aaf3863





UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

Diseño de un modelo que optimice las cantidades de producción en el Area de Chocolate

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: MERITORIO

JURADO EXAMINADOR

Firma: //wado

Sombre OLADITTA

Ptrina: Uller 1

" NOSONE. BEL

REALIZADO POR

PROFESOR GUIA

María Carolina Montero

Analina Zurga

Ing. Carlota Tirado Yepes

FECHA

Octubre de 1994

Dedicatoria

Le dedico este trabajo a todas aquellas personas que me han demostrado el verdadero significado de la amistad, el apoyo y la generosidad.

Carolina

A Dios y a mi familia.

Analina

Agradecimientos

- A nuestras familias, por habernos apoyado en todos lo momentos difíciles.
- A Andrés, por ser amigo incondicional en todo momento.
- A Carlota Tirado, por brindarnos su apoyo, amistad y guía oportuna durante el desarrollo de este trabajo.
- A Francisco Molina, a quien nos brindó su colaboración y orientación en muchos de los aspectos importantes de este trabajo.
- A todo el personal de la planta, por habernos ofrecido su ayuda en el momento de la búsqueda de la información.
- A la Licenciada Laura Delascio, por su desinteresado apoyo y su permanente disposición a ayudarnos en la revisión de este trabajo.
- Al Ing. Oswald Carvajal, por habernos orientado en el desarrollo del modelo propuesto y posteriormente haberse preocupado por el desarrollo del trabajo.
- Al Ing. Jorge Acosta, al Lic. Juan Carlos Noya, y a Claudia Arratia por su ayuda oportuna y desinteresada.

Maria Carolina Montero

Analina Zurga

Indices

	INDICE
INTRODUCCION	1
RESUMEN	4
SINOPSIS	6
CAPITULO 1: DEFINICION Y JUSTIFICACION DEL PROBLEMA	
1.1 Preámbulo	10
1.2 Objetivos	14
1.3 Alcances del Trabajo	15
1.4 Antecedentes de la Investigación	16
CAPITULO 2: METODOLOGIA UTILIZADA	
2.1 Metodología de la Investigación	18
2.2 Tipos de Investigación	18
2.3 Nivel de la Investigación	20
CAPITULO 3: LA EMPRESA	
3.1 Historia y Ubicación	22
3.2 Desarrollo de sus Productos y Mercados	23
3.3 Características de los Productos	25
3.4 Materia Prima y Material de Empaque	29
3.5 Proceso General de Producción	32
3.6 Descripción de Equipos	33
3.7 Distribución en Planta	37
3.8 Sistemas Actuales de Apoyo a las Decisiones	
3,8,1 Sistemas de Planificación	39
3.8.2 Sistema de Costos	39
3.8.3 Sistema de Inventarios	43

CAPITULO	4: OPTIMIZACION Y TECNICAS DE MODELADO DE S	ISTEMAS
4.1	Aspectos Generales	45
4.21	Proceso de toma de decisiones en la empresas	48
4.3 N	Modelado de Sistemas	50
4.4	Tipos y Clasificación	52
4.5	Aplicación de los Modelos	62
4.61	Formulación de Modelos Matemáticos	64
4.71	Modelos de Programación Matemática	70
CAPITULO	5: ANALISIS DE LA SITUACION ACTUAL	75
CAPITULO	6: LEVANTAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACI	ON
6.11	Descripción General de los Procesos de Producción	82
6.21	Descripción Detallada de los Procesos de Producción	83
6.3]	Diagramas de Procesos Productivos	91
6.41	Diagrama de Líneas de Producción	125
6.51	dentificación de Variables:	
	6.5.1 Margen de Contribución Unitaria	129
	6.5.2 Tiempo de producción por período	130
	6.5.3 Capacidades de los equipos	131
	6.5.4 Capacidad real de producción	133
	6.5.5 Porcentaje de Chocolate	131
	6.5.6 Porcentaje de Merma	138
	6.5.7 Factor de crecimiento	140
	6.5.8 Eficiencia de moldes	14
	6.5.9 Mano de obra para empaque manual	143
	6.5.10 Set-Up	144
	6.5.11 Capital de trabajo y costos fijos totales	145
	6.5.12 Demanda	145
	6.5.13 Cantidad de pedido por período	146
	6.5.14 Política de inventarios	14

CAPITULO 7: EL MODELO	
7.1 Consideraciones del Sistema	149
7.2 El Modelo:	
7.2.1 Variables de Decisión	152
7.2.2 Función Objetivo	156
7.2.3 Restricciones	156
7.3 Expresión Matemática del Modelo	164
7.4 Validación del Modelo Propuesto	179
7.5 Limitaciones del Modelo	183
CAPITULO 8: Escenarios de Acción	187
8.1 Escenario 1. Capacidad de Planta	189
8.2 Escenario 2. Mercado y Capital de Trabajo	197
8.3 Escenario 3. Cantidad de Pedido y Niveles de Inventario	203
8.4 Análisis General	212
CAPITULO 9: METODOLOGIA DE IMPLANTACION	
9.1 Requerimientos de Información:	
9.1.1 Información Fija	217
9.1.2 Inforación Variable	222
9.2 Análisis de Resultados	224
CONCLUSIONES	229
RECOMENDACIONES	232
BIBLIOGRAFIA	237
ANEXO 1. Clasificación de los Costos	241
ANEXO 2. Programación Lineal	246
ANEVO 3 Paguete de computación utilizado	25/

Indice de Diagramas

Diagrama 6.1	Proceso de Fabricación Chocolate Bitter	96
Diagrama 6.2	Proceso de Fabricación Chocolate de Leche	97
Diagrama 6.3	Proceso de Fabricación de Chocolate Granulado	98
Diagrama 6.4	Proceso de Chocolate Industrial	99
Diagrama 6.5	Proceso de Bombones Rellenos	102
Diagrama 6.6	Proceso de Bombones Molde	103
Diagrama 6.7	Proceso de Chocolate de Taza	104
Diagrama 6.8	Proceso de Barras I Kilogramo	105
Diagrama 6.9	Proceso Granillo	106
Diagrama 6.10	Proceso Centros de Chocolate Confitado	107
Diagrama 6.11	Proceso de Gotas y Discos	108
Diagram 6.12	Empaque Envoltura de Bombones	111
Diagrama 6.13	Empaque Bombones de 1 Kilogramo	112
Diagrama 6.14	Empaque Bombones 3 en 1	113
Diagrama 6.15	Empaque Bombones Surtidos 150 gramos	114
Diagrama 6.16	Empaque Barras 1 Kilogramo	115
Diagrama 6.17	Empaque Granillo de 10 Kilogramos	116
Diagrama 6.18	Empaque Granillo de 1 Kilogramo	117

