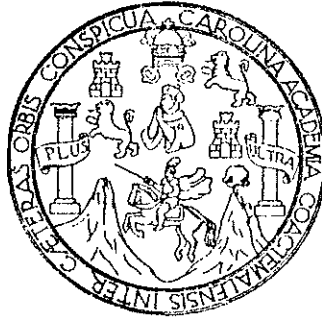


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERIA



USO DE METODOS CUANTITATIVOS POR COMPUTADORA
EN UNA FABRICA DE PRODUCCION
DE LONA

Informe de Tesis
Presentado por

AURA IVONE NORIEGA URIZAR

Para optar al titulo de

Ingeniera Industrial

Guatemala, julio de 1,995

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

08
T(3576)
co 4

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a vuestra consideración mi trabajo de tesis titulado:

USO DE METODOS CUANTITATIVOS POR
COMPUTADORA EN UNA FABRICA DE PRODUCCION
DE LONA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.


Aura Ivone Noriega Urizar

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA



MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
VOCAL PRIMERO	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL SEGUNDO	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL TERCERO	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL CUARTO	Br. Freddy Rodríguez Quezada
VOCAL QUINTO	Br. Mario Nephtali Morales Solis
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Aura Estela Corona de Leon
EXAMINADOR	Ing. Oscar Francisco Castro Moreno
EXAMINADOR	Ing. Elmer Oswaldo Zelada Moreira
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López

Guatemala 29 de marzo de 1995

Ing. Jorge Peláez Castellanos
DIRECTOR
ESCUELA MECANICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERIA
USAC

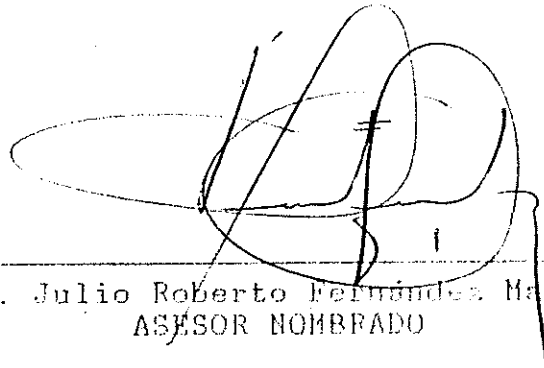
Sr. Director:

Por este medio remito a usted para su conocimiento y efectos el trabajo de tesis titulado "USO DE METODOS CUANTITATIVOS POR COMPUTADORA EN UNA FABRICA DE PRODUCCION DE LONA", mismo que fuera elaborado por la estudiante Aura Ivone Noriega Urizar previo a optar al título de Ingeniera Industrial.

El contenido del trabajo ha sido asesorado por el suscrito, cumpliendo éste con todos los requisitos establecidos; por lo que recomiendo su aprobación.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,



Ing. Julio Roberto Fernández Martínez
ASESOR NOMBRADO

Julio Roberto Fernández M.
Ingeniero Industrial
Colegiado No. 2638

**FACULTAD DE INGENIERIA**

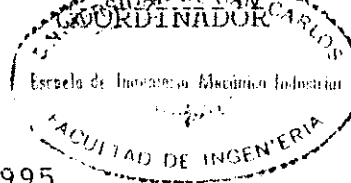
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador del Area de Métodos Cuantitativos y Economía, de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, al trabajo de tesis titulado USO DE METODOS CUANTITATIVOS POR COMPUTADORA EN UNA FABRICA DE PRODUCCION DE LONA, presentada por el estudiante universitario Aura Ivone Noriega Urizar, recomienda la aprobación del presente trabajo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Peláez Castellanos



Guatemala, mayo de 1,995.

/emds

**FACULTAD DE INGENIERIA**

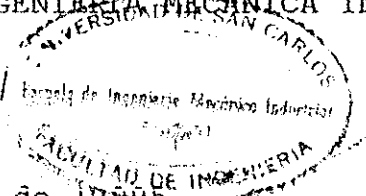
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Coordinador General de Tesis de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y del Licenciado en Letras, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, así como el contenido y la presentación del trabajo de tesis titulado USO DE METODOS CUANTITATIVOS POR COMPUTADORA EN UNA FABRICA DE PRODUCCION DE LONA, presentado por la estudiante universitaria Aura Ivone Noriega Urizar, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAR A TODOS

Ing. Fernando Alvarez Paz
COORDINADOR GENERAL DE TESIS
INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL



Guatemala, mayo de 1995

**FACULTAD DE INGENIERIA**

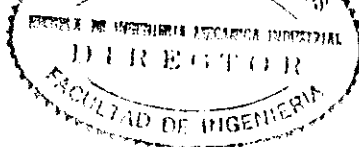
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor con el Visto Bueno del Coordinador de Área y del Coordinador General de Revisión de Tesis titulada USO DE METODOS CUANTITATIVOS POR COMPUTADORA EN UNA FABRICA DE PRODUCCION DE LONA, presentado por la estudiante universitaria Aura Ivone Noriega Urizar, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Jorge Peláez Castellanos
DIRECTOR
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA INDUSTRIAL
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



Guatemala, mayo de 1,995.

emds



FACULTAD DE INGENIERIA

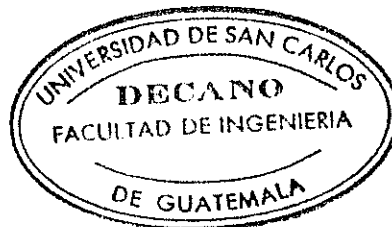
Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica
y Regional de Post-grado de Ingeniería
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de tesis titulado USO DE METODOS CUANTITATIVOS POR COMPUTADORA EN UNA FABRICA DE PRODUCCION DE LONA, por el estudiante universitario Aura Ivone Noriega Urizar, la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Julio Ismael González Podszueck
DECANO



Guatemala, junio de 1,995.

emis

ACTO QUE DEDICO

A DIOS Y A LA VIRGEN

A MIS PADRES

Celfa Urizar de Noriega
y Eduardo Noriega U.

A MIS HERMANAS

Sandra A. Noriega Urizar
Lilia J. Noriega Urizar

A MIS TIOS

Victoria, María, Yolanda,
Zoila y Lito

A MIS PRIMOS

A MI NOVIO

Eduardo Chang

A MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTO

A:

Ing. Julio Fernández
Por su asesoría

Henry Robbins
Por su apoyo en el área profesional

Mis amigos:
Deiffy Morales, Ing. Mario López,
Maynor Nájera y Jorge Mario Azurdía
Por su apoyo constante

**USO DE METODOS CUANTITATIVOS POR COMPUTADORA EN UNA
FABRICA DE PRODUCCION DE LONA**

CONTENIDO

GLOSARIO	I
INTRODUCCION	IV
OBJETIVOS	V
I DESCRIPCION DE LOS PRODUCTOS	
I.1 TEJIDO	1
I.2 LONA TIPO A	3
I.2.1 CARACTERISTICAS	3
I.2.2 ESPECIFICACIONES	3
I.3 LONA TIPO B	4
I.3.1 CARACTERISTICAS	4
I.3.2 ESPECIFICACIONES	4
I.4 LONA TIPO C	5
I.4.1 CARACTERISTICAS	5
I.4.2 ESPECIFICACIONES	5
II ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	
II.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA	6
II.1.1 DESCRIPCION DE LA MAQUINARIA	6
II.1.2 MANO DE OBRA	15
II.1.3 CAPACIDAD DE PRODUCCION	17
II.2 DISTRIBUCION DE LA PLANTA	19
III REQUERIMIENTOS DE RECURSOS	
III.1 MATERIA PRIMA	22
III.2 MANO DE OBRA	23
III.3 MAQUINARIA	28
IV DESCRIPCION DEL PAQUETE DE SOFTWARE	
IV.1 CONTENIDO DEL PAQUETE	30
IV.2 MANUAL DE OPERACIONES DE QSB	47
IV.3 SISTEMA OPERATIVO (DOS)	52
IV.3.1 COMANDOS INTERNOS	52
IV.3.2 COMANDOS EXTERNOS	53
IV.4 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE	54
V DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION DE LONA	
V.1 SIMBOLOGIA	56
V.2 DIAGRAMA DE FLUJO	56
V.3 DIAGRAMA DE OPERACIONES	57
V.4 DIAGRAMA DE RECORRIDO	57
VI ESTIMACION DE LA OFERTA Y DEMANDA DE LONA	
VI.1 DEMANDA	58
VI.1.1 CONCEPTO	58
VI.1.2 DEMANDA HISTORICA	58
VI.1.3 DEMANDA ACTUAL	60
VI.1.4 APLICACION DEL PRONOSTICO DE DEMANDA	60
VI.2 OFERTA	65
VI.2.1 CONCEPTO	65
VI.2.2 OFERTA HISTORICA	66
VI.2.3 OFERTA ACTUAL	66
VI.2.4 APLICACION DEL PRONOSTICO DE OFERTA	66

VII	IMPLEMENTACION DE METODOS CUANTITATIVOS PARA OPTIMIZAR EL MANEJO DE LOS RECURSOS Y LA PRODUCCION DE LONA	
VII.1	PROGRAMACION LINEAL	68
	VII.1.1 BASES TEORICAS	68
	VII.1.2 APLICACION	71
	VII.1.3 SOLUCION	72
VII.2	ASIGNACION	75
	VII.2.1 BASES TEORICAS	75
	VII.2.2 APLICACION	75
	VII.2.3 SOLUCION	77
VII.3	SISTEMAS DE INVENTARIOS	78
	VII.3.1 BASES TEORICAS	78
	VII.3.2 APLICACION	81
	VII.3.3 SOLUCION	82
VII.4	CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO	89
	VII.4.1 BASES TEORICAS	89
	VII.4.2 APLICACION	90
	VII.4.2.1 ANTES DEL PROCESO	90
	VII.4.2.2 DENTRO DEL PROCESO	91
	VII.4.2.3 EN EL PRODUCTO TERMINADO	91
	CONCLUSIONES	VI
	RECOMENDACIONES	VII
	BIBLIOGRAFIA	VIII
	ANEXOS	IX

GLOSARIO

Acuotubular: mecanismo de calentamiento de calderas que funciona con agua.

Análisis del ciclo de vida: técnica en que se analizan las cuatro etapas del ciclo de vida que son: introducción, crecimiento, madurez y decaimiento.

Armaduras: estructuras que pueden formarse en el tejido dependiendo de la manera en que se entrecrucen los hilos.

Caballeros: pequeñas láminas angostas colocadas en los marcos del telar. Por cada uno pasa un hilo de urdimbre.

Calada: espacio formado por los hilos de urdimbre a través del cual pasa el hilo de trama.

Colector: depósito o recipiente.

Combustión: generación de energía mediante la quema de algún combustible.

Control de proyectos: llevar a cabo aquellas actividades que aseguran que el desempeño del proyecto está de acuerdo con un desempeño planeado.

Cuello de botella: de todas las operaciones que componen un proceso, aquella que demanda el tiempo más largo de operación.

Eficacia: cuando se alcanzan los objetivos trazados.

Eficiencia: se refiere a la relación entre esfuerzos y resultados.

Enjulio: carretes de gran tamaño en que se encuentra devanado el hilo de urdimbre.

II

Hogar: hoguera, lubre de la caldera.

Holgura: es el tiempo extra disponible en una actividad.

Incerticumbre: condición en la cual las probabilidades de los estados de la naturaleza son desconocidos.

Lanzadera: pieza del telar que es disparada de un extremo a otro llevando el hilo de trama a través del tejido.

Levas: mecanismo que permite subir y bajar otra pieza; en este caso los marcos.

Lubricación: aplicación de alguna sustancia viscosa para evitar fricción.

Mallas: anillos que contienen hilos de urdimbre.

Marcos: bastidores que contienen las mallas.

Media: valor promedio de una serie de valores.

Muestra: porción representativa de una población.

Muestreo: proceso para seleccionar observaciones representativas de una población.

Nodos: representan la iniciación o la finalización de las actividades.

Peine: barra por cuyas ranuras pasan hilos de urdimbre.

Planeación: todas aquellas actividades que tienen como resultado el desarrollo de un curso de acción y sirven de guía en el proceso de toma de decisiones futuras.

Programación: secuencia de eventos sobre la escala de tiempo.

Proyecto: conjunto de actividades asociadas con un trabajo específico que tiene una fecha de comienzo y terminación definida.

III

Refractario: material que resiste altas temperaturas sin alterarse ni descomponerse

Rendimiento: producto o utilidad que se obtiene de actividades.

Ruta crítica: ruta a través de la red que está compuesta por varias actividades, cuyos tiempos totales son el más largo de cualquier ruta a través de la red.

Serpentines: serie de tubos utilizados en maquinaria para intercambiar calor.

Trama: hilos transversales que forman un tejido.

Técnica Delphi: técnica de toma grupal de decisiones que elimina el efecto de influencia de las mayorías.

Urdimbre: hilos longitudinales que forman un tejido.

Valor de rescate: ingreso recibido por la venta de un activo.

Viscosidad: propiedad pegajosa o glutinosa que poseen los fluidos.

INTRODUCCION

En la actualidad, existen muchas fábricas en las cuales la mayoría de las actividades se realizan de una manera empírica, lo cual implica que cuando la empresa crece, se pierde el control de sus recursos y capacidades, por lo que es más difícil alcanzar rendimientos óptimos. En estos casos, la falta de aplicación de técnicas cuantitativas hace que se pierda la calidad de las características del producto, la optimización de los costos, la optimización de utilidades, la fidelidad de los tiempos de entrega, la cantidad óptima que se va a producir y el aprovechamiento en general de los recursos disponibles.

Estas técnicas de solución están basadas en mecanismos repetitivos, por lo cual muchas veces se convierten en tediosas y consumen demasiado tiempo. Sin embargo, en el mercado ya han sido desarrollados paquetes computacionales que evitan estos inconvenientes, lo cual permite a los profesionales dedicar la mayor parte de su tiempo a lo que es en sí el análisis de los resultados.

En esta tesis se describe la aplicación de algunas técnicas cuantitativas dentro de una fábrica de lona por medio de un paquete computacional.

OBJETIVOS**GENERALES**

- 1) Aplicar algunas técnicas cuantitativas para determinar parámetros de producción de una empresa real.
- 2) Demostrar la importancia de la aplicación de métodos cuantitativos dentro de las empresas para lograr mantener los rendimientos óptimos.
- 3) Utilizar la computadora como herramienta para facilitar la aplicación de los métodos y obtener así resultados más precisos.

ESPECIFICOS

- 1) Determinar cuantitativamente las cantidades óptimas de producción de cada tipo de lona para la empresa analizada, con el fin de optimizar las utilidades.
- 2) Determinar la política de inventario más apropiada para cada tipo de hilo que se utiliza dentro del proceso productivo.
- 3) Crear un patrón propio de la empresa analizada en lo que respecta a cantidades óptimas que se van a producir, políticas de inventario y utilización de maquinaria.

USO DE METODOS CUANTITATIVOS POR COMPUTADORA
EN UNA FABRICA DE PRODUCCION DE LONA

I. DESCRIPCION DE LOS PRODUCTOS

I.1 TEJIDO

Es el resultado del cruce de los hilos de la urdimbre (hilos longitudinales) y la trama (hilos transversales) que pasan entre los hilos de urdimbre, de un borde a otro del tejido, primero en un sentido y luego en la dirección opuesta y así sucesivamente.

A la manera de entrecruzar los hilos se le denomina **armadura**. Existen tres tipos de armadura fundamentales que son:

- a) Tafetán
- b) Sarga
- c) Satén

En este caso interesan las dos primeras armaduras, tafetán y sarga.

a) TAFETAN

El tipo de tejido que representa es la armadura más simple. Con el tafetán, se obtiene el máximo trenzado, porque los hilos de la

urdimbre se cruzan a cada trama o inserción. Si observamos un tejido de tafetán, causa un efecto de líneas cruzadas y además presenta el mismo aspecto tanto de un lado como del otro. Para este efecto, los hilos que se levantan deben ser iguales a los hilos que permanecen en reposo. Para analizarlo en términos de proporción a:b tenemos que $a = b$.

b) SARGA

Es el tejido que se presenta como una sucesión de diagonales que van de un orillo a otro dando un efecto visual de líneas diagonales. Esto se logra mediante la correcta combinación de los marcos que suben y bajan. Los marcos levantan los hilos de urdimbre con el fin de formar la calada que es el espacio por el cual va a pasar el hilo de trama para formar el tejido. La armadura más pequeña se deduce fácilmente, pues estará constituida al menos por tres hilos de urdimbre y tres de trama, y se obtiene levantando en la primera trama el primer hilo de cada relación; en la segunda trama, el segundo hilo de cada relación; en la tercera trama, el tercer hilo de cada relación, de manera que en la relación de armadura en cada trama, se tienen dos hilos que permanecen en reposo y uno que se levanta. La

forma de describir esto es en términos de proporción a:b, donde "a" es el número de hilos de urdimbre que permanecen en reposo bajo uno de la trama y "b" el número de hilos de urdimbre que se levantan para formar la ligadura. En este caso para lograr un efecto agradable y que las líneas diagonales no sean muy marcadas, se utiliza la proporción de 2:1; si se quisiera un efecto más fuerte, podría utilizarse la proporción 3:1.

I.2 LONA TIPO A

I.2.1 CARACTERISTICAS

Se conoce como lona tipo "A" a aquella que va a ser destinada principalmente para la elaboración de prendas de vestir y accesorios, tales como: pantalones, camisas, mochilas, bolsos, etc. El tipo de tejido que se utiliza es el de estructura de "sarga".

I.1.2 ESPECIFICACIONES

El ancho de la lona es de 62" y el peso por yarda cuadrada es de 13 onzas. Este tipo de lona utiliza hilo algodón 100%, en el caso en cuestión

se utiliza hilo calibre 8/1. Esta denominación del calibre x/y se interpreta como "x", la longitud (en pulgadas) que se necesita del hilo para pesar el peso estándar; y "y", el número de cabos (hebras) que componen un hilo. La trama debe ser siempre en hilo crudo, mientras que la urdimbre puede ser teñida. Esta lona lleva 72 hilos por pulgada en la urdimbre. Si la lona se quiere más pesada, se debe aumentar el número de hilos pero en proporción a la estructura del tejido. En la trama, lleva 36 pasadas por pulgada.

I.2 LONA TIPO B

I.2.1 CARACTERISTICAS

Este tipo de lona se utiliza en la fabricación de muebles, colchones, etc. La estructura de este tejido es la llamada tafetán.

I.2.2 ESPECIFICACIONES

Para esta lona se utiliza hilo polyalgodón que está compuesto por el 65% de polyester y el 35% de algodón, el hilo es calibre 16/4 y es todo

crudo, tanto en la trama como en la urdimbre. En la urdimbre lleva 48 hilos por pulgada y en la trama 20 pasadas por pulgada. El ancho es de 48" y el peso por yarda cuadrada es de 18 onzas.

I.3 LONA TIPO C

I.3.1 CARACTERÍSTICAS

Esta lona es la que comúnmente se le llama tapacarga y como su nombre lo indica se utiliza en carrocerías de camiones u otros medios de transporte de carga. La estructura de este tejido es la llamada de tafetán.

I.3.2 ESPECIFICACIONES

Posee las mismas características que la lona tipo B a diferencia que en la trama lleva 15 pasadas por pulgada y el ancho es de 60 pulgadas. Además, lleva un proceso posterior de impermeabilizado que le permite proteger la carga más eficientemente y ser más resistente. El peso por yarda cuadrada es de 22 onzas.

II. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

II.1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA

II.1.1 DESCRIPCION DE MAQUINARIA

La maquinaria utilizada en la planta es la siguiente:

a) 40 Telares

Del tipo mecánico marca Picañol President de lanzadera, cuya velocidad es de 180 pasadas por minuto, que deja un hilo de trama en cada pasada. El funcionamiento de los telares mecánicos se inspira en los telares manuales. A continuación, se describen los componentes y funciones de los telares manuales:

COMPONENTES

a) **Canilla:** bobina de madera en la cual están devanados los hilos de trama.

b) **Lanzadera:** elemento que contiene la canilla.

c) **Marcos:** bastidores que contienen las

mallas. Cada telar consta de dos marcos.

d) **Mallas:** anillos mantenidos por un alambre entre los largueros de los marcos, por el cual pasa un hilo de urdimbre. El número de mallas en cada uno de los marcos debe ser igual a la mitad de los hilos de la urdimbre. Como uno de ellos sirve para hacer pasar los hilos pares de la misma, y el otro los hilos impares, basta accionar los pedales después de cada pasada de la trama para que suban unos y bajen otros, y viceversa.

e) **Peine:** barra por cuyas ranuras pasan los hilos de urdimbre. Debe pasar un solo hilo por cada ranura.

f) **Enjulios:** enorme carrete en el cual se halla devanado el hilo de urdimbre. También se utiliza uno al frente del telar para enrollar el tejido ya elaborado.

