

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

ESCUELA DE GRADUADOS

**"APLICACION DE LA PROGRAMACION LINEAL EN LA
INDUSTRIA DE PANIFICACION"**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA INDUSTRIAL,
ESPECIALIDAD SISTEMAS**

POR

JESUS EDUARDO DE LA PEÑA MONTEMAYOR

1975

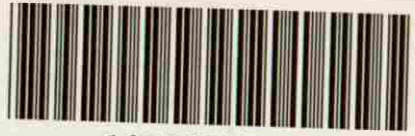


TM

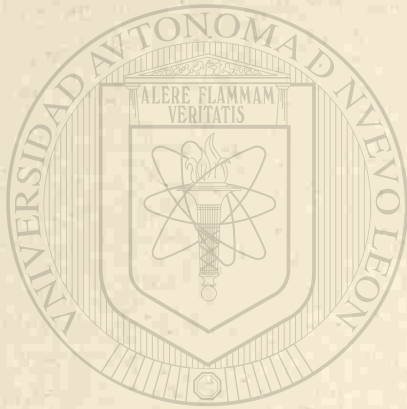
UP46

P4

C.1



1080074564



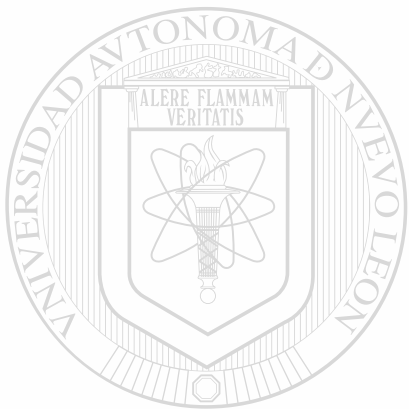
UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

17



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**INVENTARIADO
AUDITORIA
U. A. N. L.**

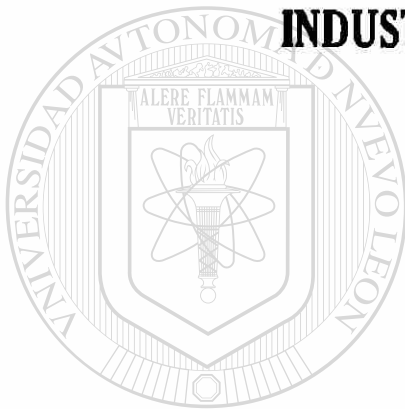
®



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

ESCUELA DE GRADUADOS

**“APLICACION DE LA PROGRAMACION LINEAL EN LA
INDUSTRIA DE PANIFICACION”**



TESIS

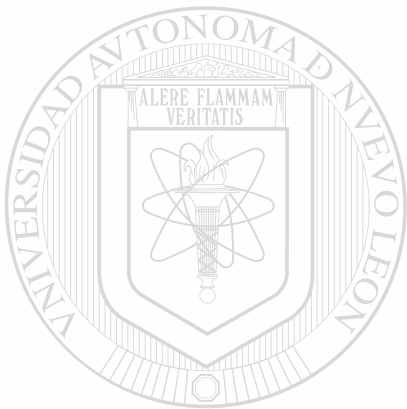
**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN INGENIERIA INDUSTRIAL,
ESPECIALIDAD SISTEMAS**

POR

JESUS EDUARDO DE LA PEÑA MONTEMAYOR

1975

TM
11
94



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

ENERO 1975

SEÑOR DIRECTOR DE LA ESCUELA DE GRADUADOS

LA TESIS ELABORADA POR EL SR:

JESUS EDUARDO DE LA PEÑA MONTEMAYOR

INTITULADA

"APLICACION DE LA PROGRAMACION LINEAL
EN LA INDUSTRIA DE PANIFICACION"

HA SIDO ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR
AL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA INDUSTRIAL
ESPECIALIDAD SISTEMAS



ASESOR

COMITE SUPERVISOR DE TESIS

SINODAL

SINODAL

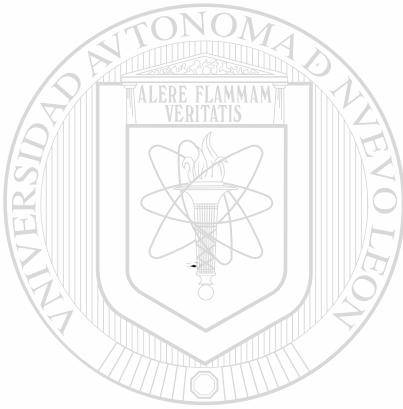
COMITE ESCUELA DE GRADUADOS

SOLO SE PODRAN PUBLICAR LOS DATOS DE ESTA TESIS CON AUTORIZACION
DEL COMITE DE LA ESCUELA DE GRADUADOS.

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS



A MI NOVIA

UANL
Y

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
A TODAS LAS PERSONAS QUE HICIERON POSIBLE LA
REALIZACIÓN DE ESTE TRABAJO

C O N T E N I D O

	Pág .
R E S U M E N	1
CAPITULO 1. INTRODUCCION A LOS PROCESOS DE PANIFICACION.	3
1.1 Historia del pan	
1.2 Clasificación de los productos de panificación.	
1.2.1 Grupo # 1, o productos de fermentación.	
1.2.1.1 Fermentación.	
1.2.1.2 Procesos de fabricación.	
1.2.2 Grupo # 2, o productos de pastelería, bizcochería y galletería.	
1.2.1 Procesos de fabricación.	
CAPITULO 2. ORGANIZACION Y DISTRIBUCION DE UNA PLANTA PANIFICADORA.	12
2.1 Organigrama de una planta de pan.	
2.2 Organigramas de los Departamentos de Producción y Ventas.	
2.3 Actividades principales de los departamentos.	
2.4 Distribución de áreas en una planta de panificación.	
2.5 Sistema de planeación y control de la producción.	
CAPITULO 3. FORMULACION Y ESPECIFICACIONES DE ARTICULOS Y MAQUINARIA DE LA INDUSTRIA PANIFICADORA.	19
3.1 Sistema de codificación "ABSACS".	
3.1.1 Generalidades	
3.1.1.1 Necesidad del establecimiento de un sistema numérico para la identificación de artículos.	
3.1.1.2 Propiedades del sistema "ABSACS".	
3.1.1.3 Significado de las siglas "ABSACS".	
3.1.2 Estructura y equivalencias usadas en el sistema	
3.2 Sistema para cálculos de capacidad de maquinaria y equipo "BMC".	
3.2.1 Objetivos.	
3.2.2 Significado de las siglas "BMC".	
3.2.3 Estructura del sistema "BMC".	
3.3 Formulación de productos y capacidades de equipo.	

CAPITULO 4. LIMITACIONES Y RECURSOS DE LA PLANTA.

- 4.1 Flujo de producto en la planta.
- 4.2 Información técnica sobre productos y materia prima.
- 4.3 Ventas
 - 4.3.1 Sistema de pronósticos de ventas
 - 4.3.1.1 Definición.
 - 4.3.1.2 Alcances y usos.
 - 4.3.1.3 Indices de temporada.
 - 4.3.1.3.1 Definición.
 - 4.3.1.3.2 Procedimientos de cálculo.
 - 4.3.1.4 Descripción del sistema de pronósticos.
 - 4.3.2 Sistema de transportación de producto.
- 4.4 Despacho.
 - 4.4.1 Capacidades medias de almacenamiento.
 - 4.4.2 Recepción de producto de producción a despacho.
 - 4.4.3 Ciclo de vida del producto.
- 4.5 Producción.
 - 4.5.1 Capacidad y costos operativos de producción.
 - 4.5.2 Capacidad máxima de almacenaje de producto en proceso.
 - 4.5.3 Capacidad máxima de almacenaje de materia prima en proceso.
 - 4.5.4 Horas disponibles de producción.
- 4.6 Almacén de materia prima.
 - 4.6.1 Capacidad de almacenamiento y suministro de materiales.
 - 4.6.2 Políticas y sistemas de inventarios.

CAPITULO 5. PLANTEAMIENTO DE ECUACIONES DEL MODELO MATEMÁTICO.

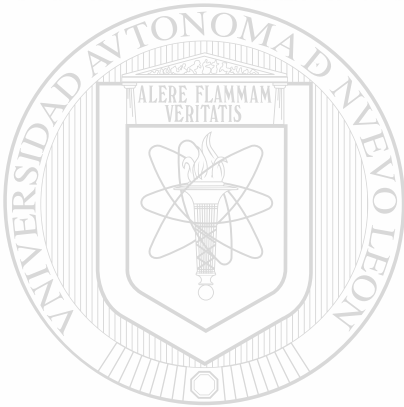
44®

- 5.1 Generalidades sobre investigación de operaciones.
 - 5.1.1 Definición de investigación de operaciones.
 - 5.1.2 Metodología.
 - 5.1.3 Programación lineal.
- 5.2 Formulación del modelo matemático.
 - 5.2.1 Objetivos del modelo.
 - 5.2.2 Ecuaciones para la sección de despacho.
 - 5.2.3 Ecuaciones de la zona de producción.
 - 5.2.4 Ecuaciones del almacén de materia prima.
 - 5.2.5 Tabla Simplex.

CAPITULO 6. RESULTADOS

- 6.1 Flujo de información.
- 6.2 Sistema de pronósticos de ventas.
 - 6.2.1 Descripción de la información de entrada.
 - 6.2.2 Cálculos.
 - 6.2.3 Descripción de la información de salida.
 - 6.2.4 Listado del programa de pronósticos.
- 6.3 Método Simplex
 - 6.3.1 Listado de resultados del programa Simplex.
 - 6.3.2 Comentarios.

B I B L I O G R A F I A



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

R E S U M E N

En el presente trabajo se ha pretendido lograr el desarrollo de un proyecto para optimización de la producción con la aplicación de técnicas de investigación de operaciones.

Los objetivos que se han definido están enfocados hacia la minimización de los costos de fabricación, considerando todos los factores que influyen en la capacidad instalada de la planta.

La tesis se ha dividido en seis capítulos tratando de dar un conocimiento general de la industria en primer lugar y después de esto ahondar en el modelo matemático.

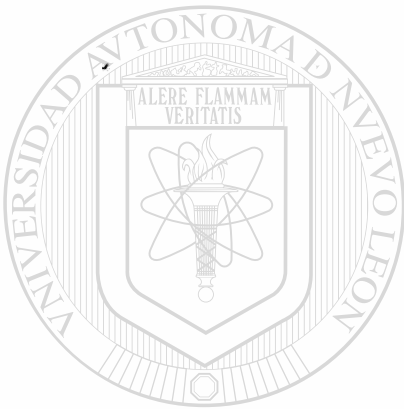
En el Capítulo 1 se podrá encontrar un resumen de los orígenes, desarrollo y los procesos modernos de fabricación.

En el Capítulo 2 se verá la organización de la planta y las actividades desarrolladas por los principales departamentos que integran una fábrica de pan.

El Capítulo 3 trata de dar un panorama general de algunos sistemas de control administrativo usados dentro del departamento de Producción y algunas premisas de carácter general, esenciales para el desarrollo del proyecto.

Todas las limitaciones y recursos de la planta que son la base para el desarrollo de las ecuaciones matemáticas del Capítulo 5, se hace una presentación sistemática en el Capítulo 4.

En el Capítulo 6 se esquematizan los resultados obtenidos, la descripción del programa de generación de pronósticos de ventas y los resultados generados con el paquete de Programación Lineal ALPS-1 de la Computadora Burroughs B-6700 de la UNAM.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 1

INTRODUCCION A LOS PROCESOS DE PANIFICACION

1.1 Historia del Pan

El pan es tan antiguo como el hombre mismo, ya que en la Edad de Piedra el pan se elaboraba mediante un procedimiento muy sencillo que consistía en lo siguiente:

1. Despedazar grano de trigo o cebada con piedras.
2. Hacer pasta agregando agua.
3. Cocer la pasta dejándola secar al sol.

En los primeros años de la humanidad, la molienda de grano y la elaboración de pan eran oficios gemelos, pues en muchas casas de culturas tan antiguas como los Caldeos, Sirios, etc., se encontraban hornos para cocer pan y piedras para moler grano. Los que más perfeccionaron el oficio de

pan fueron los Egipcios, de quienes cuenta Herodoto que tenían la costumbre de amasar el pan con los pies; mientras que la arcilla era modelada con la mano.

Con el tiempo se fué perfeccionando más la técnica de elaboración de pan, los egipcios usaban mezclas de grano de trigo y cebada para harina de pan, también descubrieron la harina blanca al separar la cáscara de grano de trigo, se les atribuye el uso de la levadura y el desarrollo de la pastelería al añadir huevos y miel a la masa.

De este pueblo aprendieron los judíos la elaboración del pan e hicieron extensiva esta costumbre para ellos, ya que durante la época de pascua consumen pan ázimo o sin levadura como sacrificio a Jehová.

