X101	0.219			
8932/12/3	X102	0.182			
8932/12/(1/8)	X103	0.182			
8948/14	X104	0.199			
8951/14	X105	0.165			
8951/14/SC	X106	0.274			
8961/14	X107	0.282			
8971/14	X108	0.250			
19-4297	X109	0.486			
19-4372	X110	0.175			
19-4375	X111	0.486			

TABLA U4. DISPONIBILIDAD DE ARBOLES DE LEVAS

No. DE GRUPO	ARBOLES DE LEVAS DISPONIBLES POR GRUPO (CANTIDAD)	CAPACIDAD ANUAL POR GRUPO
2C, 3, 8A, 10B, 12, 14, 15, 16, 17, 18	1	1,792 Hrs.-Maq.
2B, 2D, 2E, 6, 7, 10A, 11	2	3,584 Hrs.-Maq.
1A, 2A, 4	3	5,376 Hrs.-Maq.
9	4	7,168 Hrs.-Maq.
5, 13	5	8,960 Hrs.-Maq.

APENDICE "V"**FORMULACION MATEMATICA DEL PROBLEMA SOBRE
LA MEZCLA OPTIMA DE PRODUCTOS****1. Antecedentes Generales**

A pesar de que el número total de fresas incluidas en el Pronóstico de Ventas 1993 es de ciento once (APENDICE "U"), el número total de variables de decisión es de ciento cuarenta y uno. Esto se debe a que mientras todas las fresas pueden ser fabricadas en las rectificadoras manuales, treinta de ellas también pueden ser producidas en la máquina automática (es decir, la mayoría de las fresas cilíndricas). Más aún, once de estas treinta fresas, si son producidas en la rectificadora automática también requerirán ser maquinadas en las máquinas manuales (es decir, las fresas cilíndricas con corte delantero).

2. Lista de Símbolos

i = Tipo Fresa (número)

j = Proceso de Manufactura, donde:

$j = 1$, se refiere a fresas producidas en las rectificadoras manuales

$j = 2$, se refiere a fresas producidas en la rectificadora automática

$j = 3$, se refiere a fresas cortadas parcialmente en la máquina automática y terminadas en las rectificadoras manuales

k = Número del Grupo de árbol de levas (APENDICE "J")

m = Tipo de Matriz (número)

- A = Capacidad anual disponible para fines de la mezcla óptima de productos, donde:
 AF = Capacidad anual de las rectificadoras manuales
 AK = Capacidad anual del Grupo "K" de árboles de levas
 AT = Capacidad anual de la rectificadora automática
- B_m = Cantidad de Matrices disponibles del tipo "m" (APENDICE "I")
- C_i = Contribución marginal unitaria de la fresa tipo "i" (misma que fue considerada constante para todos los procesos de manufactura ... Inciso 5.2.)
- D_{ij} = Capacidad requerida (Hrs-Maq.) para producir la fresa tipo "i" en las máquinas manuales, siguiendo el proceso de manufactura "j"
- E_{ij} = Capacidad requerida (Hrs-Maq.) para producir la fresa tipo "i" en la rectificadora automática, siguiendo el proceso de manufactura "j"
- F_i = Cantidad mínima requerida de la fresa tipo "i" para cumplir con los Contratos de Ventas
- G_i = Pronóstico de Ventas de la fresa tipo "i" para el Ejercicio 1993
- N = Cantidad de productos considerados
 = 111 Tipos de fresas
- S = Tasa de desperdicio o merma
 = 10%
- X_{ij} = Ventas requeridas (en unidades) de la fresa tipo "i", fabricadas mediante el proceso de manufactura "j"
- Z = Contribución resultante para la Compañía

3. Formulación Matemática del Problema

El objetivo es seleccionar los valores de $X_{11}, X_{12}, X_{13}, \dots, X_{ij}, \dots, X_{N3}$ con el fin de:

$$\text{Maximizar } Z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 C_i X_{ij} \quad (V1)$$

Sujeta a las siguientes restricciones:

a) Capacidad de producción

- Para las máquinas rectificadoras manuales:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1,3} D_{ij} (1+S) X_{ij} \leq A_F \quad (V2)$$

- Para la rectificadora automática:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=2,3} E_{ij} (1+S) X_{ij} \leq A_T \quad (V3)$$

- Para cada uno de los 23 grupos de árboles de levas se tienen ecuaciones del tipo:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1,3} D_{ij} (1+S) X_{ij} \leq A_K \quad (V4)$$

b) Disponibilidad de Matrices

Para cada uno de los 44 tipos de matrices se tienen restricciones del tipo:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1,3} (1+S) X_{ij} \leq B_m \quad (V5)$$

c) Limitantes de Ventas:

- Para cada uno de los 9 tipos de fresas para los cuales se tienen Contratos de Ventas suscritos, las ecuaciones limitantes son:

$$\sum_{j=1}^3 X_{ij} \geq F_i \quad (V6)$$

- Para cada uno de los 111 tipos de fresas incluidos en el Pronóstico de Ventas 1993, se tienen ecuaciones del tipo

$$\sum_{j=1}^3 X_{ij} \leq G_i \quad (V7)$$

d) Restricciones no-negativas

- Para cada una de las 141 variables de decisión se tiene:

$$X_{ij} \geq 0 \quad (V8)$$

4. Comentarios y Observaciones

- (a) Los valores de los diferentes parámetros han sido incluidos en el APENDICE "U", con excepción de aquéllos definidos en el punto 2 anterior.

- (b) En la mayoría de las ecuaciones arriba descritas, cuando la fresa tipo "i" no puede ser producida con el proceso de manufactura "j", el valor del parámetro (digamos C_i) es cero.
- (c) En las ecuaciones (V2) y (V4), la connotación $j=1,3$ en la sumatoria, se debe a que en el segundo proceso de manufactura no intervienen las rectificadoras manuales y, por ende, los árboles de levas.
- (d) En forma similar, en la ecuación (V3), la connotación $j=2,3$ implica que en el primer proceso de manufactura no interviene la rectificadora automática.
- (e) En la elaboración del programa de computación, las ecuaciones (V2), (V3), (V4) y (V5) fueron escritas como sigue:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1,3} D_{ij} X_{ij} \leq \frac{A_F}{(1+S)} \quad (V2')$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=2,3} D_{ij} X_{ij} \leq \frac{A_T}{(1+S)} \quad (V3')$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1,3} D_{ij} X_{ij} \leq \frac{A_K}{(1+S)} \quad (V4')$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^3 X_{ij} \leq \frac{B_m}{(1+S)} \quad (V5')$$

respectivamente.

Consecuentemente, los lados derechos de las ecuaciones (V2'), (V3') y (V4') representan la capacidad disponible neta (es decir, la capacidad disponible después de considerar una merma del 10% en la producción). En forma similar, el lado derecho de la ecuación (V5') representa la disponibilidad neta de la Matriz tipo "m".

APENDICE "W"

ALGORITMO ESTANDAR DE PROGRAMACION LINEAL : ALIMENTACION DE DATOS

1. CODIFICACION DE RENGLONES

De acuerdo con los requerimientos de alimentación del programa de computación, tanto a la función objetivo como a sus restricciones les fue dada la siguiente codificación:

Codificación de Renglones	Descripción
CONT	Función Objetivo
R1	Restricciones de Capacidad de las rectificadoras manuales (APENDICE "U")
R2	Restricciones de Capacidad de la rectificadora automática (APENDICE "U")
R3 a R46	Restricciones de materias primas para cada uno de los 44 tipos de Matrices empleadas por la Compañía (APENDICE "I")
R47 a R69	Restricciones de Capacidad relativas a cada uno de los 23 Grupos de árboles de levas (APENDICE "J")
R70 a R78	Restricciones relativas a los 9 tipos de fresas para los cuales existen Contratos de Venta (APENDICE "U")
R79 a R189	Restricciones del Mercado Potencial de cada uno de los 111 tipos de fresas incluidos en el Pronóstico de Ventas 1993 (APENDICE "U")

2. CODIFICACION DE COLUMNAS

En el "Simplex Tableau", a cada variable le es asignada una columna cuyo código (nombre) será el de la variable, y dado que las variables de holgura son generadas por el programa de computación, solamente las variables de decisión requieren ser consideradas.