FUNCIONAMIENTO

El hilo de trama se desenrolla por sí mismo cuando una vez abierta la urdimbre con los pedales; el tejedor arroja la lanzadera, entre hilos pares e impares, de una orilla a otra del tejido. Tira entonces hacia sí, con

las dos manos, un peine que aprieta el hilo de trama contra la labor ya hecha, invierte con los pedales la posición de las mallas y, ya cruzados los hilos pares e impares de la urdimbre, efectúa una nueva pasada de trama arrojando la lanzadera en el sentido inverso de la primera vez, y así sucesivamente. La tensión necesaria de los hilos de urdimbre se obtiene proveyendo de contrapesos al enjullo delantero.

Un telar mecánico consta de los mismos elementos, pero las operaciones se efectúan mecánicamente mediante los siguientes dispositivos:

- a) Los pedales son reemplazados por excéntricas que confieren movimiento de vaivén vertical a los marcos.
- b) La lanzadera es arrojada alternativamente de una orilla a otra por percusión de dos vástagos.
- c) El peine tiene también movimiento de vaivén y aprieta automáticamente la trama a cada pasada.

Todas estas operaciones, así como la

rotación de los enjulios, se hallan sincronizadas y se efectúan en su debido orden.

En realidad, los telares mecánicos permiten utilizar de 6 a 8 juegos de marcos, accionados por levas, y muchos pueden ser provistos de hasta 32 marcos para obtener combinaciones complicadas de los hilos de trama y urdimbre. Otro perfeccionamiento de estas máquinas es el mecanismo de lanzaderas múltiples, que permite utilizar simultáneamente varios hilos de trama iguales o diferentes. Por último, en los telares automáticos, existe un dispositivo que, en el breve plazo en que se detiene la lanzadera entre dos pasadas, reemplaza la canilla vacía o substituye la lanzadera agotada por otra carga. Incluso existe un telar de concepción reciente que carece de lanzadera: el hilo de la trama se desenrolla de un carrete paralelamente al telar y unas pinzas que parten del otro lado y pasan rápidamente entre los hilos de urdimbre, lo agarran y lo llevan hasta el lado opuesto, cuyo procedimiento permite obtener tejidos más

anchos que los comunes y hechos con mayor rapidez.

b) 1 Urdidora

Máquina en la cual se realiza la operación de reunir un cierto número de hilos con igual longitud y tensión, para enrollarlos sobre un enjullo.

La urdidora consta de un bastidor rectangular provisto de 400 a 600 vástagos en los cuales se ponen otras tantas bobinas y uno o varios peines por entre cuyos dientes pasan los hilos que se desenrollan de aquéllas, así como un tambor o enjullo en el cual se enrollan los mismos. La velocidad del devanado es del orden de 500 a 600 metros por minuto

c) 1 Encoladora

Es la máquina que proporciona más resistencia al hilo que se utilizará para tejer la lona. Esto se logra mediante el uso de encolantes o sustancias aglutinantes que forman una película sobre el hilo para así obtener mayor resistencia a la tensión y a la

fricción y evitar la estática en los hilos y en la mota.

Los hilos de urdimbre pasan por un compartimiento donde son bañados por el encolante, luego pasan por unos rodillos compresores que los secan y por último pasan por un compartimiento de secado.

d) 1 Revisadora

Máquinas especiales para revisar el tejido terminado. Esta máquina desenrolla la tela y la pasa por una pantalla iluminada que permite visualizar mejor los defectos y luego la enrolla nuevamente.

e) 1 Canillera

Máquina devanadora especial para enrollar el hilo en la canilla.

f) 1 Anudadora

Máquina que se utiliza para anudar los hilos del nuevo enjullo al tejido en proceso.

g) 1 Parafinadora

Esta máquina es utilizada para aplicar

una sustancia impermeabilizadora a la lona tipo C después de que ésta ha terminado su proceso en el telar. El encolante es una sustancia que se obtiene de la mezcla de parafina vegetal con parafina a base de petróleo y una proporción de carbonato de calcio.

h) 1 Caldera

Caldera de 15 Caballos de Fuerza marca Cleaver Brooks, la cual provee el calor necesario para secar el hilo cuando pasa por el compartimiento de secado de la encoladora después de que éste ha sido encolado, así como para la fase de impermeabilizado de lona en la engomadora.

La caldera de vapor es un aparato en el cual se calienta agua con objeto de producir el vapor necesario para alimentar una máquina térmica.

Las calderas más simples consisten en un recipiente cilíndrico dispuesto encima de un hogar. Para aumentar la superficie de contacto con el fuego, se han agregado al

cuerpo principal unos tubos hervidores que comunican con el mismo. Las calderas de hogar interior tienen su cuerpo atravesado longitudinalmente por una o varias canales (tubos de llama) de gran diámetro, en cuyo interior se hallan los hogares. En las calderas tubulares, estos conductos interiores (tubos de humo) son más numerosos y de menor diámetro: no contienen el hogar, pero permiten el paso de los gases calientes en el seno de la masa de agua de la caldera. En la caldera acuotubular, el cuerpo o depósito principal ha desaparecido y el agua es vaporizada en gran número de tubos delgados que reciben el líquido de un colector por un extremo y comunican con el otro con el colector o depósito de vapor. En las calderas importantes de este tipo (calderas de radiación), el hogar está constituido por una cámara de planta rectangular cuyos muros refractarios se hallan revestidos interiormente por cortinas de agua, o sea por tubos hervidores que protegen los muros contra el intenso calor del hogar y aprovechan el calor radiado por la combustión, además del calor propio de los

gases.

Estas calderas tienen varios órganos auxiliares que aumentan su eficacia:

a) Recalentador de serpentines

Seca el vapor y lo calienta a temperaturas más elevadas que la que tiene al salir de los tubos hervidores y sin aumentar la presión del mismo.

b) Economizador

Para calentar previamente el agua con que se alimenta la caldera.

c) Calentador de Aire

Mejora la combustión, y el rendimiento de la caldera.

Para cada caldera, se especifica oficialmente en kg/cm^2 la presión máxima admisible a partir de la cual existe riesgo de explosión. Esta presión llamada de timbre se especifica en una placa. La ley exige que cuando el vapor alcance la presión de timbre, se abran automáticamente las válvulas de seguridad de que están provistas las calderas.

II.1.2 MANO DE OBRA

Para la fabricación de lona, se necesita un número pequeño de empleados, debido a que el proceso es mecanizado. Por lo tanto, la mano de obra directa se reduce a:

a) 4 tejedores

Cada uno tiene capacidad de manejar 10 telares a la vez. Sus funciones principales son: accionar los telares; vigilar la cantidad de trabajo en los mismos; observar la calidad y continuidad del tejido; alimentar los hilos de trama (cambios de canillas); observar los enjulios para estar alerta al momento en que se necesitan cambios; tomar medidas correctivas cuando se presentan imprevistos tales como hilos que revientan, ajustes de tensión en hilos de trama y/o urdimbre;

b) 2 Mecánicos

Se encargan de dar mantenimiento correctivo y preventivo a toda la maquinaria de la planta.

c) 1 Revisor

Su tarea es la de revisar visualmente el tejido con el fin de reportar las fallas encontradas en cada rollo de lona (si hubiesen) y determinar el yardaje del rollo. Debe anotar los defectos en planillas de inspección para controlar el proceso estadísticamente.

d) 1 Anudador y parafinador

Esta persona se encarga de sobreponer los hilos del nuevo enjullo a la máquina anudadora para que esté lista para cuando se termina el enjullo del telar. Al momento en que se necesita un nuevo enjullo, traslada la máquina y la acciona para anudar los nuevos hilos al tejido. Asimismo, acciona la máquina parafinadora colocando la lona de manera correcta para que la lona se parafine consistentemente y quede perfectamente impermeabilizada. Debe verificar que la sustancia parafinante posea las características adecuadas.

e) 1 Canillero o embobinador

Se encarga de operar la canillera y debe

preparar canillas para los telares para así poder cambiarlas en el momento en que se necesitan.

f) 1 Urdidor y encolador

Se encarga de manejar tanto la máquina urdidora como la encoladora. En la urdidora, debe preparar cuidadosamente los enjulios con la cantidad de hilos de urdimbre necesarios para el tejido. En la encoladora, debe controlar la aplicación del encolante verificando que la máquina tenga suficiente y que sea de buena calidad.

II.1.3 CAPACIDAD DE PRODUCCION

En lo que se refiere a la capacidad de producción con esta maquinaria y mano de obra, tenemos que los telares son quienes marcan el ritmo de producción, ya que aquí es donde se localiza el cuello de botella del proceso. Por tal razón, se han elegido como base para realizar los cálculos de capacidad.

Como se indicó anteriormente, tienen una velocidad de 180 pasadas por minuto y en cada

pasada dejan un hilo en la trama. De acuerdo con la descripción de los productos, tenemos que la lona rústica y la tapacarga tienen una densidad de tejido de 20 hilos por pulgada y la lona de jeans es de 36 hilos por pulgada. Considerando un 75% de eficiencia en el proceso, con jornada de 8 horas de trabajo efectivas de lunes a jueves y 7 horas los viernes, la capacidad para cada producto es la siguiente:

Lona A

180 hilos * 60 Min * 1 Pulg * 1 Yda * 75%

1 Min 1 Hr 36 hilos 36 Pulg

6.25 yds/hora cada telar (30 telares)

Total: 187.5 yds/hr (7.8 hrs/día)(22 días)

Total yardas/mes: 32,175 yardas/mes

Lona B

180 hilos * 60 Min * 1 Pulg * 1 Yda * 75%

1 Min 1 Hr 20 hilos 36 Pulg

En telares angostos:

11.25 yds/hora cada telar (10 telares)

Total: 112.5 yds/hr (7.8 hrs/día)(22 días)

Total/Mes: 19,305 yds/mes

En telares anchos:

11.25 yds/hora (30 telares)(7.8 horas/día)
(22 días)

Total/Mes: 57,915 yds/mes

Lona C

Debido a que el ancho del tejido no afecta en la velocidad, se tiene la misma capacidad que para la lona B, pero solamente en las máquinas anchas.

Total/Mes: 57,915 yds/mes

II.2 DISTRIBUCION DE LA PLANTA

a) Telares

Se dispone de 30 telares con un ancho de trabajo de 70 pulgadas y con medidas de 3 metros de largo por 1.8 metros de ancho; y 10 telares con un ancho de trabajo de 50 pulgadas y con medidas de 2.5 metros de largo por 1.8 metros de ancho, se encuentran distribuidos uno frente al otro, ya que un operador utiliza 10 telares. La separación lateral de los telares es de 0.35 metros y frontalmente 0.75 metros.

b) Encoladora

La máquina mide 17 metros de largo por 4 metros de ancho.

c) Urdidora

Las medidas son de 13 metros de largo por 3.5 metros de ancho.

d) Revisadora

Las medidas son 2.5 metros de largo por 1.5 metros de ancho.

e) Canillera

Las medidas son 3.5 metros de largo por 1.5 metros de ancho.

f) Cuarto de caldera

El cuarto donde se encuentra instalada la caldera mide 3.5 metros de largo por 2.5 metros de ancho.

h) Anudadora

La máquina anudadora mide 2.5 metros de largo por 0.5 metros de ancho.

i) Parafinadora

La máquina parafinadora mide 2.5 metros de ancho por 7 metros de largo.

El área total de la fábrica es de 30 metros de ancho por 31 metros de largo. Cuenta con una bodega de materia prima y una de producto terminado, ambas de 10 metros de ancho por 10 de largo; y, un área de administración y servicios de 11 metros de largo por 8 de ancho. (ver anexo I)

III. REQUERIMIENTOS DE RECURSOS

III.1 MATERIA PRIMA

Básicamente, la materia prima para la elaboración de lona es el hilo y el encolante. De estos elementos, depende gran parte de la calidad del producto final que se va a producir.

a) HILO

- Hilo peinado: se refiere a que tenga grosor uniforme.
- Composición del hilo: 100% algodón, combinación polyéster, etc.
- Teñido: exigir un teñido uniforme.
- Calibre: que el calibre del hilo sea el correcto.

b) ENCOLANTE

Esta es una mezcla de una sustancia aglutinante y harina. Se utiliza para darle mayor resistencia al hilo. Los requerimientos de este compuesto son en relación a su viscosidad. Si el encolante es muy viscoso, hace que el hilo se enrede, que se produzca mucha mota e incluso que se creen nudos. Por el contrario, si el nivel de

viscosidad no es suficiente, el hilo se revienta. La persona encargada de encolantes determina mediante sensibilidad el nivel apropiado de viscosidad. Otro requerimiento importante es respecto a la harina, en el sentido de que no contenga muchos sólidos. Esto también lo controla la misma persona mediante apreciación visual y del tacto.

III.2 MANO DE OBRA

El elemento humano es fundamental dentro de cualquier proceso de producción para obtener resultados óptimos. Es por ello que se considera importante determinar las características fundamentales que se necesitan para llevar a cabo cada operación dentro del proceso productivo; aunque éstas parezcan de menor importancia. Con esto se tiene una mejor posibilidad de seleccionar al elemento adecuado para cada puesto, mediante un análisis enfocado fuertemente hacia los requerimientos necesarios. A continuación, se describen las características que se consideran más importantes y las posibles situaciones en que el proceso productivo necesita de ellas.

Se consideran como requerimientos generales:

a) **Capacidad de trabajar en equipo:** para apoyarse unos a otros con el resto de empleados de la fábrica.

b) **Sentido de responsabilidad:** realizar sus tareas siempre con dedicación y esmero.

a) **TEJEDORES**

- **Agudeza visual:** para parar la máquina al momento justo en que revienta un hilo de urdimbre, identificar el hilo reventado, etc.

- **Conocimiento:** conocer telares de la que se posee en la fábrica, ya que cada marca tiene diferentes características. Esto ayuda a identificar posibles causas cuando el telar falla.

- **Habilidad manual:** pasar los hilos a través de los caballeros y del peine, anudar algún hilo que reviente.

b) MECANICOS

- **Conocimiento:** de la marca de telar que se posee en la fábrica; además, conocimientos básicos de limpieza y lubricación.

- **Organización:** para priorizar sus actividades cuando se necesita de sus servicios en varias estaciones de trabajo al mismo tiempo.

- **Agudeza visual:** para detectar las fallas en el tejido y con base en ello, determinar los posibles problemas mecánicos de la maquinaria que las ocasionan.

- **Responsabilidad:** en lo que respecta a dar mantenimiento preventivo periódicamente a la maquinaria.

- **Hábitos de Lectura:** para interesarse por leer los manuales de la maquinaria y adquirir así conocimientos técnicos del equipo a su cargo.

- **Abierto que va a seguir instrucciones:** esto es importante cuando se presentan problemas poco comunes que no pueden ser resueltos por conocimientos empíricos y se requiere de seguir cuidadosamente las instrucciones de los manuales de la maquinaria. Los puntos en que se requiere de mayor cuidado es en lo referente a circuitos eléctricos.

c) **REVISADORES**

- **Conocimiento:** de las estructuras básicas del tejido para opinar sobre las posibles causas de fallos en los tejidos.

- **Agudeza visual:** para detectar los fallos de los tejidos en la máquina de revisión cuando el tejido está terminado, y en los telares cuando se encuentra en proceso.

- **Organización:** para utilizar su tiempo de manera que además de examinar rollos de tejido terminado en la máquina revisadora, realice rondas periódicamente por el área de

telares, para observar la calidad del proceso de fabricación.

d) ANUDADORES Y PARAFINADORES

- **Conocimiento:** de la manera de operar la máquina anudadora y parafinadora.

- **Habilidad manual:** para manejar los hilos y poderlos anudar con mayor destreza.

- **Agudeza visual:** para controlar que los hilos queden exactamente uno a través de cada ranura del peine y de cada caballero. También para verificar frecuentemente que la lona se parafine consistentemente.

e) CANILLEROS

Esta operación no requiere de conocimientos o características especiales, por lo que puede ser un filtro que permita contratar personal que sea entrenado para otras operaciones.

f) URDIDORES Y ENGOMADORES

- **Habilidad numérica:** conocimientos básicos que le permitan controlar el número de hilos que se va a urdir en cada enjullo de acuerdo con el tejido que se quiere fabricar.

- **Manejo de proporciones:** para manejar las fórmulas de encolado y adaptarlas de acuerdo con la cantidad de tejido que se necesita encolar.

- **Sensibilidad:** para controlar el nivel de humedad del tejido al salir de la cámara de secado, ya que si el mismo sale muy seco, tiende a agrietarse. Verificar que la harina que se va a utilizar para la mezcla de encolante no tenga demasiados sólidos; y por último, debe controlar el nivel de viscosidad del encolante para que el hilo adquiriera una buena resistencia y consistencia.

III.3 MAQUINARIA

En lo que respecta a la maquinaria, se requiere que ésta se encuentre en buenas

condiciones de trabajo para que el flujo de producción se mantenga constante y no se detenga frecuentemente por fallos de la misma. Es importante, además, mantener un stock de repuestos para que en el momento en que se necesiten cambiar partes de alguna maquinaria, se disponga de ellos de inmediato, y evitar así pérdidas de producción indeseables.

Se requiere también poseer los manuales con la descripción, tanto mecánica, como eléctrica de toda la maquinaria de la planta. Esto es con el fin de que si alguna máquina falla y los mecánicos no tengan seguridad de las causas, puedan acudir a los manuales. Lo más importante es la descripción gráfica de los circuitos eléctricos internos, ya que cuando se presenta un fallo de este tipo, es necesario guiarse por los planos de las máquinas para conectar y desconectar los dispositivos de una manera correcta, y con ello evitar cortos circuitos u otros inconvenientes.

IV. DESCRIPCION DEL PAQUETE DE SOFTWARE

El paquete que se va a utilizar se llama Quantitative Systems for Business (Sistemas Cuantitativos para Negocios) Q.S.B. versión 3.0. Tal como su nombre lo indica, este paquete provee sistemas cuantitativos de apoyo para la toma de decisiones a nivel gerencial; permite plantear los diversos problemas que se presentan en una empresa con base en modelos matemáticos susceptibles de ser resueltos por medio de métodos cuantitativos preestablecidos.

IV.1 CONTENIDO DEL PAQUETE

El paquete completo incluye catorce sistemas de decisión incorporados, los cuales son:

a) PROGRAMACION LINEAL

La programación lineal es una herramienta que busca planificar las actividades de tal forma que los recursos sean asignados a las mismas, de una manera óptima.

Este programa resuelve problemas de programación lineal con tantas variables (sin incluir variables artificiales y de holgura) y restricciones como tenga el problema. El tamaño de los problemas que se van a

resolver por este programa depende de la memoria del computador. En este programa, se pueden definir nombres de variables de hasta 4 caracteres. El programa asume los nombres de variables X_1, X_2, \dots, X_n , cuando no se define ninguno en especial. Si se necesita imprimir la salida en pantalla, únicamente se debe oprimir la tecla F8. Es posible también imprimir la solución final y el análisis de sensibilidad. El problema puede ser salvado hacia un diskette y leído posteriormente del mismo. Así mismo, es posible desplegar el problema y modificarlo si es necesario. Existe también la opción de desplegar detalladamente los pasos del método simplex, conforme se resuelve el problema.

b) PROGRAMACION LINEAL ENTERA

El concepto general es el mismo de programación lineal, pero la diferencia radica en que los problemas requieren de soluciones de números enteros. Su aplicación es necesaria cuando un problema busca la solución óptima para variables como: hombres, máquinas, vehículos, etc. Como se puede observar en este tipo de variables, un valor fraccionario no va a tener significado. El solo hecho de redondear la solución óptima no es aplicable, ya que esto puede ocasionar salirse del área de solución.

La exactitud de los diversos algoritmos que se han desarrollado para resolver este tipo de problemas no se puede comparar con la de el Método Simplex, pero permiten llegar a establecer soluciones.

c) PROBLEMA DE TRANSPORTE

Este modelo busca determinar un plan de distribución de productos desde diferentes fuentes hacia un número determinado de destinos. Es decir, que establece la cantidad y la forma óptima de transportar los productos a fin de minimizar los costos totales de transporte.

Para este tipo de modelos, interesa establecer los niveles de oferta y demanda de los productos en las fuentes y destinos respectivamente, así como los costos totales involucrados en el transporte de dichos productos desde las fuentes hacia su destino.

Se define un punto fuente que se encarga de proveer y un punto destino que le corresponde recibir. El tamaño de los problemas que se van a resolver depende de la memoria del computador. Los valores de capacidades o demandas se asumen como enteros, y los valores de costo se asumen como reales. Este programa provee la capacidad de ingresar, salvar y recuperar

problemas, así como de resolver, desplegar e imprimir soluciones.

Después de ingresar un problema, automáticamente lo convierte a un problema de transporte y lo resuelve por el método símplex de transporte. El programa provee varias opciones para encontrar la solución inicial factible. Para problemas pequeños, se tiene la opción de desplegar los pasos de solución. El programa requiere datos de capacidad o demanda en cada punto y los costos de transporte y beneficio entre cada punto. La función F8 permite copiar la salida en pantalla hacia la impresora; F9 regresa al programa principal y F10 termina el programa.

d) PROBLEMA DE ASIGNACION

Este modelo se aplica en el caso en que se tienen varias tareas que se van a realizar y varios recursos (empleados, máquinas, etc.) para llevarlas a cabo. El objetivo es el de asignar de manera única las tareas a los recursos, con el fin de minimizar el costo total. Para resolver el modelo, se debe conocer el costo asociado a cada recurso que va realizar cada actividad.