En Roma aparecieron los primeros panaderos públicos; y en las ruinas de Pompeya se encontraron hogazas de pan de forma circular, con el sello del fabricante, debido a que el gobierno lo exigía para controlar el peso y la pureza del producto.

En Roma, en tiempos de la república, el gobierno controlaba el grano que se almacenaba en graneros públicos para ser distribuido posteriormente entre los panaderos.

En la Edad Media, en Europa aparecen las primeras sociedades artesanales como las sociedades de panaderos blancos y la de los cafés en Inglaterra.

El trigo vino a América con la llegada de los conquistadores, aunque era usado el maíz para alimentación de los habitantes precolombinos de continente.

El pan de caja tuvo su origen en las colonias existentes en los Estados Unidos donde usaban latas en lugar de los utensilios habituales, dando origen al tradicional pan americano.

En México los primeros panaderos fueron franceses, por lo que el pan predominante es el llamado "francés" o "bolillo".

1.2 Clasificación de los productos de panificación.

Los productos de panadería se pueden clasificar en dos grupos:

a) Productos de fermentación.

Se caracterizan por el uso de levadura de cerveza como agente productor de CO₂ por su acción sobre los azúcares, haciendo que el producto tome la forma de esponja al quedar atrapado el gas entre las celdillas del pan.

b) Productos de pastelería, bizcochería y galletería.

En éstos el gas carbónico es producido por agentes químicos que reaccionan en presencia de calor.

1.2.1

Grupo # 1

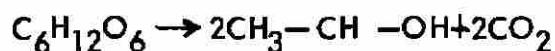
1.2.1.1

Fermentación

Se le llama fermentación al proceso microbiológico de producción de alcohol y CO₂ acompañado de efervescencia y producción de espuma.

En el siglo XVIII se descubrió la reacción de fermentación que consistía en la descomposición del azúcar en alcohol y gas carbónico.

La reacción se puede describir como sigue:



Glucosa \rightarrow Alcohol etílico + Dióxido de Carbono.

Se creía que la fermentación era producida por un "ente" existente en el vino, hasta que en 1839 se encontró que se podía evitar hirviendo las subs-

tancias y poniéndolas en contacto con aire caliente, se hicieron observaciones en microscopio y se encontró la reproducción de la levadura, por lo que se dedujo que la fermentación se debía a organismos vivos, los cuáles fueron bautizados con el nombre de "Hongos del azúcar".

Pasteur, con sus experimentos demostró que toda fermentación es producida por un organismo vivo específico y resumió sus conclusiones en esta frase: - "no hay fermentación sin vida".

En el pan se producen diferentes tipos de fermentación, siendo las principales las siguientes:

a) Fermentación alcohólica.

Es la más importante en la industria de pan y es producida con la levadura de cerveza (*Sacharomyces cerevisiae*), con un rendimiento de 90% sobre el azúcar.

El 10% de pérdida es debido a la producción de otras sustancias, tales como glicerina, aceite de fusel, ácido succínico y otras que conjuntamente contribuyen al buen olor del pan.

b) Fermentación acética.

El alcohol al ponerse con contacto con el aire sufre una reacción que produce ácido acético, presentando una capa de aspecto gelatinoso formada por una gran cantidad de microorganismos del género *aceto-bacter*.

Es bueno para el gluten (proteínas del pan), la presencia de ácido acético en pequeñas escalas, pues tiene efecto suavizante y además mejora el sabor del pan.

c) Fermentación butírica.

Es indeseable en la fabricación de pan y se efectúa en la manteca cuando la temperatura es mayor que 40°C por descomposición de ésta.

d) Fermentación láctica.

Esta se efectúa sobre la leche por efecto del envejecimiento de ésta y la producción de ácido láctico que influye en el sabor del pan, por lo que es deseable su presencia.

1.2.1.2 Procesos de fabricación.

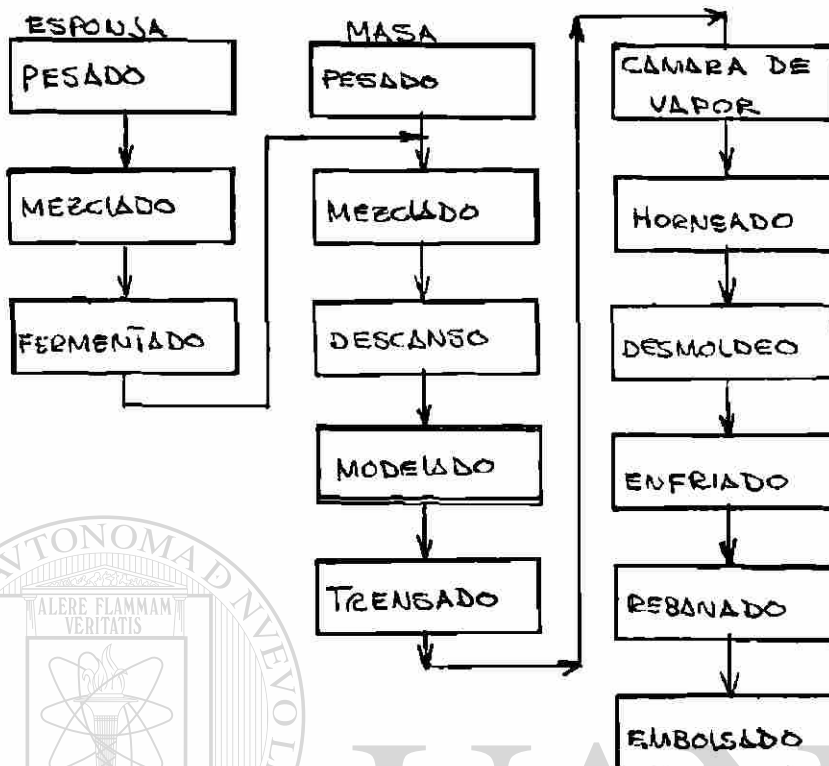
Los procesos usados en la fabricación de pan son los siguientes:

a) Esponja y masa.

b) Masa directa.

c) Continuo.

a) Esponja y masa:



Este proceso tiene ciertas ventajas sobre los otros dos y son las siguientes:

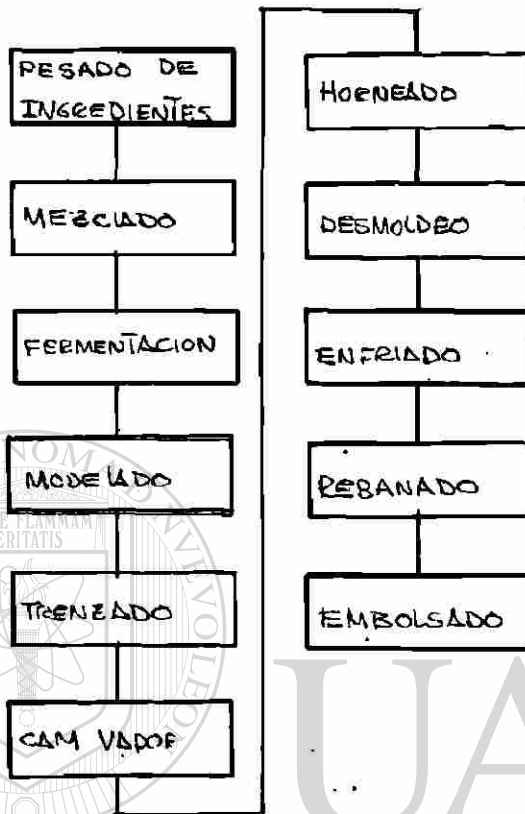
a) Mejor sabor, volumen y comestibilidad en el producto

b) Ahorro en la materia prima.

c) Flexibilidad en el proceso para absorber atrasos en la producción.

Pero tiene desventajas en el tiempo de proceso y en el espacio que ocupa - la maquinaria.

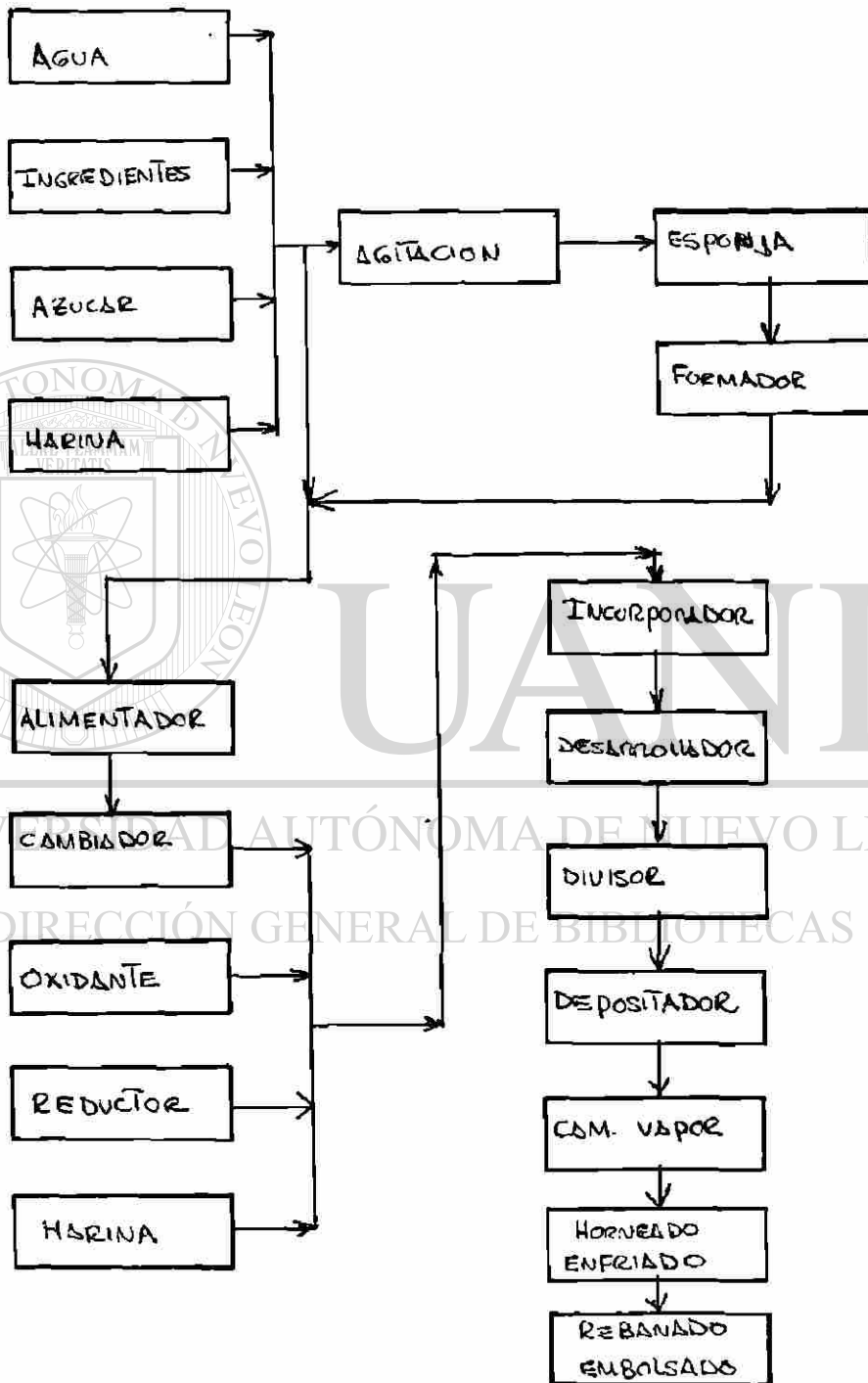
b) Proceso de masa directa.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

El proceso de masa directa tiene la ventaja del ahorro en espacio y tiempo,[®]
DIRECCION GENERAL DE BIBLIOTECAS
pero las desventajas en la presentación del producto y en su sabor.

c) Sistema de producción continua:



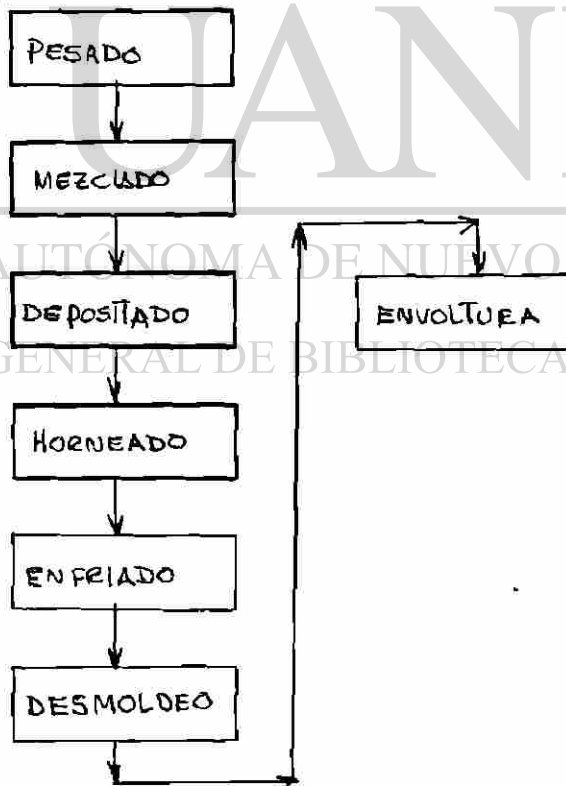
Este proceso tiene las ventajas de requerir espacio de trabajo muy reducido, mejores condiciones sanitarias, mayor uniformidad en el producto y costos de operación menores a una misma escala de operación.