Variables de Decisión

Con el fin de diferenciar los distintos procesos de manufactura por medio de los cuales se puede producir un tipo de fresa, las variables de decisión fueron numeradas de la X1 a la X141, donde:

Variables de Decisión (Número)	Descripción
X1 a X111	Representan la producción requerida (unidades) de cada tipo de fresa, cuando se utilizan las rectificadoras manuales
X112, X113, X115, X116, X117, X120, X121, X122, X123, X125, X126, X129, X130, X131, X132, X133, X136, X137 y X 139	Representan la producción requerida (unidades) de cada tipo de fresa, cuando se emplea en la máquina automática
X114, X118, X119, X124, X127, X128, X134, X135, X138, X140 y X141	Representan la producción requerida (unidades) de cada tipo de fresa, cuando es cortada parcialmente en la rectificadora automática y terminada en las máquinas manuales

APENDICE "X"

REPORTE DE LA SOLUCION OPTIMA

1. Interpretación de Resultados*

El reporte obtenido mediante la ejecución de la instrucción SOLUCION (Pag(s). 140 a 148) consta de dos partes: la sección relativa a la información de las columnas (que hace referencia a las variables de holgura), y la sección relativa a la información de los renglones (que se refiere a las ecuaciones del problema).

Los datos obtenidos de la instrucción SOLUCION ("SOLUTION") son descritos a continuación:

(a) Información sobre las Columnas

COLUMNA No.	ENCABEZADO	DESCRIPCION
1	(Sin Encabezado)	<p>Un sólo caracter puede aparecer para indicar el estatus de la variable correspondiente en la solución.</p> <p>En el caso de la Empresa, los caracteres posibles son: "**", que indica una variable básica no-factible, y "B", que indica una variable básica factible.</p> <p>La falta de caracter indica una variable no-básica.</p>
2	Nombre ("Name")	Nombre de la Variable

* Fuente: Manual del Paquete de Programación Lineal "MARK 3" de "International Computers Limited" (I.C.L.)

COLUMNA No.	ENCABEZADO	DESCRIPCION
3	(Sin Encabezado)	Variable Tipo: Un caracter "+" indica una variable tipo estándar; es decir, se refiere a variables no-negativas.
4	Valor ("Value")	Ventas requeridas de la variable correspondiente (unidades).
5	Objetivo ("Objective")	Coefficiente de la Variable en la función objetivo.
6	Costo Reducido ("Reduced Cost")	Costo Reducido de la Variable. Se define como $C_i - Z_i$, donde: C_i = Contribución Unitaria de la fresa "i" para la cual X_{ij} es una variable no-básica. Z_i = Contribución Unitaria de la fresa "i" para la cual X_{ij} es una variable básica. En consecuencia, en un problema de maximización, las variables no-básicas tienen costos reducidos no-positivos.

(b) Información sobre los Renglones

COLUMNA No.	ENCABEZADO	DESCRIPCION
1	(Sin Encabezado)	Un caracter "#" indica un renglón objetivo y un caracter "B" indica que la variable de holgura asociada con el renglón es básica.
2	Nombre ("Name")	Nombre del Renglón (o de la Ecuación).
3	(Sin Encabezado)	Renglón tipo: Si está en blanco indica igualdad, un signo positivo indica " \leq " y un signo negativo indica " \geq ".
4	Holgura ("Slack")	Variable de Holgura para una ecuación con restricción ¹ , y valor objetivo para la función objetivo.
5	2º Término ("R.H.S.")	Valor de la restricción.

COLUMNA No.	ENCABEZADO	DESCRIPCION
6	Precio ("Price")	El precio de la restricción se define como el valor incremental de la función objetivo, cuando el valor de la restricción (2° término) se decrementa en una unidad y el resto de la restricción se mantiene igual. Consecuentemente, en la solución óptima de un problema de maximización el PRECIO de una restricción " \leq " es no-positivo, y el PRECIO de una restricción " \geq " es no-negativo.

- (1) - En los renglones (o ecuaciones) R1, R2, y del R47 al R69, el valor de las variables de holgura representa la capacidad de producción sobrante (una vez considerado un 10% de desperdicio).
- En los renglones del R3 al R46 los valores de las variables de holgura indican la cantidad de matrices sobrantes (una vez considerando un 10% de desperdicio).
 - En los renglones del R70 al R78 el valor de las variables de holgura representa la cantidad de matrices sobrantes de los Contratos de Venta establecidos.
 - En los renglones del R79 al R189 el valor de las variables de holgura muestra la cantidad de fresas requeridas para cubrir el mercado potencial.

PAGE 2

PROBLEM	EMPRESA *IYZ*	SOLUTION	DATE	10/JUL/93	
DUMP : DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	TIME	16:20:39	
COLUMN INFORMATION		OBJETIVE	RHS1	CONT	
	NAME	VALUE	OBJECTIVE	REDUCED COST	
B	144	+	600.0000	17.0250	0
B	145	+	450.0000	20.0400	0
B	146	+	2,400.0000	18.7800	0
B	147	+	650.0000	18.9450	0
B	148	+	350.0000	23.8600	0
B	149	+	100.0000	20.3150	0
B	150	+	80.0000	22.0200	0
B	151	+	50.0000	32.9700	0
B	152	+	250.0000	28.4550	0
B	153	+	300.0000	14.9200	0
B	154	+	100.0000	20.8200	0
B	155	+	275.0000	14.0500	0
B	156	+	100.0000	13.2700	0
B	157	+	600.0000	14.3150	0
B	158	+	250.0000	16.6300	0
B	159	+	350.0000	17.8400	0
B	160	+	150.0000	32.5650	0
B	161	+	1,400.0000	10.9250	0
B	162	+	120.0000	15.1000	0
B	163	+	100.0000	12.6450	0
B	164	+	0.0000	17.7950	0
B	165	+	3,750.0000	7.8100	0
B	166	+	320.0000	13.7700	0
B	167	+	520.0000	11.7750	0
B	168	+	375.0000	5.4800	0
B	169	+	200.0000	9.0650	0
B	170	+	275.0000	11.6950	0
B	171	+	175.0000	13.2600	0
B	172	+	900.0000	10.5900	0
B	173	+	550.0000	10.5450	0
B	174	+	300.0000	10.1250	0
B	175	+	250.0000	14.2650	0
B	176	+	400.0000	10.4200	0
B	177	+	1,350.0000	5.3050	0
B	178	+	375.0000	7.4250	0
B	179	+	150.0000	8.4350	0
B	180	+	0.0000	12.1350	0
B	181	+	100.0000	12.8050	0
B	182	+	400.0000	14.4450	0
B	183	+	175.0000	11.6900	0
B	184	+	200.0000	10.4500	0
B	185	+	600.0000	10.8750	0
B	186	+	500.0000	10.7300	0

PAGE 3

PROBLEM	EMPRESA "XYZ"	SOLUTION	DATE	10/JUL/93	
DUMP :	DUMP 5	RIGHT HAND SIDE	TIME	16:20:39	
COLUMN INFORMATION		OBJETIVE	RHS1	CONT	
	NAME	VALUE	OBJECTIVE	REDUCED COST	
B	I67	+	3,500.0000	10.4400	0
B	I68	+	50.0000	10.0900	0
	I69	+	0.0000	6.8300	0
B	I90	+	1,400.0000	8.2200	0
	I91	+	0.0000	8.9150	0
B	I92	+	200.0000	8.0400	0
B	I93	+	50.0000	8.3600	0
B	I94	+	750.0000	5.3150	0
B	I95	+	650.0000	6.4950	0
B	I96	+	4,000.0000	5.9100	0
B	I97	+	200.0000	6.8550	0
B	I98	+	36,000.0000	6.4850	0
B	I99	+	2,500.0000	6.2700	0
B	I100	+	230.0000	7.3050	0
B	I101	+	100.0000	5.2000	0
B	I102	+	200.0000	8.2650	0
B	I103	+	100.0000	12.5850	0
B	I104	+	1,000.0000	6.7600	0
B	I105	+	4,500.0000	2.4750	0
B	I106	+	100.0000	4.0100	0
B	I107	+	700.0000	7.6200	0
B	I108	+	1,000.0000	6.2700	0
B	I109	+	1,200.0000	7.9450	0
B	I110	+	1,200.0000	6.1150	0
B	I111	+	2,400.0000	5.5900	0
	I112	+	0.0000	16.7250	0
	I113	+	0.0000	19.3100	0
B	I114	+	130.0000	26.8500	0
	I115	+	0.0000	16.9500	0
	I116	+	0.0000	18.9600	0
B	I117	+	300.0000	23.0950	0
	I118	+	0.0000	21.9800	0
	I119	+	0.0000	26.2300	0
	I120	+	0.0000	27.5600	0
	I121	+	0.0000	29.6000	0
	I122	+	0.0000	9.7950	0
B	I123	+	75.0000	11.3050	0
	I124	+	0.0000	16.3150	0
B	I125	+	750.0000	12.9350	0
B	I126	+	50.0000	15.2100	0
	I127	+	0.0000	18.9450	0
B	I128	+	100.0000	17.5800	0
B	I129	+	1,000.0000	18.5700	0