Este programa resuelve problemas de asignación con tantos objetos y tareas como lo permita la memoria del

computador. Las tareas representan trabajos, mientras que los objetos representan trabajadores. El criterio del problema puede ser maximización o minimización, que depende de los coeficientes de costo y beneficio correspondientes a cada asignación de objetos y tareas. El programa provee un formato fácil para ingresar y modificar datos. Asimismo, el problema puede ser salvado o leído desde un diskette.

Con problemas pequeños de hasta 9 objetos y 9 tareas, se tiene la opción de desplegar todas las iteraciones del método. El programa puede resolver problemas más grandes pero sin desplegar todas las iteraciones. Después de que el problema ha sido resuelto, se puede desplegar e imprimir la solución final.

El sistema permite definir nombres de objetos y tareas de hasta 6 caracteres. Si no se define ningún nombre, se asumen O1, O2, ..., On para los objetos, y T1, T2, ..., Tn para las tareas. La función F8 permite copiar la salida en pantalla hacia impresora, F9 regresa al menú del programa y F10 para salir del sistema.

e) MODELOS DE REDES

Los modelos de redes tienen una diversidad de aplicaciones tales como, diseño de una red de transportación que enlaza puntos proveedores con un destino, con el objeto de minimizar el costo de establecimiento de la misma; determinación de la ruta más corta entre dos puntos conectados por una red de accesos; determinación del flujo máximo que se puede transportar desde varias fuentes hacia un destino en una red de tuberías que conectan varios suplidores, tomando en cuenta las capacidades de las tuberías; etc.

Este programa contiene tres algoritmos conocidos de redes: la ruta mas corta, el flujo máximo, y el árbol de extensión mínima. El programa requiere una red que contenga nodos entrelazados que representen el problema. El algoritmo de la ruta más corta encuentra la ruta más corta desde un nodo inicial hasta cualquier otro nodo en la red; el algoritmo de flujo máximo encuentra el flujo máximo desde un nodo fuente hasta un nodo destino; y el árbol de extensión mínima encuentra la longitud total mínima de las ramas que unen todos los nodos.

El programa permite resolver problemas de redes con tantas ramas y nodos como permita la capacidad de

memoria del computador. Se asume que se tiene una red con todos los nodos numerados secuencialmente empezando desde uno. Los datos pueden ser modificados e ingresados con facilidad. Asimismo, el problema puede ser leído y salvado en un diskette. El ingreso de los datos se realiza rama por rama. Los datos para cada rama incluyen el nodo inicial, el nodo final, y la distancia o el flujo de entrada y salida entre los nodos. Después de que los datos han sido ingresados, se pueden escoger las opciones para resolver el problema y desplegar los resultados. Para obtener una copia de la salida en pantalla, se debe presionar F8; F9 permite regresar al menú del programa y F10 para salir del sistema.

f) CPM

El nombre significa Método de la Ruta Crítica. Es una técnica analítica para la planeación, programación y control de proyectos. La técnica supone que los tiempos de las actividades pueden predecirse con un grado no significativo de incertidumbre; y le confiere igual importancia al tiempo y al costo. El objetivo básico es determinar para cada actividad el tiempo y el costo óptimo, para así poder llevar a cabo el proyecto en el tiempo programado y a un costo mínimo.

El programa analiza proyectos con cientos de actividades. El costo y duración de cada actividad debe ser determinístico y se deben alimentar al programa. Después de haber analizado el proyecto, se puede desplegar la siguiente información: tiempo de inicio más temprano; tiempo de inicio más tardío; tiempo de finalización más temprano y tiempo de finalización más tardío, y el estado crítico y de holgura de cada actividad. Asimismo, se pueden desplegar hasta 10 rutas críticas de la red, si el proyecto tiene múltiples rutas críticas.

El programa permite definir nombres de actividades de hasta 6 caracteres. Si no se especifica ninguna, se asumen los nombres A1, A2, ..., An. Las actividades y los nodos deben ser numeradas secuencialmente empezando desde 1 y siguiendo la relación de precedencia de las actividades.

g) PERT

Su nombre significa Técnica de Revisión y Evaluación el Programa. Esta técnica de análisis tiene tres objetivos principales que son: determinar la probabilidad de cumplir con específicos límites de tiempo; evaluar los efectos que causen cambios en el programa, tales como desplazar recursos de actividades

menos criticas hacia cuellos de botella; identificar actividades que requieren de mayor esfuerzo debido a que tienen probabilidad de convertirse en cuellos de botella.

El programa, al igual que CPM, analiza redes de proyectos con cientos de actividades. A cada actividad se le estiman tres tiempos: tiempo pesimista, tiempo más probable y tiempo optimista.

Después de analizar el proyecto, se puede desplegar: tiempo de inicio más temprano, tiempo de inicio más tardío, tiempo de terminación más temprano, tiempo de terminación más tardío y el estado crítico y de holgura de cada actividad. Si el proyecto tiene múltiples rutas críticas, el programa despliega hasta 10 rutas críticas de la red. Asimismo, se puede realizar análisis de probabilidad.

El programa permite definir nombres de actividades de hasta 6 caracteres. Si no se define ninguna, se asume A1, A2,.....,An. Los nodos se deben numerar secuencialmente empezando desde uno y siguiendo la relación de precedencia de las actividades.

h) PROGRAMACION DINAMICA

Es un método matemático que permite tomar decisiones interrelacionadas de manera que se maximice la efectividad. Básicamente, toma el problema principal y lo divide en subproblemas con menor grado de dificultad a fin de facilitar el análisis del mismo.

El programa contiene tres algoritmos de programación dinámica conocidos:

i) TEORIA DE INVENTARIOS

Este módulo permite evaluar tres problemas clásicos de inventarios: tamaño económico de lote, tamaño económico del lote con análisis de descuento y sistemas estocásticos de período simple.

El modelo de tamaño económico del lote busca determinar el tamaño óptimo del pedido para obtener el menor costo posible. Para trabajar este modelo, se necesitan los siguientes datos: costo de almacenaje de inventario, costo de hacer el pedido, costo por escasez o falta de producto, costo por unidad de inventario, demanda, cantidad de reabastecimiento por período y tiempo de entrega.

El modelo de Análisis de Descuento, además de

calcular el tamaño óptimo del pedido, permite evaluar intervalos de descuento asociados al tamaño del pedido. Para el análisis de descuento adicionalmente a toda la información del modelo de tamaño económico del lote, se requiere una clasificación de los descuentos con las cantidades límites y sus descuentos asociados.

El modelo Estocástico de Período Simple analiza los problemas de inventario en los cuales la demanda para un período es una variable aleatoria que posee una distribución conocida de probabilidad. Se conoce como de período simple porque considera artículos que se van a ordenar una sola vez para satisfacer la demanda del período específico. El problema estocástico de período simple requiere: precio de venta, valor de rescate, costo por unidad y por escasez, y tipo de distribución de la demanda que puede ser normal o discreta.

j) TEORÍA DE COLAS

Los modelos de teoría de colas surgen de las situaciones en que los clientes llegan a la instalación donde se presta un servicio y forman colas para esperar a ser atendidos por un servidor. Como ejemplo se puede tomar: una estación de gasolina, un banco, un restaurante, etc.

En cada situación, se pueden presentar condiciones diferentes. Por ejemplo, pueden tenerse una o varias líneas de espera; uno o varios servidores; los cliente pueden llegar individualmente o en grupo; el servicio se puede prestar individual o en grupo; la estación de servicio puede ser en serie, paralelo o en red; la disciplina o prioridad de servicio puede variar en el sentido de atender Primero al que llegue primero, o de primero al que llegue de último; las líneas de espera pueden ser finitas o infinitas, la población puede ser finita o infinita.

Este módulo permite analizar varios problemas conocidos de colas. Estos son el modelo de un solo servidor con un número finito o infinito de colas, con una población finita o infinita y con varias distribuciones de tiempo de servicio. Asimismo, se pueden analizar varios modelos de servicio. El programa desplegará el análisis utilizando terminología convencional de colas y medidas de eficiencia tales como: tasa de llegadas, tasa de servicio, tasa de utilización, número promedio de clientes en el sistema, número promedio de clientes en la cola, tiempo promedio que un cliente permanece en el sistema, tiempo promedio que un cliente espera en la cola, y probabilidades relacionadas al estado del sistema. Se puede ingresar

un problema desde el teclado o leerlo de un disco o diskette.

El programa permite desplegar, salvar y resolver problemas de colas. Después de resolver el modelo, el resultado será desplegado en pantalla, por medio de F8 se puede copiar hacia impresora.

k) SISTEMA DE SIMULACION DE COLAS

El objetivo de los sistemas de simulación es imitar el comportamiento de un sistema específico con el fin de analizar el funcionamiento del mismo y así poder realizar mejoras o cambios.

La técnica de Monte Carlo se aplica para solucionar problemas de simulación y se basa en la utilización del muestreo para estimar un resultado deseado. El problema se describe mediante una distribución de probabilidad y por medio de número aleatorios se obtienen muestras.

Este programa utiliza la técnica de Monte Carlo para analizar sistemas de colas con hasta 20 servidores y 20 colas, y permite líneas de espera de hasta 100 clientes. El mecanismo de servicio se especifica mediante el tiempo de servicio y la forma de la

distribución. El mecanismo de colas se define por la capacidad de la cola y el tipo de prioridades. El programa permite cinco formas de distribución cuando se definen patrones de servicio y llegada; éstas son: Exponencial, Gamma, Uniforme, Normal y Constante. La regla de prioridad de servicio debe ser PEPS (Primero en Entrar Primero en Salir), UEPS (Ultimo en Entrar Primero en Salir), o al azar. La distribución del tiempo entre llegadas también es especificada por una de las cinco distribuciones.

Los servidores individuales pueden ser idénticos o tener características diferentes. El programa permite observar cambios en el estado del sistema conforme los eventos ocurren. Se pueden desplegar o imprimir estadísticas finales. Se presiona la tecla F8 cuando se quiere imprimir el despliegue en pantalla.

1) TEORIA DE PROBABILIDAD Y DECISION

La teoría de probabilidad y decisión se originó por la investigación de juegos de azar. La probabilidad se puede definir como "el estudio de experimentos aleatorios o libres de determinación".¹ En este tipo de experimentos, existe la incertidumbre

¹./ PROBABILIDAD Serie de compendios Schaum, Seymour Lipschutz, Ph.D. pp 38.

de que un evento ocurra o no, por lo cual se mide únicamente la probabilidad de que suceda.

Este programa provee tres métodos de medición de probabilidad que son: análisis de media y varianza, análisis bayesiano y análisis de árboles de decisión.

Con el análisis de media y varianza, se pueden ingresar hasta un máximo de 100 probabilidades y sucesos y obtenerse como resultado la media y la varianza de la muestra. Con el análisis bayesiano se deben prever las probabilidades primarias del estado natural y las probabilidades condicionales de los sucesos; con esta información el programa puede computar las probabilidades conjuntas, las probabilidades marginales, y las probabilidades posteriores. El análisis de árboles de decisión requiere un árbol con un máximo de 80 ramas. Las ramas y nodos deben ser numeradas secuencialmente desde uno, siguiendo la relación de precedencia de las ramas. Cada rama es especificada por una probabilidad o alternativa. Un nodo es un nodo de probabilidad, nodo de decisión o nodo final.

En cualquier momento que se requiere de una copia del despliegue de pantalla en impresora, únicamente se debe presionar F8.

m) PROCESOS DE MARKOV

Un proceso de Markov es aquel que cumple con la propiedad markoviana, la cual establece que "la probabilidad condicional de cualquier evento futuro, dado cualquier evento pasado y el estado presente, es independiente del evento pasado y depende tan solo del estado presente del proceso"².

Este programa permite encontrar la probabilidad de un sistema en un estado particular en un periodo determinado de tiempo utilizando el modelo de procesos de Markov. La información de entrada al programa incluye el vector de probabilidad de estado inicial y la matriz de probabilidad de transición. El número máximo de estados permitidos en el programa es de 50. Si las probabilidades de estado iniciales son desconocidas, el programa asumirá probabilidades iguales para cada estado. El programa permite definir nombres de estado de hasta 6 caracteres. Si no se define ningún nombre, el programa asume S1,S2,...,Sn. Se puede salvar o leer información hacia o desde un diskette.

El programa permite desplegar cada probabilidad de

²./ INTRODUCCION A LA INVESTIGACION DE OPERACIONES.
Hillier Lieberman. pp. 369.

estado en cada periodo. La probabilidad aproximada de que los estados lleguen a ser estables se muestra cuando las diferencias de todas las probabilidades del mismo estado entre dos periodos consecutivos son menores que $1.0E-6$. Se puede especificar el número de periodos, y el programa se detiene en el último. El número máximo de periodos que permite el programa es 32000.

n) PRONOSTICOS DE SERIES DE TIEMPOS

Los pronósticos nos permiten vaticinar el estado futuro de variables tales como: oferta, demanda, etc. Esto se logra mediante el cómputo de datos históricos correspondientes a series de tiempos definidas.

Este programa permite realizar pronósticos de series de tiempos mediante el uso de los siguientes métodos: promedio simple, promedio móvil con o sin tendencia, regresión lineal, etc. Los datos históricos se deben ingresar desde el teclado o leerse desde un archivo. Dependiendo de la memoria del computador el programa, se pueden manejar 1000 o mas datos históricos. Se pueden agregar datos históricos conforme el tiempo pasa, seleccionando la opción de modificar los datos originales. Se debe salvar la información después de cualquier modificación.

Cuando el programa está realizando el pronóstico, se deben ingresar parámetros que dependen del modelo específico que se haya seleccionado. En algunos modelos, se puede dejar que el sistema busque los mejores parámetros basándose en una medida de rendimiento para algunos modelos.

IV.2 MANUAL DE OPERACION DE QSB

Para los fines de este estudio, se utilizarán únicamente los siguientes sistemas: Programación Lineal, Problema de Asignación y Teoría de Inventarios.

Con el fin de agilizar el manejo de QSB, se debe cargar todo el paquete hacia el disco duro, para que cada vez que se requiera resolver algún sistema, el programa ya se encuentre en el disco.

a) INGRESO AL SISTEMA

Para iniciar una sesión de trabajo con QSB, se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

- a) Encender el computador.
- b) Esperar que el computador cargue el Sistema Operativo desde el disco duro.

- c) Al aparecer el prompt (ejemplo, C:>) indicando que ha terminado de cargar DOS, ingresar las iniciales QSB y presionar la tecla <enter>.
- d) Aquí se desplegará la primera pantalla del paquete. Presionar cualquier tecla para continuar.
- e) Aparece otra pantalla con información referente a derechos reservados del paquete. Presionar cualquier tecla para continuar.
- f) En este momento se despliega el menú principal del programa en el cual están enumeradas las catorce opciones del sistema descritas anteriormente. (ver anexo II)
- g) En este punto, se selecciona el módulo correspondiente al problema que se desea resolver. Por ejemplo, si el problema es de programación lineal, se escoge la opción 1.
- h) Después de elegir un módulo aparece el menú interno de éste (ver anexo III). Todos los módulos poseen las mismas opciones; la única diferencia radica en que los formatos para el

ingreso y despliegue de información son adaptados al tipo de datos que se maneja en cada problema. Por lo tanto tomando como ejemplo el módulo de programación lineal, se tiene:

h.1) OVERVIEW OF LP DECISION SUPPORT SYSTEM.

(Vista general del sistema auxiliar de decisión de Programación Lineal). Esta opción permite desplegar una explicación general acerca de el módulo que se está trabajando; en este caso, Programación Lineal. Al terminar de leer, se debe presionar cualquier tecla para volver al menú de opciones.

h.2) ENTER NEW PROBLEM. (ingresar nuevo problema)

Aquí se ingresan los datos para resolver un nuevo problema y al terminar se regresa nuevamente al menú de opciones.

h.3) READ EXISTING PROBLEM FROM DISK(ETTE). (Leer un problema existente en disco duro o flexible).

En este punto se ingresa el nombre del archivo que posee el problema y se especifica el drive en que está almacenado.

- h.4) SHOW INPUT DATA.** (Mostrar los datos ingresados) (ver anexo IV). En esta opción, se despliegan cuatro nuevas opciones que son:
- h.4.1) DISPLAY THE INPUT DATA** (desplegar la información ingresada). Permite ver en pantalla los datos del problema que se desea resolver.
- h.4.2) PRINT THE INPUT DATA** (imprimir los datos ingresados). Permite emitir una copia impresa de los datos del problema en análisis.
- h.4.3) SEND THE INPUT DATA TO AN ASCII FILE** (grabar los datos ingresados en un archivo ASCII). Permite transcribir los datos ingresados hacia código ASCII que son símbolos universales de computadoras.
- h.4.4) RETURN TO THE FUNCTION MENU** (regresar al menú de funciones). Permite volver al menú anterior.
- h.5) SOLVE PROBLEM** (resolver el problema).
Despliega un menú de opciones para resolver

el problema en estudio dependiendo del módulo que se está utilizando.

h.6) SAVE PROBLEM ON DISK(ETTE) (salvar el problema en un disco duro o flexible). Permite grabar el problema que se está trabajando en una unidad de disco especificada.

h.7) MODIFY PROBLEM (modificar el problema). Despliega una serie de opciones que permiten modificar datos del problema original.

h.8) SHOW FINAL SOLUTION (mostrar solución final). Permite desplegar la solución final del problema.

h.9) RETURN TO THE PROGRAM MENU (regresar al menú principal). Con esta opción, se puede volver al menú principal del programa.

h.10) EXIT FROM QSB (Salir de QSB). Esta opción da por terminada la sesión con el sistema QSB.

IV.3 SISTEMA OPERATIVO (DOS)

Se denomina así al Disco del Sistema Operativo. Las instrucciones de funcionamiento general del computador tales como, manejo de memoria principal RAM (Random Access Memory, Memoria de Acceso al Azar), manejo de dispositivos periféricos: pantalla, impresora, teclado, disco duro y discos flexibles; no vienen incorporadas en el mismo. Dichas instrucciones son cargadas por medio del DOS a la memoria principal RAM. Cuando los programas necesitan del DOS accesan la memoria principal y lo toman de allí.

Existen varias versiones de DOS, tales como: 2.0, 3.0, 3.3, 4.0, 5.0, 6.0. La mínima versión que se necesita para trabajar Q.S.B. es la versión 2.0. DOS posee dos clases de comandos: los llamados internos y los externos.

IV.3.1 COMANDOS INTERNOS

Son aquellos que por su uso frecuente son cargados directamente a la memoria principal (RAM), son los principales:

- a) CLS: limpia la pantalla.

- b) **COPY:** copia archivos de un dispositivo periférico hacia otro.
- c) **DATE:** despliega la fecha que tiene el computador.
- d) **DEL:** borra un archivo específico.
- e) **DIR:** enumera los archivos contenidos en un directorio específico.
- f) **MD:** crea un nuevo directorio en un dispositivo periférico.
- g) **RD:** borra un directorio específico.
- h) **TIME:** despliega la hora que posee el computador.
- i) **TYPE:** despliega en pantalla el contenido de un archivo.
- j) **VER:** despliega en pantalla el número de versión del DOS que se está utilizando.

IV.3.2 COMANDOS EXTERNOS

Son aquellos comandos que no son cargados a la memoria principal RAM, sino que permanecen en el dispositivo periférico que contiene el DOS. Cuando el programa los necesita, éste accesa el dispositivo periférico para cargarlos a la memoria. Entre los principales podemos citar:

- a) **ASSIGN:** asigna una letra de identificación a un drive diferente.
- b) **BACKUP:** copia uno o más archivos de un dispositivo a otro.
- c) **CHKDSK:** revisa la existencia de errores en el disco del drive especificado.
- d) **DISKCOMP:** compara el contenido de dos discos.
- e) **DISKCOPY:** copia el contenido de un disco a otro de la misma capacidad.
- f) **FORMAT:** inicia un disco para que pueda recibir información con el formato DOS.

IV.4 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE

Se necesita un computador personal IBM o IBM compatible, ya sea modelo XT o AT. El modelo XT utiliza un microprocesador modelo 8086 ó 8088, y es más recomendable utilizar versiones de DOS desde 2.0 hasta 5.0. Los modelos AT pueden utilizar microprocesadores modelo 80286, 80386, 80486, y se recomienda utilizar como mínimo un DOS 4.0, hasta el 6.0.

Se recomienda como mínimo que el computador posea 512 K de memoria principal, un disco duro de 20 MB y una unidad de disco flexible. No existen

requerimientos especiales en lo que respecta a la impresora que se utilizará; únicamente debe ser compatible con el computador personal.