Las desventajas son que sólo es costeable a una producción mayor de 500,000 kgs. de pan a la semana, en casos de atrasos resulta muy difícil la recuperación de tiempo perdido y sólo se puede fabricar un tipo de producto.

1.2.2 Grupo # 2 o productos de pastelería, biscochería y galletería.

1.2.2.1 Proceso de fabricación.

El proceso de fabricación para el segundo grupo es muy simple y consiste en lo siguiente:



CAPITULO 2

ORGANIZACION Y DISTRIBUCION DE UNA PLANTA DE PAN

2.1 Organigrama de una planta de pan

Los departamentos que integran una planta de pan son los siguientes:

1. Gerencia General
2. Contabilidad
3. Ventas
4. Servicios Administrativos
5. Producción
6. Mercadeo
7. Vehículos
8. Despacho
9. Compras
10. Personal
11. Sistemas



UANL

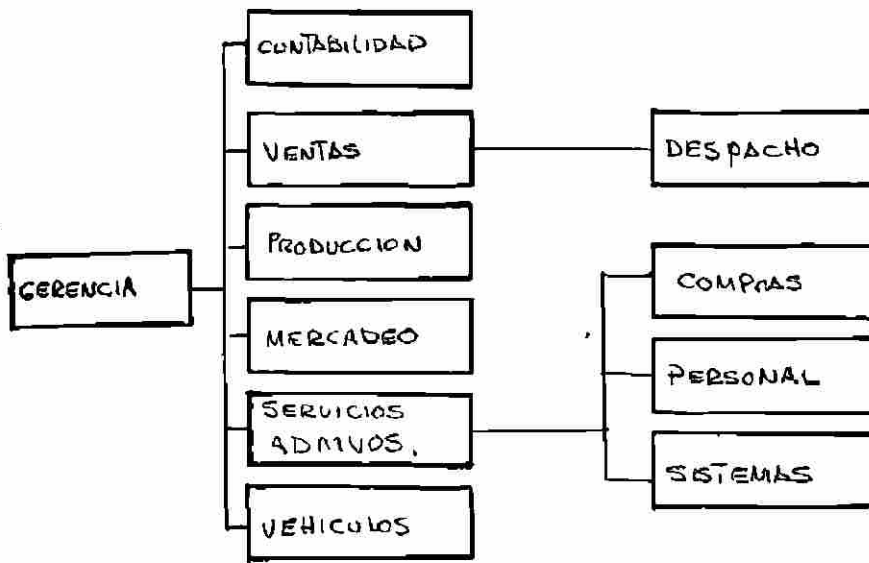
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

La jerarquía de los departamentos se puede apreciar en el siguiente organi-

grama:



2.3 Actividades principales de los departamentos:

Gerencia General.

Planeación, organización y control de las actividades que desarrolla la planta.

Contabilidad.

Registro de las operaciones contables de la empresa.

Elaboración de estados financieros.

Control de percepciones en efectivo, fondos y recursos financieros.

Control de cuentas por cobrar y pagar.

Ventas.

Distribución y venta de los productos elaborados por la planta.

Elaboración de estadísticas de ventas.

Servicios Administrativos.

Coordinación de las actividades de los departamentos de Compras, Per-

sonal y Sistemas.

Producción.

Producir la cantidad requerida.

En el tiempo debido.

Dentro de las especificaciones de costo y calidad.

Dentro de un marco adecuado de relaciones humanas.

Mercadeo.

Identificación de nuevos mercados.

Pronósticos de ventas.

Elaboración de encuestas de mercado.

Análisis de ventas.

Vehículos.

Adquisición de vehículos.

Mantenimiento de las flotillas de reparto y transporte.

Despacho

Recepción de la producción de la planta.

Entrega a ventas y a las agencias de la ciudad sus pedidos.

Compras.

Adquisición de materia prima y artículos necesarios en la planta.

Control de las existencias de los almacenes.

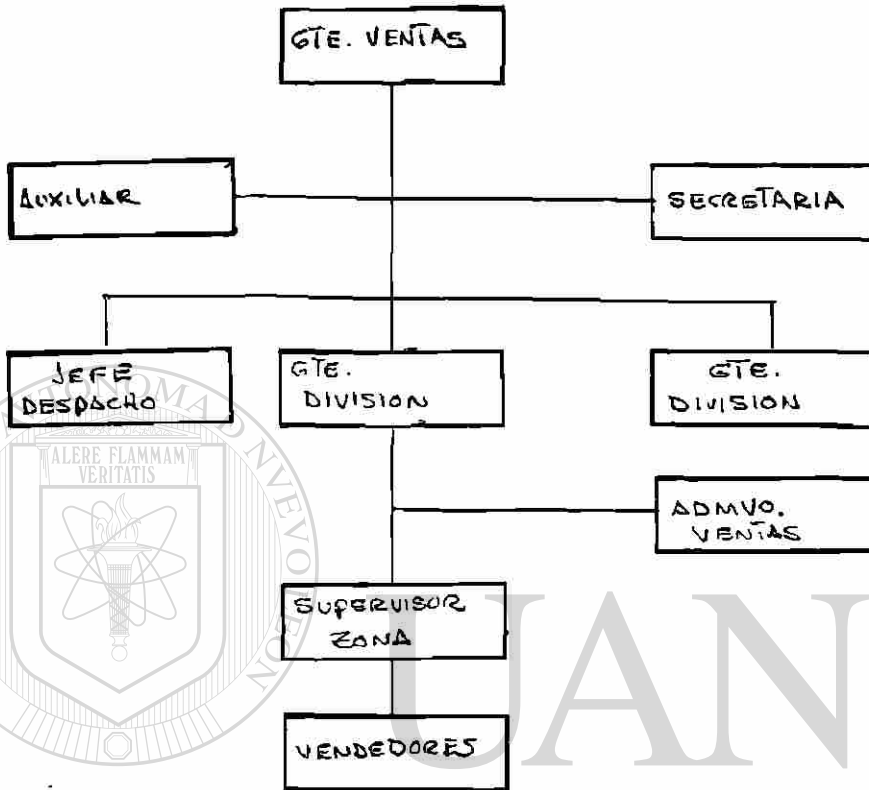
Sistemas.

Procesamiento electrónico de la información necesaria para el desarrollo normal de las actividades de la empresa.

2.2

Organigrama de los Departamentos de Ventas y Producción.

Departamento de Ventas.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

Departamento de Producción

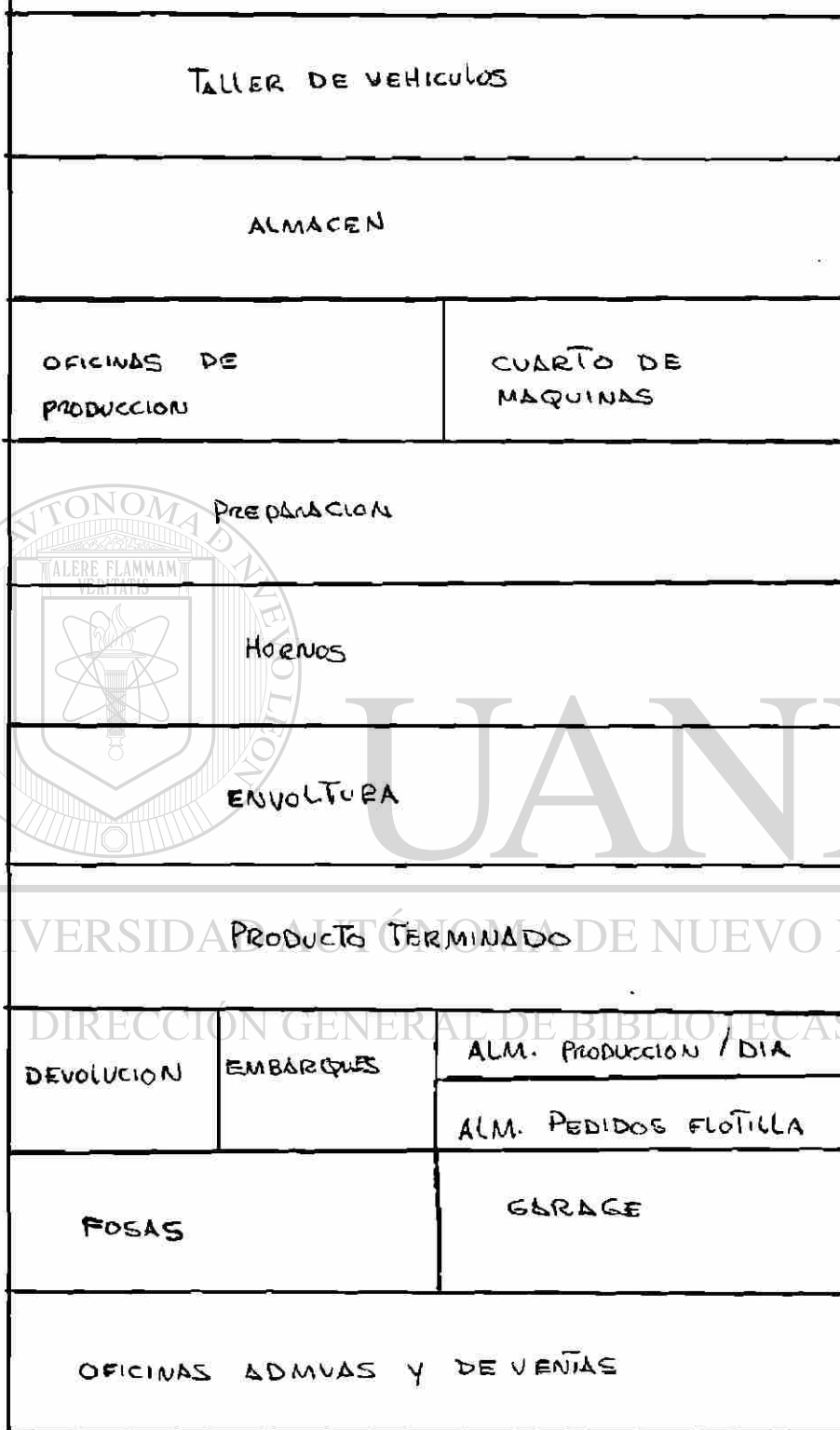
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®



2.4

Distribución de áreas en una planta de panificación.



2.5 Sistema de planeación y control de la producción.

Las funciones que desarrolla cada departamento se exponen en la siguiente tabla:

<u>Departamento</u>	<u>F u n c i o n e s</u>
Ventas	Elaboración de pedidos.
Despacho	Recibir pedido de ventas. Elaborar pedido a Producción. Recepción de producto terminado. Suministro a Ventas. Pronóstico de ventas. Explosición de materiales. Suministro a líneas de materia prima. Pedidos a proveedores. Actualización de archivos: (inventarios, - - clientes y estadísticas).
Producción	Orden de suministro de materia prima. Programación de la producción. Entrega a Despacho. Análisis de Costos de Producción.
Mercadeo	Análisis de pronósticos. Análisis de estadísticas de ventas.
Compras	Adquisición de materia prima. Análisis de inventarios.



U A N L

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

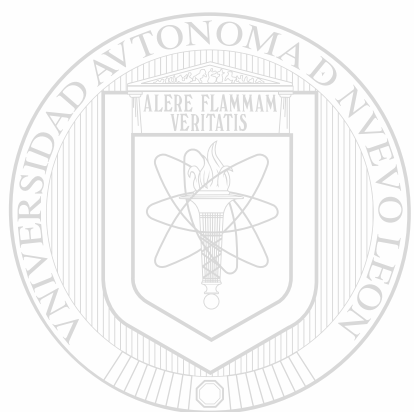
Almacén

Entrega a Producción de materia prima.

Activación de pedidos.

Recepción de materia prima.

Control de calidad.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 3

FORMULACION Y ESPECIFICACIONES DE ARTICULOS Y MAQUINARIA DE LA INDUSTRIA PANIFICADORA

3.1 Sistema de codificación "ABSACS"

3.1.1 Generalidades

3.1.1.1 Necesidad del establecimiento de un sistema de identificación numérico.

Dentro de una empresa de tamaño medio, el número de artículos que se manejan llega a sobrepasar los 100,000 y crea los siguientes tipos de problemas:

1. Existencia de varios nombres que identifican a un mismo artículo.
2. Errores en los controles administrativos, tales como registros contables equivocados, pedidos duplicados, suministro de materiales a producción innecesarios, faltantes, etc.