PAGE 4

PROBLEM	EMPRESA "XYZ"	SOLUTION	DATE	16/JUL/93	
DUMP : DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	TIME	16:20:39	
COLUMN INFORMATION		OBJETIVE	RHS1	CONT	
	NAME	VALUE	OBJETIVE	REDUCED COST	
B	I130	+	100.0000	25.8950	0
	I131	+	0.0000	14.6250	0
	I132	+	0.0000	10.9250	0
	I133	+	0.0000	15.1000	0
	I134	+	0.0000	12.6450	0
B	I135	+	250.0000	17.7950	0
	I136	+	0.0000	10.9450	0
B	I137	+	275.0000	12.1350	0
	I138	+	0.0000	12.8050	0
B	I139	+	1,000.0000	6.8300	0
	I140	+	0.0000	8.2200	0
B	I141	+	750.0000	8.9150	0
OBJETIVE			218,026.7050		

PAGE 1

PROBLEM	EMPRESA 'IYZ'		SOLUTION		DATE
DUMP : DUMP	5		RIGHT HAND SIDE	RHS1	10/JUL/93
			OBJETIVE	CONT	16:20:47
ROW INFORMATION					
	NAME		SLACK	R. H. S.	PRICE
B	CONT	Z	218,026.7050	0.0000	
B	R1	+	1,857.6450	31,672.0000	0.0000
B	R2	+	1,219.1600	1,560.0000	0.0000
B	R3	+	735.0000	1,545.0000	0.0000
	R4		0.0000	75.0000	(16.9500)
B	R5	+	836.0000	3,636.0000	0.0000
B	R6	+	1,286.0000	3,636.0000	0.0000
B	R7	+	77.0000	227.0000	0.0000
	R8	+	0.0000	675.0000	(9.7950)
B	R9	+	91.0000	1,091.0000	0.0000
B	R10	+	295.0000	545.0000	0.0000
B	R11	+	586.0000	3,636.0000	0.0000
B	R12	+	873.0000	2,273.0000	0.0000
B	R13	+	418.0000	1,818.0000	0.0000
	R14	+	0.0000	3,530.0000	(20.8550)
B	R15	+	111.0000	636.0000	0.0000
B	R16	+	186.0000	636.0000	0.0000
B	R17	+	409.0000	909.0000	0.0000
B	R18	+	718.0000	1,818.0000	0.0000
B	R19	+	32.0000	182.0000	0.0000
B	R20	+	409.0000	909.0000	0.0000
	R21	+	0.0000	460.0000	(25.9200)
B	R22	+	495.0000	1,545.0000	0.0000
	R23	+	0.0000	3,600.0000	(18.9450)
B	R24	+	2.0000	182.0000	0.0000
	R25	+	0.0000	300.0000	(28.4550)
	R26	+	0.0000	775.0000	(13.2700)
B	R27	+	59.0000	909.0000	0.0000
	R28	+	0.0000	350.0000	(17.8400)
	R29	+	0.0000	150.0000	(32.5650)
B	R30	+	1,722.0000	8,182.0000	0.0000
	R31	+	0.0000	575.0000	(5.4800)
B	R32	+	14.0000	1,244.0000	0.0000
B	R33	+	86.0000	636.0000	0.0000
	R34	+	0.0000	550.0000	(10.1250)
	R35	+	0.0000	400.0000	(10.4200)
B	R36	+	286.0000	1,636.0000	0.0000
	R37	+	0.0000	525.0000	(7.4250)
	R38	+	0.0000	375.0000	(12.1350)
	R39	+	0.0000	400.0000	(14.4450)
	R40	+	0.0000	375.0000	(10.4500)
	R41	+	0.0000	1,100.0000	(10.7300)
B	R42	+	136.0000	3,636.0000	0.0000

PAGE 2

PROBLEM	EMPRESA *XYZ*	SOLUTION	DATE	10/JUL/93
DUMP : DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	TIME	16:20:47
ROW INFORMATION		OBJETIVE	RHS1	CONT
NAME	SLACK	R. H. S.	PRICE	
B R43	+	223.0000	273.0000	0.0000
R44	+	0.0000	55,680.0000	(5.2000)
R45	+	0.0000	750.0000	(5.3150)
B R46	+	855.0000	5,455.0000	0.0000
B R47	+	1,153.3250	4,886.0000	0.0000
B R48	+	3,286.1600	4,886.0000	0.0000
B R49	+	2,629.0000	3,257.0000	0.0000
B R50	+	1,001.1000	1,629.0000	0.0000
B R51	+	1,935.7000	3,257.0000	0.0000
B R52	+	2,142.5000	3,257.0000	0.0000
B R53	+	1,241.9750	1,629.0000	0.0000
B R54	+	3,757.2500	4,886.0000	0.0000
B R55	+	5,642.8600	8,145.0000	0.0000
B R56	+	3,047.5500	3,257.0000	0.0000
B R57	+	1,101.2500	3,257.0000	0.0000
B R58	+	1,257.9000	1,692.0000	0.0000
B R59	+	6,077.7000	8,515.0000	0.0000
B R60	+	2,008.6500	3,257.0000	0.0000
B R61	+	1,158.5000	1,629.0000	0.0000
B R62	+	204.3250	3,257.0000	0.0000
B R63	+	1,528.0500	1,629.0000	0.0000
B R64	+	593.2000	8,145.0000	0.0000
B R65	+	980.0000	1,629.0000	0.0000
B R66	+	1,557.7500	1,629.0000	0.0000
B R67	+	1,402.5000	1,629.0000	0.0000
B R68	+	1,431.6000	1,629.0000	0.0000
B R69	+	1,616.5000	1,629.0000	0.0000
B R70	-	230.0000	120.0000	0.0000
B R71	-	100.0000	60.0000	0.0000
R72	-	0.0000	2,400.0000	0.1650
B R73	-	750.0000	3,000.0000	0.0000
B R74	-	0.0000	36,000.0000	0.0000
B R75	-	1,500.0000	3,000.0000	0.0000
B R76	-	0.0000	1,200.0000	0.0000
B R77	-	0.0000	1,200.0000	0.0000
B R78	-	0.0000	2,400.0000	0.0000
R79	+	0.0000	500.0000	(16.7250)
R80	+	0.0000	180.0000	(19.3100)
R81	+	0.0000	130.0000	(26.8500)
B R82	+	0.0000	75.0000	0.0000
R83	+	0.0000	2,000.0000	(18.9600)
R84	+	0.0000	300.0000	(23.0950)
R85	+	0.0000	200.0000	(21.9000)

PAGE 3

PROBLEM	EMPRESA "XYZ"		SOLUTION		DATE
DUMP :	DUMP	S	RIGHT HAND SIDE	RHS1	TIME
ROW INFORMATION			OBJETIVE	CONT	10/JUL/93 16:20:47
	NAME		SLACK	R. H. S.	PRICE
	R86	+	0.0000	300.0000	(26.2300)
	R87	+	0.0000	1,400.0000	(20.8050)
	R88	+	0.0000	600.0000	(24.9250)
	R89	+	0.0000	350.0000	(19.1350)
	R90	+	0.0000	50.0000	(27.5600)
	R91	+	0.0000	100.0000	(25.6000)
B	R92	+	0.0000	350.0000	0.0000
	R93	+	0.0000	75.0000	(1.5100)
	R94	+	0.0000	50.0000	(6.3200)
	R95	+	0.0000	750.0000	(12.9350)
	R96	+	0.0000	50.0000	(15.2100)
	R97	+	0.0000	100.0000	(18.9450)
	R98	+	0.0000	100.0000	(17.3800)
	R99	+	0.0000	200.0000	(33.0650)
	R100	+	0.0000	50.0000	(41.8800)
	R101	+	0.0000	350.0000	(13.3300)
	R102	+	0.0000	1,200.0000	(15.4650)
	R103	+	0.0000	1,500.0000	(17.0950)
	R104	+	0.0000	800.0000	(12.0200)
	R105	+	0.0000	600.0000	(12.7300)
	R106	+	0.0000	350.0000	(18.4400)
	R107	+	0.0000	850.0000	(18.8300)
	R108	+	0.0000	200.0000	(20.5050)
B	R109	+	0.0000	1,000.0000	0.0000
	R110	+	0.0000	2,000.0000	(0.1800)
	R111	+	0.0000	350.0000	(2.7300)
	R112	+	0.0000	175.0000	(27.2250)
	R113	+	0.0000	350.0000	(36.8850)
	R114	+	0.0000	450.0000	(16.6150)
	R115	+	0.0000	500.0000	(11.3400)
	R116	+	0.0000	1,000.0000	(18.5700)
	R117	+	0.0000	100.0000	(25.8950)
	R118	+	0.0000	150.0000	(12.1550)
	R119	+	0.0000	500.0000	(14.6250)
	R120	+	0.0000	300.0000	(2.6250)
B	R121	+	0.0000	160.0000	0.0000
	R122	+	0.0000	600.0000	(17.0250)
	R123	+	0.0000	450.0000	(20.0400)
B	R124	+	0.0000	2,400.0000	0.0000
B	R125	+	0.0000	850.0000	0.0000
	R126	+	0.0000	350.0000	(4.9150)
	R127	+	0.0000	100.0000	(20.3150)
	R128	+	0.0000	80.0000	(22.0200)