Indice UCAB V Diagrama 6.19 Empague Lluvia de Chocolate 118 Empaque Centros de Chocolate Confitado Diagrama 6.20 119 Diagrama 6.21 Empaque Gotas y Discos 120 Diagrama 6,22 Empaque Chocolate Industrial 121 Empaque Chocolate de Taza Diagrama 6.23 122 Diagrama 6.24 Proceso Almendras Suprema 124 Diagrama 6,25 Diagrama de Líneas de Producción 128

Indice de Tablas

Tabla 6.1	Capacidades de Equipos	132
Tabla 6.2	Capacidad de Proceso en el Area de Elaboración Chocolate	133
Tabla 6.3	Capacidad de Proceso en el Area de Moldeo	136
Tabla 6.4	Capacidad de Proceso en el Area de Empaque	137
Tabla 6.5	Porcentaje de Chocolate	
Tabla 6.6	Porcentaje de Merma	139
Tabla 6.7	Factor de Crecimiento	140
Tabla 6.8	Eficiencia de Moldes	141
Tabla 6.9	Mano de Obra para Empaque Manual	143
Tabla 6,10	Set-up de los equipos	144
Tabla 7.1	Variables de decisión	153
Tabla 8.1	Tabla de datos. Costos variables unitarios y MCU	189
	por producto	
Tabla 8.2	Escenario 1. Capacidad de Planta. Tabla de resultados.	190
Tabla 8.3	Escenario 1. Capacidad de Planta. Area de elaboración	191
	de chocolate	
Tabla 8.4	Escenario 1. Capacidad de Planta. Area de moldeo	192
Tabla 8.5	Escenario 1, Capacidad de Planta. Area de Empaque	193
Tabla 8.6	Escenario 2, Mercado y Capital de Trabajo. Datos y Resultados	199

Indice UCAB VII

Tabla 8.7	Escenario 2. Mercado y Capital de Trabajo.	200
	Area de Elaboración de Chocolate	
Tabla 8.8	Escenario 2. Mercado y Capital de Trabajo. Area de Moldeo	201
Tabla 8.9	Escenario 2. Mercado y Capital de Trabajo.	202
	Area de Empaque	
Tabla 8.10	Escenario 3, Tabla de datos. Cantidad de Pedidos	205
	y Niveles de Inventario	
Tabla 8.11	Escenario 3. Prueba de Capacidad en el Area de	206
	Elaboración de Chocolate.	
Tabla 8.12	Escenario 3. Prueba de Capacidad en el Area de Moldeo	206
Tabla 8,13	Escenario 3. Prueba de Capacidad en el Area de Empaque	207
Tabla 8.14	Escenario 3. Cantidad de Pedidos y Niveles de Inventario	208
Tabla 8.15	Escenario 3. Cantidad de Pedidos y Niveles de Inventario.	209
	Area de Elaboración de Chocolate	
Tabla 8,16	Escenario 3. Cantidad de Pedidos y Niveles de Inventario.	209
	Area de Moldeo	
Tabla 8,17	Escenario 3. Cantidad de Pedidos y Niveles de Inventario.	210
	Area de Empaque	
Tabla 8.18	Escenario 3. Cantidad de Pedidos y Niveles de Inventario.	210
	Restricción Financiera	

Indice UCAB VIII

Indice de Figuras

Figura 3.1	Distribución Física de la Planta.	Planta Alta	37
Figura 3.2	Distribución Física de la Planta.	Planta Baja	38
Figura 4.1	Abstracción del Sistema Real		51

Introducción

Introducción

Sin la presencia de las herramientas de origen científico, que apoyan al control de la inmensa cantidad de variables que gobiernan los sistemas empresariales en la actualidad, resultaría muy dificil lograr un desarrollo exitoso a largo plazo. Cada dia, las empresas dependen más del análisis profundo de sus partes, para poder enfrentarse a los diversos retos que se le presentan a diario.

Hoy en día, una de las formas más comunes de resolver los complejos problemas que se presentan en las empresas, es elaborar un "modelo" que represente en forma manejable, la situación que se está estudiando, con el fin de tratar de encontrarle una solución factible y oportuna.

Existen muchos tipos de modelos y por lo general, hay un número infinito de métodos de solución. Afirmar que una solución es la mejor para resolver un problema se hace injustificable, ya que aún, evaluando todas las técnicas conocidas para hacerlo, todavía cabe la posibilidad de crear una nueva. Lo único que se puede decir al proponer una solución es que es *una respuesta* entre las muchas soluciones posibles.

Por lo tanto, el profesional de la Ingenieria debe recurrir tanto a los conocimientos adquiridos durante sus estudios como a su habilidad creativa, para hallar soluciones a los problemas que se le planteen. Tomando en cuenta la singularidad de la mayoria de las situaciones a las que este profesional se enfrenta, gran parte de los diseños de un ingeniero son el fruto de su inventiva personal, de su ingenio para crear ideas.

gran parte de los diseños de un ingeniero es el fruto de su inventiva personal, de su ingenio para crear ideas.

El presente trabajo propone un modelo que, basado en la situación particular de La Empresa donde se realizó, indique una mezcla de productos que maximice, a nivel teórico, sus beneficios. Estos valores servirán a la gerencia como punto de referencia para la toma de decisiones en cuanto a la planificación y programación de la producción.

Resumen

Resumen

El presente Trabajo Especial de Grado está orientado hacia el diseño de un modelo que optimice, en forma teórica, las cantidades de producción para una empresa que manufactura múltiples productos, dentro de las limitaciones impuestas por los procesos productivos existentes.

Para ello se realizó el análisis del sistema de producción real, con el fin de identificar los elementos que dominan su comportamiento y establecer las relaciones fundamentales que constituyen las bases del modelo propuesto. El acercamiento a la realidad se realizó a través de un modelo de Programación Lineal, por considerarse esta técnica adecuada para la representación de la situación particular estudiada.

La construcción de este modelo puede servir de base para la creación de un sistema de apoyo a la toma de decisiones de la gerencia, en cuanto a la planificación de la producción se refiere, ya que ofrece las cantidades que mayores beneficios le reportan a La Empresa.

Los modelos matemáticos proporcionan una herramienta valiosa que ayuda a los encargados de tomar decisiones en una organización, pero definitivamente, el criterio personal, el juicio intuitivo y la experiencia serán siempre, cualidades insustituibles en las prácticas gerenciales.