3. Problemas para el personal nuevo relacionados con la identificación de materiales.

Con el fin de evitar este tipo de problemas y facilitar el manejo de la información dentro de la industria se proyecta un sistema para estandarizar la identificación de artículos.

3.1.1.2 Propiedades del sistema "ABSACS".

- a) Consistencia en su estructura, pues toda es numérica.
- b) Capacidad para incluir todo artículo usado en la industria de panifica-

ción.

- c) Exclusividad, un código identifica a un solo artículo.
- d) El aprendizaje y el manejo del sistema es muy simple.
- e) Los procedimientos y normas de clasificación siguen una estructura lógica acorde a las necesidades de la industria.

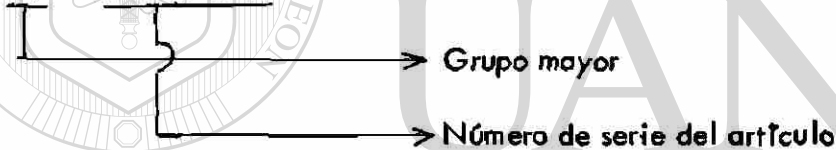
3.1.1.3 Significado de las siglas "ABSACS".

AMERICAN BAKING SOCIETY ARTICLE CODING SYSTEM
A B S A C S

3.2 Estructura y equivalencias usadas en el sistema.

La representación general del código del artículo es la siguiente:

X - X X X X X



Equivalencias para el grupo mayor:

X - X X X X X

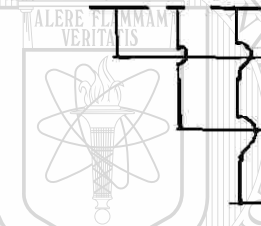
0. Productos terminados.
- 1. Productos y sub-productos.
 - 2. Materia prima
 - 3. Maquinaria y equipo de producción.
 - 4. Refacciones para maquinaria y equipo de producción.
 - 5. Vehículos y equipo de transportación

6. Refacciones para vehículos.
7. Artículos para higiene y seguridad
8. Mobiliario y equipo de oficina.
9. Papelería

Las equivalencias del grupo mayor son fijas y las del número de serie varían según las necesidades de la planta. Se mencionará como referencia la estructura usada en los grupos 0, 1, 2 y 3.

Grupos 0 y 1.

X - X X X X X



→ Fábrica donde se elabora

→ Tipo de producto

→ Número de secuencia

Grupo 2.

X - X X X X X

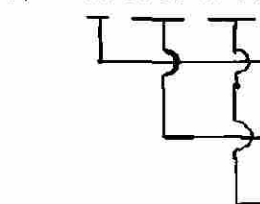


→ Tipo de materia prima

→ Tipo de envase y número de secuencia

Grupo 3.

X - X X X X X



→ Maquinaria o equipo

→ Marca de fabricante

→ Línea de fabricación

3.2 Sistema para cálculo de capacidad de maquinaria y equipo "BMC".

3.2.1 Objetivos.

- a) Obtención de una medida de la capacidad de un equipo.
- b) Estandarización en los criterios para estimación de ritmos de producción.

3.2.2 Significado de las siglas "BMC".

BAKING	MACHINE	CAPACITY
B	M	C

3.2.3 Estructura del sistema "BMC".

- a) Términos usados.

Capacidad

Es una relación numérica referida a la máxima cantidad de unidades de producción (Mts., Lts., Kgs., etc.), en un tiempo dado, expresado en minutos, segundos, etc.

Tipos de capacidades:

1. Capacidad Teórica.

Es aquella cantidad de unidades de producción que se podría obtener en un tiempo dado, cuando no existen circunstancias o factores que producen atrasos y pérdidas en producción.

2. Capacidad Real.

Es la producción máxima obtenible en un tiempo dado, considerando todos los factores y circunstancias que reducen el tiempo disponible de producción.

3. Capacidad de Reserva.

Es un porcentaje calculado sobre la capacidad teórica que se utiliza pa

ra cubrir atrasos en las líneas de producción, debidos a paros anormales y cambios en las órdenes de producción.

Reductores

Factores que reducen el tiempo disponible de producción.

Tipos de reductores:

1) Tipo # 1

Tiempo perdido por causas de la materia prima.

- a) Fermentación
- b) Evaporación
- c) Materia prima fuera de especificaciones

Causas

2) Tipo # 2

Tiempo perdido debido a ineficiencia de la maquinaria.

- a) Envejecimiento
- b) Mantenimiento preventivo y correctivo (fallas menores)
- c) Condiciones inadecuadas de operación.

Causas

3) Tipo # 3

Tiempo perdido debido a la mano de obra.

- a) habilidad y conocimiento del trabajo
- b) Ausentismo
- c) Fatiga y necesidades personales
- d) Condiciones del medio ambiente.

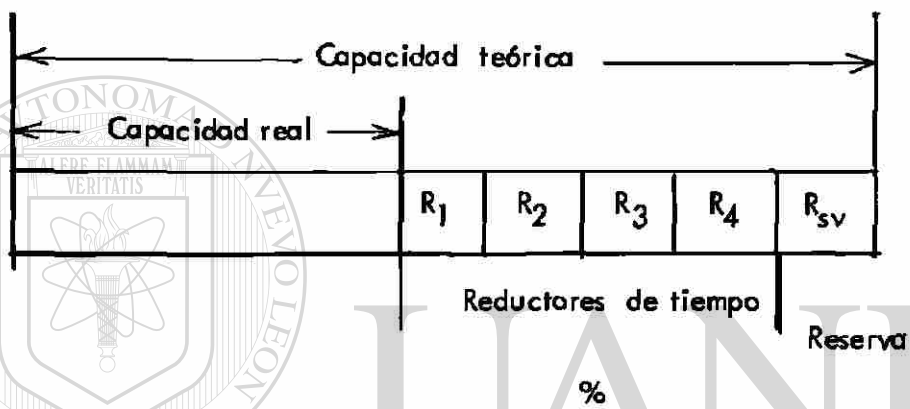
Causas

4) Tipo # 4

Tiempo perdido por situaciones incontrolables.

- Causas
- a) Fallas en las entregas de materia prima
 - b) Cambios de última hora
 - c) Fallas en el suministro de energéticos.
 - d) Fallas mayores en el equipo.

Integración de la capacidad teórica de una máquina.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

3.3 Formulación de productos y capacidades de equipo

Producto	P. Grande	P. Chico	P. Negro	P. Centeno	Bollo Dulce	P. Danés	Cake Pasas	Cake Nuez	Cake Chico	Cake redondo	Buñuelo	Donas	Pan Integral	Bollo
Descripción														
Harina	351	308	323	185	123	101	75	75	75	75	65	65	279	87
Harina integral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	116	-
Harina centeno	-	-	80	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Harina preparada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fécula	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	140	-
Manteca	9	8	7	6	28	29	-	-	-	-	35	4	12	3
Aceite	-	-	-	-	-	-	11	11	11	11	11	-	-	-
Azúcar refinada	-	-	-	-	50	-	-	-	75	-	-	-	50	8
Azúcar standard	30	26	25	25	-	37	52	52	75	75	25	32	-	-
Azúcar invertida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-
Huevo en polvo	-	-	-	-	-	52	9	9	4	4	62	25	-	-
Leche en polvo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Levadura	9	8	10	6	12	6	-	-	-	-	-	-	15	3
Polvo de hornear	-	-	-	-	-	-	1	1	3	3	1	-	-	-
Color	-	-	-	-	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-
Color	-	-	5.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Color	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sabor	-	-	-	-	-	-	0.9	-	-	-	-	-	-	-
Sabor	-	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	-
Sabor	-	-	-	-	0.4	-	-	-	0.5	-	-	0.2	-	-
Sabor	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	0.2	-	-
Nuez	-	-	-	-	-	-	-	76	-	-	-	-	-	-
Pasas	-	-	-	-	-	21	12	-	-	-	-	-	-	-
Agua purificada	197	179	231	540	114	64	76	76	80	80	140	56	239	52
Alimento levadura	1.8	1.54	1.5	1.1	1.2	1.0	-	-	-	-	-	-	-	0.5
Enzimas	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	-	-	-	-	-	-	0.2	0.1
Sal	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-
Alcaravea	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	-	-	-	-	-	-	-	-
Soda	-	-	-	-	-	-	0.3	0.3	-	-	-	-	-	-
Span Atmizo	-	-	-	-	-	-	0.7	0.7	0.7	1.0	-	-	-	-
C.M.C. 250 asci	-	-	-	-	-	-	0.2	0.2	0.2	0.2	-	-	-	-
Tween W50	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1	0.1	-	-	-	-
Antioxidante # 4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5	-	-
Bolsa pan grande	800	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolsa pan chico	-	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolsa pan negro	-	-	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolsa pan centeno	-	-	-	1500	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bolsa pan integral	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1500	-
Bolsa bollo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	350
Celofán	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-

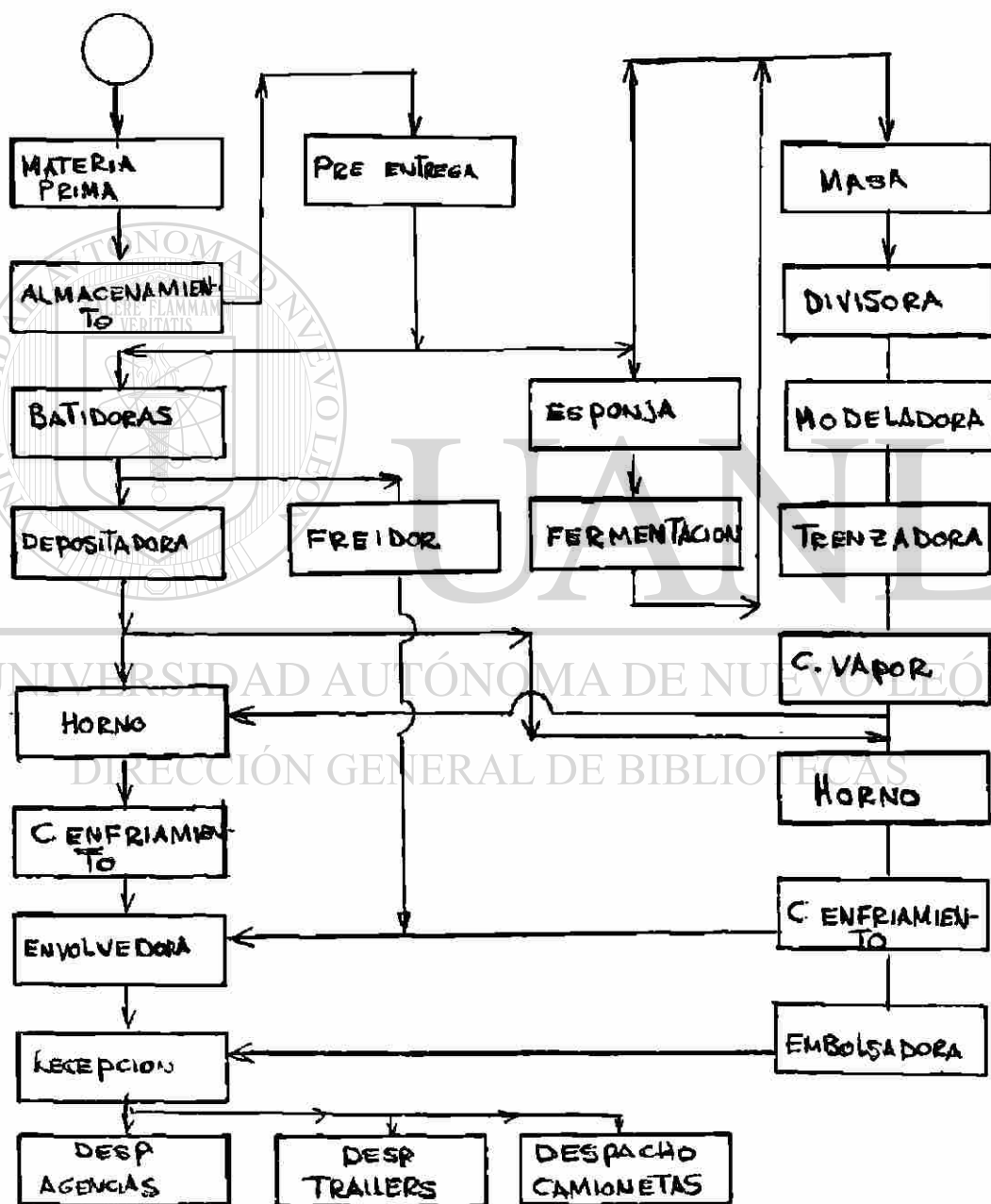
Capacidad del equipo de producción.