V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LONA

V.1. SIMBOLOGÍA

- a) **Círculo:** denota "*operación*"; el trabajo realizado para manufacturar el producto.
- b) **Cuadro:** denota "*inspección*"; todas las actividades desarrolladas para verificar que el producto satisface los requerimientos mecánicos, de tamaño y de operación.
- c) **Triángulo invertido:** denota "*almacenaje*"; es un intervalo durante el cual el producto o alguna de sus partes descansa.
- d) **Medio círculo vertical:** denota "*demora*"; cualquier situación que cause una espera en el proceso.

V.2. DIAGRAMA DE FLUJO

Representa el flujo en todo el proceso de producción. Cada movimiento del producto a lo largo del proceso de conversión es representado por los símbolos descritos anteriormente. Estos diagramas permiten detectar demoras o movimientos innecesarios del producto, y duplicaciones de esfuerzo con cuya eliminación se mejoraría la eficiencia.

V.3. DIAGRAMA DE OPERACIONES

Es utilizado para diagramar únicamente las operaciones e inspecciones involucradas en el proceso en estudio. Su finalidad es analizar la secuencia de las mismas.

V.4. DIAGRAMA DE RECORRIDO

Muestra el movimiento del producto dentro de la planta mediante un plano a escala de la fábrica en donde se indica la secuencia de operaciones del producto. Este diagrama permite detectar transportes innecesarios debidos a mala distribución del flujo del proceso de conversión.

Ver diagramas de recorrido, flujo y operaciones para los productos A, B y C en anexo V.

VI. ESTIMACION DE LA DEMANDA Y OFERTA DE LONA

VI.1 DEMANDA

VI.1.1 CONCEPTO

La demanda puede considerarse como: "el número de unidades de un determinado bien o servicio que los consumidores están dispuestos adquirir durante un período determinado de tiempo y según determinadas condiciones de precio, calidad, ingresos, gustos, etcétera." ^{3/}

VI.1.2 DEMANDA HISTORICA

En este caso, el comportamiento de la demanda es igual para cada uno de los productos que se fabrican en la empresa. En este sentido, históricamente cada uno de los productos ha tenido un comportamiento estacional, pero las temporadas en las que se marcan los valores más altos y más bajos de demanda son diferentes:

^{3/} Sapag N. y Sapag R. Fundamentos de preparación y evaluación de proyectos. Colombia: Edit. McGraw Hill, 1,988.

- a) La lona tipo A debido a que básicamente se utiliza para la fabricación de prendas de vestir, tiende a incrementar el valor de la demanda en los meses de agosto a noviembre ya que se aproxima la época navideña. Los demás meses normalmente presenta un comportamiento estable. Esta lona es adquirida como materia prima, por lo cual se debe producir antes de la época en que se venden las prendas.
- b) La lona tipo B es la que se utiliza para la fabricación de muebles para el hogar, por lo que la temporada alta la presenta en los meses de febrero a abril por la preparación del Día de la Madre. Al igual que la lona tipo A, esta lona representa una materia prima.
- c) La lona tipo C es la conocida como "lona tapacarga", utilizada para proteger la carga que transportan camiones. Esta lona tiene su temporada alta en los meses de Mayo a Octubre por ser la época lluviosa. Esta lona normalmente se vende directamente al consumidor final.

VI.1.2 DEMANDA ACTUAL

Se refiere al comportamiento de la demanda en el período actual de tiempo. En este sentido, la cantidad demandada se ha incrementado pero siempre guardando el mismo comportamiento estacional. Esto se aplica a los tres productos.

VI.1.3 APLICACION DEL PRONOSTICO DE DEMANDA

Para tener un proceso productivo eficiente, es necesario que la empresa sepa ¿cuándo? en ¿qué cantidad? y ¿a qué precio?, debe producir. Al pronosticar la demanda conjuntamente se puede determinar la capacidad a largo plazo de las instalaciones; determinar las fluctuaciones de la demanda a corto plazo con el fin de planificar la producción, los materiales y la mano de obra; asimismo, determinar si es necesario introducir un nuevo producto para mejorar los ingresos.

Para determinar el método apropiado, se deben evaluar varios factores tales como:

- Los datos disponibles de demanda histórica: si se poseen datos, se pueden aplicar métodos estadísticos; de lo contrario, se necesitan técnicas no cuantitativas.
- Dinero y tiempo disponible: la gerencia busca el método que minimice los costos totales, lo cual incluye básicamente dos rubros: a) el costo de obtener un pronóstico inexacto, el cual incluye pérdidas por producir artículos de más o de menos, por adquirir recursos de manera escasa o excesiva y por perder la buena voluntad del cliente al no obtener el artículo que solicita; y b) el costo de realizar el pronóstico. Debido a que es muy difícil establecer ciertos costos, no siempre se logra elegir el mejor método. Actualmente existen varios paquetes computacionales que permiten reducir apreciablemente los costos y el tiempo de realizar un pronóstico estadístico.
- La precisión requerida: generalmente los pronósticos a largo plazo no deben ser tan exáctos, ya que se utilizan para

una planificación general, mientras que los de corto plazo, buscan la máxima exactitud porque con base en ellos se determina la cantidad de recursos como mano de obra, equipo y materiales necesarios para un período. A continuación, se describen dos técnicas de pronósticos:

a) **Técnicas cualitativas:** se utilizan en los casos en que no se poseen datos históricos tales como: en la introducción de un nuevo producto o servicio y para pronósticos a largo plazo. Para la aplicación de estas técnicas, se utiliza la opinión de expertos que incluye el uso de técnicas tales como el método **Delphi** y el **Análisis del ciclo de vida del producto**, investigación del comportamiento del consumidor respecto al producto, análisis de datos históricos de productos similares, y otros.

b) **Análisis por tiempos:** para ello se toma como base una variable y se mide su valor en intervalos sucesivos de tiempo obteniendo con

ello una serie de periodos. Esta técnica supone que el comportamiento anterior de las series en el tiempo ayuda a pronosticar el comportamiento futuro. Para aplicar esta técnica, se deben tener datos históricos y además los siguientes elementos:

- a) **La tendencia:** este valor indica la dirección que a la larga toma la serie. Las tendencias más comunes son: curva horizontal que indica nivel constante; línea recta que indica un cambio constante; curva más o menos exponencial que indica cambio constante en porcentaje, es decir, que el cambio de la demanda dependerá del valor actual de la misma; y, una curva en forma de "S" alargada que se adapta a productos nuevos en los que se inicia con un periodo lento, luego uno de rápida aceptación y por último, uno de disminución del ritmo cuando el mercado se satura.
- b) **Variaciones por temporada:** éstas se refieren a cambios temporales que pueden ser debidos al clima, o a circunstancias controladas por el hombre. Tal es el

caso de los productos de lona, que obedecen a temporadas relacionadas con celebraciones, lo cual es controlado por el hombre.

- c) **El ciclo:** esto se logra determinar sólo en series de varios períodos y se puede definir como una oscilación de larga duración respecto a la curva de tendencia.
- d) **Variación al azar:** son fluctuaciones que se producen sin seguir un patrón definido por lo que no entran en los modelos de pronósticos.

Entre los modelos de análisis por tiempos, se pueden considerar:

- a) **Promedios Variables:** este método genera el pronóstico del período siguiente mediante el promedio de la demanda real de los últimos N períodos anteriores.
- b) **Igualación exponencial:** se utiliza un menor volumen de datos históricos y mediante la elección de una constante " α " ($0 < \alpha < 1$), se pondera la importancia

de la demanda actual respecto al pronóstico del período anterior. La ecuación es: pronóstico de nueva demanda = α (demanda actual) + $(1-\alpha)$ (Pronóstico de demanda anterior). Mientras mayor es el valor de α , mayor es la importancia que se le da a la demanda actual y produce un pronóstico que responde rápidamente ante las fluctuaciones de la demanda o sea los cambios ocurridos en los datos. Cuando los datos tienen baja variabilidad, se utilizan valores altos de α .

VI.2 OFERTA

VI.2.1 CONCEPTO

Se refiere al "número de unidades de un determinado bien o servicio que los vendedores están dispuestos a vender a determinados precios." Obviamente, el comportamiento de los oferentes es distinto al de los compradores. Un alto precio les significa un incentivo que va a producir y vender más de ese bien. A mayor incremento

en el precio, mayor será la cantidad ofrecida." 4/

VI.2.2 OFERTA HISTORICA

Se refiere al comportamiento de la oferta durante una serie de periodos inmediatos anteriores al actual.

VI.2.3 OFERTA ACTUAL

Se refiere al comportamiento de la oferta en el periodo actual de tiempo en el cual se quiere hacer el análisis para pronosticar los periodos subsiguientes.

VI.3.3 APLICACION DEL PRONOSTICO DE OFERTA

Para poder determinar si la cantidad de producto que produce la empresa es apropiada para las condiciones del mercado, es importante establecer un pronóstico de oferta para poder estimar la cantidad total de producto que se espera exista en el mercado

4./ Sapag N. y Sapag R., Fundamentos de preparación y evaluación de proyectos. Colombia: Edit. McGraw Hill, 1,988

para un período específico. Aquí se incluyen todas las estadísticas de oferta de las demás empresas que se dedican a la fabricación y/o comercialización del mismo producto. El precio es un aspecto que se determina por el nivel de oferta y demanda en el mercado; así, si la oferta es muy grande respecto a la demanda, el precio baja y si la oferta es mucho menor que la demanda, el precio sube considerablemente. Se espera que la demanda sea mayor a la oferta para así poder producir con la seguridad de que el producto va a ser consumido. En este sentido, si se pronostica que la oferta va a ser mayor que la demanda, significaría que habría una saturación del mercado y en ese caso, sería más aconsejable producir algo diferente para tener mayor oportunidad de mercado.

Para este estudio, es necesario, también, tener un banco de datos históricos y actuales para poder aplicar un método de pronóstico adecuado como los descritos anteriormente.

VII IMPLEMENTACION DE METODOS CUANTITATIVOS PARA OPTIMIZAR EL MANEJO DE LOS RECURSOS Y LA PRODUCCION DE LONA

VII.1 PROGRAMACION LINEAL

VII.1.1 BASES TEORICAS

Día con día, el hombre ha ido necesitando herramientas para poder resolver problemas en la industria y otras áreas. Es así como se han desarrollado técnicas que ayudan a obtener soluciones mediante patrones ya establecidos, es decir, que se detectan aspectos que son comunes a un grupo de problemas y mediante esto se procede a desarrollar modelos matemáticos genéricos que pueden ser adaptables a diversas situaciones, con el fin de resolver problemas.

Es así como la programación lineal tomó como base para su desarrollo el hecho de que en toda situación va a existir la necesidad de utilizar recursos para realizar actividades tomando en cuenta que los recursos normalmente son escasos y las actividades competitivas. Con todo esto, la programación lineal busca planificar las actividades de tal forma que los recursos sean asignados a las mismas, de una manera óptima.

Todo esto conlleva a obtener un ahorro, ya que se limita el desperdicio de recursos y se logra cumplir con las actividades necesarias, ya que se logra el objetivo propuesto mediante la toma de la mejor alternativa de solución.

Modelo matemático

La forma estándar del problema de programación lineal es la siguiente:

$$\text{Maximizar } Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots$$

Sujeto a las restricciones:

$$A_{11} X_1 + A_{12} X_2 + \dots + A_{1N} X_N \leq B_1$$

$$A_{21} X_1 + A_{22} X_2 + \dots + A_{2N} X_N \leq B_2$$

$$\dots$$

$$A_{M1} X_1 + A_{M2} X_2 + \dots + A_{MN} X_N \leq B_M$$

$$X_1, X_2, \dots, X_N \geq 0$$

Sin embargo, el modelo puede adoptar otras formas tales como: minimización, restricciones del tipo \geq ó $=$; incluso puede darse el caso de eliminar la restricción de no-negatividad para alguna variable de decisión, y se le da el nombre de variable irrestricta en signo. En estos casos, únicamente debe reescribirse el modelo de manera que se ajuste a la forma estándar.

La terminología se refiere a lo siguiente:

Función Objetivo

Es el planteamiento de nuestro problema en términos de una función matemática, la cual busca su maximización o minimización, que depende del tipo de variables que se estén analizando, por ejemplo: costos, utilidades, etcétera.

Restricciones

Son las inecuaciones a que se encuentra sujeta la función objetivo, las cuales denotan las limitaciones de los recursos con que contamos en el problema analizado. Por ejemplo, podemos mencionar como restricciones comunes: el tiempo de utilización de la maquinaria, equipo y personal; la capacidad de producción de los mismos; la existencia de materia prima, etc.

Restricciones de No-Negatividad

Son las que representan la existencia de todos los recursos necesarios por lo que no puede ser negativo.

Variables de decisión

Son las variables X_i que representan los recursos.

Parámetros del Modelo

Son las constantes A_{ij} , B_i , C_j .

Solución

Aquí tenemos una particularidad, ya que se tienen varias soluciones factibles pero una sola solución óptima. Las factibles son aquellas que permiten

resolver el problema, pero la óptima es la que otorga el mejor valor a la función objetivo.

METODOS DE SOLUCION

Método Gráfico

Este modelo es aplicable sólo para problemas de dos variables, pero permite obtener lineamientos generales para interpretación de problemas con mayor cantidad de variables.

Método Simplex

Es un método basado en el método gráfico, pero que permite resolver a través de un proceso iterativo que va evaluando los puntos factibles del espacio de solución uno a uno hasta llegar al óptimo. El algoritmo inicia en el origen, lo cual se conoce como solución inicial, luego se toma un punto extremo adyacente que mejore la función; es decir, que dé un valor mayor si es maximización o que dé uno menor, si es minimización. Cuando se obtiene el punto óptimo, se detiene habiendo encontrado la solución.

VII.1.2 APLICACION

En la empresa XXX dedicada a la fabricación de lona, se producen tres tipos de la misma, y son éstos: lona tipo A, tipo B y tipo C. La utilidad por yarda

que deja cada producto es de Q.7.50, Q.9.25 y Q.10.5 respectivamente. Asimismo la velocidad de producción de los telares es de 0.16 horas por cada yarda tipo A, 0.09 horas por yarda tipo B y 0.05 horas por yarda tipo C. Se tienen 10 telares en los que se puede fabricar únicamente la lona tipo B, y 30 que pueden hacer cualquiera de los tres tipos. Existe una demanda mínima mensual que se va a satisfacer en cada producto, que es de 6,600 yardas de lona tipo A, 16,500 yardas de lona tipo B y 22,000 yardas de lona tipo C. Se busca encontrar la cantidad óptima que se producirá de cada producto para obtener la máxima utilidad.

VII.1.3 SOLUCION

El planteamiento del problema convirtiendo los datos a yardas/hora sería el siguiente:

$$\text{Maximizar } Z_0 = 7.5X_1 + 9.25(X_2 + X_3) + 10.5X_4$$

Sujeto A:

$$0.16X_1 + 0.09X_2 + 0.05X_4 \leq 234$$

$$+ 0.09X_3 \leq 78$$

$$X_1 \geq 38.47$$

$$X_2 + X_3 \geq 96.15$$

$$X_4 \geq 128.21$$

$$X_1, X_2, X_3, X_4 \geq 0.0$$

Donde:

- X_1 : Lona tipo A
- X_2 : Lona tipo B producida en máquinas anchas
- X_3 : Lona tipo B producida en máquinas angostas
- X_4 : Lona tipo C

Aplicando el paquete QSB, debemos ingresar al módulo de Programación Lineal y se desplegará la pantalla con el menú principal del módulo. En el menú, se debe escoger la opción (2) que corresponde al ingreso de un nuevo problema. A continuación, el programa pide el ingreso del nombre que se le dará al problema de un máximo de 20 caracteres. Luego aparece otra pantalla con información de reglas del programa y se deben contestar las siguientes preguntas:

- a) ¿Desea maximizar (1) o minimizar (2)? En este caso, se desea maximizar por lo que se ingresa <1>.
- b) ¿Cuántas variables hay en su problema?. El problema tiene 4 variables, se ingresa <4>.
- c) ¿Cuántas restricciones hay en su problema?. Se tienen 5 restricciones, se ingresa <5>.
- d) ¿Cuántas restricciones ">=" hay en su problema?. El problema tiene 3, por lo tanto se ingresa <3>.
- e) ¿Desea usar los nombres de variables del sistema?. Si se quieren utilizar nombres especiales se ingresa <N>; en este ejemplo, se usarán las del sistema se ingresa <S>.

Si todos los datos están correctos se presiona la barra espaciadora dos veces. A continuación, aparece la pantalla para ingresar los coeficientes de la función objetivo y de las restricciones. El modelo aparece ya con símbolos " \leq " pero si la restricción es " \geq " se puede cambiar, tal como muestran las restricciones finales. Cuando toda la información está completa, se presiona la barra espaciadora.

Luego aparece el menú principal del módulo y se escoge la opción (5) para resolver el problema. Dentro de esta opción, se despliega un menú de opciones de solución; para ver la secuencia del problema, se escoge el número (4) que muestra todas las iteraciones, se presiona la barra espaciadora luego de cada iteración para llegar al final. Cuando encuentra la solución óptima, emite un mensaje y se detiene, al presionar cualquier tecla despliega un menú de opciones para mostrar la solución final. En este menú, se escoge el inciso (3) para ver en pantalla la solución final del problema y emitir una copia impresa.

Como se puede apreciar en el reporte de solución, la cantidad óptima que se va a producir de cada producto para lograr una máxima utilidad es de:

Producto A: $39 \text{ yds/día}(22 \text{ días/mes}) = 858 \text{ yardas/mes}$

Producto B: $2303.11 \text{ yds/día}(22 \text{ días/mes}) = 50,668.42$

yds/mes en las máquinas anchas, y

$866.67 \text{ yds/día}(22 \text{ días/mes}) = 19,066.74$

yds/ mes en las máquinas angostas.

Total: $69,735.16 \text{ yardas/mes}$

Producto C: $128 \text{ yds/día}(22 \text{ días/mes}) = 2816 \text{ yardas/mes}$

Utilidad: $Q.30956.94 \text{ por día } (22 \text{ días}) = 681,052.68 \text{ Q/mes}$

VII.2 ASIGNACION

VII.2.1 BASES TEORICAS

El problema de asignación consiste en asignar recursos a actividades, que tienen un costo asociado al recurso, por lo cual el objetivo es encontrar la asignación que incurra en el menor costo.

VII.2.2 APLICACION

En la empresa, se producen tres tipos de lona: A, B y C y se tienen 30 máquinas con área de trabajo 62 pulgadas capaces de producir de los tres productos y 10 máquinas con área de trabajo de 48 pulgadas que pueden fabricar únicamente la lona B. Las utilidades por yarda de cada producto son: Q.7.50, Q.9.25 y Q10.00

respectivamente; los tiempos de fabricación por yarda en horas son de: 0.16, 0.09 y 0.09 respectivamente. Debido a que se tienen tres productos y dos tipos de máquinas, se puede dividir el grupo de máquinas anchas en dos para tener una matriz cuadrada. Por los datos que se tienen el problema, se podrían plantear de dos formas:

- 1) **Maximizar:** se toman los datos de utilidades por lo que se maximizarían las utilidades a percibir.
- 2) **Minimizar:** se toman los datos de tiempos porque se minimizarían los costos de fabricación al momento de aminorar los tiempos.

De entre los dos criterios, se tomará el número (1) por lo que el planteamiento del problema es:

TAREAS	MÁQUINAS		
	M1	M2	M3
A	7.5	9.25	10.5
B	7.5	9.25	10.5
C	X	9.25	X

Donde:

M1: Grupo 1 de máquinas anchas

M2: Grupo 2 de máquinas anchas

M3: Máquinas angostas

A,B,C: Son los tres tipos de lona

Los valores numéricos son utilidades y las X

significan que la máquina no puede realizar la tarea.

VII.2.3 SOLUCION

Aplicando el paquete de QSB, inicialmente se debe ingresar al módulo de Asignación donde se despliega el menú principal del módulo. Aquí se debe escoger la opción (2) que permite ingresar un nuevo problema. Inmediatamente el programa pide el nombre del problema de un máximo de 20 caracteres. A continuación, se despliega una pantalla con información en donde se deben contestar las siguientes preguntas:

- 1) Desea Maximizar (1) o Minimizar (2)?. En este caso, se ingresa <1>.
- 2) ¿Cuántos objetos hay en su problema?. Se ingresa <3> porque se dividió un grupo de máquinas en dos.
- 3) ¿Cuántas tareas hay en su problema?. Tenemos tres tipos de lona por lo que se ingresa <3>.
- 4) ¿Desea utilizar los nombres del sistema?. Si no se tiene ningún nombre en especial, se ingresa <Y>.