Sinopsis

<u>Sinopsis</u>

Capítulo 1:

Presentar el problema de la determinación de las cantidades óptimas de producción, definir el objetivo general de la realización de este trabajo y el alcance que se propone en la solución de la problemática específica de La Empresa donde se llevó a cabo el desarrollo de esta investigación.

Capítulo 2:

Presentar la metodología seguida, en el desarrollo de este trabajo, para alcanzar los objetivos propuestos, señalando los instrumentos de investigación que sirvieron de apoyo para el análisis de situaciones y alternativas relevantes.

Capítulo 3:

Describir las características generales de La Empresa, a fin de ubicar al lector dentro del entorno donde se desarrolló la presente investigación.

Capítulo 4:

Sentar las bases sobre teorías de modelos de programación, con el fin de fundamentar la construcción del modelo propuesto.

Capítulo 5:

Explicar la situación actual de la Empresa, para que a través del análisis del problema, se determinen las necesidades de la misma.

Capitulo 6:

Describir, detalladamente, cada variable y parámetro que formará parte en la construcción del modelo, especificando y justificando su importancia e influencia.

Capítulo 7:

Presentar el modelo propuesto, explicando el origen de cada una de las funciones que lo conforman. Mostrar su expresión matemática y las limitaciones que este conlleva en cuanto a su representación y adaptación a la realidad.

Capítulo 8:

Presentar distintos escenarios donde el uso del modelo representa una herramienta valiosa para la toma de decisiones de la Gerencia.

Capítulo 9

Proponer una metodología para recopilar, procesar, actualizar y analizar la información necesaria para la futura implantación de la propuesta.

Capítulo 1: Definición y Justificación del Problema

- 1.1 Preámbulo
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Alcances del Trabajo
- 1.4 Antecedentes de la Investigación

Capítulo 1:

Definición y Justificación del Problema

1.1 Preámbulo

Toda actividad productiva se basa en la conversión de las materias primas en productos terminados. Las empresas buscan, constantemente, métodos de trabajo más eficientes que permitan optimizar dicho proceso de conversión. Para que éste resulte óptimo, se deben alcanzar objetivos como, maximizar los niveles de rentabilidad, minimizar los costos, realizar un control eficiente de las variables del proceso y mantener un nivel de inventarios adecuado, entre otros. En realidad, el control de estos parámetros que gobiernan los procesos de producción, no es fácil de ejercer. Se presentan gran cantidad de problemas operativos, que se concentran básicamente en la dificultad de decidir, planificar y disponer los elementos en escenarios futuros.

La asignación óptima de las cantidades a producir, es un paso fundamental en el logro de un proceso de producción eficiente. Antes de iniciar cualquier operación de conversión, se debe saber qué cantidades se elaborarán para no desperdiciar el uso de los recursos disponibles, que en su mayoría pueden considerarse escasos.

Para que una empresa logre elevar sus niveles de rentabilidad, debe analizar profundamente los siguientes aspectos:

- 1. Características de la Demanda
- 2. Capacidad productiva de la planta

3. Capacidad de comercialización de los productos

Estos tres factores son elementales y determinan, entre muchos otros, la rentabilidad de la empresa, a través de la relación precios, costos, gastos. El precio de venta es el valor de reposición de la inversión que se ha hecho en la elaboración de un producto, pero también depende de las características de la demanda. Los costos de producción representan la inversión en materiales, equipos y personal necesarios para la fabricación de los productos y varían según la capacidad de la planta; y, entre los gastos, los de comercialización dependen de la capacidad de distribuir y vender los productos a un mercado específico. Cada uno de estos factores (Precios, Costos y Gastos), están regidos por otra serie de elementos, cuyo comportamiento, hay que tratar conocer y predecir en la medida de lo posible. En el caso del precio, desde el punto de vista de la demanda, los estudios de Mercado pueden sugerir los niveles más óptimos. Por otra parte, según la visión del Proceso Productivo, los costos asociados a este sector de la Empresa, son los llamados Costos de Producción, los cuales vienen representados por los respectivos de Materia Prima, Mano de Obra. Insumos, Mantenimiento, Almacenaje, y otros imponderables. La Estructura de los Costos de Producción variará ligeramente de una empresa a otra pero en todas ellas, siempre será un objetivo minimizarlos.

En síntesis, se puede decir que la Empresa para elevar al máximo las ganancias, debería, entre otras cosas, optimizar sus procesos, minimizar costos, controlar todas sus áreas y además, asegurar un ambiente agradable que refleje una imágen sólida y respetable, lo cual es muy importante y decisivo para su permanencia a largo plazo.

Debido a las teorías de globalización y apertura de mercado, el empresario venezolano se ha visto obligado a volverse más competitivo y redirigir su atención, del acostumbrado aumento de los precios, a la reducción de los costos de producción. El consumidor ahora, más que nunca, espera obtener mayor cantidad y calidad por su dinero. Por lo tanto, para mejorar las ganancias de la empresa, debe enfocarse la solución en términos de aumento de los volúmenes de producción y minimización de costos, manteniendo, lo más que se pueda, los precios estables.

En consecuencia, la planificación y control de las operaciones se imponen actualmente en el ritmo de vida de las empresas. La Gerencia debe conocer lo que desea el Consumidor, como puede satisfacerlo y que capacidad tiene la Empresa para lograrlo.

Las cantidades de producción son variables decisivas en la organización, planificación y control de las operaciones. En base a ellas es que se dirigen y planifican las demás áreas de la empresa.

Todos los análisis de la demanda, capacidad de la planta, capacidad de distribución etc, vienen en términos de cantidades de producción. El consumidor demanda determinadas cantidades de productos, la planta es capaz de producir una cantidad limitada de cada uno de ellos; y, el sistema de distribución, puede colocar en el mercado (según los métodos que utilice) hasta un determinado número de unidades.

Como se observa, la decisión de las cantidades de producción, es fundamental para la organización de toda la empresa, y es que los productos son los elementos de

comercialización, más aún, su razón de ser. De hecho, las empresas se catalogan principalmente por el tipo de proceso y productos que elaboran y todas las características de los mismos son de importancia para ella. El impacto que producen dichos insumos en el consumidor y en la organización, determinan directamente las cantidades.

Este trabajo está orientado a la determinación de las cantidades óptimas de manufactura de cada producto, las cuales reflejan en gran medida, el manejo eficiente de todas la áreas que conforman la totalidad de las actividades de la empresa y representan el paso fundamental y decisivo en el logro de la optimización de las actividades productivas.