Número de Equipo	Descripción	Capacidad
3-10101	Mezcladora # 1	4 pesadas/hora
3-10102	Mezcladora # 2	4 pesadas/hora
3-10203	Cam. Fermentación	10 jaulas/hora
3-10104	Divisora	90 pzas./minuto
3-10105	Modeladora	90 pzas/minuto
3-10306	Trenzadora	90 pzas./minuto
3-10407	Horno	2,000 kg./hora
3-10508	Freidor	2,000 pzas./hora
3-10209	Cam. enfriamiento	2,000 pzas./hora
3-10110	Embolsadora	90 pzas./minuto
3-10111	Batidoras	6 batidos/hora
3-10713	Desmoldeador	12,000 pzas./hora
3-10915	Envolvedora	120 pzas./minuto
3-10816	Depositadora	12,000 pzas./hora

CAPITULO 4

LIMITACIONES Y RECURSOS DE LA PLANTA

4.1 Flujo de producto en la planta.



Información técnica sobre productos y materia prima.a) Información sobre producto terminado.

Paleta, Charola de plástico que sirve para el acomodo y manejo - de producto.

Jaula, Estructura metálica montada sobre ruedas, cuya función es la de servir como gabinete para el almacenamiento y manejo de paletas con producto terminado.

La capacidad de almacenamiento de jaulas y paletas para los diferentes productos se especifica en la tabla siguiente:

Número	Descripción	Pzas/bolsa	Pzas/paquete	Pzas/paleta	Pzas/jaula
0-01101	Pan Grande	1	-	11	330
0-01102	Pan Chico	1	-	15	450
0-01103	Pan Negro	1	-	15	450
0-01104	Pan Centeno	1	-	15	450
0-01105	Pan Integral	1	-	15	450
0-01106	Bollo Dulce	-	1	24	720
0-01107	Bollo	8	-	48	1440
0-01108	Pan Danés	-	1	15	450
0-01201	Cake Pasas	-	1	12	360
0-01202	Cake Nuez	-	1	12	360
0-01203	Cake Chico	-	4	72	2160
0-01204	Cake Redondo	-	4	72	2160
0-01307	Buñuelo	-	4	100	3000
0-01302	Donas	-	4	100	3000

Una jaula tiene una capacidad de almacenaje de 30 Paletas y ocupa - un area de 1.50 mts²

b) Información sobre Materia Prima.

La materia prima se acomoda en tarimas de madera que ocupan un

área de 1.25 mts.², y la capacidad de almacenaje es diferente para cada tipo de ingrediente y se especifica para cada tipo en la tabla siguiente:

Tabla de capacidades de almacenamiento en tarimas de materia prima.

Número	Descripción	Unidad	Peso	P/Tam.	Apilación tarimas
2-01010	Harina T # 1	Saco	50	30	2
2-01040	Harina integral	Saco	50	30	2
2-01050	Harina centeno	Saco	50	30	2
2-01060	Harina preparada	Saco	50	30	2
2-01070	Fécula	Saco	50	30	2
2-02010	Manteca	Caja	30	15	2
2-02040	Aceite vegetal	Tambor	350	4	1
2-03010	Azúcar refinada	Saco	40	25	2
2-03020	Azúcar Std.	Saco	40	25	2
2-03030	Azúcar invertida	Tambor	50	5	1
2-04010	Huevo en polvo	saco	25	45	2
2-05010	Leche en polvo	Saco	25	45	2
2-06010	Levadura	Caja	1	75	1
2-06020	Polvo de hornear	Saco	50	30	2
2-07010	Color	Garraf.	15	8	1
2-07020	Sabor	Garraf.	18	8	1
2-08010	Nuez	caja	15	12	2
2-8020	Pasas	Caja	25	10	2
2-09010	Agua	Tanque	12,000	-	-
2-09020	Alimento	Caja	1	50	1
2-09030	Enzima	Caja	1	50	1
2-09040	Emulsificante	Tambor	250	4	2
2-09050	Sal	Saco	50	30	2
2-09060	Inhibidor	Tambor	250	4	2
2-09070	Alcaravea	Tambor	250	4	2
2-09080	Acido sórbico	Tambor	250	4	2
2-09090	Soda	Saco	25	30	2
2-09100	Span ATM 120	Tambor	250	4	2
2-09110	C.M.C. 250 Ascí	Tambor	250	4	2
2-09120	Tween W50	Tambor	250	4	2
2-09130	Antioxidante # 4	Tambor	250	4	2
				Rendi- miento	
2-10010	Bolsa pan grande	pza.	1	3,000	2
2-10020	Bolsa pan chico	pza.	1	4,500	2
2-10030	Bolsa pan negro	pza.	1	4,500	2
2-10040	Bolsa pan centeno	pza	1	4,500	2
2-10050	Bolsa pan integral	pza.	1	4,500	2
2-10060	Bolsa bollo	b o l l o	1	4,500	2
				Bobinas/ Tarima	
2-11010	Celofán	Bob.	2,000	16	2

4.3 Ventas

4.3.1 Sistema de pronóstico de ventas.

4.3.1.1 Definición

Es la realización de una estimación cualitativa o cuantitativa de lo que posiblemente pasará en el futuro de una situación, dentro de ciertas circunstancias establecidas.

4.3.1.2 Alcances y usos del pronóstico de ventas.

Los pronósticos de ventas son esenciales para una planeación efectiva - de las operaciones fabriles, vienen siendo la unión entre los movimientos externos e incontrolables de la economía y los asuntos internos y controlables de la compañía.

Para mayor claridad se muestra la figura siguiente:

USOS DEL PRONOSTICO DE VENTAS



4.3.1.3 Indices de temporada

Los pronósticos de ventas se aplican en dos formas:

a) A nuevos productos.

Que se realizan mediante encuestas, pruebas y estudios del mercado potencial que tiene el producto.

b) Productos ya existentes.

Se hacen por medio de sistemas matemáticos que analizan el comportamiento del producto y proyectan las ventas de acuerdo a la información existente.

Las ventas a veces fluctúan según la época del año y para detectar esas variaciones y que las cifras del pronóstico sean más realistas, se usan constantes numéricas para aumentar o disminuir la cifra pronosticada según sea la fluctuación que marque la época del año.

4.3.1.3.1 Definición de índices de temporada.

Es una constante numérica que se utiliza para el ajuste de la cifra pronosticada cuando la variación de ésta no es debida al azar, sino a la época del año.

4.3.1.3.2 Procedimiento de cálculo

Dentro del sistema existen varios niveles:

- a) Nivel 1. Índice de crecimiento anual
- b) Nivel 2. Índices mensuales.
- c) Nivel 3. Índice semanal de ventas.

d) Nivel 4. Índice diario.

a) Para cálculo de índices de crecimiento anual se utiliza el siguiente procedimiento:

1) Elaborar matriz de venta = V_{ijkl}

donde i = año

j = mes

k = semana

l = días

2) Calcular

$$V_{\text{anual}}^i = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L V_{ijkl}$$

$$V_{\text{anual}}^{i+1} = \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L V_{ijkl}^{i+1}$$

$$\text{Obtener \% de incremento} = \frac{V_{\text{anual}}^{i+1} - V_{\text{anual}}^i}{V_{\text{anual}}^i}$$

b) Índices mensuales

1) Calcular $V_{\text{mensual}}^{ij} = \sum_{i=1}^N V_{\text{men}}^{ij}$

i = número de años

j = número de mes

$$V_{\text{men acum}}^j = \sum_{i=1}^N V_{\text{men}}^{ij}$$

$$V_{\text{tot acum}} = \sum_{j=1}^{12} V_{\text{men acum } j}$$

$$V_{\text{prom}} = \frac{V_{\text{tot acum}}}{12}$$

2) Obtener factor de temporada como:

$$F_{\text{Temp men } j} = V_{\text{men acum } j} / V_{\text{prom}}$$

e) Indice semanal

Para un mes j determinado:

Calcular $V_{\text{sem } ijk}$

$$V_{\text{sem acum } k} = \sum_{i=1}^N V_{\text{sem } ijk}$$

$$V_{\text{tot acum}} = \sum_{k=1}^4 V_{\text{sem acum } k}$$

$$V_{\text{prom sem}} = V_{\text{tot acum}} / 4$$

$$F_{\text{tem sem } jk} = V_{\text{sem } k} / V_{\text{prom sem}}$$

d) Indice diario para una semana K de un mes J.

$$\text{Calcular } V_{\text{diaria acum } i|} = \sum_{j=1}^N V_{ijkl}$$

$$V_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^7 V_{\text{diaria acum } i|}$$

$$V_{\text{prom}} = V_{\text{tot}} / 7$$

$$F_{\text{tem diario } jkl} = V_{\text{diaria acum } i|} / V_{\text{prom}}$$

4.3.1.4 Descripción sistema de pronósticos

El sistema que se usa para el cálculo de pronósticos es el de amortigua

ción exponencial con factores de temporada.

Este tiene la ventaja de darle mayor importancia a los sucesos más recientes y menos a los antiguos, las formas empleadas son las siguientes:

$$\text{Promedio nuevo de venta} = \alpha \left(\frac{\text{venta real}}{\text{factor de temporada anterior}} \right) + (1-\alpha) \text{pronóstico anterior}$$

$$\text{Tendencia nueva} = \alpha (\text{promedio nuevo} - \text{promedio anterior}) + (1-\alpha) \text{tendencia anterior}$$

$$\text{Pronóstico nuevo} = \text{Factor temporada} (\text{Tendencia nueva} + \text{promedio nuevo})$$

En la sección 6.2 se podrá encontrar un programa para generación de pronósticos.

4.3.2 Sistema de transportación de producto.

Vehículos de transporte.

Existen dos tipos de vehículos pesados para el transporte de producto terminado.

El primer tipo es el Dina 405 con capacidad de carga de 20 jaulas, usado para surtir a las agencias locales.

El segundo tipo es el Ramírez FT con capacidad de 30 jaulas y utilizado para las agencias foráneas.

Tiempos y costos operativos de transportación a las agencias.

Costo/Hora/unidad	Agencias de la ciudad	\$ 400.00
-------------------	-----------------------	-----------

Agencias foráneas

\$ 250.00

Tiempo máximo de trabajo por día = 14 horas.

Agencia	Horas	Costo del Viaje	Viajes máximos/día
1	0.75	\$ 300.00	9
2	1.20	480.00	5
3	1.50	600.00	4
4	1.85	720.00	3
5	1.10	440.00	6
6	1.60	640.00	4
7	3.60	800.00	2
8	1.90	475.00	3
9	2.50	625.00	2
10	2.30	575.00	3

((7 a 10) agencias foráneas.))

4.4 Despacho

4.4.1 Capacidad media de almacenamiento

El área de almacenamiento total es de 3,000 mt.² distribuidas como sigue:

<u>Concepto</u>	<u>%</u>	<u>Mt.²</u>
Productos nuevos	55	1650
Pasillos	13	390
Devolución	25	750
Reserva	7	210

Almacenamiento de productos.

Número	Descripción	Mt. ² Nuevos productos	Mt. ² Devolución	Mt. ² Reserva
0-01101	Pan grande	437	205	56
0-01102	Pan chico	347	158	44
0-01103	Pan negro	58	26	7
0-01104	Pan centeno	41	18	5
0-01105	Pan integral	148	67	19
0-01106	Bollo dulce	99	45	13
0-01107	Bollo	346	156	44
0-01108	Pan danés	29	13	3
0-01201	Cake Pasas	20	9	3
0-01202	Cake Nuez	11	7	2
0-01203	Cake Chico	25	7	2
0-01204	Cake redondo	50	22	6
0-01307	Buñuelo	30	15	4
0-01302	Donas	6	4	2
T o t a l:		1,650	750	210

La distribución de áreas para cada producto se hace en función al volumen de ventas de cada producto.

4.4.2 Recepción de producto de producción a despacho.

Se tiene un área de 700 Mt.² para almacenamiento de jaulas vacías.

La zona de despacho puede recibir 60 paletas por minuto de la línea de pan y 97 paletas por minuto de las líneas de panquelería como máximo.

Se suministra al departamento de Producción jaulas según la necesidad - que tenga el departamento de éstas.

Por lo general las jaulas que se entregan a despacho, en número deben ser igual a las que recibe el Departamento de Producción.

4.4.3 Tiempo de permanencia y almacenaje de productos.

Ciclo de vida del producto.

Tipo de producto	Despacho	Agencia
Pan	8 horas	12 horas
Pastelillos	8 horas	24 horas

El tiempo de permanencia en despacho se refiere a que la producción - entregada en el turno tiene que ser embarcada durante el transcurso del siguiente.



Turno ; + 1

Producción Artículo B

Embarque producción artículo A

4.5 Producción

UANL

4.5.1 Capacidad y costos operativos de producción

Debido a que en una sola máquina se pueden hacer varios productos, - se pone en forma de tabla la capacidad en piezas/minuto de cada unidad con cada producto.

Capacidad de producción de la maquinaria utilizada en la fabricación de pan y pastelillos.