PAGE 4

PROBLEM	EMPRESA "1Y2"	SOLUTION	DATE
DUMP : DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	10/JUL/93
		OBJETIVE	16:20:47
ROW INFORMATION		RHS1	
		CONT	
NAME	SLACK	R. H. S.	PRICE
B R129 +	0.0000	50.0000	(4.5150)
B R130 +	0.0000	250.0000	0.0000
R131 +	0.0000	300.0000	(1.6500)
R132 +	0.0000	100.0000	(7.5500)
R133 +	0.0000	275.0000	(0.7800)
B R134 +	0.0000	100.0000	0.0000
R135 +	0.0000	600.0000	(14.3150)
R136 +	0.0000	250.0000	(16.6300)
B R137 +	0.0000	350.0000	0.0000
B R138 +	0.0000	150.0000	0.0000
R139 +	0.0000	1,400.0000	(10.9250)
R140 +	0.0000	120.0000	(15.1000)
R141 +	0.0000	100.0000	(12.6450)
R142 +	0.0000	250.0000	(17.7950)
R143 +	0.0000	3,750.0000	(7.8100)
R144 +	0.0000	320.0000	(13.7700)
R145 +	0.0000	520.0000	(11.7750)
B R146 +	0.0000	375.0000	0.0000
R147 +	0.0000	200.0000	(3.5850)
R148 +	0.0000	275.0000	(11.6950)
R149 +	0.0000	175.0000	(13.2600)
R150 +	0.0000	900.0000	(10.5900)
R151 +	0.0000	550.0000	(10.5450)
B R152 +	0.0000	300.0000	0.0000
R153 +	0.0000	250.0000	(4.1400)
B R154 +	0.0000	400.0000	0.0000
R155 +	0.0000	1,350.0000	(0.3050)
B R156 +	0.0000	375.0000	0.0000
R157 +	0.0000	150.0000	(1.0100)
B R158 +	0.0000	275.0000	0.0000
R159 +	0.0000	100.0000	(0.6700)
B R160 +	0.0000	400.0000	0.0000
R161 +	0.0000	175.0000	(1.2400)
E R162 +	0.0000	200.0000	0.0000
R163 +	0.0000	600.0000	(0.1650)
B R164 +	0.0000	500.0000	0.0000
R165 +	0.0000	3,500.0000	(10.4400)
R166 +	0.0000	50.0000	(10.0900)
R167 +	0.0000	1,000.0000	(1.6300)
R168 +	0.0000	1,400.0000	(3.0200)
R169 +	0.0000	750.0000	(3.7150)
R170 +	0.0000	200.0000	(2.8400)
R171 +	0.0000	50.0000	(3.1600)

PAGE 5

PROBLEM	EMPRESA "XYZ"	SOLUTION	DATE	10/JUL/93
DUMP : DUMP	5	NIGHT HAND SIDE	TIME	16:20:47
ROW INFORMATION		OBJETIVE	RHS1	CONT
	NAME	SLACK	R. H. S.	PRICE
B	R172 +	0.0000	750.0000	0.0000
	R173 +	0.0000	650.0000	(1.2950)
	R174 +	0.0000	4,000.0000	(0.7100)
	R175 +	0.0000	200.0000	(1.4550)
	R176 +	0.0000	36,000.0000	(1.2850)
	R177 +	0.0000	2,500.0000	(1.0700)
	R178 +	0.0000	230.0000	(2.1050)
B	R179 +	0.0000	100.0000	0.0000
	R180 +	0.0000	200.0000	(3.0650)
	R181 +	0.0000	100.0000	(7.3850)
	R182 +	0.0000	1,000.0000	(1.5600)
	R183 +	0.0000	4,500.0000	(2.4750)
	R184 +	0.0000	100.0000	(4.0100)
	R185 +	0.0000	700.0000	(2.4200)
	R186 +	0.0000	1,800.0000	(1.0700)
	R187 +	0.0000	1,200.0000	(2.7450)
	R188 +	0.0000	1,200.0000	(0.9150)
	R189 +	0.0000	2,400.0000	(0.3900)

2. Análisis de sensibilidad Post-Óptimo

En el Paquete "MARK 3" el análisis de sensibilidad post-óptimo se obtiene mediante las siguientes instrucciones:

- "OBRANGE" : Que realiza el análisis de sensibilidad de la función objetivo, y
- "RHSRANGE" : Que realiza el análisis de sensibilidad del 2º término.

Los resultados de éstos análisis son descritos a continuación:

(a) Solución de "OBRANGE"

La misma es mostrada en las páginas 152 a 156, en las que la Sección de las Columnas indica las variables estructurales, y la Sección de los Renglones indica las variables de holgura.

Para cada variable básica, ya sea estructural o de holgura, se obtiene la siguiente información :

ENCABEZADO DE LA COLUMNA	DESCRIPCION
Variable ("Variable")	Nombre de la Variable: Por ejemplo X_{ij} (y para una variable de holgura este es el nombre del renglón o ecuación correspondiente)
Tipo ¹ ("Type")	Variable Tipo, si X_{ij} es una variable estructural, y renglón tipo de la restricción correspondiente si X_{ij} es una variable de holgura.

ENCABEZADO DE LA COLUMNA	DESCRIPCION
Objetivo ("Objective")	Coeficiente C_i de la Variable X_{ij} en la Función Objetivo.
Límite Inferior del Objetivo ("Lower Limit of Objective")	Valor mínimo (C_i -min) de C_i para el cual el resultado de la función objetivo sigue siendo óptimo; y puede tener un valor finito ó $-\infty$
Variable de Entrada en el Límite Inferior ("Incoming at Lower Limit")	<ul style="list-style-type: none"> - Si el valor de C_i-min es finito, muestra el nombre de la variable que entrará en la base para mantener el valor óptimo cuando el valor de C_i es reducido por debajo de C_i-min - Si el valor de C_i-min es $-\infty$, no existe tal variable y, por ende, no muestra algún dato Ejemplo: En la página 152, si la contribución marginal de X_1 es reducida abajo de 16.7250, la variable no-básica X_{112} entra a la base para re-establecer el valor óptimo y X_1 se convierte en variable no-básica (es decir, se le asignará un valor cero)¹
Límite Superior del Objetivo ("Upper Limit of Objective")	Valor máximo (C_i -max) de C_i para el cual el resultado de la función objetivo permanece óptimo. Puede ser finito ó $+\infty$
Variable de entrada en el Límite Superior ("Incoming at the Upper Limit")	Si C_i -max es finito, muestra el nombre de la variable que entra a la base para re-establecer el resultado de la solución óptima cuando C_i es incrementado arriba de C_i -max

- (1) Tiene el mismo significado que en el resultado de la instrucción SOLUCION.
- (2) Obsérvese que las variables X_1 y X_{112} se refieren a la misma fresa pero producidas en diferentes tipos de rectificadoras, y la contribución marginal es la misma para ambas variables.