Si se han contestado todas las preguntas, se presiona la barra espaciadora y se pasa a la pantalla para ingresar los valores de la matriz. En el caso de las X, se debe asignar un valor bastante alto +/- ó un

valor $+M/-M$; esto es para hacer imposible la asignación. En este caso en que se está maximizando, se ingresa $-M$. Cuando se han ingresado todos los datos, se presiona la barra espaciadora y se obtiene nuevamente el menú principal del módulo. Esta vez, se escoge la opción <5> para pasar a resolver el problema. Aquí se obtiene otro menú pero con opciones de solución; la opción <2> permite ver todas las iteraciones del problema. A continuación, se despliega el tablero inicial y luego todos los tableros intermedios hasta llegar al tablero final cuando el programa ha encontrado la solución óptima. En ese momento, se despliega un menú de opciones para ver o almacenar la solución. Se escoge <2> para obtener la solución impresa.

El reporte muestra que lo más recomendable es realizar en las máquinas anchas las lonas tipo A y C y en las máquinas angostas la lona tipo B, con una utilidad de Q.27.25 por yarda.

VII.3 SISTEMAS DE INVENTARIOS

VII.3.1 BASES TEORICAS

Debido a que los inventarios representan capital

ocioso, se debe presentar especial cuidado en aquellos artículos que aumentan el costo del capital. Es así como la teoría ABC busca hacer esta diferenciación entre artículos. Para ello, tomando como referencia un año, se debe graficar el porcentaje de artículos del inventario total contra el valor monetario total de los mismos. Al clasificarlos, se tiene que los artículos tipo A son los que contribuyen al 80% del valor monetario acumulado y normalmente constituyen el 20% de todos los artículos. Los clase B son de valores monetarios entre el 80% y el 95% y comprenden cerca del 25% de los artículos, y por último los tipo C son los restantes.

El control de inventarios de artículos tipo A es bastante riguroso y los pedidos son pequeños en contraste con los tipo C que normalmente no requieren de mayor control y los pedidos son grandes.

Modelos de Inventarios

Son herramientas que nos permiten responder a las interrogantes de ¿cuándo? y ¿cuánto?, debe pedirse. La interrogante de ¿cuándo? se satisface con la cantidad óptima que se va a pedir, la cual puede ser variable con la temporada. La respuesta de ¿cuándo?, debe hacerse el pedido depende del sistema de inventario; es decir, si se realizan revisiones periódicas en

intervalos constantes de tiempo; el pedido se realiza normalmente al inicio de cada período; sin embargo, si se necesitan revisiones continuas, el nivel de inventario va a indicar la necesidad de un nuevo pedido.

Costos Involucrados

a) Costo de hacer un pedido

Este involucra el precio que se paga por el artículo, el cual algunas veces es variable de acuerdo con la cantidad ordenada, más un costo de preparación que incluye el costo administrativo de realizar el pedido. La función matemática puede representarse como: $C(z) = K + C \times Z$, donde $K > 0$ si y solo si $Z > 0$. K representa el costo de preparación y C el costo del artículo. Nótese que si tuviéramos un costo variable de acuerdo a la cantidad ordenada, es decir, si tuviéramos un descuento, nuestra constante C sería variable entre intervalos específicos de Z .

b) Costo de almacenaje

Este representa el costo de almacenar los artículos dentro de las bodegas, lo cual incluye el costo de capital invertido, seguro sobre los artículos, manejo de materiales, depreciación, mantenimiento y almacenaje.

c) Costo de escasez

Este se presenta cuando la demanda del artículo es mayor que la existencia disponible, lo cual ocasiona pérdida en el ingreso y en algunos casos pérdida de la buena disposición del cliente.

d) Costo de salvamento

Se refiere a la existencia de artículos rezagados al término del período de inventarios y se tiene un costo asociado a la enajenación de los artículos. Este concepto se relaciona con una sobreexistencia de productos almacenados respecto de la demanda, por lo que pueden ser unificados con los costos de almacenamiento.

e) Tasa de descuento:

Este es un factor importante que se debe tomar en cuenta, ya que se refiere al valor del dinero respecto al tiempo.

f) Costo de inventario total:

$$C.I.T. = C.H.P. + C.A. + C.E. + C.S.$$

Las técnicas cuantitativas de inventarios para determinar la cantidad óptima de pedido y el momento óptimo de hacerlo, buscan minimizar los costos manteniendo un nivel de inventario óptimo.

VII.3.2 APLICACION

En la Fábrica, se producen tres tipos de lona, las cuales utilizan la siguiente materia prima:

Lona A:

Hilo calibre 8/1 teñido para urdimbre:

Hilos por Pulgada: 72. Ancho de lona: 62 pulg.

Peso de hilo: 0.07 gr/yda. Encogimiento: 5%.

Costo por cono: Q.18.00.

Hilo calibre 8/1 crudo para trama:

Hilos por Pulgada: 36. Ancho de lona: 62 pulg.

Peso de hilo: 0.08 gr/yda. Encogimiento 20%.

Costo por cono: Q.14.52.

Lona B Y C:

Hilo calibre 16/4 crudo:

Hilos por Pulgada: 20 en trama y 48 en urdimbre.

Ancho de lona: 48" la lona tipo B y 60" la C.

Peso de hilo: 0.15 gr/yda.

Encogimiento: 7% en trama y 10% en urdimbre.

Costo por cono: Q.18.00.

El costo de hacer un pedido se estima así:

Orden de bodega y de compra: Q. 0.25

Manejo interno y llamadas telefónicas: Q.5.20

Total: Q.5.45 por pedido.

El costo de almacenaje es:

Costo por metro cuadrado: Q.30.00

25 conos 8/1 ocupan 1 metro cuadrado

16 conos 16/4 ocupan 1 metro cuadrado

Cada cono pesa 2 kilos

Respecto a la demanda, en este caso tomamos los datos obtenidos del método SIMPLEX porque identifican la demanda que la empresa va a tener de la materia prima especifica:

Lona A: 858 yds/mes aprox. 900 yds/mes

Lona B: 69,735.16 yds/mes aprox. 70,000 yds/mes

Lona C: 2,816 yds/mes. aprox. 3,000 yds/mes

El proveedor de hilo abastece la cantidad que sea necesaria, y el tiempo de entrega de un pedido es de dos semanas.

VII.3.3 SOLUCION

HILO 8/1 CRUDO

Demanda para tejer trama de lona tipo A:

36 Hi * 36 pulg * 62 pulg * 1 yda = 2232 yds-hilo

1 pulg 36 pulg

(2232 yd-hi)(0.07 gr/yda)(1 kilo/1000 grs)/(0.95)

Total: 0.16 kilos/yda(900 yds/mes) = 147 kilos/mes

Total anual: 1,764 kilos

HILO 8/1 TENIDO

Demanda para tejer urdimbre de lona tipo A:

72 Hi * 36 pulg * 62 pulg * 1 yda = 4464 yds-hilo

1 pulg 36 pulg

2.22 yds, aprox 3 yds de lona A

Precio por yarda = Q. 17.95

Total (3)(17.95) = Q. 53.85

HILO 16/4 CRUDO

0.68 kilos-hilo ----- 1 yda-lona

1.00 kilos-hilo ----- X

1.47 yds, aprox 2 yds de lona C

Precio por yarda = Q. 26.92

Total: (2)(Q26.92) = Q.53.84

0.55 kilos-hilo ----- 1 yda-lona

1.00 kilos-hilo ----- X

1.82 yds, aprox 2 yds de lona B

Precio por yarda = Q.19.93

Total: (2)(Q.19.93) = Q.39.86

Con todos los datos, se procede a ingresar al módulo de Teoría de inventarios. Inicialmente se despliega el menú principal del módulo donde se elige la opción (2) para ingresar un nuevo problema. Luego se ingresa el nombre del problema con un máximo de 20 caracteres y se especifica la unidad de tiempo que se va a trabajar que puede ser en días, semanas, meses o años; para este ejemplo, se toma la unidad anual. A continuación, se despliega la pantalla para elegir el método que se va a utilizar. En este caso, se elige la opción (1) que corresponde al tamaño económico del la orden (EOQ).

Tomando como basea para mostrar la secuencia del programa el hilo crudo calibre 8/1 se procede a ingresar los siguientes datos:

Demanda por año: <1764 >

Costo de realización de una orden: <5.45 >

Costo de almacenaje por unidad por año: <7.20 >

Costo de escasez por unidad por año: < >

Se queda en blanco porque el programa asume infinito y en este caso se considera que es una cantidad muy grande dado el hecho de no percibir la utilidad por el producto escaso y el hecho de perder clientes que consumen no sólo ése, sino otros productos.

Costo de escasez por unidad independiente de tiempo
<125.65>

Reabastecimiento o producción anual < >

Se deja en blanco porque el programa asume infinito y en este caso el proveedor nos puede abastecer la cantidad necesaria.

Tiempo de entrega de nueva orden en años <0.04 >

Costo unitario sin descuento <14.52>

Si todos los datos están completos, se presiona la barra espaciadora y se pasa a la siguiente pantalla que contiene un menú de solución. Como el ejemplo es del tipo EOQ, se puede elegir la opción (1) para desplegar los datos calculados; y la opción (2) para observar las curvas de costos de inventario que incluye: costo de

almacenamiento, costo de realizar una orden, costo de escasez y costo total. Eligiendo la opción (1), se observan los datos ingresados originalmente y la solución recomendada.

Para el hilo crudo 8/1 se obtiene lo siguiente:

El EOQ es de 51.68 kilos, es decir 52 kilos por orden.

Se recomienda un inventario de existencia máximo igual a 51.68 kilos, aproximadamente 52 kilos.

El intervalo de pedidos es de 0.029 años, es decir, cada 10 días.

El punto de reorden es cuando el nivel de inventario se encuentra en 18.89 kilos, aproximadamente 19 kilos.

El costo de ordenamiento es de Q 186.037

El costo de almacenamiento es de Q.186.037

El costo de escasez es igual a cero.

El costo de materiales por año es de Q.25,613.281

El costo total es de Q.25,985.356

Respecto al hilo teñido calibre 8/1, se obtiene:

EOQ = 85.78 kilos aproximadamente 86 kilos

Nivel máximo de inventario = 86 kilos

Intervalo de pedidos = 0.018 años = cada 7 días

Nivel de reorden: 22.85 kilos, aproximadamente 23.

Costo de ordenar: Q. 308.79
Costo de almacenamiento: Q. 308.79
Costo de escasez: 0.00
Costo anual de materiales: Q. 87,480.00
Costo anual total: Q. 88,097.59

Para el hilo crudo calibre 16/4

EOQ: 705.87 kilos
Inventario máximo: 705.87 kilos
Intervalo de pedidos: 0.001 años
Punto de reorden: 689 kilos
Costo de ordenamiento: Q.3811.69
Costo de almacenamiento: Q.3811.69
Costo de escasez: Q.0.00
Costo anual de materiales: Q. 8,886,240.00
Costo anual total: Q. 8,893,863.00

VII.4 CONTROL ESTADISTICO DEL PROCESO

VII.4.1 BASES TEORICAS

Debido a la precisión que se persigue en la actualidad, en lo que respecta a manufactura de productos y partes, se ha creado la necesidad de mantener un registro de mediciones y revisión de especificaciones. Debido a ello, se acrecienta la

necesidad de utilizar a la estadística como una herramienta para controlar las variantes dentro del proceso productivo. Los métodos estadísticos en la industria vienen a ser una transición entre la estadística pura y las realidades prácticas en situaciones industriales.

En lo que respecta a la elección del programa de control de calidad dentro de una planta, se debe tomar en cuenta no sólo la precisión estadística del mismo, sino también la facilidad de implementación, ya que generalmente los obreros de una planta no poseen índices altos de comprensión matemática.

El punto de vista estadístico dentro del pensamiento industrial se concreta en que "la variación en la calidad de un producto" se debe estudiar constantemente:

- Dentro de los lotes de productos.
- Sobre los equipos para el proceso.
- Entre diferentes lotes para un mismo artículo.
- Sobre características críticas de calidad y sus estándares.
- Sobre fabricación piloto en artículos de nuevo diseño.

Las herramientas estadísticas más generales que se aplican en los sistemas de control de calidad son:

- La distribución de frecuencias.
- Las gráficas de control.
- Las tablas para el muestreo.
- Los métodos estadísticos especiales.
- La predicción de confiabilidad.

VII.4.2 APLICACION

VII.4.2.1 ANTES DEL PROCESO

Se considera un control de calidad antes del proceso que consiste exclusivamente en el hilo y el encolante, mediante las especificaciones de calidad aceptables, descritas en el capítulo tres de requerimiento de recursos.

Para controlar en este punto, se debe llevar un registro de los problemas encontrados en cada lote de materia prima y de qué proveedor provenían, para poder detectar en qué puntos han estado fallando y así negociar con ellos para alcanzar el nivel adecuado de calidad para la planta en estudio. Dicho registro debe ser una

tarjeta separada para cada item.

VII.4.2.2 DENTRO DEL PROCESO

En este aspecto, los problemas más frecuentes que se encuentran son los siguientes:

- Hilo reventado en trama
- Hilo reventado en urdimbre

Se debe guardar un registro para cada máquina de la hora en que sucedió un problema y el tipo de problema que se presentó.

VII.4.2.3 EN EL PRODUCTO TERMINADO

Cada porción de lona fabricada se debe identificar del telar de qué provenía y del operario que la trabajó, la fecha y la hora para poder identificar de dónde proviene el problema.

Los defectos más usuales en este tipo de producto son: trama abierta, doble hilo en trama, mancha de tinte, mancha de aceite, agujeros, doble hilo en la urdimbre, mota por hilo no peinado.

CONCLUSIONES

1. En los casos en que se fabrican varios productos y se quiere encontrar la cantidad óptima que va a producir de cada uno, ya sea maximizando la utilidad o minimizando el costo, no se debe tomar en cuenta únicamente la utilidad o el costo unitario de cada producto. Se deben analizar los productos en su totalidad para determinar así las restricciones de cada uno en cuanto a recursos y luego aplicar técnicas cuantitativas.
2. La teoría de Inventarios es fundamental para poder manejar los inventarios de la empresa en forma eficiente. Cada material o suministro debe ser analizado independientemente, ya que las políticas óptimas de inventario suelen ser diferentes para cada producto.
3. La maquinaria no se debe utilizar indistintamente para fabricar cada producto. Se debe determinar la maquinaria más adecuada para cada tarea, con el fin de minimizar costos o maximizar utilidades.
4. El uso de paquetes computacionales para resolver problemas con métodos cuantitativos elimina el trabajo tedioso y repetitivo, y permite al profesional dedicar más tiempo al análisis de resultados, para así analizar diversas opciones y lograr una mejor productividad.

VII

RECOMENDACIONES

1. Que las empresas guarden registro de sus movimientos de demanda y de oferta, para así poder planificar su producción más eficientemente, de acuerdo con pronósticos de oferta y demanda.
2. Que los profesionales dentro de su campo de trabajo, apliquen técnicas cuantitativas para minimizar costos y maximizar utilidades, sin dañar la calidad de sus productos o servicios.
3. Que se investigue constantemente acerca de nuevos paquetes computacionales que permitan obtener resultados con mayor rapidez y exactitud, con lo cual se logrará que los profesionales no desperdicien recursos en actividades tediosas y repetitivas, y tengan así la oportunidad de dedicarse a las tareas más importantes como son el análisis y la investigación.

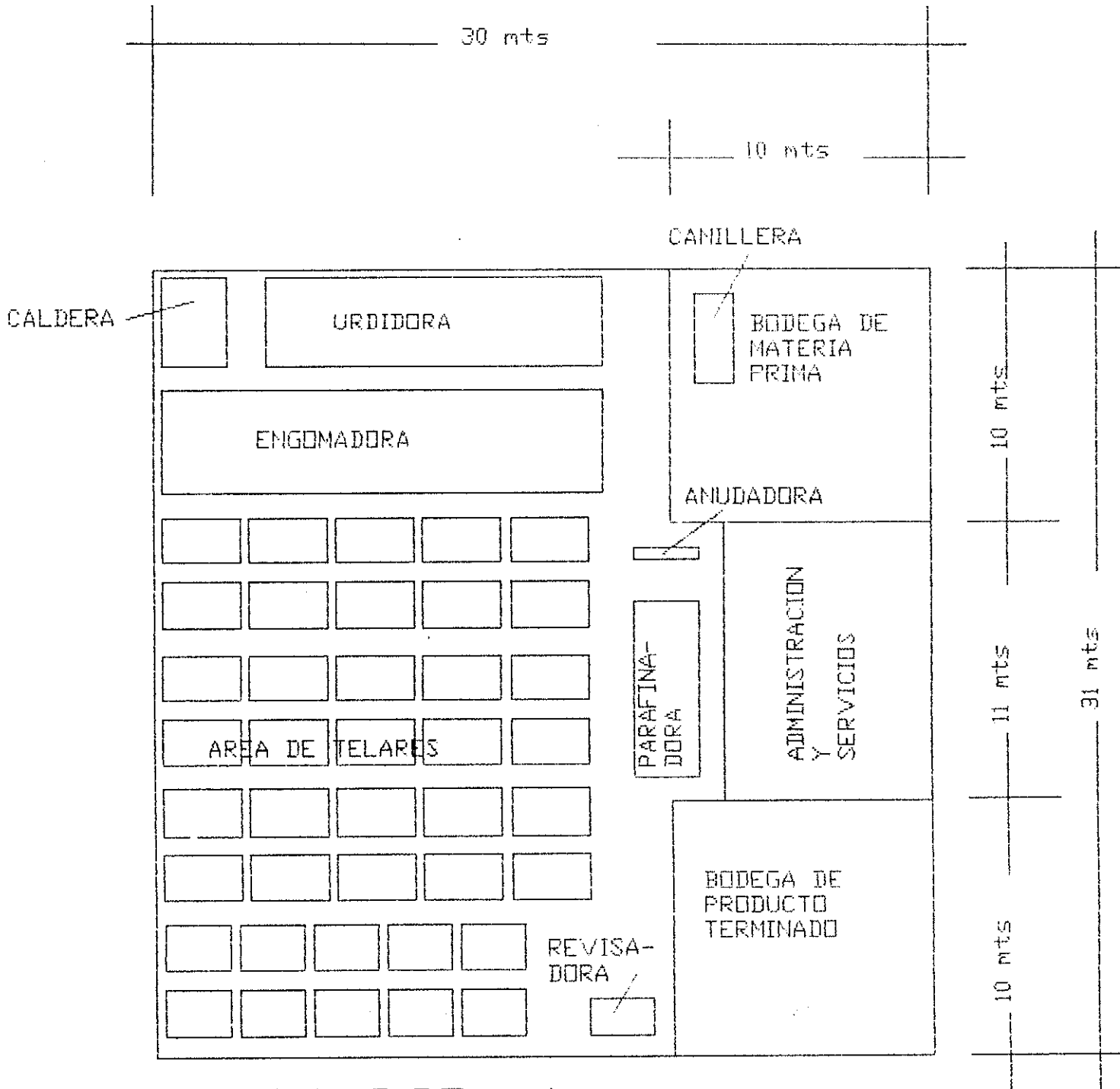
VIII

BIBLIOGRAFIA

- ADAM, Everett E. y EBERT, Ronald. Administración de la producción y las operaciones. Colombia: Ed. Prentice Hall Internacional.
- LIEBERMAN, Hillier. Introducción a la investigación de operaciones. s.l.i.: s.p.i. 1982
- LIPSCHUTZ, Seymour. Probabilidad. Colombia: Edit. McGraw-Hill, s.f.
- ROBBINS, Stephen P. Administración, teoría y práctica. México: Edit. Prentice Hall Inc., 1989.
- SALVATORE, Dominick. Microeconomía. Colombia: Edit McGraw-Hill, 1976.
- SAPAG CHAIN, Nassir y Reinaldo. Fundamentos de preparación y evaluación de proyectos. Colombia: Edit. McGraw-Hill, 1988.
- TAHA, Hamdy A. Investigación de operaciones. 2a edición. s.l.i.: Edit Alpha y Omega, 1991.

ANEXOS

DISTRIBUCION EN PLANTA



ESCALA 2.25 : 1

ANEXO II

Welcome to QSB (Quantitative System for Business)!
You may choose from following management science
decision support systems:

Code No.	Program	Code No.	Program
1	Linear programming	9	Inventory theory
2	Integer linear programming	A	Queuing theory
3	Transshipment problem	B	Queuing system simulation
4	Assignment problem	C	Decision/probability theory
5	Network modeling	D	Markow process
6	Project scheduling CPM	E	Time series forecasting
7	Project scheduling PERT	F	Specify printer/display
8	Dynamic programming	G	Exit from QSB

ANEXO III

Welcome to your Linear Programming Decision Support System!
The options available for LP are as follows
If you are a first-time user, you may benefit from option 1

Option	Function
1	** Overview of LP Decision Support System
2	Enter new problem
3	Read existing problem from disk(ette)
4	Show input data
5	Solve problem
6	Save problem on disk(ette)
7	Modify problem
8	Show final solution
9	Return to the program menu
0	Exit from QSB

Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER

ANEXO IV

Option Menu to Show the Input Data of
You have the following options available to show the input data. If you want to print the input data, make sure that the printer is ready.