1.2 Objetivos

Los objetivos fundamentales a desarrollar en el presente trabajo son los siguientes:

Objetivo General

Proponer un modelo que sirva de base a la creación de un sistema que indique las cantidades de producción que maximicen los beneficios de la empresa, con el fin de ofrecer una herramienta que oriente a la gerencia en la toma de decisiones.

Objetivos Específicos

- 1.- Identificar los elementos que intervienen en la obtención de las cantidades de producción de cada uno de los productos de la empresa.
- 2.- Reconocer los procesos productivos a fin de determinar las relaciones existentes entre ellos y las secuencias de actividades que siguen.
- 3.- Identificar los parámetros y variables que influyen de manera relevante en la construcción del modelo propuesto.
- 4.- Proponer un modelo que se aproxime a las condiciones específicas de la empresa.
- 5.- Proponer una metodologia para la futura implantación del modelo en los sistemas de control de la producción de la empresa.

1.3 Alcances del Trabajo

El presente trabajo se concentra en el análisis de la problemática de la Empresa, con respecto a la determinación de las cantidades óptimas de producción, a fin de construir un modelo que represente de forma aproximada esta realidad y proponga una solución que sitúe a la Gerencia de Operaciones en las cercanías de un punto óptimo, siendo ésta la encargada de tomar las decisiones finales concernientes a la asignación de las cantidades de elaboración de cada producto.

A través de los resultados que se obtengan de la aplicación de este modelo, se tendrá una mezcla de producción para cada período mensual, sin llegar al detalle de la programación diaria. Queda de parte de la Gerencia de Operaciones, planificar en base a las cifras propuestas, la secuencia de actividades que se realizarán para cumplir con los objetivos planteados.

Cabe destacar que este trabajo se basa en las relaciones determinadas por los elementos que actualmente gobiernan los procesos productivos de La Empresa. Cualquier cambio en estas condiciones fundamentales no se encuentra contemplado en los alcances de este trabajo.

Es importante resaltar que la implantación de este modelo, escapa de los objetivos trazados en la realización de este trabajo, sin embargo, se propondrán las pautas necesarias para llevar a cabo una metodología de instalación.

1.4 Antecedentes de la Investigación

El problema de la optimización de la producción, y más especificamente el de las cantidades a fabricar de cada renglón por período de la empresa, es uno de los más comunes que se presentan en las plantas productivas. Existe una extensa documentación en referencia a este tema.

La originalidad de este trabajo, radica en la formulación de un modelo particular que se adapte a la realidad de la Empresa donde se realizó esta investigación, sobre el cual pueda basarse la construcción de un sistema en computadora que sirva como herramienta para la toma de decisiones.

Capítulo 2: <u>Metodología Utilizada</u>

- 2.1 Metodología de la Investigación
- 2.2 Tipos de Investigación

2.3 Nivel de la Investigación

Capítulo 2: Metodología Utilizada

2.1 Metodología de la Investigación

La metodología de la investigación es la combinación de los métodos, técnicas y procedimientos empleados en la ejecución de un trabajo.

En cualquier proceso de investigación, se debe seguir una metodología que permita racionalizar el esfuerzo y centrarlo en función de los objetivos que se persiguen.

El objetivo de incluir este capítulo es hacer del conocimiento del lector el desarrollo de la investigación, la secuencia seguida, el por qué y cómo de lo que se hizo con detalles suficientes que permitan reproducir los pasos realizados en este caso.

2.2 Tipos de Investigación

Se siguieron dos tipos de investigación, a saber:

Investigación de campo.

Investigación documental.

Investigación de Campo:

Esta clase de investigación persigue "el análisis sistemático de problemas con el propósito de describirlos, explicar sus causas y efectos, entender su naturaleza y factores constituyentes o predecir su ocurrencia".

En este trabajo, la investigación de campo se realizó con el objetivo de conocer y describir la secuencia de actividades que se realizan en cada uno de los procesos de producción. De esta manera, se pudieron reconocer todos los elementos que intervienen, establecer relaciones funcionales entre procesos y analizar los efectos de sus cambios.

Además, se obtuvo datos de la empresa con respecto a los precios de cada producto, estructura de costos, y niveles de inventarios de los productos terminados. Todo ello permitió tener una visión general y muy completa sobre las características de la problemática real de la Empresa.

Investigación Documental:

"Se entiende por investigación documental el estudio de problemas con el propósito de ampliar y profundizar el conocimiento de su naturaleza, con apoyo, principalmente, en fuentes bibliográficas y documentales".²

¹ y 2 Manual de Trabajos de Grado de Maestrías y Tesis Doctorales

La investigación documental se realizó a través de los libros señalados en la bibliografía de este trabajo. Se basó fundamentalmente en el soporte teórico que sustenta las bases del método propuesto.

2.3 Nivel de la Investigación

Los dos tipos de investigación mencionados tienen en este trabajo un carácter descriptivo porque buscan definir de una manera clara y precisa, el problema, los objetivos que se persiguen, y la metodología de la solución propuesta.

Instrumentos de Investigación:

Los instrumentos de investigación están constituidos por los diversos medios que permiten un acercamiento al objeto de estudio, en este caso, al conocimiento de los procesos productivos de la Empresa. Para esto, se utilizaron las entrevistas directas y el diagrama de proceso. Las entrevistas consistieron en preguntas directas a todas las personas involucradas con la obtención de las cantidades de producción. Los diagramas de proceso constituyen una representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones e inspecciones de que consta dicho proceso, con indicación de los puntos de entrada de los materiales.

Capítulo 3: La Empresa

3.1 Historia y ubicación

- 3.2 Desarrollo de sus productos y mercados
- 3.3 Características de los productos
- 3.4 Materia Prima y Material de Empaque
- 3.5 Proceso General de Producción
- 3.6 Descripción de los Equipos
- 3.7 Distribución en Planta
- 3.8 Sistemas Actuales de Apoyo a las Decisiones

Capítulo 3: Características de la Empresa

3.1 Historia y Ubicación

La Empresa en la cual se realizó el presente estudio, fue fundada en Caracas en el año 1.967. Comenzó con una pequeña planta de elaboración de productos de confitería de manera artesanal, produciendo para aquel entonces, un aproximado de 10.000 kilogramos anuales. Posteriormente, se inicia en la fabricación de turrones del tipo español, lo que para 1.969, aumenta su producción a 38.000 kilogramos anuales, sin dejar de ser su forma de producción únicamente artesanal.