(b) Solución de "RHSRANGE"

Para cada restricción, se tiene la siguiente información:

ENCABEZADO DE LA COLUMNA	DESCRIPCION
Nombre y Tipo de Renglón ¹ ("Row Name Type")	Nombre del renglón; por ejemplo: "Rj", y el tipo de renglón puede ser: "+", "-" ó "="
2º Término ("Right Hand Side")	Valor del 2º Término; por ejemplo: "bj" para el renglón "Rj"
Variable de Salida en el Límite Inferior ("Outgoing at Lower Limit")	<ul style="list-style-type: none"> - Si b_j-mín es finita, nombre de la variable que sale de la base para restaurar la solución cuando "bj" es disminuida abajo de b_j-mín - Si b_j-mín es $-\infty$, no existe tal variable y, en consecuencia este elemento no sale de la base <p>Ejemplo: En la página 157, para R1, si la capacidad de las rectificadoras manuales es disminuida abajo de 29,814 horas-máquina, la variable básica R1 se convertirá en no-básica. Ello significa que no habrá capacidad de producción excedente en este tipo de máquinas².</p>
Límite Superior del Objetivo ("Upper Limit of Objective")	Valor máximo de "bj" para el cual la solución permanece óptima. Puede ser finita ó $+\infty$
Variable de Salida en el Límite Superior ("Outgoing at Upper Limit")	<ul style="list-style-type: none"> - Si b_j-max es finita, muestra el nombre de la variable que sale de la base para restaurar la solución cuando "bj" es incrementada arriba de b_j-max - Si b_j-max es $+\infty$, la variable correspondiente no sale de la base

- (1) Tiene el mismo significado que en la instrucción SOLUCION ("SOLUTION")
- (2) En otras palabras, que las máquinas rectificadoras manuales estarán siendo empleadas a su máxima capacidad

PROBLEM	EMPRESA 'IYZ'	OBJECTIVE RANGING	DATE	10/JUL/93		
DUMP :	DUMP 5	RIGHT HAND SIDE	TIME	16:23:35		
COLUMN INFORMATION		OBJECTIVE	RHS1	CONT		
VARIABLE	TYPE	OBJECTIVE	LOWER LIMIT	INCOMING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT OF OBJECTIVE	INCOMING AT UPPER LIMIT
X1	+	16.7250	16.7250	X112	-INF	
X2	+	19.3100	19.3100	X113	-INF	
X4	+	16.9500	16.9500	X115	-INF	
X5	+	18.9600	18.9600	X116	-INF	
X7	+	21.9000	21.9000	X118	-INF	
X8	+	26.2300	26.2300	X119	-INF	
X9	+	20.0050	0.0000	R07	-INF	
X10	+	24.9250	0.0000	R08	-INF	
X11	+	19.1350	0.0000	R09	-INF	
X12	+	27.5600	27.5600	X120	-INF	
X13	+	25.6000	25.6000	X121	-INF	
X14	+	9.7950	9.7950	X122	11.3050	R93
X16	+	16.3150	16.3150	X124	-INF	
X19	+	18.9450	18.9450	X127	-INF	
X21	+	33.0650	0.0000	R99	-INF	
X22	+	41.8800	0.0000	R100	-INF	
X23	+	13.2300	9.0000	R101	-INF	
X24	+	15.4650	0.0000	R102	-INF	
X25	+	17.0950	0.0000	R103	-INF	
X26	+	12.0200	0.0000	R104	-INF	
X27	+	12.7300	0.0000	R105	-INF	
X28	+	18.4400	0.0000	R106	-INF	
X29	+	18.8300	0.0000	R107	-INF	
X30	+	20.5050	0.0000	R108	-INF	
X31	+	20.8550	0.0000	R14	21.0350	R110
X32	+	21.0350	20.8550	R110	-INF	
X33	+	23.5850	20.8550	R111	-INF	
X34	+	27.2250	0.0000	R112	-INF	
X35	+	36.8850	0.0000	R113	-INF	
X36	+	16.6150	0.0000	R114	-INF	
X37	+	11.3400	0.0000	R115	-INF	
X40	+	12.1550	0.0000	R118	-INF	
X41	+	14.6250	14.6250	X131	-INF	
X42	+	28.5450	25.9200	R120	-INF	
X43	+	25.9200	0.0000	R21	28.5450	R120
X44	+	17.0250	0.0000	R122	-INF	
X45	+	20.0400	0.0000	R123	-INF	
X46	+	18.7800	0.0000		18.9450	R72
X47	+	18.9450	18.7800	R72	23.8400	R124
X48	+	23.8400	18.9450	R126	-INF	
X49	+	20.3150	0.0000	R127	-INF	
X50	+	22.0200	0.0000	R128	-INF	
X51	+	32.9700	28.4550	R129	-INF	

PAGE 2

PROBLEM	EMPRESA "XYZ"	OBJECTIVE RANGING	DATE	10/JUL/93			
DUMP : DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	TIME	16:23:35			
COLUMN INFORMATION		OBJECTIVE	RHS1	COM1			
VARIABLE	TYPE	OBJECTIVE	LOWER LIMIT	INCOMING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT	OF OBJECTIVE	INCOMING AT UPPER LIMIT
X52	+	28.4550	0.0000	R25		32.9700	R129
X53	+	14.9200	13.2700	R131	-INF		
X54	+	20.8200	13.2700	R132	-INF		
X55	+	14.0500	13.2700	R133	-INF		
X56	+	13.2700	0.0000	R26		14.0500	R133
X57	+	14.3150	0.0000	R135	-INF		
X58	+	16.6300	0.0000	R136	-INF		
X59	+	17.8400	0.0000	R28	-INF		
X60	+	32.5650	0.0000	R29	-INF		
X61	+	10.9250	10.9250	X132	-INF		
X62	+	15.1000	15.1000	X133	-INF		
X63	+	12.6450	12.6450	X134	-INF		
X65	+	7.8100	0.0000	R143	-INF		
X66	+	13.7700	0.0000	R144	-INF		
X67	+	11.7750	0.0000	R145	-INF		
X68	+	5.4800	0.0000	R31	-INF		
X69	+	9.0650	5.4800	R147		9.0650	R147
X70	+	11.6950	0.0000	R148	-INF		
X71	+	13.2600	0.0000	R149	-INF		
X72	+	10.5900	0.0000	R150	-INF		
X73	+	10.5450	10.5450	X136	-INF		
X74	+	10.1250	0.0000	R34		14.2650	R153
X75	+	14.2650	10.1250	R153	-INF		
X76	+	10.4200	0.0000	R35	-INF		
X77	+	5.3050	0.0000	R155	-INF		
X78	+	7.4250	0.0000	R37		8.4350	R157
X79	+	8.4350	7.4250	R157	-INF		
X81	+	12.8050	12.8050	X138	-INF		
X82	+	14.4450	0.0000	R39	-INF		
X83	+	11.6900	10.4500	R161	-INF		
X84	+	10.4500	0.0000	R40		11.6900	R161
X85	+	10.8750	10.7300	R163	-INF		
X86	+	10.7300	0.0000	R41		10.8750	R163
X87	+	10.4400	0.0000	R165	-INF		
X88	+	10.0900	0.0000	R166	-INF		
X90	+	8.2200	8.2200	X140	-INF		
X92	+	8.0400	5.2000	R170	-INF		
X93	+	8.3600	5.2000	R171	-INF		
X94	+	5.3150	0.0000	R45	-INF		
X95	+	6.4950	5.2000	R173	-INF		
X96	+	5.9100	5.2000	R174	-INF		
X97	+	6.6550	5.2000	R175	-INF		
X98	+	6.4850	5.2000	R176	-INF		

PAGE 3

PROBLEM	EMPRESA	"IY2"	OBJECTIVE RANGING		DATE	10/JUL/93
DUMP :	DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	RHS1	TIME	16:23:35
COLUMN INFORMATION			OBJECTIVE	CDNT		
VARIABLE	TYPE	OBJECTIVE	LOWER LIMIT OF OBJECTIVE	INCRING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT OF OBJECTIVE	INCOMING AT UPPER LIMIT
I99	+	6.2700	5.2000	R177	-INF	
I100	+	7.3050	5.2000	R178	-INF	
I101	+	5.2000	0.0000	R44	5.5900	R189
I102	+	8.2650	5.2000	R180	-INF	
I103	+	12.5850	5.2000	R181	-INF	
I104	+	6.7600	5.2000	R182	-INF	
I105	+	2.4750	0.0000	R183	-INF	
I106	+	4.0100	0.0000	R184	-INF	
I107	+	7.8200	5.2000	R185	-INF	
I108	+	6.2700	5.2000	R186	-INF	
I109	+	7.9450	5.2000	R187	-INF	
I110	+	6.1150	5.2000	R188	-INF	
I111	+	5.5900	5.2000	R189	-INF	
I114	+	26.8500	26.8500	X3	-INF	
I117	+	23.0950	23.0950	X6	-INF	
I123	+	11.3050	11.3050	X15	-INF	
I125	+	12.9350	12.9350	X17	-INF	
I126	+	15.2100	15.2100	X18	-INF	
I128	+	17.5800	17.5800	X20	-INF	
I129	+	18.5700	18.5700	X38	-INF	
I130	+	25.8950	25.8950	X39	-INF	
I135	+	17.7950	17.7950	X64	-INF	
I137	+	12.1350	12.1350	180	12.8050	R159
I139	+	6.8300	6.8300	X89	-INF	
I141	+	8.9150	8.9150	X91	-INF	