P r o d u c t o s

M a q u i n a r i a		P r o d u c t o s														
Código	Descripción	Núm.	Pan grande	Pan chico	Pan negro	Pan centeno	Pan integral	Bollo dulce	Bollo	Pan danés	Cake Pasas	Cake Nuez	Cake chico	Cake redondo	Donas	Bunuelos
3-10101	Mezcladora # 1	2	53	100	100	67	100	100	200	100						
3-10102	Mezcladora # 2	2	53	100	100	67	100	100	200	100						
3-10203	C. Fermentación	1	200	375	375	375	250	375	375	750	375					
3-10204	C. Vapor	1	200	375	375	250	375	375	750	375						
3-10104	Divisora	3	90	90	90	90	90	90	90	90						
3-10105	Madeladora	3	90	90	90	90	90	90	90	90						
3-10306	Trenzadora	3	90	90	90	90	90	90	90	90						
3-10407	Horno B P	2	400	400	400	400	400	400	400	400	650	650	900	1200	100	125
3-10508	Freidor	2												1200		
3-10509	C.Enfriamiento	2	400	400	400	400	400	400	400	400	650	650	900	1200	100	125
3-10110	Embolsadora	4	90	90	90	90	90	90	90	90						
3-10111	Batidora	4														
3-10713	Desmoldeador	2														
3-10915	Env. FMC	8														
3-10816	Depositor	2														

Costos de producción

El costo de producción incluye: Materia prima, costos hora-hombre, hora-máquina y gastos generales de fabricación, los costos de los productos se dan a continuación en forma de tabla, donde aparece el artículo y el costo en forma global.

C l a v e	Descripción	Costo unitario de producción
0-01101	Pan grande	3.10
0-01102	Pan chico	2.50
0-01103	Pan negro	3.20
0-01104	Pan centeno	3.80
0-01105	Pan integral	3.80
0-01106	Bollo dulce	0.75
0-01107	Bollo	1.25
0-01108	Pan donés	3.00
0-01202	Cake nuez	4.00
0-01203	Cake chico	0.50
0-01204	Cake redondo	0.50
0-01302	Donas	0.20
0-01307	Buñuelos	0.25

4.5.2 Capacidad máxima de almacenamiento de producto en proceso.

Consiste fundamentalmente en los Mt.² disponibles en la planta, para

acomodar jaulas y paletas situados por lo general al final de las líneas de producción.

Hay 650 Mt.² distribuidos en 250 Mt.² para productos de pan y 400 Mt.² para pastelillos.

4.5.3 Capacidad máxima de almacenaje de materia prima en proceso.

Esta área se encuentra junto al almacén y al principio del proceso de producción, ahí se encuentran las tarimas con los ingredientes necesarios para la preparación de masas y batidos, hay un área definida para cada tipo de proceso .

Las cantidades de materia prima que se colocan en esa área son para la producción de un turno y solo para los ingredientes que ocupan mayor área. En la tabla siguiente se especifican las áreas destinadas a cada tipo de producto.

Tabla de áreas para materia prima en proceso

Ingrediente	Mt. ² (Grupo # 1)	Mt. ² Grupo #2)
Harina	40	35
Azúcar	20	25
Manteca	10	12

Las tarimas se apilan en número de dos en dos.

4.5.4 Horas disponibles de producción

Para el cálculo de horas disponibles de producción es necesario conside-

rar lo siguiente:

- a) Horas por turno que marca la Ley Federal del Trabajo.
- b) Turnos que son necesarios trabajar.
- c) Tiempo concedido para descanso (20 minutos en el turno = .33 hrs.)
- d) Tiempo requerido para ingerir alimentos (30 minutos por turno = 0.50 hrs.)

Tabla de horas de producción

Número de turnos	Hrs/turno	Hrs/día	Hrs/descanso	Hrs/alimentos	Hrs.netas/día
1	8	8	0.33	0.5	7.17
2	7.5	15.5	0.66	1.0	13.84
3	7	22.5	0.99	1.5	20.01

Todas las líneas de producción tienen disponibilidad para trabajar tres - turnos en forma continua y seis días a la semana.

4.6 Almacén de materia prima

Es el lugar en donde se recibe y almacena la materia prima para posteriormente suministrarla a producción para su procesamiento y transformación para la obtención de productos elaborados.

4.6.1 Capacidad de almacenamiento y suministro de materiales

La capacidad de almacenamiento para suministrar materia prima a producción es de dos tarimas cada cinco minutos y un tiempo total de 2.5 horas para suministrar antes del inicio del turno.

Todo lo que se va a entregar a producción se coloca en una zona de pre-almacenamiento que tiene una superficie de 450 Mt.², repartidos en 370 Mt.² para harina y azúcar y 80 Mt.² para reserva en caso de contingencias que puedan ocasionar paros en las líneas de producción, tales como retrasos en la entrega de materia prima o aumentos de demanda no planeados.

4.6.2 Políticas y sistemas de inventarios.

a) Objetivos:

1. Regulación de los niveles de existencias de materia prima para:

- a) Evitar paros y retrasos en las líneas de producción por falta de materia prima.
- b) Facilitar la ejecución del control administrativo de inventarios en la planta.

c) Ayudar a la realización de estados contables más realistas.

2. Obtención de economías:

- a) Al no tener grandes inversiones de capital en almacenes.
 - b) Reduciendo pérdidas por material obsoleto, robos, etc.

b) Procedimientos y políticas de colocación de pedidos.

Todo sistema para pedir y controlar las existencias de materia prima debe responder a cuatro preguntas básicas:

- 1) Cuánto necesitamos.
- 2) Cuánto tenemos,

- 3) Cuándo debemos pedir.
- 4) Cuánto tenemos que pedir.

1) Cuánto necesitamos ?

Para poder contestar esta pregunta es necesaria esta información:

- a) Producción programada del día
- b) Pronósticos de venta.
- c) Fórmulas y especificaciones de productos.
- d) Necesidades totales de cada ingrediente.

2) Cuánto tenemos. ? y Cuándo debemos pedir?

Se deben analizar dos renglones:

- 1) Existencia disponible para producción.
- 2) Pedidos por entregar dentro del tiempo de entrega fijado por el proveedor.

3) Cuánto debemos pedir ?

Se sigue la teoría del lote económico para fijar la magnitud del pedido,

Considerando los tres costos que más influyen en los inventarios (Colocación de pedido, costo de adquisición y mantenimiento de inventario). Se llega a la fórmula de Wilson que es la que fija la magnitud más económica de un artículo y que es la base para la colocación de pedidos.

CAPITULO 5

PLANTEAMIENTO DE ECUACIONES DEL MODELO MATEMATICO

5.1 Generalidades sobre investigación de operaciones.

5.1.1 Definición de Investigación de Operaciones.

La investigación de operaciones es un conjunto de métodos, técnicas y herramientas científicas que se aplican a problemas inherentes a la operación de sistemas hombre-máquina, de manera que proporcionen soluciones óptimas a quienes dirigen dichos sistemas.

Investigación de operaciones tiene dos términos muy especiales:

- 1) Investigación, que indica análisis y planeación de una secuencia de la ejecución de un conjunto de actividades.
- 2) Operaciones. Se refiere al análisis de viabilidad de alternativas de ejecución para una actividad.

El término optimización es referido a la mejor solución posible dentro de un cuadro de restricciones que se presentan en una situación en particular y que es en sí el objetivo de investigación de operaciones.

5.1.2 Metodología de la investigación de operaciones.

Dentro del campo de investigación de operaciones tiene aplicación el método científico en función del concepto filosófico de ciencia. El método científico es un método abierto, explícito, verificable y auto-

corregible, que combina la lógica y la evidencia empírica.

Incluye ciertas etapas para obtener resultados óptimos, y son las siguientes:

- 1) Reconocimiento del problema, determinando todas las restricciones - que encierra y plantea su comportamiento.
- 2) Observación y análisis de la situación que incluye la determinación del modelo matemático que describe y representa la situación en - estudio.
- 3) Elaboración de soluciones preliminares.
- 4) Prueba de las soluciones propuestas.
- 5) Evaluación de resultados obtenidos y ajuste del sistema.
- 6) Decisión sobre la solución óptima al sistema
- 7) Implementación de la solución óptima.
- 8) Diseño de un sistema de evaluación y control que pueda mantener - en un nivel óptimo la operación de la solución.

5.1.3 Programación lineal

Entre las técnicas de investigación de operaciones una de las más aplicables en el medio industrial es la programación lineal.

Se relaciona con el problema de planear un complejo conjunto de actividades y recursos económicos interdependientes, con miras a lograr un cierto resultado óptimo.

Una de las características principales de ese tipo de problemas es el -

que todas las variables están sujetas a un gran número de restricciones, ocasionadas por las condiciones propias del problema en sí; otra es el gran número de soluciones factibles que puede haber y que están en función directa de los objetivos del problema. El estatuto matemático de carácter general que describe un problema de programación lineal es el siguiente:

Maximizar o minimizar la función objetivo:

$$Z = \sum c_n X_n$$

Sujeto a las restricciones lineales $\sum a_i X_i \leq b_i$ donde a_i , b_i y c_i son constantes numéricas y X_i son variables dependientes llamadas "variables de decisión".

En el presente problema la técnica que se usará para obtener la solución óptima es el Método Simplex.

5.2 Formulación del modelo matemático

5.2.1 Objetivos del modelo matemático

- a) Cumplir la demanda del mercado.
- b) Minimización de costos de producción.
- c) Mantenimiento de niveles óptimos de inventario.

Función objetivo:

Q_i = Cantidad a producir del artículo i .

CP_i = Costo de producción del producto i .

Función objetivo = $Z = \sum Q_i \times CP_i$
min

donde $Q_i \geq 0$ y

$$CP_i \geq 0$$

5.2.2 Ecuaciones de la sección de despacho

Esta sección necesita cubrir la demanda de producto de las diferentes -
agencias de la ciudad.

La demanda total del producto i se integra de dos partes:

- 1) Demanda real de cada producto = DR_i
- 2) Demanda pronosticada para cada producto = DP_i

Si NP = número de productos y NA = número total de agencias se
puede representar la demanda total (D) para cada producto de la siguien

te forma:

$$D_i = \sum_{j=1}^{NA} DR_{ij} + \sum_{j=1}^{NA} DP_{ij}$$

Para el transporte de mercancía se tienen dos tipos de transportes M_1 y

M_2 con capacidades de carga de 20 y 30 jaulas respectivamente.

La capacidad máxima de suministro de jaulas a cada agencia se especi-
fica en la siguiente tabla:

<u>Núm. Agencia</u>	<u>Viajes/día</u>	<u>Tipo de unidad</u>	<u>Capacidad en jaulas</u>
1	9	M1	180
2	5	M1	100
3	4	M1	80
4	3	M1	60
5	6	M1	120
6	4	M1	80
7	2	M2	60
8	3	M2	90
9	2	M2	60
10	3	M2	90
		Total =	920

De esto se puede deducir que la capacidad máxima de envío de jaulas por día es de 920.

Q1 \geq 800	} Restricciones por Lotes de producción {	Q8 \geq 800
Q2 \geq 1,500		Q9 \geq 4,000
Q3 \geq 1,500		Q10 \geq 8,000
Q4 \geq 1,500		Q11 \geq 24,000
Q5 \geq 1,500		Q12 \geq 10,000
Q6 \geq 1,500		Q13 \geq 1,500
Q7 \geq 700		Q14 \geq 1,500

Del listado de pronósticos se tiene una demanda para cada producto y la producción no debe exceder del valor de dicha demanda, por lo que:

$$Q_i \leq D_i$$

y las restricciones quedarían:

Q1 \leq 135,000	Q8 \leq 22,000
Q2 \leq 118,000	Q9 \leq 34,000
Q3 \leq 65,000	Q10 \leq 46,000
Q4 \leq 66,000	Q11 \leq 169,000
Q5 \leq 16,000	Q12 \leq 147,000
Q6 \leq 24,000	Q13 \leq 46,000
Q7 \leq 23,000	Q14 \leq 44,000

Si la producción del día es de Q_i piezas y si cada producto tiene Z_i piezas por jaula, entonces Q_i/Z_i = número de jaulas del producto i .

La restricción sería de la forma siguiente:

$$\sum_{i=1}^{NP} Q_i/Z_i \leq 920$$

Para nuestro caso la siguiente tabla expresa las piezas por jaula por cada producto.

Producto	Descripción	Z _i	Lote de producción (pzas/pesada)	Pzas/paleta
Q1	Pan grande	330	800	11
Q2	Pan chico	450	1,500	15
Q3	Pan negro	450	1,500	15
Q4	Pan centeno	450	1,500	15
Q5	Bollo dulce	750	1,500	15
Q6	Pan danés	450	1,500	24
Q7	Cake pasas	300	700	48
Q8	Cake nuez	360	800	15
Q9	Cake chico	2,160	4,000	12
Q10	Cake redondo	2,160	8,000	12
Q11	Buñuelos	3,000	24,000	72
Q12	Donas	3,000	10,000	72
Q13	Pan integral	450	1,500	100
Q14	Bollo	1,440	1,500	100

La restricción quedaría:

$$.003Q1+.002Q2+.002Q3+.002Q4+.001Q5+.002Q6+.003Q7+.003Q8+.0004Q10+.003Q11+.003Q12+.002Q13+.007Q14 \leq 920$$

En la recepción de producto se tienen las siguientes restricciones:

a) Restricciones de lotes de producción y demanda de ventas.