En 1.975, adquiere una planta en la zona industrial de Carrizal en el Estado Miranda, obteniendo a su vez, una importante cantidad de maquinarias que permiten cambiar sus procesos a sistemas más automatizados. De esta manera, logran ampliar la gama de productos que ofrecen al mercado. Para ese momento la producción de la Empresa se aproxima ya a los 150.000 kilogramos anuales.

En la actualidad, la Empresa se encuentra ubicada en la misma planta antes mencionada. Después de una gran cantidad de inversiones, su producción logra superar los 600.000 kilogramos por año.

Es de hacer notar, que la estructura organizativa de la gerencia es familiar; pero con el paso del tiempo y el crecimiento propio de La Empresa, dicha estructura se ha ido profesionalizando paulatinamente, con la incorporación de nuevos sistemas

de apoyo a las decisiones que adecúan la administración a la realidad del entorno que la rodea.

3.2 Desarrollo de sus Productos y Mercados

Como se mencionó anteriormente, la Empresa comienza sus funciones ofreciendo productos de artesanía en el ramo de la confiteria con un mercado exclusivo para el consumidor final. La zona de distribución en sus inicios, era solamente la ciudad de Caracas, teniendo como puntos de venta las panaderías y pastelerías principalmente.

Una vez que comienza la producción de los turrones del tipo español, sus puntos de venta incluyen a los abastos y supermercados de la ciudad capital, y esporádicamente se realizan envios hacia el interior del país.

Con la adquisición de la nueva planta, la gerencia se plantea la posibilidad de crecimiento en otros productos, con el fin de lograr una utilización constante de sus instalaciones, ya que los turrones, al ser productos de temporada navideña, sólo son manufacturados hacia el último semestre del año.

Se adoptó la decisión de adquirir la tecnología de fabricación de chocolates y así comienza la producción destinada al consumidor final. Pero, debido a la fuerte competencia para aquel momento en el mercado (cabe mencionar a Industrias SAVOY, y LA INDIA), y al vacio que se producía en los chocolates como materia

prima para las industrias confiteras, pasteleras, galleteras y heladeras, la Empresa decide incursionar en esta área.

Al igual que en el caso de los turrones, la aceptación de estos productos en el mercado ha condicionado en la actualidad las inversiones hacia esta área.

Actualmente, el 60% de la producción en el área de chocolate se dirige hacia la elaboración de materia prima para la industria de alimentos. En los últimos años, la Empresa ha incursionado también en la elaboración de productos a terceros, a fin de lograr la ocupación total de sus instalaciones.

3.3 Características de los Productos

Los productos que ofrece la Empresa se pueden dividir en dos grandes grupos: productos de consumo masivo y productos de uso industrial. A nivel operativo, la diferencia entre estos productos radica, principalmente, en el tipo de empaque y en los volúmenes de lote, siendo mayores, para los productos de uso industrial.

Una mayor diferencia se observa en la política de ventas entre los dos tipos de productos. Para los de consumo masivo es necesario un gran número de vendedores que atiendan diversos puntos de venta, con una infraestructura de distribución que apoye este trabajo, además de una variada política de descuentos y promociones.

Para el caso de los productos de uso industrial, lo principal como política de la Empresa, es la asesoría técnica a los clientes de los productos que ofrece, además de un estrecho trabajo con ellos en cuanto a las políticas de inventario, controles de calidad, productos especiales, etc.

Los productos son elaborados con los distintos tipos de masa de chocolate existentes en la Empresa. Se denomina masa de chocolate a la mezcla de las materias primas como el licor de cacao, manteca de cacao y azúcar, principalmente. Al chocolate elaborado con sólo estas materias primas se le denomina Bitter, el cual tiene un sabor amargo característico. A la mezcla que se le añade leche, da como resultado la masa de chocolate de leche. Según el porcentaje de grasa de la leche, resultan los chocolates que se denominan Leche Fino y Leche Extrafino, donde el primero presenta una proporción de grasa más elevada que el segundo. Estos tipos de chocolate son de forma líquida y dependiendo de la formulación se obtienen variedades como Chocolatier Bitter, Chocolatier Leche, Chocolate Bitter de taza y Chocolate D.

Hay otros tipos de masa de chocolate cuya consistencia es arenosa y seca, pero son elaborados con las mismas materias primas que para el chocolate Bitter. A este tipo de chocolate se le denomina granulado, por ser el utilizado para elaborar los productos llamados granulados o granillo de chocolate, que en su presentación de consumo masivo se denomina lluvia de chocolate. Entre este grupo también existen distintas fórmulas que originan al chocolate granulado M, A-R y D-3.

Por último, queda la masa de chocolate tipo industrial, en la cual se utiliza en vez de manteca de cacao otro tipo de grasas. El destino del producto elaborado con este tipo de chocolate son las industrias de alimentos que tienen dentro de sus materias primas chocolate, que no es de un acabado tan exquisito como el destinado para consumo del público en general.

En cada uno de los tipos de masa de chocolate nombrados se fabrican los distintos productos que ofrece la Empresa, según su capacidad de darle forma a la masa de chocolate. De cada tipo de chocolate se obtienen los siguientes productos de consumo industrial:

- Chocolate Bitter: barras de 1 kilo, gotas, discos.
- Chocolate de Leche Fino: barras de 1 kilo, gotas y discos.
- Chocolate de Leche Extra Fino: barras de 1 kilo.
- Chocolate Industrial: La presentación de chocolate para la industria
 con adición de grasas no provenientes del cacao.
- Chocolatier Bitter: barras de 1 kilo, gotas o discos.
- Chocolatier Leche: La presentación en barras, gotas o discos.
- Granulado de chocolate.

Otros productos de consumo industrial son las cremas de relleno y los granulados de colores.

Los productos de consumo masivo, se enumeran a continuación.

- Chocolate de taza: presentación en barras de 70, 100, 120, 150, 180 gramos.
- Grageados con frutos secos: representado por las almendras confitadas.

- Bombones rellenos con esencia de licor (Chocolate Bitter), rellenos con crema, y bombones molde (Chocolate de Leche Extra fino)
- Lluvia de chocolate: elaborada con chocolate granulado M.
- Turrones tipo español.
- Turrones cubiertos con chocolate.
- Especialidades navideñas.