PAGE 1

PROBLEM	EMPRESA	*XYZ*	OBJECTIVE	RANGING	DATE	10/JUL/93
DUMP :	DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	RHS1	TIME	16:23:40
ROW	INFORMATION		OBJECTIVE	OBJETIVE	CONT	
VARIABLE	TYPE	OBJECTIVE	LOWER LIMIT OF OBJECTIVE	INCOMING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT OF OBJECTIVE	INCOMING AT UPPER LIMIT
R1	+		0.0000	X91	0.0000	X140
R2	+		0.0000	X140	0.0000	X91
R3	+		-INF		16.7250	R79
R5	+		-INF		18.9600	R83
R6	+		-INF		19.1350	R89
R7	+		-INF		25.6000	R91
R9	+		-INF		12.9350	R95
R10	+		-INF		33.0650	R99
R11	+		-INF		13.3300	R101
R12	+		-INF		12.0200	R104
R13	+		-INF		18.4400	R106
R15	+		-INF		27.2250	R112
R16	+		-INF		16.6150	R114
R17	+		-INF		11.3400	R115
R18	+		-INF		18.5700	R116
R19	+		-INF		12.1550	R118
R20	+		-INF		14.6250	R119
R22	+		-INF		17.0250	R122
R24	+		-INF		20.3150	R127
R27	+		-INF		14.3150	R135
R30	+		-INF		7.8100	R143
R32	+		-INF		10.5900	R150
R33	+		-INF		10.5450	R151
R36	+		-INF		5.3050	R155
R42	+		-INF		10.4400	R165
R43	+		-INF		10.0900	R166
R46	+		-INF		2.4750	R183
R47	+		0.0000	X91	0.0000	X140
R48	+		(1.7810)	R189	23.7445	R44
R49	+		-INF		23.5740	R105
R50	+		-INF		28.0095	R112
R51	+		-INF		33.4925	R101
R52	+		-INF		26.2125	R89
R53	+		-INF		28.3940	R149
R54	+		(25.8000)	R129	22.2395	R108
R55	+		-INF		9.4735	R110
R56	+		-INF		31.2500	R34
R57	+		(2.7500)	R72	29.2560	R126
R58	+		0.0000	139	0.0000	X136
R59	+		-INF		24.9590	R118
R60	+		-INF		5.9130	R173
R61	+		(4.0075)	R120	17.8760	R21
R62	+		(4.9055)	R133	0.8025	R189

PAGE 2

PROBLEM	EMPRESA	"IYZ"	OBJECTIVE RANGING	DATE	10/JUL/93	
DUMP	DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	RHS1	TIME	
ROW INFORMATION			OBJETIVE	COMT	16:23:40	
VARIABLE	TYPE	OBJECTIVE	LOWER LIMIT OF OBJECTIVE	INCOMING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT OF OBJECTIVE	INCOMING AT UPPER LIMIT
R63	+		-INF		40.3880	R29
R64	+		-INF		3.3335	R174
R65	+		-INF		4.2800	R186
R66	+		-INF		7.4355	R171
R67	+		-INF		17.5995	R45
R68	+		-INF		8.5815	R185
R69	+		-INF		40.3600	R166
R70	-		(36.8850)	R113	+INF	
R71	-		(25.9200)	R21	2.6250	R120
R73	-		(7.8100)	R143	+INF	
R74	-		(1.2850)	R176	+INF	
R75	-		(2.4750)	R183	+INF	
R76	-		(2.7450)	R187	+INF	
R77	-		(0.9150)	R188	+INF	
R78	-		(0.3900)	R189	+INF	
R82	+		-INF		+INF	
K92	+		(1.5100)	R93	9.7950	R8
R109	+		(0.1800)	R110	20.8550	R14
R121	+		(2.6250)	R120	25.9200	R21
R124	+		(0.1650)	R72	+INF	
R125	+		(4.9150)	R126	0.1650	R72
R130	+		(4.5150)	R129	28.4350	R25
R134	+		(0.7800)	R133	19.2700	R26
R137	+		-INF		17.8400	R28
R138	+		-INF		32.5650	R29
R146	+		(3.5850)	R147	5.4800	R31
R152	+		(4.1400)	R153	10.1250	R34
R154	+		-INF		10.4200	R35
R156	+		(1.0100)	R157	7.4250	R37
R158	+		(0.6700)	R159	12.1350	R38
R160	+		-INF		14.4450	R39
R162	+		(1.2400)	R161	10.4500	R40
R164	+		(0.1450)	R163	10.7300	R41
R172	+		-INF		5.3150	R45
R179	+		(0.3900)	R189	5.2000	R44

PAGE 1

PROBLEM	EMPRESA "IY2"	RIGHT HAND SIDE RANGING		DATE	10/JUL/93	
DUMP : DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	RHS1	TIME	16123147	
		OBJETIVE	COMT			
ROW MAKE	TYPE	RIGHT HAND SIDE	LOWER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT UPPER LIMIT
R1	+	31,672.0000	29,814.3550	R1	+INF	
R2	+	1,560.0000	340.8400	R2	+INF	
R3	+	1,545.0000	810.0000	R3	+INF	
R4	=	75.0000	0.0000	I4	75.0000	R82
R5	+	3,636.0000	2,800.0000	R5	+INF	
R6	+	3,636.0000	2,350.0000	R6	+INF	
R7	+	227.0000	150.0000	R7	+INF	
R8	+	675.0000	125.0000	I14	675.0000	R92
R9	+	1,091.0000	1,000.0000	R9	+INF	
R10	+	545.0000	250.0000	R10	+INF	
R11	+	3,636.0000	3,050.0000	R11	+INF	
R12	+	2,273.0000	1,400.0000	R12	+INF	
R13	+	1,818.0000	1,400.0000	R13	+INF	
R14	+	3,550.0000	2,550.0000	I31	3,550.0000	R109
R15	+	636.0000	525.0000	R15	+INF	
R16	+	636.0000	450.0000	R16	+INF	
R17	+	909.0000	500.0000	R17	+INF	
R18	+	1,818.0000	1,100.0000	R18	+INF	
R19	+	182.0000	150.0000	R19	+INF	
R20	+	909.0000	500.0000	R20	+INF	
R21	+	460.0000	380.0000	R71	460.0000	R121
R22	+	1,545.0000	1,050.0000	R22	+INF	
R23	+	3,600.0000	2,750.0000	I47	3,600.0000	R125
R24	+	182.0000	180.0000	R24	+INF	
R25	+	300.0000	50.0000	I52	300.0000	R130
R26	+	775.0000	675.0000	I56	775.0000	R134
R27	+	909.0000	850.0000	R27	+INF	
R28	+	350.0000	0.0000	I59	350.0000	R137
R29	+	150.0000	0.0000	I60	150.0000	R138
R30	+	8,182.0000	6,460.0000	R30	+INF	
R31	+	575.0000	200.0000	I68	575.0000	R146
R32	+	1,364.0000	1,350.0000	R32	+INF	
R33	+	636.0000	550.0000	R33	+INF	
R34	+	550.0000	250.0000	I74	550.0000	R152
R35	+	400.0000	0.0000	I76	400.0000	R154
R36	+	1,636.0000	1,350.0000	R36	+INF	
R37	+	525.0000	150.0000	I78	525.0000	R156
R38	+	375.0000	100.0000	I157	375.0000	R158
R39	+	400.0000	0.0000	I82	400.0000	R160
R40	+	375.0000	175.0000	I84	375.0000	R162
R41	+	1,100.0000	600.0000	I86	1,100.0000	R164
R42	+	3,636.0000	3,500.0000	R42	+INF	
R43	+	273.0000	50.0000	R43	+INF	