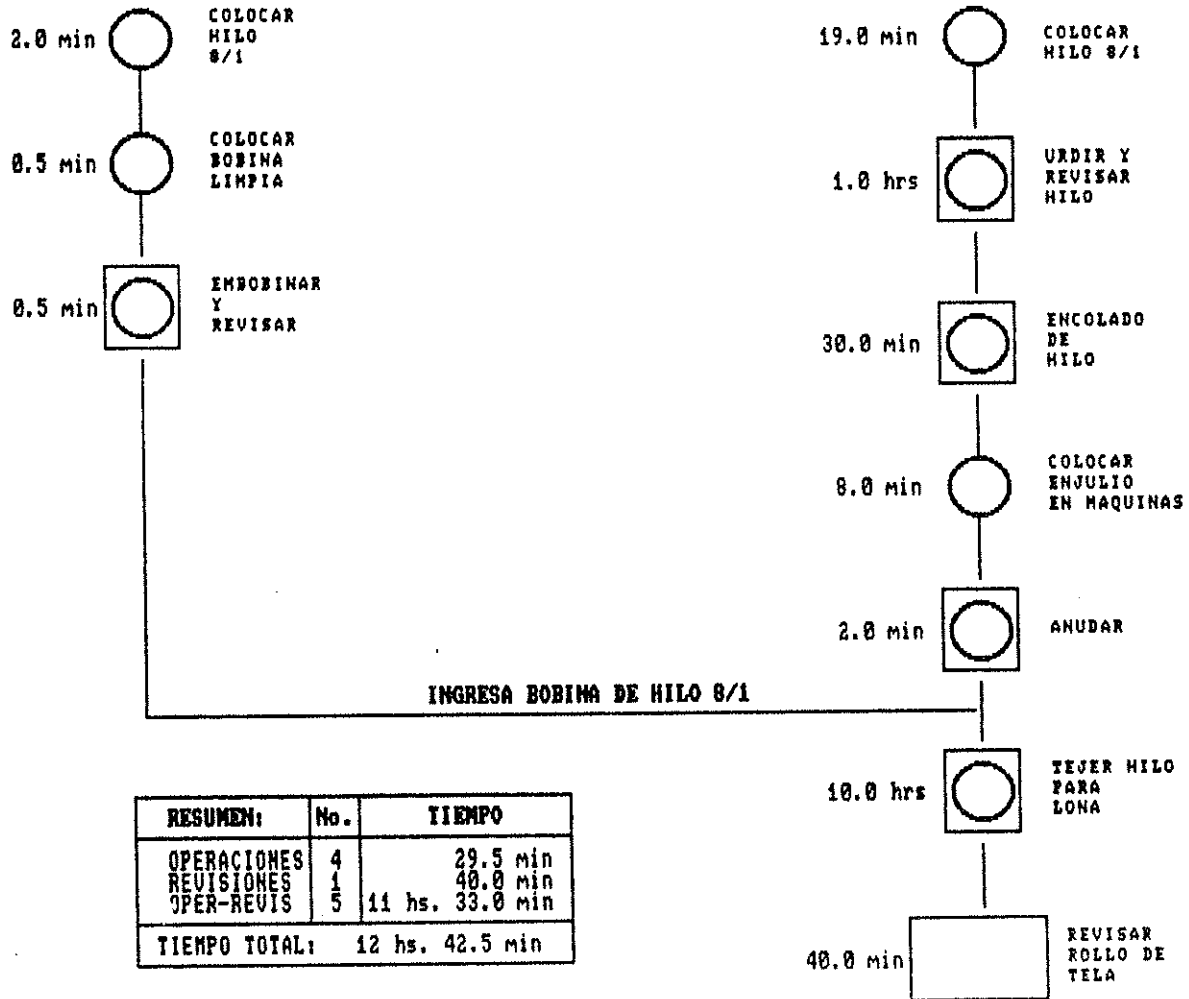
Option

- 1 Display the input data
- 2 Print the input data
- 3 Send the input data to an ASCII file
- 4 Return to the function menu

DIAGRAMA DE OPERACIONES

PRODUCTO: LONA TIPO A
 INICIO: BODEGA DE MATERIA PRIMA
 FIN: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO

HECHO POR: IVONE MORIEGA
 FECHA: OCTUBRE DE 1994
 PAGINA: 1 DE 1



RESUMEN:	No.	TIEMPO
OPERACIONES	4	29.5 min
REVISIONES	1	40.0 min
OPER-REVIS	5	11 hs. 33.0 min
TIEMPO TOTAL:		12 hs. 42.5 min

DIAGRAMA DE FLUJO

PRODUCTO: LONA TIPO A
INICIO: BODEGA MATERIA PRIMA
FIN: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO

HECHO POR: IVONE NORIEGA
FECHA: OCTUBRE DE 1994
PAGINA: 1 DE 2

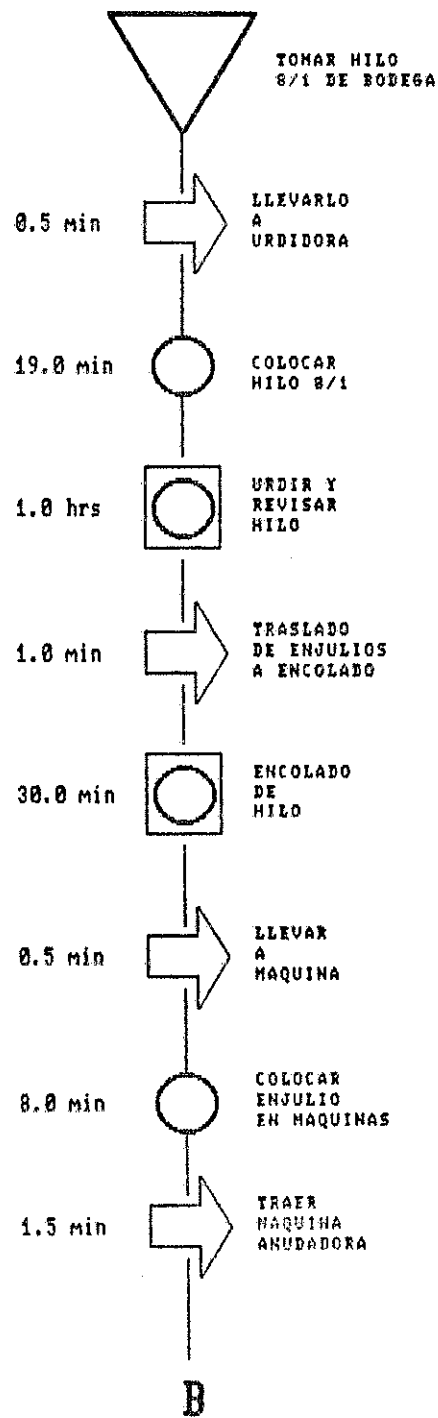
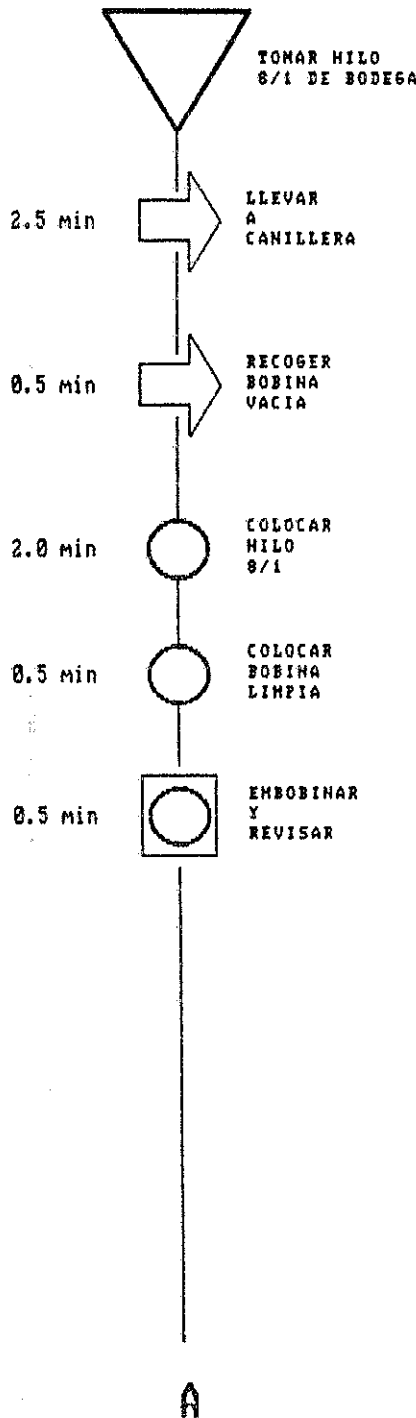
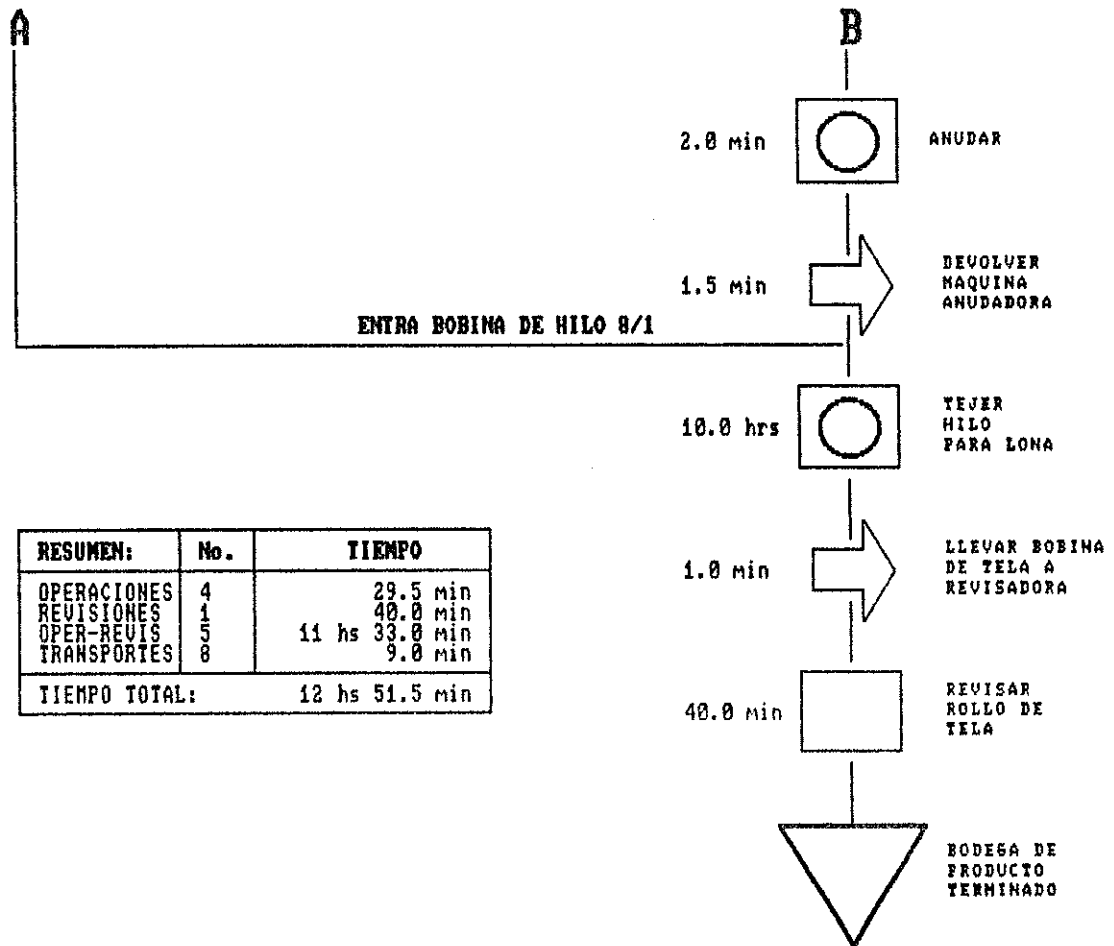


DIAGRAMA DE FLUJO

PRODUCTO: LONA TIPO A
INICIO: BODEGA DE MATERIA PRIMA
FIN: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO

HECHO POR: IVONE NORIEGA
FECHA: OCTUBRE DE 1994
PAGINA: 2 DE 2



RESUMEN:	No.	TIEMPO
OPERACIONES	4	29.5 min
REVISIONES	1	40.0 min
OPER-REVIS	5	11 hs 33.0 min
TRANSPORTES	8	9.0 min
TIEMPO TOTAL:		12 hs 51.5 min

DIAGRAMA DE RECORRIDO

PRODUCTO A

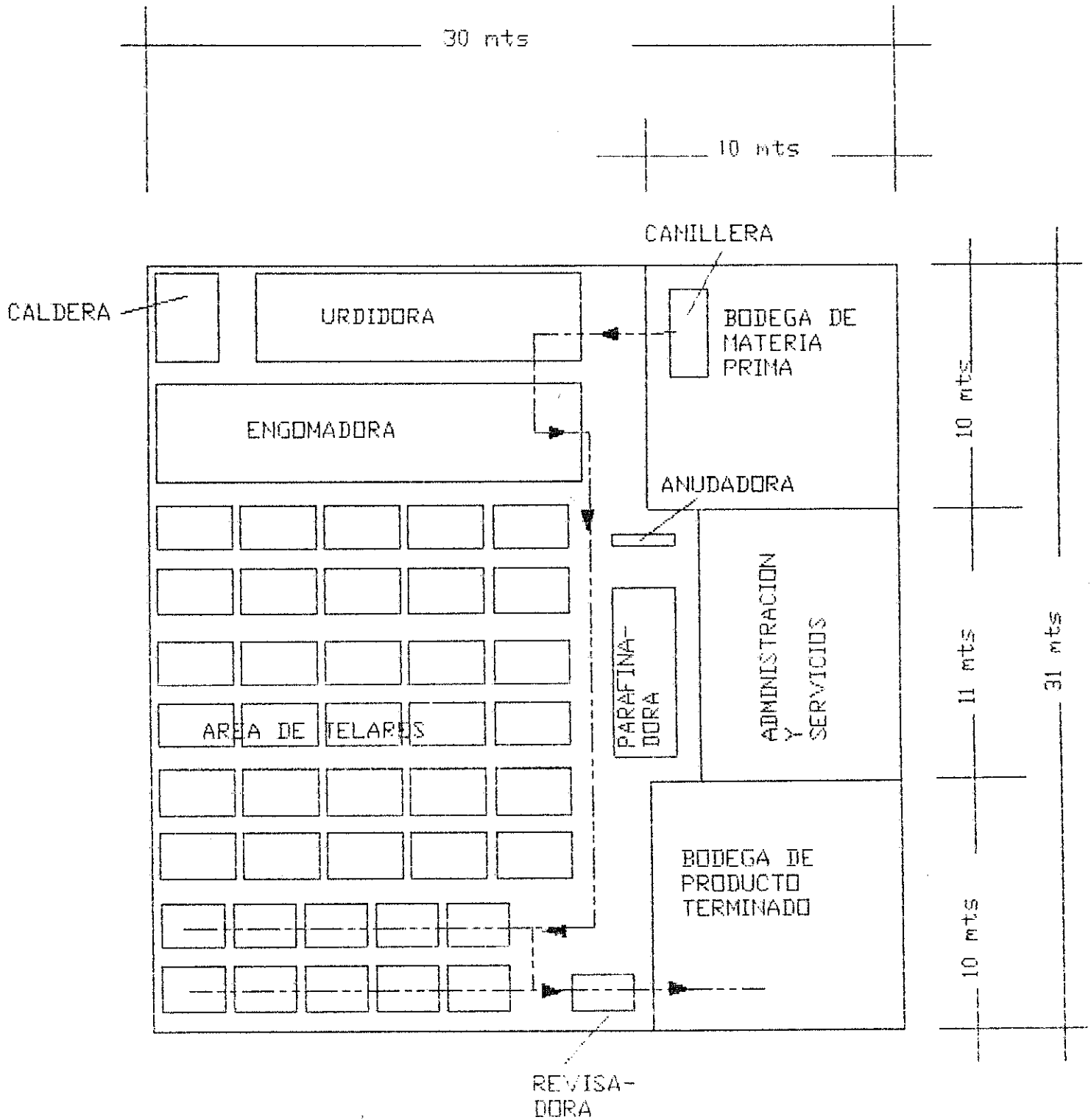
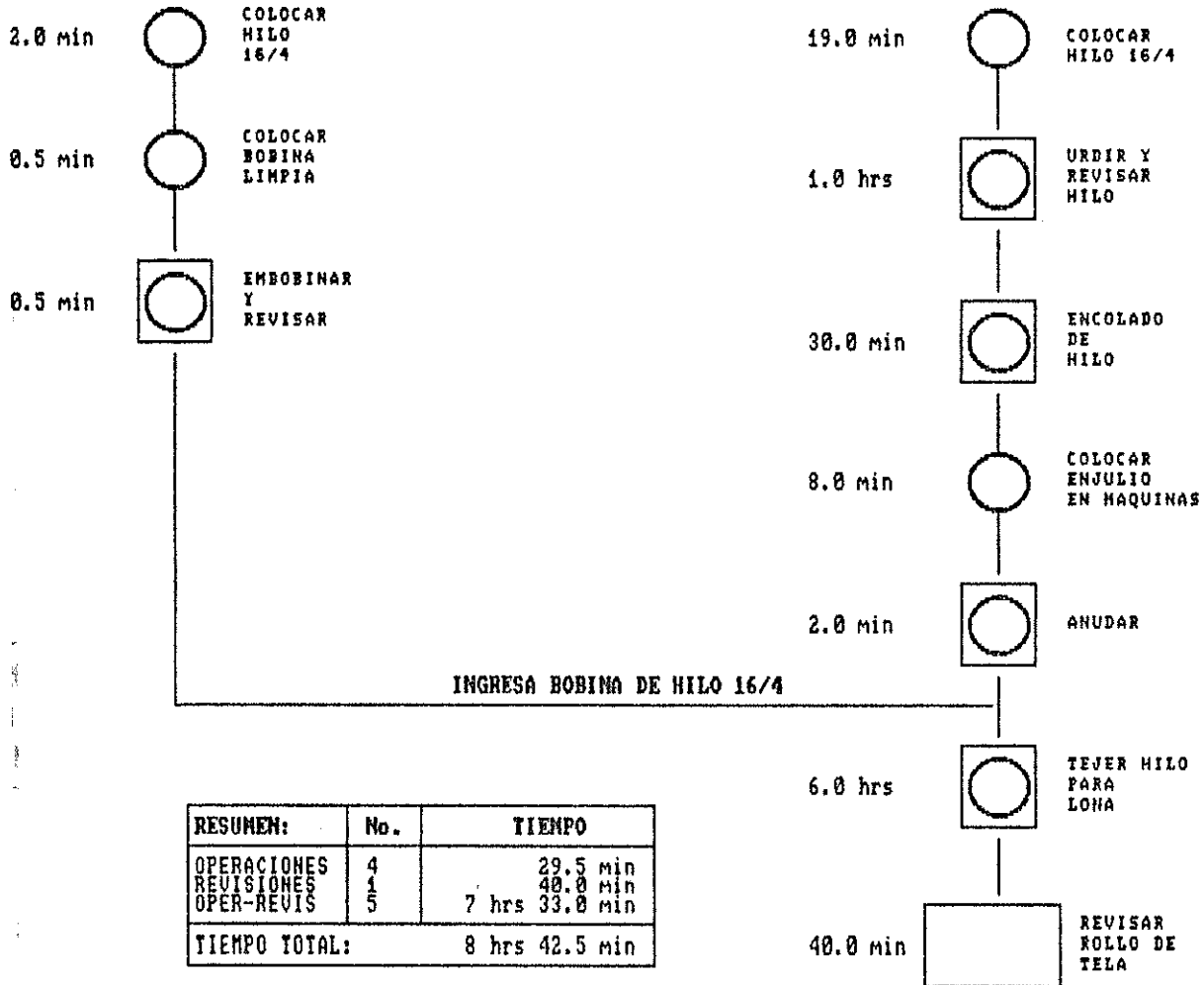


DIAGRAMA DE OPERACIONES

PRODUCTO: LONA TIPO B
INICIO: BODEGA DE MATERIA PRIMA
FIN: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO

HECHO POR: IVONE NORIEGA
FECHA: OCTUBRE DE 1994
PAGINA: 1 DE 1



RESUMEN:	No.	TIEMPO
OPERACIONES	4	29.5 min
REVISIONES	1	40.0 min
OPER-REVIS	5	7 hrs 33.0 min
TIEMPO TOTAL:		8 hrs 42.5 min