Las características de los diferentes tipos de productos elaborados por la Empresa, en el área de chocolate se describen a continuación:

- Gotas: Porciones pequeñas de chocolate en forma de gotas. De acuerdo al tamaño, determinado por la cantidad de chocolate que las componen, se tienen Gotas P-45, elaboradas en Chocolate Bitter, Chocolate de Leche Fino, Chocolatier Bitter, y Chocolatier Leche; Gotas P-20 elaboradas en Chocolate Bitter y Gotas P-75 elaboradas también en Chocolate Bitter.
- Discos: Porciones pequeñas de chocolate en forma cilindrica de poca altura. Se elaboran en Chocolate Bitter, Chocolate de Leche Fino, Chocolatier Bitter y Chocolatier Leche.
- Barras de 1 kilo: Tabletas de chocolate con peso de 1 kilo. Son elaboradas con diferentes tipos de chocolate como: Chocolate Bitter, Chocolate de Leche Fino, Chocolate de Leche Extra Fino, Chocolatier Bitter y Chocolatier Leche.

- Bombones Molde: Piezas de chocolate macizas de forma cilindrica. Se usa Chocolate Extra Fino para su elaboración.
- Bombones Rellenos: Piezas de chocolate rellenas, de forma cilíndrica. Los bombones rellenos son de dos tipos: bombones rellenos de licor sabor a whisky, brandy, ron, ó anís; y bombones rellenos de crema sabor a café, avellana, fresa, maní, ó naranja. Los bombones licor son elaborados con Chocolate Bitter, y los bombones crema con Chocolate de Leche Extra Fino.
- Chocolate de Taza: Tabletas de chocolate con pesos de 70, 100, 120, 150 y 180
 gramos. El tipo de chocolate usado para su elaboración es el Chocolate Bitter de Taza.
- Centros de Chocolate Confitado: Pildoras pequeñas de chocolate recubiertas de azúcar, elaboradas con Chocolate D.
- Granulado: Granos delgados de chocolate. Se tienen diferentes tipos de granulado de acuerdo al chocolate con que son elaborados, estos son: Granulado M, Granulado A-R, y Granulado D-3.

3.4 Materia Prima y Material de Empaque

Materia Prima,

Como materia prima se designará a todos aquellos suministros que sirvan para la elaboración directa del producto, es decir, la parte comestible.

Dentro de esta clasificación se encuentra la materia prima para elaborar la masa de chocolate y los rellenos de crema y licor.

Para elaborar la masa de los diferentes tipos de chocolate se tienen las siguientes materias primas:

Licor de Cacao.

- Manteca de Cacao.
- Manteca Vegetal
- Azúcar Molida.
- Cacao en Polvo
- Leche en polvo 26% grasa.
- Leche en polvo 1% grasa.
- Lecitina.
- Vainilla.

En cuanto a los rellenos de los bombones, la empresa debe contar con las esencias de: fresa, café, mani, avellana, naranja, whisky, brandy, ron y anís.

La cantidades que se tienen de cada una de estas materias primas, obedecen a un plan de compras basado en la rotación de inventarios, el tiempo de entrega del proveedor y los lotes mínimos de compra.

En el caso de las materias primas del chocolate, todas se consiguen făcilmente y de la mejor calidad en el país. Los rellenos de los bombones provienen de empresas de sabores especialistas en Venezuela que las importan; pero, como precisamente estos sabores tienen mucha demanda en la industria venezolana y además, existe una fuerte competencia entre dichas empresas en el mercado, no hay mayores problemas en conseguirlas.

Material de Empaque

Cada uno de los productos tiene su propio material de empaque. En el caso de los de consumo industrial, se utilizan bolsas de plástico o de celofán con la etiqueta de la Empresa. Para los de consumo masivo, se utiliza una envoltura directa del producto con papel parafinado, de aluminio (de distintos colores) y de celofán. En ambos casos, la cubierta final puede ser en estuches o en cajas de cartón corrugado, según sea el caso.

A continuación se presenta una lista general de los materiales que conforman este grupo:

- Etiquetas.

- Cinta adhesiva.
- Bolsas de plástico de: 150 grs, 250 grs, 400 grs, 1 kgr, 2 kgr y 10 kgr.

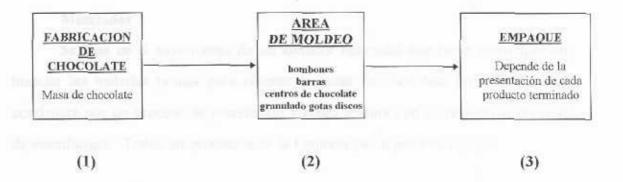
- Estuches de cartón litografiados.
- Cajas corrugadas.
- Bandejas.
- Bobinas de papel aluminio: amarillo, naranja, rojo, azul, fucsia, verde, dorado
- Tapas de cartón para cerrar las presentaciones en bolsa.
- Bobinas de papel impreso para las barras de chocolate.
- Bobinas de papel celofán.
- Bobinas de papel blanco.
- Bobinas de pabilo.
- Cajas blancas sin impresión.
- Cajas de cartón.
- Papel glasiné.
- Cola.

- Cinta Adhesiva 2".

3.5 Proceso General de Producción

Los procesos de producción de cada producto son muy parecidos entre sí.

Básicamente, presentan el siguiente esquema:



- La masa de chocolate es la base de la mayoría de los productos elaborados en la empresa, cuyas formas se darán en el área de moldeo. La fabricación del chocolate es constante debido a que es la materia prima de los productos terminados.
- 2. Aquí se les da forma a los distintos productos elaborados con chocolate como los bombones, barras, lluvia, gotas, discos, centros de chocolate y chocolate de taza. Debido a la diversidad de formas, el cambio de las máquinas y de las operaciones representa una etapa crítica dentro del proceso productivo.
- En el área de empaque, se realiza la envoltura y embalaje de todos los productos terminados, en forma automática o manual, según sea el caso.

3.6 Descripción de Equipos

A continuación se hará una breve introducción de las características más resaltantes de los equipos utilizados para los procesos de conversión de los productos.

Mezclador

Se basa en el movimiento de un agitador helicoidal que tiene como función mezclar las materias primas para obtener la masa de chocolate primaria, la cual continuará por un proceso de prerefinado y luego seguirá con su respectivo proceso de manufactura. Todos los productos de la Empresa pasan por este equipo.

Refinadora

Consiste en el paso, de la masa proveniente del mezclador, a través de cilindros sucesivos con el fin de reducir el tamaño de las partículas de chocolate. Nuevamente, todos los productos de la empresa pasan a través de este equipo.

Concha Seca

Es un equipo que se utiliza en la Industria del Chocolate para seguir con el proceso de elaboración de la masa proveniente de la refinadora y darle una consistencia homogénea y fluida. Se realiza en ella el denominado proceso de concheo, el cual es uno de los pasos más importantes en la elaboración de la masa líquida de chocolate. La mayoría de los productos pasan por este equipo, a excepción de todos los chocolates granulados y del chocolate industrial.