Descritas anteriormente.

b) Recepción de jaulas de producción.

Si de un grupo de productos se producen Q_i piezas las cuales representan K_i jaulas y si se tiene una capacidad máxima de recepción igual a:

A paletas/minuto y un tiempo de trabajo máximo de 20 horas al día quedaría esta restricción:

Definiendo B_i como las piezas/paleta del producto i .

$$\sum Q_i / B_i \leq A_{x60 \times 20}$$

Con los datos de la sección 4.4.3 $A = 157$ paletas/minuto y con los datos definidos en la tabla anterior la restricción quedaría así:

$$.09Q_1 + .07Q_2 + .07Q_3 + .07Q_4 + .07Q_5 + .04Q_6 + .02Q_7 + .07Q_8 +$$

$$.09Q_9 + .08Q_{10} + .01Q_{11} + .01Q_{12} + .01Q_{13} + .01Q_{14} \leq 188,000.$$

c) Restricciones sobre área de almacenaje de producto terminado.

Se tiene que el área de una jaula es de 1.5 Mt.^2 y además un área definida para el almacenamiento de productos hechos en un turno, por lo que:

$$\sum Q_i / Z_i \times 1.15 \times 1/3 \leq 1,650 + 210$$

$$.003Q_1 + .002Q_2 + .002Q_3 + .002Q_4 + .001Q_5 + .002Q_6 + .003Q_7 +$$

$$.003Q_8 + .004Q_9 + .004Q_{10} + .003Q_{11} + .003Q_{12} + .002Q_{13} + .0007Q_{14}$$

$$\leq 3,720$$

5.2.3 Ecuaciones de la zona de producción.

Las restricciones en la zona de Producción abarcan tres aspectos:

1. Area para almacenamiento de jaulas vacías y con producto
 2. *Tiempo disponible de producción.*
 3. Area para almacenamiento de materia prima.
1. *Almacenamiento de jaulas vacías y con producto*

	area de almacenaje	entrega de jaulas a despacho
Pan	250 mts. ²	2 jaulas/min.
Pastelillos	400 mts. ²	3 jaulas/min.

Minutos diarios de producción = $20.01 \times 60 = 1,200$

La producción por minuto no debe exceder a 5 jaulas y no debe ocupar una área mayor que la estipulada, por lo que tenemos las siguientes restricciones:

$$1/1200 \sum Q_i / Z_i \leq 5$$

$$1/1200 \sum Q_i / Z_i \leq 650/1.5$$

$$.003Q1 + .002Q2 + .002Q3 + .002Q4 + .001Q5 + .002Q6 + .003Q7 + .003Q8 + .004Q9 + .004Q10 + .003Q11 + .002Q13 + .007Q14 \leq 6,000$$

Los mismos valores anteriores ≤ 520000

2) Tiempo disponible de producción

Se tiene cierto número de máquinas con una capacidad de producción - C_{j1} en piezas por minuto, habiendo un tiempo máximo de producción

de 1200 minutos por día, un número K_i de máquinas y una cantidad Q_i por fabricar quedaría la siguiente restricción:

$$\sum Q_i / K_i \cdot C_{ij} \leq 1200$$

De acuerdo a la tabla de la sección 4.5.1.1 las restricciones quedarían de la siguiente manera:

J	Descripción	Núm. Máq.	Restricción
1	Mezclador 1	2	$.02Q1+.01Q2+.01Q3+.01Q4+.01Q13+.01Q5+.005Q14+.01Q6 \leq 2400$
2	Mezclador 2	2	$.02Q1+.01Q2+.01Q3+.01Q4+.01Q13+.01Q5+.005Q14+.01Q6 \leq 2400$
3	C. Fermentación	1	$.005Q1+.003Q2+.003Q3+.004Q4+.003Q13+.003Q5+.001Q14+.003Q6 \leq 1200$
4	Divisora	3	$.01Q1+.011Q2+.011Q3+.011Q4+.011Q5+.011Q14+.011Q6 \leq 3600$
5	Modeladora	3	Misma restricción de divisora
6	Trenzadora	3	Misma restricción de divisora
7	Horno B P	2	$.003Q1+.003Q2+.003Q3+.003Q4+.003Q5+.003Q14+.003Q6+.001Q7+.001Q8+.001Q9+.008Q10 \leq 2400$
8	Freidor	2	$.01Q11+.008Q12 \leq 2400$
9	Cámara de enfriamiento	2	Misma restricción de Horno B P
10	Embolsadora	4	$.011(Q1+Q2+Q3+Q4+Q13+Q14) \leq 4800$
11	Batidoras	4	$.01Q7+.01Q8+.003Q9+.001Q10+.004Q11+.002Q12 \leq 4800$
12	Desmoldador	2	$.001(Q7+Q8+Q9+Q10) \leq 2400$

13	Env. FMC	8	$.008(Q7+Q8+Q9+Q10+Q11+Q12+Q5+Q6) \leq 9600$
14	Depositora	2	$.01Q7+.01Q8+.003Q9+.001Q10 \leq 2400$
15	C. Vapor	1	Misma restricción de C. Fermentación.

3) Restricciones de almacenaje de materia prima en producción.

Restricciones de área

Ingrediente	Grupo Número 1 Mt.2	Grupo Número 2 Mt.2
Harina	40	35
Azúcar	20	25

El área de una tarima es de 1.25 mt.² y la cantidad almacenada debe alcanzar para un turno completo de producción. Las tarimas se apilan a una altura de 2.

Las restricciones se pueden representar en la siguiente forma:

Se tiene un ingrediente X_i usado en el producto i , y se necesita una cantidad X_{ij} para poder producir un lote i de K_i piezas, si se producen Q_i piezas por día, la producción de un turno es de $1/3 Q_i$ y si A es el área definida para almacenar la materia prima X_i la restricción tomaría la siguiente forma:

Sea B_i las unidades de $X_i \times$ tarima.

$$\left(\sum (Q_i/K_i) (X_{ij} \times 1/B_i) \right) 1.25/2 \leq A'; \quad A' = A \times 3$$

Grupo # 1 Harina

$$.315Q1+.205Q2+.206Q3+.123Q4+.082Q5+.067Q6+.186Q13+.05Q14 \leq 96000$$

Grupo # 2 Harina

$$.107Q7+.093Q8+.018Q9+.010Q10+.003Q11+.006Q12 \leq 84000$$

Grupo # 1 Azúcar

$$.03Q1+.017Q2+.012Q3+.017Q4+.017Q5+.024Q6+.033Q13+.005Q14 \leq 32000$$

Grupo # 2 Azúcar

$$.074/7+.065Q8+.018Q9+.009Q10+.006Q11+.003Q12 \leq 40000$$

5.2.4 Restricciones del almacén de materia prima.

Las restricciones del almacén son de tres tipos:

1. Restricción de tiempo de suministro de materia prima.
2. Restricción de área de almacenamiento. 1
3. Restricción de área de almacenamiento 2

Debido a que los materiales que ocupan más área son harina y azúcar[®]
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS
todas las restricciones están en función de estos ingredientes.

1. Restricción de tiempo para el suministro de materia prima.
Se tiene una velocidad de suministro de 5 minutos por cada tres toneladas y un tiempo máximo de 150 minutos por cada turno.

$$\text{Entonces } \sum Q_i/K_i \times (X_i/BJ) \leq 90$$

$$.0002 \times (Q1+Q2+Q3+Q4+Q5+Q6+Q7+Q8+Q9+Q10+Q11+Q12+Q13+Q14) \leq 90$$

2. Se tiene un área de 150 Mt.² en máximo en donde caben 240 tarimas, por lo que la restricción queda de la siguiente forma:

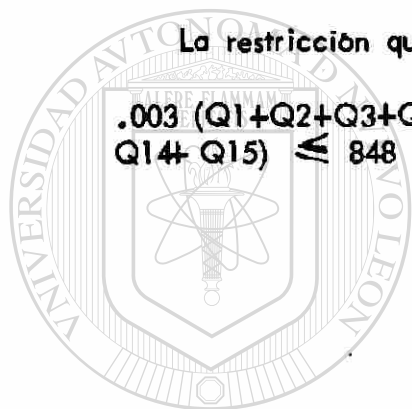
$$.0002 (Q1+Q2+Q3+Q4+Q5+Q6+Q7+Q8+Q9+Q10+Q11+Q12+Q13+Q14) \leq 240$$

3. Restricciones del área de almacenamiento:

Se tienen 450 MT.² para almacenamiento de materia prima y 80 Mt.² para reserva, por lo que el área total es de 530 y caben un total de 848 tarimas.

La restricción quedaría de la siguiente manera:

$$.003 (Q1+Q2+Q3+Q4+Q5+Q6+Q7+Q8+Q9+Q10+Q11+Q12+Q13+Q14+Q15) \leq 848$$



UANL

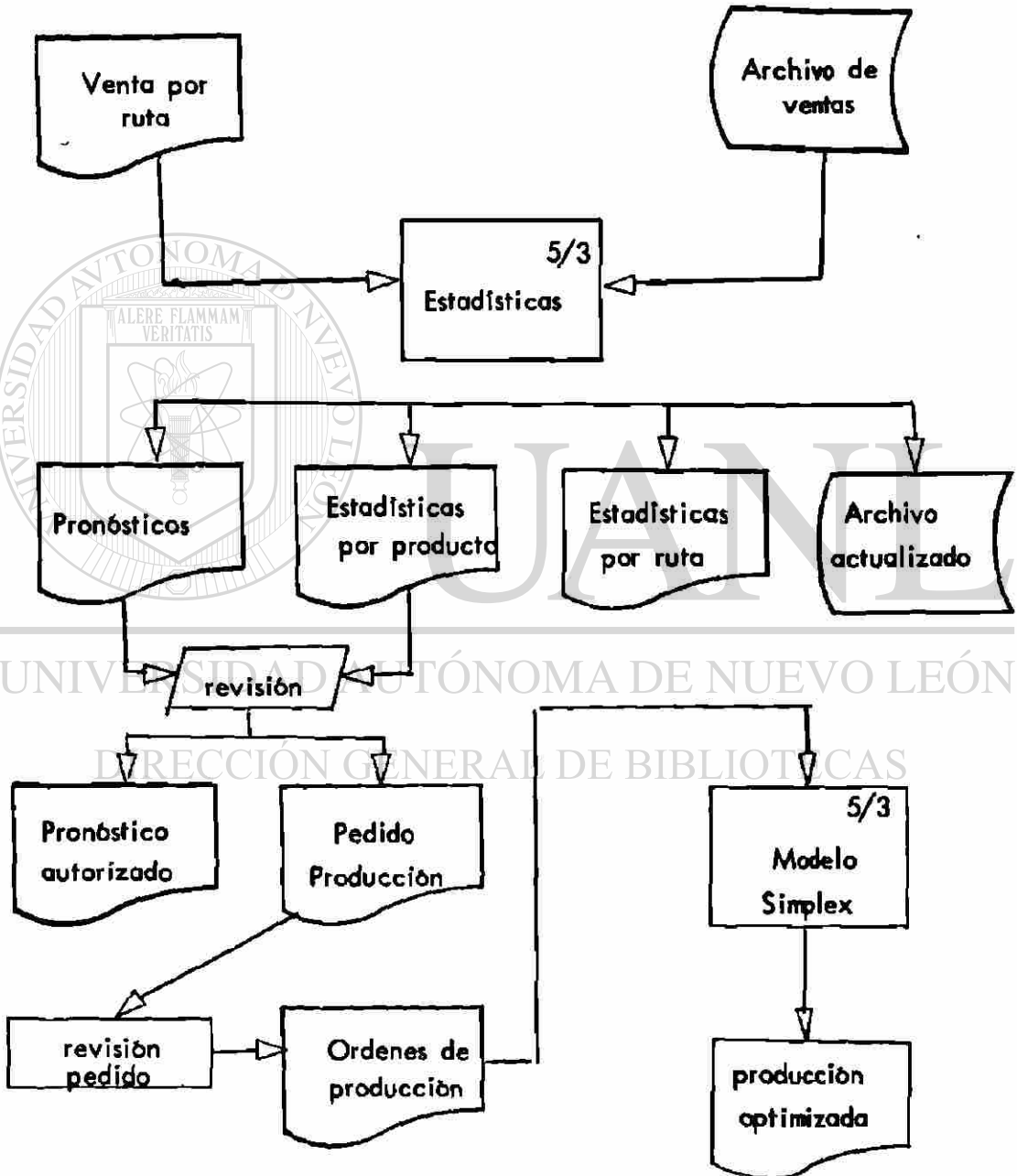
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