PAGE 2

PROBLEM	EMPRESA "1Y2"	RIGHT HAND SIDE RANGING			DATE	10/JUL/93
DUMP :	DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	RHS1	TIME	16:23:47
			OBJETIVE	CONT		
ROW NAME	TYPE	RIGHT HAND SIDE	LOWER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT UPPER LIMIT
R44	+	55,680.0000	55,580.0000	I101	55,680.0000	R179
R45	+	750.0000	0.0000	X94	750.0000	R172
R46	+	5,455.0000	4,600.0000	R46	+INF	
R47	+	4,886.0000	3,732.6750	R47	+INF	
R48	+	4,886.0000	1,599.8400	R48	+INF	
R49	+	3,257.0000	628.0000	R49	+INF	
R50	+	1,629.0000	627.9000	R50	+INF	
R51	-	3,257.0000	1,321.3000	R51	+INF	
R52	-	3,257.0000	1,114.5000	R52	+INF	
R53	-	1,629.0000	387.0250	R53	+INF	
R54	-	4,886.0000	1,128.7500	R54	+INF	
R55	-	8,145.0000	2,502.1400	R55	+INF	
R56	-	3,257.0000	209.4500	R56	+INF	
R57	-	3,257.0000	2,155.7500	R57	+INF	
R58	-	1,692.0000	434.1000	R58	+INF	
R59	+	6,515.0000	437.3000	R59	+INF	
R60	+	3,257.0000	1,248.3500	R60	+INF	
R61	+	1,629.0000	470.5000	R61	+INF	
R62	+	3,257.0000	3,052.6750	R62	+INF	
R63	+	1,629.0000	100.9500	R63	+INF	
R64	+	8,145.0000	7,551.8000	R64	+INF	
R65	+	1,629.0000	649.0000	R65	+INF	
R66	+	1,629.0000	71.2500	R66	+INF	
R67	+	1,629.0000	226.5000	R67	+INF	
R68	+	1,629.0000	197.4000	R68	+INF	
R69	+	1,629.0000	12.5000	R69	+INF	
R70	-	120.0000	-INF		350.0000	R70
R71	-	60.0000	-INF		160.0000	R71
R72	-	2,400.0000	2,400.0000	R125	2,400.0000	R124
R73	-	3,000.0000	-INF		3,750.0000	R73
R74	-	36,000.0000	-INF		36,000.0000	R74
R75	-	3,000.0000	-INF		4,500.0000	R75
R76	-	1,200.0000	-INF		1,200.0000	R76
R77	-	1,200.0000	-INF		1,200.0000	R77
R78	-	2,400.0000	-INF		2,400.0000	R78
R79	+	500.0000	0.0000	X1	1,235.0000	R3
R80	+	180.0000	0.0000	X2	915.0000	R3
R81	+	130.0000	0.0000	I114	865.0000	R3
R82	+	75.0000	75.0000	R82	+INF	
R83	+	2,000.0000	0.0000	X5	2,836.0000	R5
R84	+	300.0000	0.0000	I117	1,136.0000	R5
R85	+	200.0000	0.0000	X7	1,036.0000	R5
R86	+	300.0000	0.0000	X8	1,136.0000	R5

PAGE 3

PROBLEM	EMPRESA "IY2"	RIGHT HAND SIDE RANGING		DATE	10/JUL/93	
DUMP :	DUMP	5	RIGHT HAND SIDE OBJETIVE	RHS1 CONT	TIME 16:23:47	
ROW NAME	TYPE	RIGHT HAND SIDE	LOWER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT UPPER LIMIT
R87	+	1,400.0000	0.0000	I9	2,688.0000	R6
R88	+	600.0000	0.0000	I10	1,886.0000	R6
R89	+	350.0000	0.0000	I11	1,636.0000	R6
R90	+	50.0000	0.0000	I12	127.0000	R7
R91	+	100.0000	0.0000	I13	177.0000	R7
R92	+	550.0000	550.0000	R92	*INF	
R93	+	75.0000	75.0000	R92	625.0000	I14
R94	+	50.0000	50.0000	R92	600.0000	I14
R95	+	750.0000	0.0000	I125	941.0000	R9
R96	+	50.0000	0.0000	I126	141.0000	R9
R97	+	100.0000	0.0000	I19	191.0000	R9
R98	+	100.0000	0.0000	I128	191.0000	R9
R99	+	200.0000	0.0000	I21	495.0000	R10
R100	+	50.0000	0.0000	I22	345.0000	R10
R101	+	350.0000	0.0000	I23	936.0000	R11
R102	+	1,200.0000	0.0000	I24	1,786.0000	R11
R103	+	1,500.0000	0.0000	I25	2,086.0000	R11
R104	+	800.0000	0.0000	I26	1,673.0000	R12
R105	+	600.0000	0.0000	I27	1,473.0000	R12
R106	+	350.0000	0.0000	I28	768.0000	R13
R107	+	850.0000	0.0000	I29	1,268.0000	R13
R108	+	200.0000	0.0000	I30	618.0000	R13
R109	+	1,000.0000	1,000.0000	R109	*INF	
R110	+	2,000.0000	2,000.0000	R109	3,000.0000	I31
R111	+	550.0000	550.0000	R109	1,550.0000	I31
R112	+	175.0000	0.0000	I34	286.0000	R15
R113	+	350.0000	120.0000	R70	461.0000	R15
R114	+	450.0000	0.0000	I36	636.0000	R16
R115	+	500.0000	0.0000	I37	909.0000	R17
R116	+	1,000.0000	0.0000	I129	1,718.0000	R18
R117	+	100.0000	0.0000	I130	818.0000	R18
R118	+	150.0000	0.0000	I40	182.0000	R19
R119	+	500.0000	0.0000	I41	909.0000	R20
R120	+	300.0000	300.0000	R121	400.0000	R71
R121	+	160.0000	160.0000	R121	*INF	
R122	+	600.0000	0.0000	I44	1,095.0000	R22
R123	+	450.0000	0.0000	I45	945.0000	R22
R124	+	2,400.0000	2,400.0000	R124	*INF	
R125	+	850.0000	850.0000	R125	*INF	
R126	+	350.0000	350.0000	R125	1,200.0000	I47
R127	+	100.0000	0.0000	I49	102.0000	R24
R128	+	80.0000	0.0000	I50	82.0000	R24
R129	+	50.0000	50.0000	R130	300.0000	I52

PAGE 4

PROBLEM	EMPRESA "IYZ"	RIGHT HAND SIDE RANGING			DATE	10/JUL/93
DUMP :	DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	RHS1	TIME	16:23:47
			OBJETIVE	CON1		
ROW NAME	TYPE	RIGHT HAND SIDE	LOWER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT UPPER LIMIT
R130	+	250.0000	250.0000	R130	+INF	
R131	+	300.0000	300.0000	R134	400.0000	X56
R132	+	100.0000	100.0000	R134	200.0000	X56
R133	+	275.0000	275.0000	R134	375.0000	X56
R134	+	100.0000	100.0000	R134	+INF	
R135	+	600.0000	0.0000	X57	659.0000	R27
R136	+	250.0000	0.0000	X58	309.0000	R27
R137	+	350.0000	350.0000	R137	+INF	
R138	+	150.0000	150.0000	R138	+INF	
R139	+	1,400.0000	0.0000	X61	3,122.0000	R30
R140	+	120.0000	0.0000	X62	1,842.0000	R30
R141	+	100.0000	0.0000	X63	1,822.0000	R30
R142	+	250.0000	0.0000	X135	1,972.0000	R30
R143	+	3,750.0000	3,000.0000	R73	5,472.0000	R30
R144	+	320.0000	0.0000	X66	2,042.0000	R30
R145	+	520.0000	0.0000	X67	2,242.0000	R30
R146	+	375.0000	375.0000	R146	+INF	
R147	+	200.0000	200.0000	R146	375.0000	X68
R148	+	275.0000	0.0000	X70	289.0000	R32
R149	+	175.0000	0.0000	X71	189.0000	R32
R150	+	900.0000	0.0000	X72	914.0000	R32
R151	+	350.0000	0.0000	X73	636.0000	R33
R152	+	300.0000	300.0000	R152	+INF	
R153	+	250.0000	250.0000	R152	550.0000	X74
R154	+	400.0000	400.0000	R154	+INF	
R155	+	1,350.0000	0.0000	X77	1,636.0000	R36
R156	+	375.0000	375.0000	R156	+INF	
R157	+	150.0000	150.0000	R156	525.0000	X78
R158	+	275.0000	275.0000	R158	+INF	
R159	+	100.0000	100.0000	R158	375.0000	X137
R160	+	400.0000	400.0000	R160	+INF	
R161	+	175.0000	175.0000	R162	375.0000	X84
R162	+	200.0000	200.0000	R162	+INF	
R163	+	600.0000	600.0000	R164	1,100.0000	X86
R164	+	500.0000	500.0000	R164	+INF	
R165	+	3,500.0000	0.0000	X87	3,636.0000	R42
R166	+	50.0000	0.0000	X88	273.0000	R43
R167	+	1,000.0000	1,000.0000	R179	1,100.0000	X101
R168	+	1,400.0000	1,400.0000	R179	1,500.0000	X101
R169	+	750.0000	750.0000	R179	850.0000	X101
R170	+	200.0000	200.0000	R179	300.0000	X101
R171	+	50.0000	50.0000	R179	150.0000	X101
R172	+	750.0000	750.0000	R172	+INF	