DIAGRAMA DE FLUJO

PRODUCTO: LONA TIPO B
INICIO: BODEGA MATERIA PRIMA
FIN: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO

HECHO POR: IVONE MORIEGA
FECHA: OCTUBRE DE 1994
PAGINA: 1 DE 2

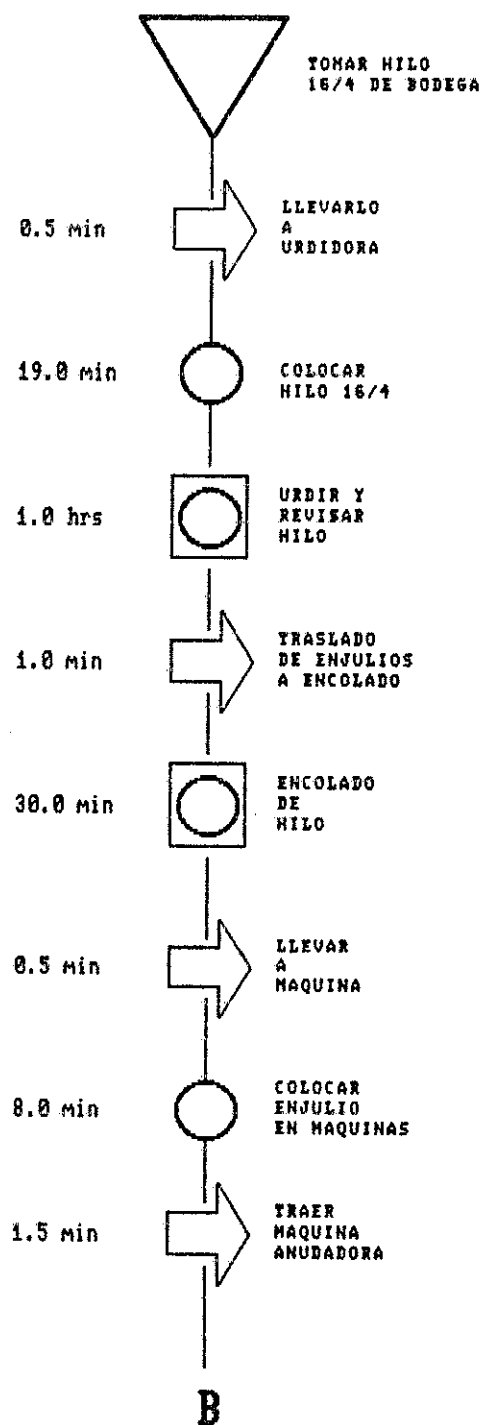
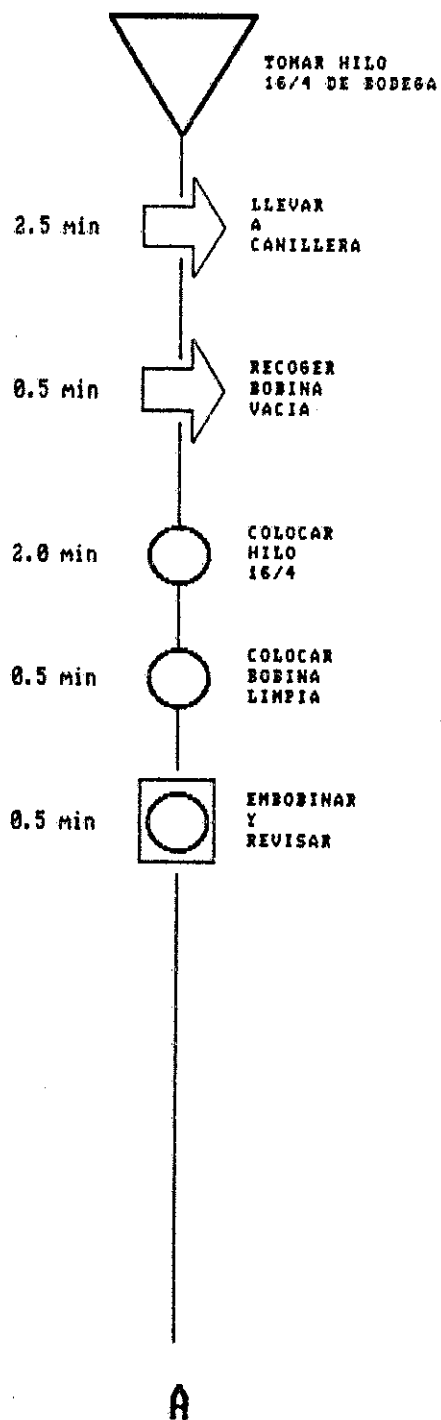
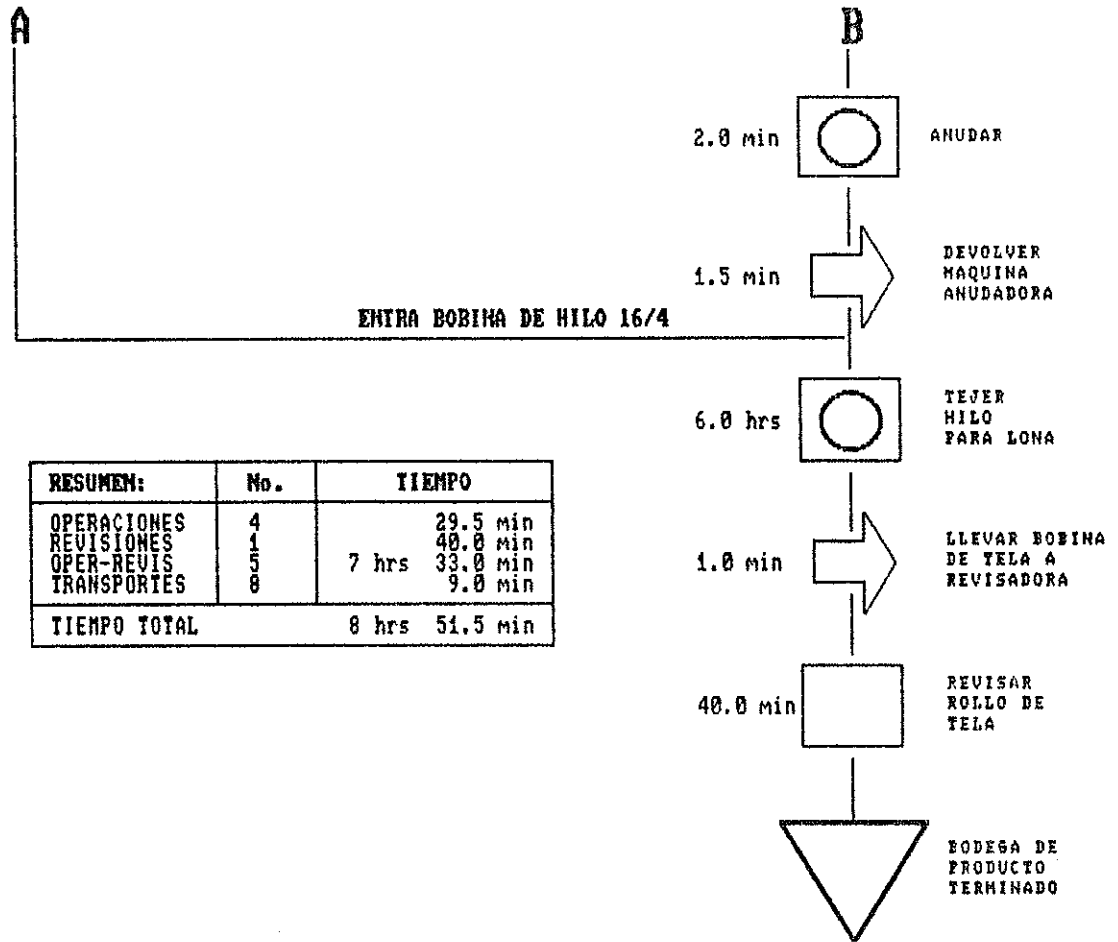


DIAGRAMA DE FLUJO

PRODUCTO: LONA TIPO B
INICIO: BODEGA DE MATERIA PRIMA
FIN: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO

HECHO POR: IVONE MORIEGA
FECHA: OCTUBRE DE 1994
PAGINA: 2 DE 2



RESUMEN:	No.	TIEMPO
OPERACIONES	4	29.5 min
REVISIONES	1	40.0 min
OPER-REVIS	5	7 hrs 33.0 min
TRANSPORTES	8	9.0 min
TIEMPO TOTAL		8 hrs 51.5 min

DIAGRAMA DE RECORRIDO PRODUCTO B

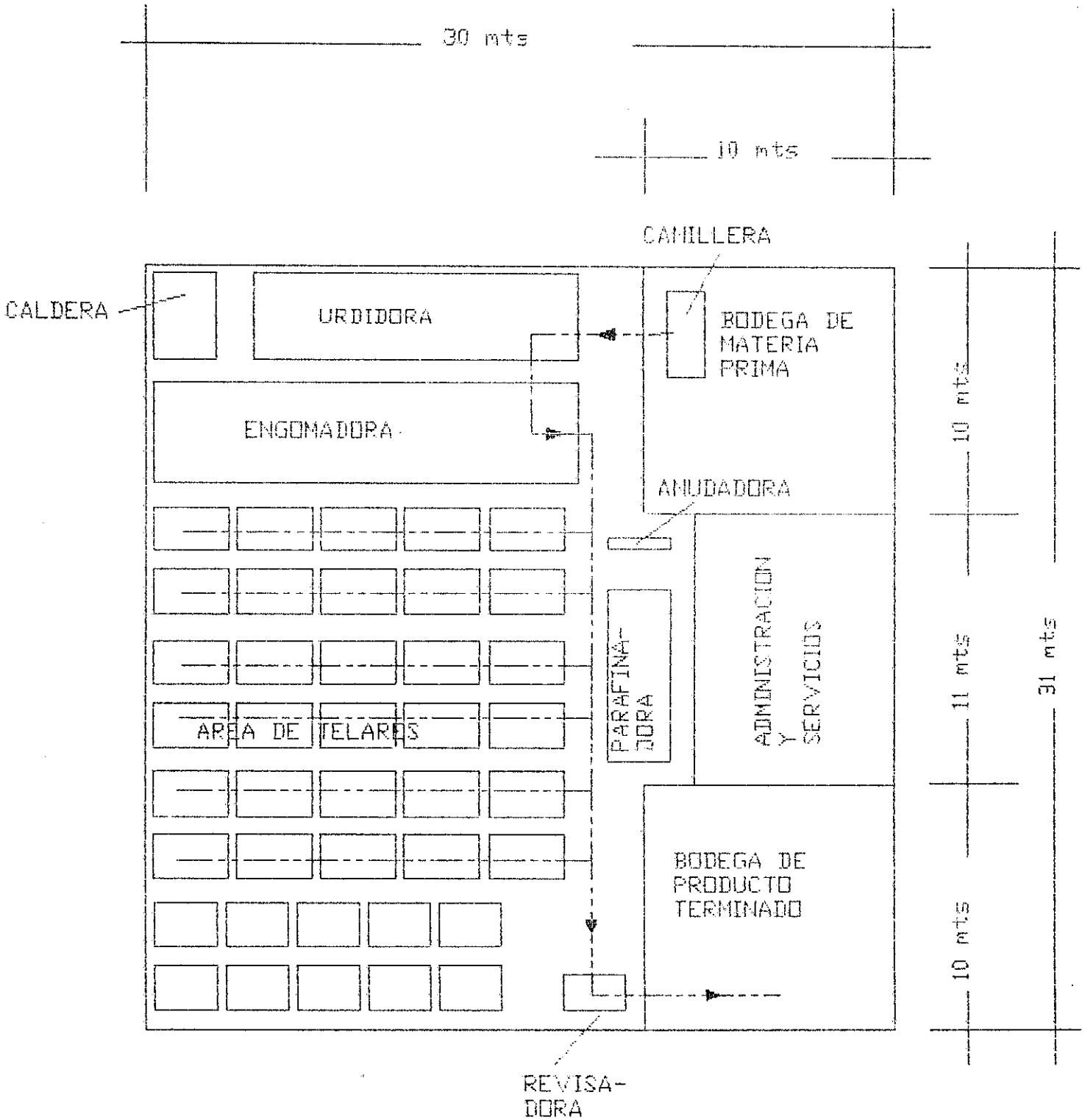
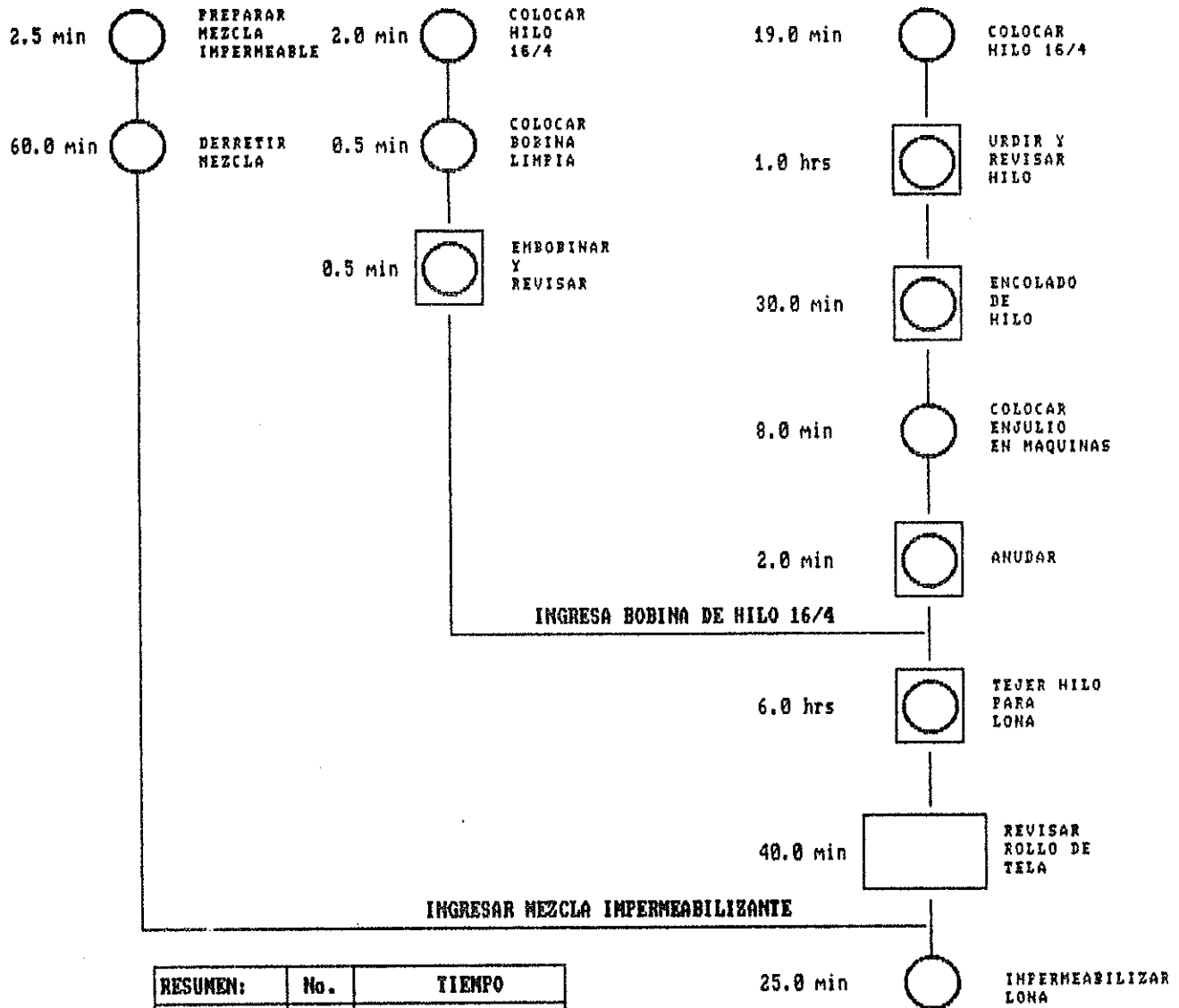


DIAGRAMA DE OPERACIONES

PRODUCTO: LONA TIPO C
INICIO: BODEGA DE MATERIA PRIMA
FIN: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO

HECHO POR: IVONE MORIEGA
FECHA: OCTUBRE DE 1994
PAGINA: 1 DE 1



RESUMEN:	No.	TIEMPO
OPERACIONES	7	1 hr 57.0 min
REVISIONES	1	40.0 min
OPER-REVIS	5	7 hr 32.5 min
TIEMPO TOTAL:		10 hr 9.5 min

DIAGRAMA DE FLUJO

PRODUCTO: LOMA TIPO C
INICIO: BODEGA MATERIA PRIMA
FIN: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO

HECHO POR: IVONE NORIEGA
FECHA: OCTUBRE DE 1994
PAGINA: 1 DE 2

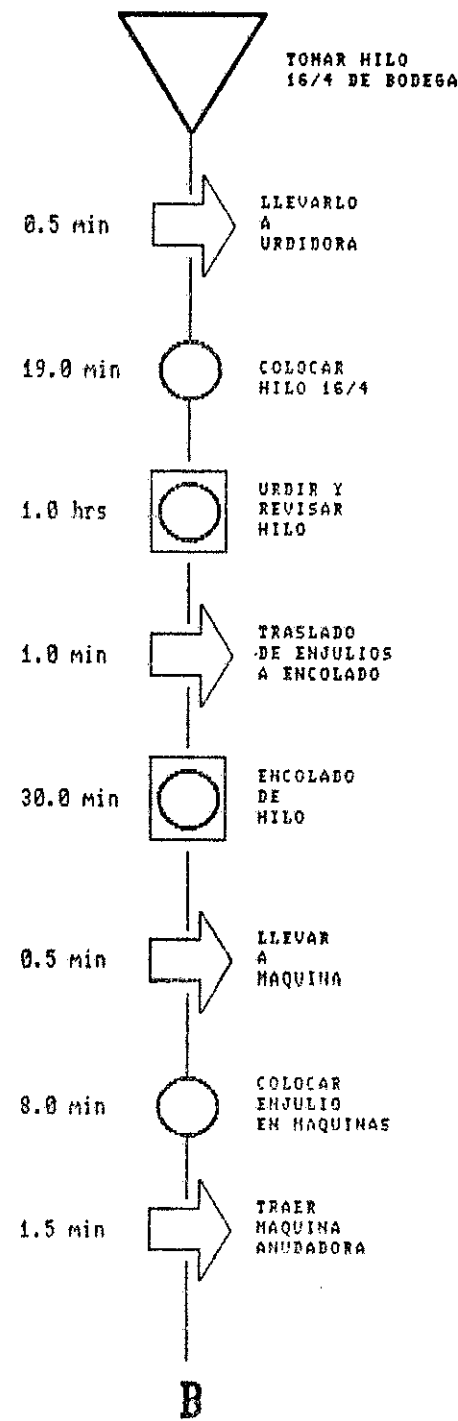
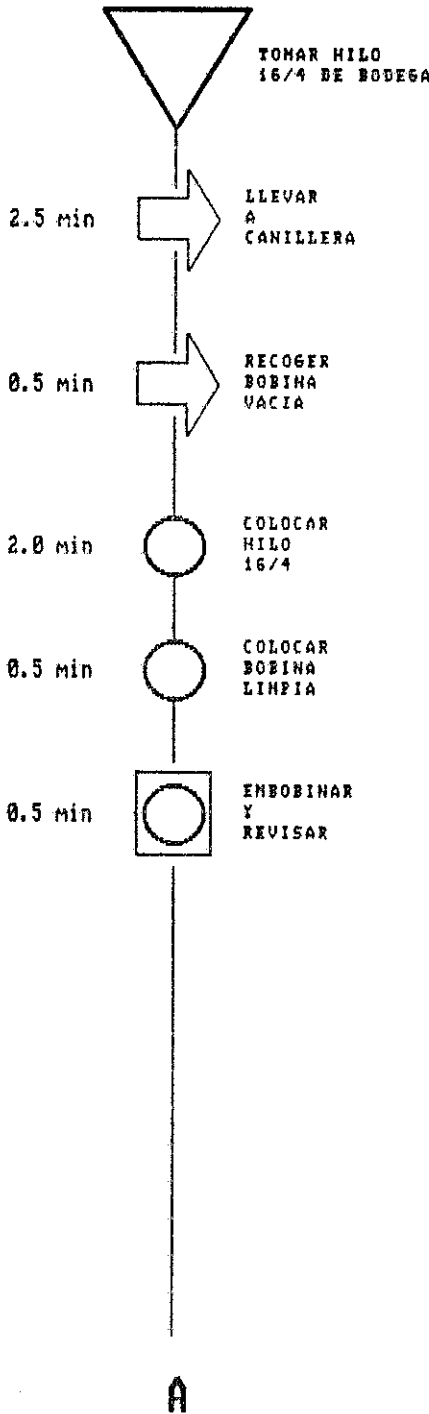