CAPITULO 6
RESULTADOS DEL ESTUDIO

6.1 Flujo de información



6.2 Sistema de pronósticos de venta.

6.2.1 Descripción de la información de entrada.

La información necesaria para el sistema es la siguiente:

a) Información de identificación del producto

- | | | |
|-----------------------------|----------|------|
| 1) Número de código | Num.(l) | 17 |
| 2) Descripción del producto | Desc (l) | 3A10 |

b) Numero de productos a pronosticar N 14

c) Número de períodos a pronosticar M 14

Si $M = 4$ el pronóstico es semanal

12 mensual

6 Diario

d) Información del último periodo

1) Venta real V Real (l) F10.2

2) Promedio de ventas Prom (l) F10.2

3) Tendencia de ventas Tend (l) F10.2

4) Pronóstico de ventas Prom (l) F10.2

e) Factores de temporada de los productos F (l j)

6.2.2 Cálculos

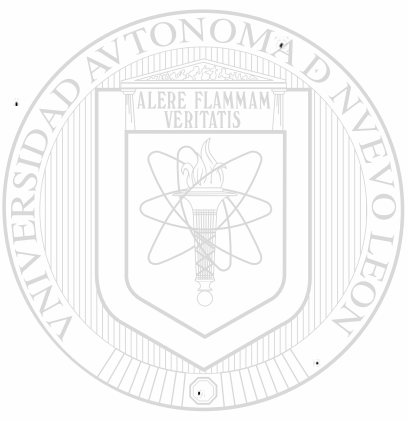
Se realizan las siguientes operaciones:

a) Promedio de ventas periodo actual Prom2(l) F10.2

b) Tendencia de ventas periodo actual Tend2(l) F10.2

c) Pronósticos de ventas Pron (l, j) $l = 1, m$

000380
 000390
 000400
 000410
 000420
 000430
 000440
 000450



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

U
A
N
L

1 CONTINUE
 C IMPRESION DE INFORMACION
 C PRINT 161
 C 161 FORMAF(161)
 C PRINT 161
 C PAUL 110
 C PRINT 160
 C PAUL 110W
 C VISUAL
 C PRINT 160

122 F00001(11A17.3410.4A10.2.3A.F10.2)
 122 F00001(11A17.3410.4A10.2.3A.F10.2)

000480
 000490
 000500
 000510
 000520
 000530

C PRINT 160 (PRINT 160) 160
 C 122 F00001(122A.F10.2.3A.F10.2.3A.F10.2)
 C 3 CONTINUE
 C 4 PRINT 121
 C STOP
 C END

60

65

70

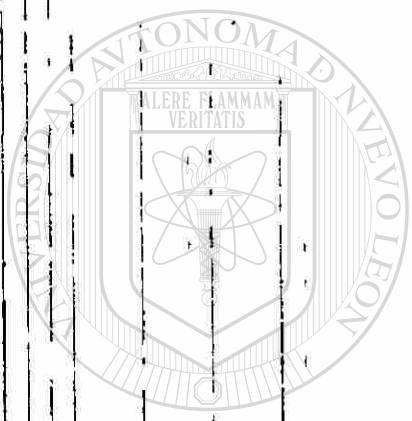
75

80

85

90

EJEMPLAR DE LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
CALLE SAN FRANCISCO DE ASÍS S/N. CENTRO UNIVERSITARIO. SAN JUAN DE LOS RÍOS, NUEVO LEÓN. C.P. 20500
TELÉFONO: (52) 562 211 1111 FAX: (52) 562 211 1111



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

®

71-10 DE 1975 L. 1000 DE 1975
 UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS
 DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS

LI 1518 1183948
 3523 1195

LIBRO	CLASIFICACION	NUMERO DE VOLUMEN	FECHA DE ADQUISICION	VALOR
1	100	1	1975	100.00
2	100	2	1975	100.00
3	100	3	1975	100.00
4	100	4	1975	100.00
5	100	5	1975	100.00
6	100	6	1975	100.00
7	100	7	1975	100.00
8	100	8	1975	100.00
9	100	9	1975	100.00
10	100	10	1975	100.00
11	100	11	1975	100.00
12	100	12	1975	100.00
13	100	13	1975	100.00
14	100	14	1975	100.00
15	100	15	1975	100.00
16	100	16	1975	100.00
17	100	17	1975	100.00
18	100	18	1975	100.00
19	100	19	1975	100.00
20	100	20	1975	100.00
21	100	21	1975	100.00
22	100	22	1975	100.00
23	100	23	1975	100.00
24	100	24	1975	100.00
25	100	25	1975	100.00
26	100	26	1975	100.00
27	100	27	1975	100.00
28	100	28	1975	100.00
29	100	29	1975	100.00
30	100	30	1975	100.00
31	100	31	1975	100.00
32	100	32	1975	100.00
33	100	33	1975	100.00
34	100	34	1975	100.00
35	100	35	1975	100.00
36	100	36	1975	100.00
37	100	37	1975	100.00
38	100	38	1975	100.00
39	100	39	1975	100.00
40	100	40	1975	100.00
41	100	41	1975	100.00
42	100	42	1975	100.00
43	100	43	1975	100.00
44	100	44	1975	100.00
45	100	45	1975	100.00
46	100	46	1975	100.00
47	100	47	1975	100.00
48	100	48	1975	100.00
49	100	49	1975	100.00
50	100	50	1975	100.00
51	100	51	1975	100.00
52	100	52	1975	100.00
53	100	53	1975	100.00
54	100	54	1975	100.00
55	100	55	1975	100.00
56	100	56	1975	100.00
57	100	57	1975	100.00
58	100	58	1975	100.00
59	100	59	1975	100.00
60	100	60	1975	100.00
61	100	61	1975	100.00
62	100	62	1975	100.00
63	100	63	1975	100.00
64	100	64	1975	100.00
65	100	65	1975	100.00
66	100	66	1975	100.00
67	100	67	1975	100.00
68	100	68	1975	100.00
69	100	69	1975	100.00
70	100	70	1975	100.00
71	100	71	1975	100.00
72	100	72	1975	100.00
73	100	73	1975	100.00
74	100	74	1975	100.00
75	100	75	1975	100.00
76	100	76	1975	100.00
77	100	77	1975	100.00
78	100	78	1975	100.00
79	100	79	1975	100.00
80	100	80	1975	100.00
81	100	81	1975	100.00
82	100	82	1975	100.00
83	100	83	1975	100.00
84	100	84	1975	100.00
85	100	85	1975	100.00
86	100	86	1975	100.00
87	100	87	1975	100.00
88	100	88	1975	100.00
89	100	89	1975	100.00
90	100	90	1975	100.00
91	100	91	1975	100.00
92	100	92	1975	100.00
93	100	93	1975	100.00
94	100	94	1975	100.00
95	100	95	1975	100.00
96	100	96	1975	100.00
97	100	97	1975	100.00
98	100	98	1975	100.00
99	100	99	1975	100.00
100	100	100	1975	100.00



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
 INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS DE BIBLIOTECAS

100 2 511
 100 2 511
 100 2 511

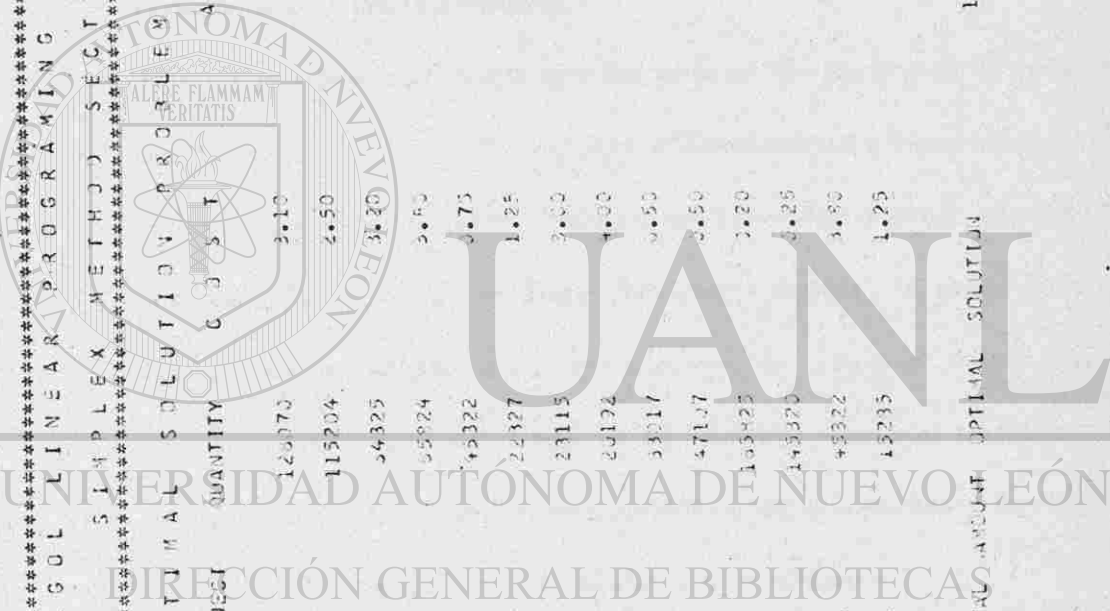
DATE 07/11/74 RUN 12/707 ALPS1 B-6700 SEC 4

* ALGOL LINEAR PROGRAMMING SYSTEM *
* *
* SIMPLEX METHOD SECTION *

OPTIMAL SOLUTION PROCEDURE MATRIX
SUBJECT QUANTITY COST AMOUNT

01	12070	3.10	397,017.00
02	115204	4.50	288,010.00
03	34325	3.20	255,840.00
04	55824	5.60	250,131.20
05	14322	3.75	38,991.50
06	22327	1.25	27,908.75
07	23115	3.00	69,345.00
08	20122	1.00	80,768.00
09	53017	0.50	15,508.50
10	47107	0.50	23,583.50
11	165425	2.20	33,155.00
12	145320	3.28	56,340.00
13	45322	3.80	172,223.60
14	15235	1.25	13,106.25

TOTAL AMOUNT OPTIMAL SOLUTION
1,653,193.20



6.2.3 Descripción de la información de salida

Información de identificación.

- a) Número de código y descripción del artículo (Ver 6.2.1 a)
- b) Promedio y tendencia de ventas (Ver 6.2.2 a) y b).
- c) Pronósticos de venta para los períodos señalados (Ver 6.2.2 c)

6.3.2 Comentarios

El proceso en sí es sumamente dinámico pues algunas de sus restricciones cambian día a día (demandas).

Este sistema puede producir grandes ahorros en los costos de producción directamente, y en otros renglones indirectamente (inventarios).

Interpretando los resultados impresos en los reportes proporcionados por la computadora se pueden hacer dos observaciones, la primera es que los recursos de la planta pueden absorber una demanda mucho mayor se

gún el análisis de sensibilidad, y la segunda, que existe una solución factible dentro del gran número existente en el proceso y la más económica es la marcada en el listado correspondiente.

Es recomendable para su implementación entrenar al personal en la filosofía y conceptos de la investigación de operaciones, además de en la interpretación y análisis de la información proporcionada por la computadora para obtener los mejores resultados posibles.

B I B L I O G R A F I A

Beale, Martin, *Mathematical Programming*, CEIR, London, 1967

Gass, Saul I., *Linear Programming, Methods and Applications*, Mc. -
Graw-Hill Book.

Hadley, G., *Linear Programming*, Addison-Wesley Publishing Company,
1962.

Central Impulsora, *Boletines de Panificación*, 1971

J. Pyler, *Baking Science*, Siebel Publishing Co., 1973

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

ASBE, *Use of Computer by Bakers*, ASBE Journal, April 1972

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

BIOGRAFIA DEL AUTOR

- LUGAR DE NACIMIENTO:** MEXICO, D.F. 3 DE AGOSTO, 1949
- NOMBRE DE LOS PADRES:** PADRE TEMISTOCLES DE LA PEÑA GARCIA ROJAS
MADRE HORTENSIA M. DE LA PEÑA
- ESTUDIOS PROFESIONALES:** UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
- TITULO OBTENIDO:** INGENIERO INDUSTRIAL ADMINISTRADOR (1971)
- EXPERIENCIA PROFESIONAL:** — PHILIPS MEXICANA DIV. ALUMBRADO
DEPTO. GERENCIA ADMINISTRACION DE MATERIALES.
PUESTO: COORDINACION DE PROCESAMIENTO DE DATOS.
-
- PHILIPS MEXICANA DIV. ELECTROLOGICA
DEPTO. ANALISIS Y PROGRAMACION
PUESTO: ANALISTA DE SISTEMAS,
- CENTRAL IMPULSORA, S.A.
DEPTO. TECNICO
PUESTO: INGENIERIA INDUSTRIAL