PAGE 5

PROBLEM	EMPRESA 'XYZ'	RIGHT HAND SIDE RANGING			DATE	10/JUL/93
DUMP :	DUMP	5	RIGHT HAND SIDE	RHS1	TIME	16:23:47
			OBJETIVE	COMT		
ROW NAME	TYPE	RIGHT HAND SIDE	LOWER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT LOWER LIMIT	UPPER LIMIT OF R. H. S.	OUTGOING AT UPPER LIMIT
R173	+	650.0000	650.0000	R179	750.0000	I101
R174	+	4,000.0000	4,000.0000	R179	4,100.0000	I101
R175	+	200.0000	200.0000	R179	300.0000	I101
R176	+	36,000.0000	36,000.0000	R74	36,100.0000	I101
R177	+	2,500.0000	2,500.0000	R179	2,600.0000	I101
R178	+	230.0000	230.0000	R179	330.0000	I101
R179	+	100.0000	100.0000	R179	+INF	
R180	+	200.0000	200.0000	R179	300.0000	I101
R181	+	100.0000	100.0000	R179	200.0000	I101
R182	+	1,000.0000	1,000.0000	R179	1,100.0000	I101
R183	+	4,500.0000	3,000.0000	R75	5,355.0000	R46
R184	+	100.0000	0.0000	I106	845.7117	R62
R185	+	700.0000	700.0000	R179	800.0000	I101
R186	+	1,800.0000	1,800.0000	R179	1,900.0000	I101
R187	+	1,200.0000	1,200.0000	R76	1,300.0000	I101
R188	+	1,200.0000	1,200.0000	R179	1,300.0000	I101
R189	+	2,400.0000	2,400.0000	R179	2,500.0000	I101

APENDICE "Y"

NECESIDADES DE INSUMOS ADICIONALES

En la tabla siguiente "GR" representa la cantidad adicional de Matrices requeridas para cumplir con el Pronóstico de Ventas 1993. Estas cantidades incluyen un 10% de tolerancia para cubrir mermas.

TABLA "YI"

CODIGO DE LA MATRIZ	GR (Unidades)
96.3001	83
.3005	39
.3012	905
.3019	106
.3021	1960 ¹
.3024	30
.3025	53
.3027	85
.3028	15
.3060	132
.3061	205
.3062	240
.3064	77
.3091	12
.3092	40
.3093	112
.3094	710
.3082	1248
.3020	225

- (1) De esta cantidad, es esencial comprar por lo menos 640 piezas adicionales para cumplir con el Contrato de Ventas que se tiene de la fresa 7543/20.

APENDICE "Z"

RUTA CRITICA DE LA TESIS

	ACTIVIDAD DESCRIPCION	DURACION DE LA ACTIVIDAD (dias hábiles)	ACTIVIDADES		DIA HABIL No.				HOLGURA		
			ANTERIORES	POSTERIORES	INICIO		FINAL		TOTAL	LIBRE	IND.
					P	U	P	U			
A	Estudio Básico del Proyecto	4	-	B	0	0	4	4	0	0	0
B	Definir Objetivos, Alcance de la Tesis y Términos de Referencia	1	A	C	4	4	5	5	0	0	0
C	Discutir Objetivos, Alcance de la Tesis y Términos de Referencia con el Supervisor de Tesis y Personal de la Computa	1	B	E	5	5	6	6	0	0	0
D	Obtener Información (Básica) sobre la fabricación de fresas de Carburo de Tungsteno	4	-	E	0	2	4	6	2	2	2
E	Evaluar Plan de Trabajo	2	C, D	F, G, H	6	6	8	8	0	0	0
F	Investigar y Estudiar Literatura sobre el Trabajo a realizar	16	E	0	8	33	24	49	25	25	25
G	Definir los Métodos (actuales) utilizados para Evaluar los Ciclos de Manufactura	4	E	K, L, M	8	14	12	18	6	6	6
H	Estudiar Métodos para la Planeación y Control de la Producción	4	E	I	8	8	12	12	0	0	0
I	Investigar el Sistema existente para Planear y Controlar la Producción	4	H	J	12	12	16	16	0	0	0
J	Analizar y Evaluar el Sistema arriba descrito	2	I	K, L, M	16	16	18	18	0	0	0

P = Primero U = Ultimo

	ACTIVIDAD	DURACION DE LA ACTIVIDAD (días hábiles)	ACTIVIDADES		DIA HABIL. No.				HOLGURA		
	DESCRIPCION		ANTERIORES	POSTERIORES	INICIO		FINAL		TOTAL	LIBRE	IND.
					P	U	P	U			
K	Obtener el Costo Unitario de Manufactura y la Rentabilidad de cada tipo de Fresa	8	G, J	a	18	36	26	44	18	18	18
L	Obtener Parámetros de la demanda de cada tipo de Fresa	12	G, J	a	18	32	30	44	14	14	14
M	Determinar los factores que limitan el tipo de Fresas que pueden ser fabricadas simultáneamente	4	G, J	N	18	18	22	22	0	0	0
N	Analizar la importancia de los factores limitantes expuestos en el punto (M)	2	M	O, P	22	22	24	24	0	0	0
O	Evaluar y recomendar medios para eliminar los factores limitantes expuestos en el punto (M)	2	N	Q, R	24	24	26	26	0	0	0
P	Estudiar sobre la Planeación de Capacidad	1	N	R	24	25	25	26	1	1	1
Q	Empezar a escribir la Tesis	6	O	X, Y	26	58	32	64	32	0	0
R	Analizar y proponer medios para establecer la capacidad actual de producción	3	Q, P	S	26	26	29	29	0	0	0
S	Identificar y evaluar los factores que limitan la capacidad actual de producción	6	R	T	29	29	35	35	0	0	0
T	Definir la capacidad actual de producción	2	S	U	35	35	37	37	0	0	0
U	Analizar y proponer medios para definir la capacidad potencial de producción	2	T	V	37	37	39	39	0	0	0
V	Determinar la capacidad potencial de producción	2	U	W	39	39	41	41	0	0	0
W	Analizar y proponer los recursos necesarios para alcanzar la capacidad potencial de producción	3	V	X, a	41	41	44	44	0	0	0

P = Primero U = Ultimo

	ACTIVIDAD DESCRIPCION	DURACION DE LA ACTIVIDAD (días hábiles)	ACTIVIDADES		DÍA HABIL No.				HOLGURA		
			ANTERIORES	POSTERIORES	INICIO		FINAL		TOTAL	LIBRE	IND.
					P	U	P	U			
X	Seguir escribiendo la Tesis	8	Q, W	h, i	44	64	52	72	20	0	0
Y	Empezar a mecanografiar la Tesis	6	Q	Z, i	32	66	38	72	34	0	0
Z	Empezar a editar	2	Y	k	38	76	40	78	38	16	0
a	Relacionar la demanda, capacidad productiva, los costos de manufactura y la rentabilidad	5	K, L, W	b	44	44	49	49	0	0	0
b	Analizar y evaluar los medios para obtener la mezcla óptima de productos de acuerdo a los factores expuestos en el punto (a)	6	F, a	c	49	49	55	55	0	0	0
c	Identificar y evaluar las restricciones que puedan afectar o restringir las soluciones de la mezcla óptima de productos	4	b	d	55	55	59	59	0	0	0
d	Formular el modelo para la mezcla óptima de productos	6	c	e	59	59	65	65	0	0	0
e	Determinar y proponer un método de programado de máquinas basado en las soluciones para la mezcla óptima de productos	3	a	f	65	65	68	68	0	0	0
f	Comentar las propuestas con la Compañía	1	e	g	68	68	69	69	0	0	0
g	Evaluar y comentar los efectos que las políticas de la Compañía, el sistema de planeación y control de la producción y, las técnicas de ingeniería industrial, pudieran tener sobre la implementación de las propuestas expuestas en el punto (f)	3	f	h	69	69	72	72	0	0	0

P = Primero U = Último

ACTIVIDAD		DURACION DE LA ACTIVIDAD (días hábiles)	ACTIVIDADES		DIA HABIL No.				HOLGURA		
DESCRIPCION	ANTERIORES		POSTERIORES	INICIO		FINAL		TOTAL	LIBRE	IND.	
				P	U	P	U				
h	Terminar de escribir la Tesis	4	X, g	j	72	72	76	76	0	0	0
i	Seguir mecanografiando la Tesis	4	X, Y	j, k	52	72	56	76	20	0	0
j	Terminar mecanografía de Tesis	4	h, i	l	76	76	80	80	0	0	0
k	Seguir editando	2	Z, i	l	56	78	58	80	22	22	0
l	Terminar de editar	2	j, k	m	80	80	82	82	0	0	0
m	Corregir mecanografía	2	l	n	82	82	84	84	0	0	0
n	Revisar (toda) la Tesis	2	m	p	84	84	86	86	0	0	0
p	Cotejar la Tesis y presentarla	1	n	-	86	86	87	87	0	0	0

P = Primero U = Ultimo

RUTA CRITICA DE LA TESIS