DIAGRAMA DE FLUJO

PRODUCTO: LONA TIPO C
INICIO: BODEGA DE MATERIA PRIMA
FIN: BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO

HECHO POR: IVONE MORIEGA
FECHA: OCTUBRE DE 1994
PAGINA: 2 DE 2

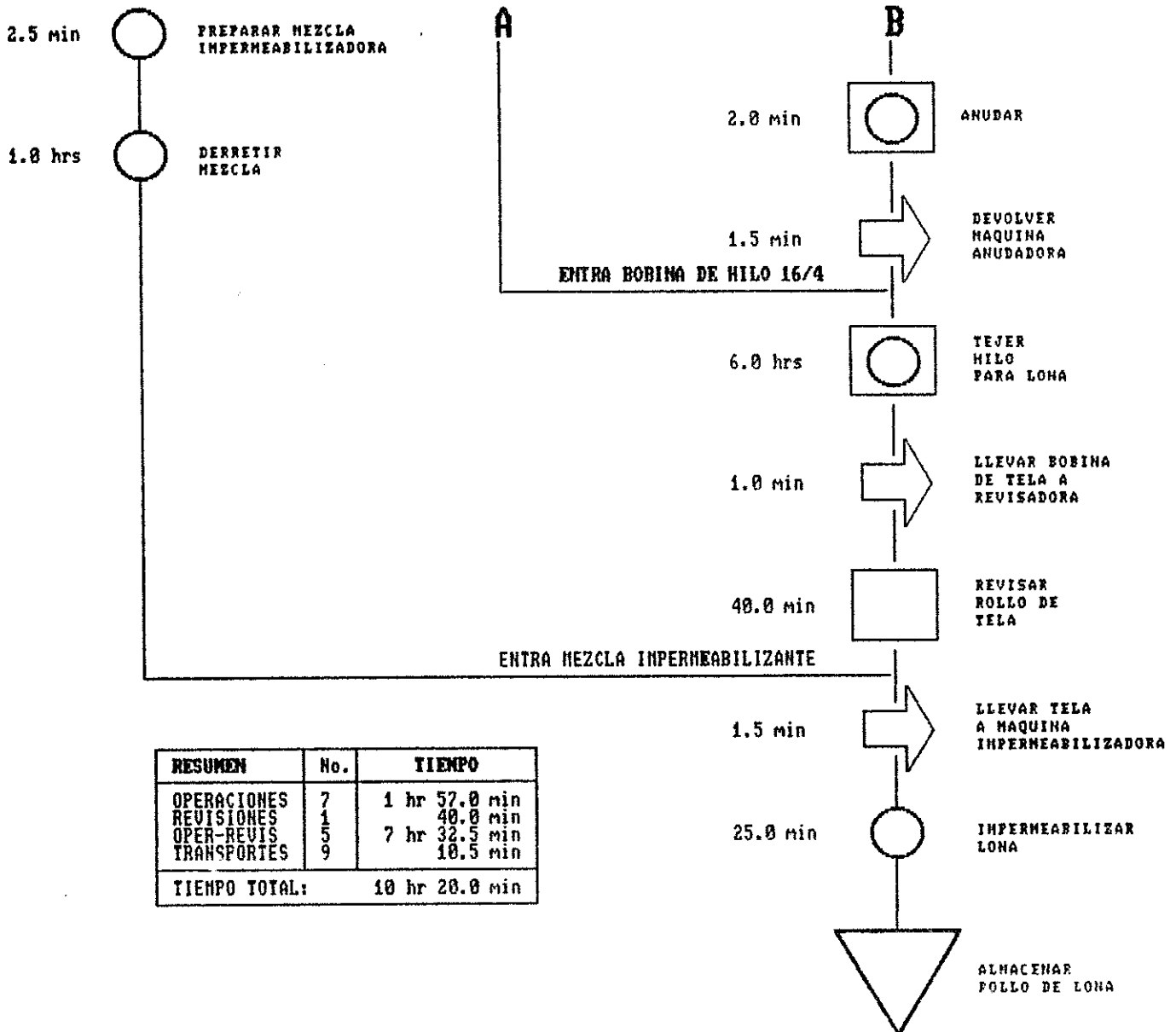
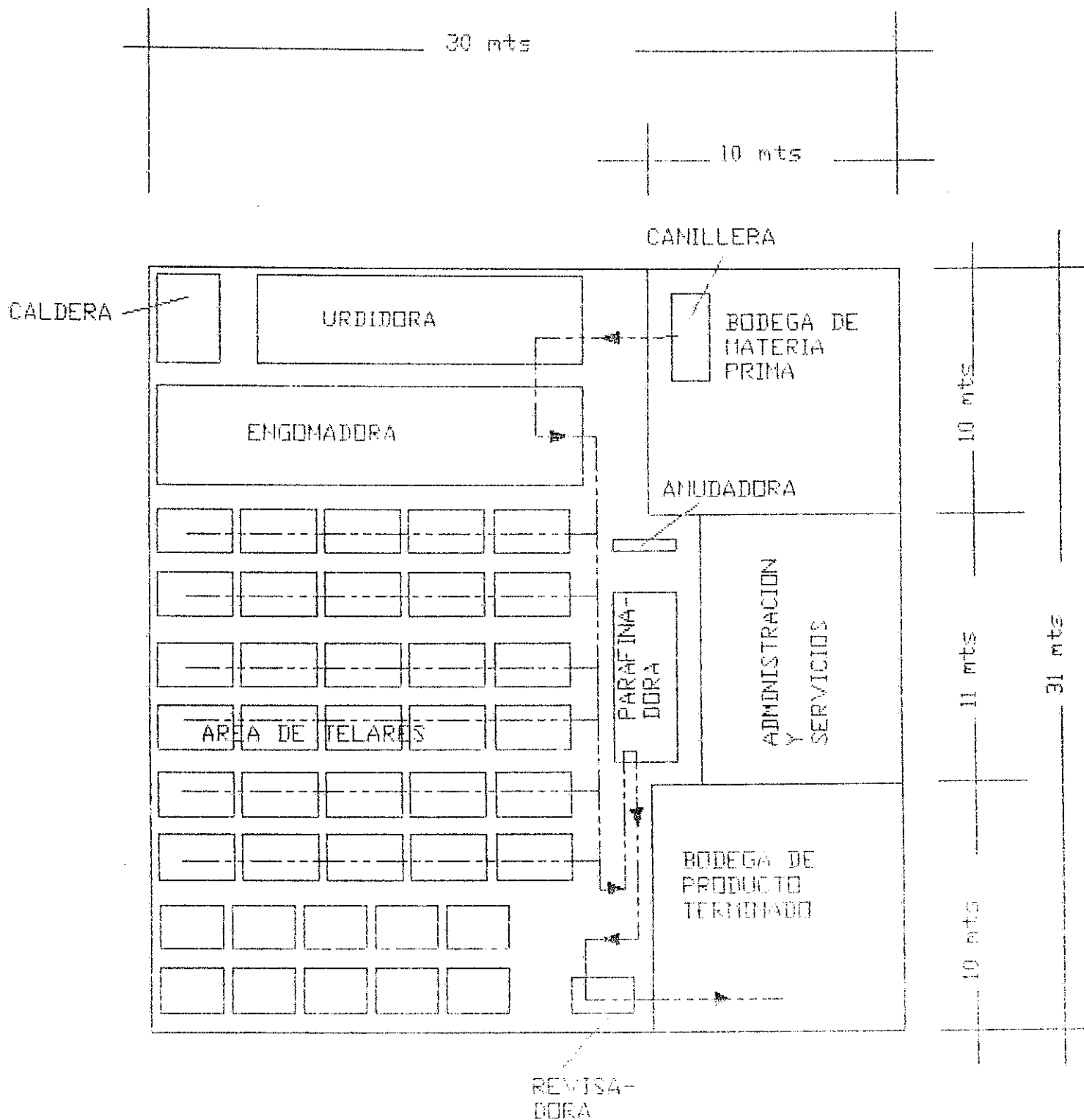


DIAGRAMA DE RECORRIDO PRODUCTO C



ANEXO VI

A) PANTALLA No. 1: opciones del módulo de programación lineal.

Welcome to your Linear Programming Decision Support System! The options available for LP are as follows If you are a first-time user, you may benefit from option 1		
Option		Function
1		Overview of LP Decision Support System
2	**	Enter new problem
3		Read existing problem from disk(ette)
4		Show input data
5		Solve problem
6		Save problem on disk(ette)
7		Modify problem
8		Show final solution
9		Return to the program menu
0		Exit from QSB
Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER		

B) PANTALLA No. 2: ingreso del nombre de el problema.

Please name your problem using up to 20 characters? analisislona

C) PANTALLA No. 3: ingreso de información del problema.

LP Model Entry for analisislona

Please observe the following conventions when entering a problem:

- (1) 100, 100.0, +100, +100.0, 1E2, and 1.0E+2 are the same
- (2) -123, -1.23E2, and 1.23E+2 are the same
- (3) >=, >, =>, and "r" are the same; <=, <, =< and "s" are the same
- (4) After you enter your data, press the ENTER key
- (5) On the same screen page, you may correct errors by pressing the BACKSPACE key to move the cursor to the correct position
- (6) When you are satisfied with the data on a page, press the SPACE BAR
- (7) When entering the problem press the Esc key to go to a previous page; press the / key to go to the next page

Do you want to maximize (1) or minimize (2) criterion? <1 >
How many variables are there in your problem? <4 >
How many constraints are there in your problem? <5 >
How many "r" constraints are there in your problem? <3 >
Do you want to use the default variable names Y/N? <y >

Press the SPACE BAR to continue if your entries are correct

D) PANTALLA No. 4: ingreso de coeficientes del modelo de programación lineal.

Enter the Coefficients of the LP Model Page 1

Max 7.5__X1 9.25__X2 9.25__X3 10.5__X4

Subject to

(1)	0.16__X1	0.09__X2	____X3	0.09__X4	<=	231
(2)	____X1	____X2	0.09__X3	____X4	<=	78
(3)	1.0__X1	____X2	____X3	____X4	>=	39
(4)	____X1	1.0__X2	1.0__X3	____X4	>=	91
(5)	____X1	____X2	____X3	1.0__X4	>=	128

Press the SPACE BAR to continue or Esc to go to the previous page.

E) PANTALLA No. 5: menú de opciones para resolver el problema.

Option Menu for Solving analisislona	
When solving the problem, you have the option to display steps of the simplex method. This option is permissible only when your problem is small, that is when, $N+N1+N2+N3*2 \leq 9$, where N is the number of variables, N1 is the number of "s" constraints, N2 is the number of "=" constraints, and N3 is the number of "r" constraints; otherwise, only pivoting information will be displayed. You can also choose the graphic method when your problem has only variables and less than 10 constraints.	
Option	
1	Solve and display the initial tableau
2	Solve and display the final tableau
3	Solve and display the initial and final tableau
4	Solve and display every tableau
5	Solve without displaying any tableau
6	Solve by using the graphic method
7	Return to the function menu
Press the up or down key to locate the desired option, then press ENTER	

F) PANTALLA No. 6: despliegue de iteraciones para solucionar el problema.

Iteration: 1	New OBJ (Max.) = 841.7501 + (-51.8 Big M)
Entering: X2	with value = 91 Leaving: A4 Row 4
Iteration: 2	New OBJ (Max.) = 1134.25 + (-12.8 Big M)
Entering: X1	with value = 39 Leaving: A3 Row 3
Iteration: 3	New OBJ (Max.) = 2478.25
Entering: X4	with value = 128 Leaving: A5 Row 5
Iteration: 4	New OBJ (Max.) = 15543.53
Entering: S5	with value = 1244.313 Leaving: S1 Row 1
Iteration: 5	New OBJ (Max.) = 16081
Entering: X3	With value = 91 Leaving: X2 Row 4
Iteration: 6	New OBJ (Max.) = 23255.92
Entering: S4	with value = 775.66 Leaving: S2 Row 2
Iteration: 7	New OBJ (Max.) = 30956.94
Entering: S5	with value = 2303.11 Leaving: S5 Row 1

6) PANTALLA No. 7: menú de despliegue de solución final.

Option Menu to Show the Final Solution of analisislona	
You have the following options available to show the final solution. If you want to print the solution, make sure that the printer is ready.	
Option	
1	Display the final solution
2	Display the solution and sensitivity analysis
3	Display/print the solution
4	Display/print the solution and sensitivity analysis
5	Print the final tableau
6	Send the final solution to an ASCII file
7	Return to the function menu
Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER	

H) PANTALLA No. 8: resumen de resultados del problema.

Summarized Results for analisislona				Page: 1	
Variables No. Names	Solution	Opportunity Cost	Variables No. Name	Solution	Opportunity Cost
1 X1	+39.00	0	7 S3	0	+8.9444
2 X2	+2303.11	0	8 A3	0	-8.9444
3 X3	+866.666	0	9 S4	+3078.77	0
4 X4	+128.000	0	10 A4	0	0
5 S1	0	+102.77777	11 S5	0	+5.944444
6 S2	0	+102.77777	12 A5	0	-5.944444
Maximum value of the OBJ = 30956.94				Iters. = 7	

Press any key to continue

ANEXO VII

A) PANTALLA No. 1: opciones del módulo de asignación.

Welcome to your Assignment Problem (ASMP) Decision Support System!. The options available for ASMP are as follows. If you are a first-time user you might benefit from option 1	
Option	Function
1	Overview of ASMP Decision Support System
2	Enter new problem
3	Read existing problem from disk(ette)
4	Show input data
5	Solve problem
6	Save problem on disk(ette)
7	Modify problem
8	Show final solution
9	Return to the program menu
0	Exit from QSB
Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER.	

B) PANTALLA No. 2: ingreso del nombre del problema a resolver.

Please name your problem using up to 20 characters? asignalona

C) PANTALLA No. 3: ingreso de información general del problema.

ASMP Entry for asignalona

Please observe the following conventions when entering a problem:

- (1) Respond to the questions which seek general information about the problem.
- (2) Then enter object and task names if you don't use default names.
- (3) Then enter cost/profit coefficients for each potential assignment. A very large +/- value or +M/-M could be entered for an impossible assignment.
- (4) After you enter your data, press the ENTER key
- (5) On the same screen page, you may correct errors by pressing the BACKSPACE key to move the cursor to the correct position when fixed format is used.
- (6) When you are satisfied with the data on a page, press the SPACE BAR.
- (7) When entering the problem, press the Esc key to go to a previous page; press the / key to go to the next.

Do you want to maximize (1) or minimize (2) criterion <1 >
 How many objects are there in your problem? <3 >
 How many tasks are there in your problem? <3 >
 Do you want to use the default names, Y/N? <Y >

Press the SPACE BAR to continue if the entries are correct

D) PANTALLA No. 4: ingreso de los coeficientes de costo/beneficio.

Enter the Cost/Profit Coefficients Page 1

Objects	Tasks				
01	T1:	7.5__	T2:	9.25__	T3: 10.5__
02	T2:	7.5__	T2:	9.25__	T3: 10.5__
03	T3:	-M__	T2:	9.25__	T3: -M__

Press the SPACE BAR to continue or Esc to go to the previous page.

E) PANTALLA No. 5: menú de opciones para resolver el problema.

<p>Option Menu for Solving asignalona When solving your problem, you have the option of displaying every iteration of the Hungarian method as long as your problem has less than 10 objects and 10 tasks. The problem asignalona has 3 objects and 3 tasks.</p>	
<p>Option</p> <p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4</p> <p>5</p>	<p>Solve and display the initial tableau</p> <p>Solve and display each tableau</p> <p>Solve and display the final tableau</p> <p>Solve without displaying any tableau</p> <p>Return to the function menu</p>
<p>Press the up or down key to locate the desired option. Then press ENTER.</p>	

F) PANTALLA No. 6: tablero inicial.

Initial tableau				
Ob/Tk	T1	T2	T3	Cov.Ln
01	0	0	0	
02	0	0	0	
03	-M	0	-M	
Cov/Ln				

Press any key to continue. Or "G" -- No stop

G) PANTALLA No. 7: tablero final.

Final tableau (Total iterations: 1)				
Ob/Tk	T1	T2	T3	Cov.Ln
01	0	0	0	
02	0	0	0	
03	-M	0	-M	
Cov/Ln				

The optimal solution has been found. Press any key to continue.

H) PANTALLA No. 8: menú de opciones para mostrar la solución final.

Option Menu to Show the Final Solution of asignalona You have the following options available to show the final solution. If you want to print the solution, make sure that the printer is ready.	
Option	
1	Display the final solution
2	Print the final solution
3	Send the final solution to an ASCII file
4	Return to the function menu

Press the up or down key to locate the desired option.
Then press ENTER

I) PANTALLA No. 9: resultados de asignación.

Summary of Assignments for asignalona			Page 1		
Object	Task	Cost/Profit	Object	Task	Cost/profit
01	T1	7.500	03	T2	9.250
02	T3	10.500			
Maximum value of OBJ = 27.25			Total iterations = 1		

Press any key to continue

ANEXO VIII

A) PANTALLA No. 1: opciones del módulo de modelos de inventario.

Inventory Model (INVT) Decision Support System!	
The options available for INVT are as follows	
If you are a first-time user, you might benefit from option	
Option	Function
1	Overview of INVT Decision Support System
2	Enter new problem
3	Read existing problem from disk(ette)
4	Show input data
5	Solve problem
6	Save problem on disk(ette)
7	Modify problem
8	Show final solution
9	Return to the program menu
0	Exit from QSB

Press the up or down key to locate the desired option.
Then press ENTER

B) PANTALLA No. 2: ingreso del nombre del problema.

Please name your problem using up to 20 characters:
hilo8/1crudo

C) PANTALLA No. 3: opciones para ingresar los datos del problema.

INVT Data Entry for hilo8/1crudo	
Option	
1	Deterministic Economic Order Quantity (EOQ)
2	Deterministic discount analysis
3	Single-period probabilistic demand problem
4	Return to the function menu

Press the up or down key to locate the desired option.
Then press ENTER.

D) PANTALLA No. 4: ingreso de datos al sistema.

EOQ Problem Entry for hilo8/1crudo	
Demand per year?	<1764 >
Order or setup cost per order?	<5.45 >
Holding cost per unit per year	<7.20 >
Shortage cost per unit per year (default=1)?	< >
Shortage cost per unit independant of time (def = 0)?	<125.65>
Replenishment or production rate per year (def = 1)?	< >
Lead time for a new order in year (def = 0)?	<0.04 >
Unit cost with no discount?	<14.52 >

Press the SPACE BAR to continue if your entries are correct.

E) PANTALLA No. 5: opciones del modelo para resolver el problema.

Option Menu for Solving hilo8/1crudo	
You have the following options available for solving the problem. Options 1 and 2 are for EOQ, option 3 is for discount analysis option 4 is for probabilistic demand analysis	
Option	
1	EOQ/Inventory cost calculation
2	Display inventory cost curves
3	Discount analysis
4	Probabilistic demand analysis
5	Return to the function menu

Press the up or down key to locate the desired option.
Then press ENTER

F) PANTALLA 6: resultados de cálculos de hilo 8/1 crudo.

EOQ Input Data:			
Demand per year (D)	=	1764	
Order or setup cost per order (Co)	=	5.45	
Holding cost per unit per year (Ch)	=	7.2	
Shortage cost per unit per year (Cs)	=	1	
Shortage cost per unit independent of time (c)	=	125.65	
Replenishment or production rate per year (P)	=	1	
Lead time for a new order in year (LT)	=	0.04	
Unit cost (C)	=	14.52	
EOQ OUTPUT:			
EOQ	=	51.677	
Maximum inventory	=	51.677	
Maximum backorder	=	0.000	
Order Interval	=	0.029 year	
Reorder point	=	18.883	
Ordering cost	=	186.037	
Holding cost	=	186.037	
Shortage cost	=	0.000	
Subtotal of inventory cost per year	=		372.074
Material cost per year	=		25613.281
Total cost per year	=		25985.356

Press any key to continue.

G) HILO 8/1 TEÑIDO: resultados finales.

EOQ Input Data:			
Demand per year (D)	=	4860	
Order or setup cost per order (Co)	=	5.45	
Holding cost per unit per year (Ch)	=	7.2	
Shortage cost per unit per year (Cs)	=	1	
Shortage cost per unit independent of time (c)	=	53.85	
Replenishment or production rate per year (P)	=	1	
Lead time for a new order in year (LT)	=	0.04	
Unit cost (C)	=	18	
EOQ OUTPUT:			
EOQ	=	85.776	
Maximum inventory	=	85.776	
Maximum backorder	=	0.000	
Order Interval	=	0.018 year	
Reorder point	=	22.848	
Ordering cost	=	308.793	
Holding cost	=	308.793	
Shortage cost	=	0.000	
Subtotal of inventory cost per year	=		617.586
Material cost per year	=		87480.000
Total cost per year	=		88097.586

Press any key to continue.

H) HILO 16/4 CRUDO: resultados finales.

EOQ Input Data:

Demand per year (D) = 493680
Order or setup cost per order (Co) = 5.45
Holding cost per unit per year (Ch) = 10.8
Shortage cost per unit per year (Cs) = 1
Shortage cost per unit independent of time (c) = 53.84
Replenishment or production rate per year (P) = 1
Lead time for a new order in year (LT) = 0.04
Unit cost (C) = 18

EOQ OUTPUT:

EOQ	=	705.869	
Maximum inventory	=	705.869	
Maximum backorder	=	0.000	
Order Interval	=	0.001	year
Reorder point	=	688.734	
Ordering cost	=	3811.693	
Holding cost	=	3811.693	
Shortage cost	=	0.000	
Subtotal of inventory cost per year	=		7623.386
Material cost per year	=		8886240.000
Total cost per year	=		8893863.000

Press any key to continue.