Tanques de Almacenamiento

Estos tienen condiciones especiales que permiten almacenar la masa de chocolate conchado, para poder utilizar nuevamente la concha. Existen seis tanques para realizar esta operación. De los tanque es que en realidad parte el chocolate hacia el área de moldeo donde se encuentran las temperadoras.

Concha Húmeda

Este equipo es utilzado por la Empresa exclusivamente para la elaboración de chocolate industrial. Actualmente, cuenta con dos de capacidad de 500 kilogramos cada uno.

Melanger

Basado en el movimiento giratorio de un rodillo pesado aplastador, le da a la masa extraída al final de la refinadora, una consistencia pastosa característica de todos los chocolates granulados.

Temperadora

Es un equipo automatizado que cumple la función de mantener a una temperatura adecuada, la masa de chocolate líquida proveniente de la concha seca. La Empresa dispone actualmente de dos de estos equipos. Uno para alimentar a la depositadora de chocolate y a la formadora de centros y otro para el uso exclusivo de la máquina moldeadora.

Depositadora de Chocolate

Es un equipo que utiliza el chocolate temperado y le da la forma de gotas a la masa de chocolate. El tamaño de las gotas se puede variar, actualmente existen gotas P-20, P-45 y P-75, que van en el orden de la de menor tamaño a la mayor. Una

variante de este proceso, es la obtención de los discos, los cuales se originan de la formación de gotas, que al caer sobre una cinta transportadora vibratoria, esparcen la masa de chocolate dando así la forma de pequeños discos de chocolate.

Formadora de Centros

Es un equipo con unos rodillos troquelados que le dan a la masa de chocolate temperado, una forma de diminutos discos, pero con un mejor acabado que los anteriormente mencionados. La única masa de chocolate que utiliza este equipo es el tipo D para manufacturar solamente a los llamados centros de chocolate confitado.

Extrusor

Consiste en láminas delgadas provistas de pequeños agujeros a través de los cuales se hace pasar, la masa proveniente del melanger, la cual es presionada por unos rodillos giratorios. El tamaño de los agujeros determinará el grosor del granulado, que puede ser de tres tipos: Granulado M, Granulado A-R y Granulado D-3.

Túnel de Refrigeración

Canal refrigerado por el que circulan, a través de una cinta transportadora, los productos moldeados provenientes del extrusor y la depositadora, para el caso del Túnel 1 y, de la formadora de centros en el caso del Túnel 2. El destino de estos productos es la Cámara de Conservación.

Cámara de Conservación

Es una cava refrigerada a una temperatura de 12 °C para conseguir que el chocolate proveniente de los túneles de refrigeración se solidifique. En este caso se está hablando de las gotas, discos, centros de chocolate confitado y granulados de chocolate.

Bombos

Tambores giratorios que cumplen diversas funciones, como por ejemplo, confitado, coloreado y brillo de los centros de chocolate y, en el caso de los granulados, se les da el tamaño correcto y la apariencia abrillantada deseada. Estos bombos se encuentran en una zona denominada Zona de Grageado.

Moldeadora

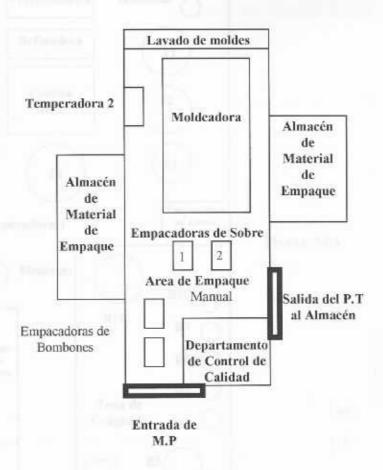
Es un equipo automatizado, constituido por tres depositadoras de chocolate, una cava de refrigeración y un sistema de desmoldeo. Trabaja con la colocación de moldes especiales, que tienen la forma deseada para el producto final. Las depositadoras pesan una cantidad preestablecida y la vierten en los moldes, presentados uno por uno por una cadena de engranaje transportadora. Los productos que se moldean en este equipo son las barras de 1 kilo, bombones rellenos, bombones molde y las distintas barras de chocolate de taza.

Empacadoras Automáticas

Existen tres tipos de empacadoras; una para envolver bombones, otra para envolver las barras de chocolate de taza, y otra para llenar los empaques de lluvia de chocolate y el de almendras de 150 gramos. En los dos primeros casos se cuenta con dos equipos para el empaque automático de los productos.

3.7 Distribución en Planta

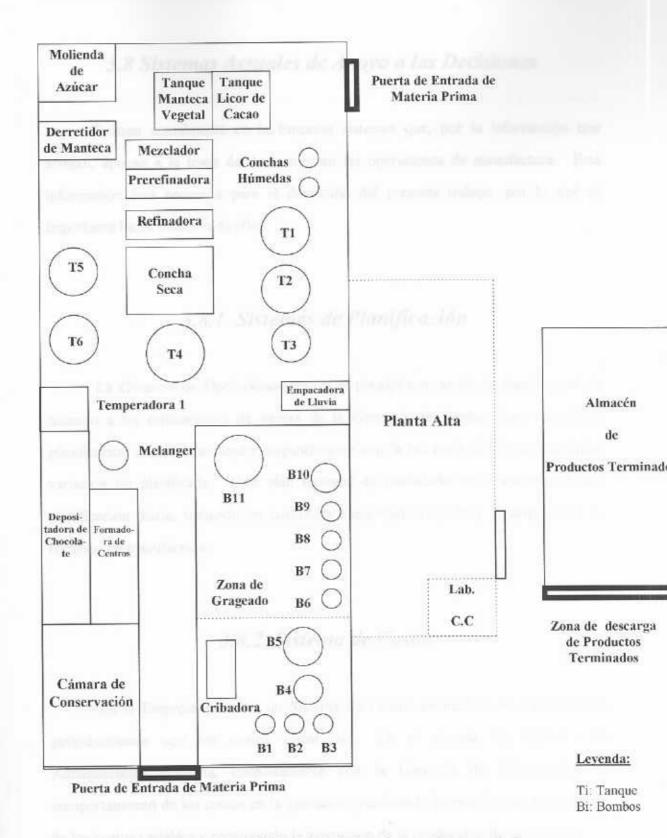
Actualmente, el espacio fisico de la planta, que cuenta con dos pisos, se encuentra distribuido de la siguiente forma:



Distribución Física de la Planta. Planta Alta.

Area de Moldeo de Barras, Bombones y Cubiertas de Chocolate.

Figura 3.1



Distribución Física de la Planta. Planta Baja

Area de Fabricación de la masa de chocolate. Area de Grageado de la Iluvia, gotas, discos, granillo de chocolate y centros de chocolate confitado

Figura 3.2

3.8 Sistemas Actuales de Apoyo a las Decisiones

Existen actualmente en la Empresa sistemas que, por la información que arrojan, apoyan a la toma de decisiones en las operaciones de manufactura. Esta información será necesaria para el desarrollo del presente trabajo, por lo que es importante hacer mención de ellos.

3.8.1 Sistemas de Planificación

La Gerencia de Operaciones realiza el presupuesto anual de manufactura de acuerdo a las estimaciones de ventas de la Gerencia de Ventas, luego detalla la planificación mensual revisando conjuntamente con la Gerencia de Ventas cualquier variación no planificada. Este plan mensual es trasladado posteriormente a una planificación diaria, tomando en cuenta, la capacidad instalada y la disposición de recursos de manufactura.

3.8.2 Sistema de Costos

En la Empresa funciona un Sistema de Costos estimados, el cual se revisa periódicamente con los costos históricos. En el sistema, la Gerencia de Administración controla, conjuntamente con la Gerencia de Operaciones, el comportamiento de los costos en la operación, verificando la exactitud en el consumo de los costos variables y controlando la asignación de la producción de ese período.

Clasificación de los Costos

Para La Empresa donde se realizó este trabajo, los costos fijos y los variables están constituidos, según los criterios expuestos en el ANEXO 1, de la siguiente forma:

Costos de Producción

Los costos de producción están constituidos por los siguientes elementos:

- Materias primas

Son aquellos materiales comestibles que forman parte del producto terminado.

Estos costos son variables e incluyen fletes de compra, de almacenamiento y de manejo. Los descuentos sobre compras son deducidos del valor de la factura de las materias primas adquiridas.

- Material de empaque

Son los materiales que forman parte auxiliar en la presentación del producto terminado. Aquí se incluyen envases primarios como cajas, bolsas, envoltorios, y secundarios como cajas corrugadas y etiquetas. Estos costos también son considerados como variables.

- Mano de Obra Directa

Es la que se utiliza para transformar la materia prima en producto terminado.

En esta empresa hay dos tipos: una que sirve de apoyo a las operaciones de producción y otra involucrada exclusivamente con el área de empaque manual. La

mano de obra que es utilizada para apoyo de las operaciones se considera como un costo fijo de La Empresa.

La totalidad de los productos tienen involucrado un empaque del tipo manual, el cual es medido por las horas-hombre que consuma. Por lo tanto, a medida que aumenta el volumen de producción se elevará el costo que aporta las horas-hombre utilizadas para esta operación manual. Por eso la mano de obra destinada para empaque se considera variable.

- Mano de Obra Indirecta

Es aquella necesaria en el departamento de producción, pero no interviene directamente en la transformación de las materias primas. En este rubro se incluyen: personal de supervisión, jefes de producción, personal de control de calidad y jefe de taller mecánico. El costo por mano de obra indirecta es un costo fijo.

Costos de los Insumos

Todo proceso productivo requiere una serie de insumos para su funcionamiento. En esta empresa son: agua, energía eléctrica, combustible de las calderas de vapor y misceláneos como detergentes, gases industriales y reactivos para el Departamento del Control de Calidad. Tanto el agua como los misceláneos son considerados como costos fijos por La Empresa. Los demás son explicados a continuación con más detalle debido a su importante contribución a los costos totales.

- Fracción de energía

La fracción de energía es un costo semivariable. La tarifa básica de la electricidad se considera componente del costo fijo. La parte variable es aquella que resulta del consumo extra de electricidad cuando aumenta el volumen de producción.

- Fracción de combustible.

La fracción de combustible es considerada, al igual que la fracción de energía, como un costo semivariable y además se aplica el mismo criterio de división de los costos fijos y variables que en el caso anterior.

- Mantenimiento

Este es un servicio que se contabiliza por separado, en virtud de las características especiales que presenta. Se puede dar mantenimiento preventivo y correctivo al equipo y a la planta. El costo de los materiales y la mano de obra que se requieran, se cargan directamente. Este es un costo semivariable, porque el mantenimiento preventivo se realiza periódicamente y de manera rutinaria. En cambio, a medida que aumenta la tasa de producción hay una cuota de este mantenimiento que también aumenta, según consideraciones de La Empresa. En cuanto al mantenimiento correctivo, no puede predecirse su ocurrencia y por lo tanto, entra como costo fijo para el período que en el se incurra.

Costos de Administración

Son, como su nombre lo indica, los costos provenientes de realizar la función de administración dentro de la empresa. En estos se incluyen los sueldos de los gerentes, personal de contabilidad, secretarias y todos los gastos de oficina como teléfono, papelería, limpieza, etc. Estos costos se deben cubrir para cada periodo de producción, independientemente de la cantidad que se fabrique. Por lo tanto, son considerados como un costo fijo.

Costos de Ventas

Son los generados por el Departamento de Ventas que se encarga de la comercialización, distribución y atención a los clientes. Estos costos contemplan sueldos del Gerente de Ventas, secretaria, gastos de representación, gastos de comercialización y distribución del producto. Los sueldos y gastos de representación son considerados como costos fijos. En cambio, los gastos de distribución y comercialización representan costos variables.

3.8.3 Sistema de Inventarios

La Empresa cuenta con una red computarizada entre las Gerencias de Compras, Administración y Operaciones, conjuntamente con los diferentes almacenes donde se controla y verifica el movimiento diario de inventarios. Además, dispone de sistemas de información formales relacionados con todas las requisiciones, órdenes de compra, devoluciones, lotes de compra, lotes mínimos, entre otros, que permiten los controles necesarios para el manejo de los inventarios.

Capítulo 4: Optimización y Técnicas de Modelado de Sistemas

- 4.1 Aspectos Generales
- 4.2 Procesos de Toma de decisiones en las Empresas
- 4.3 Modelado de Sistemas
- 4.4 Tipos y clasificación
- 4.5 Aplicación de los modelos
- 4.6 Formulación de modelos matemáticos
- 4.7 Modelos de programación matemática

Capítulo 4:

Optimización y Técnicas de Modelado de Sistemas

4.1 Aspectos Generales

El éxito de una empresa a largo plazo, depende de la influencia de muchos factores. El análisis de su mercado, la investigación y desarrollo de productos, la gerencia administrativa y el clima organizacional podrían incluirse entre los elementos que determinan el estado de una empresa. Pero, quizá el *empleo productivo y eficiente* de la mano de obra, los equipos, los materiales, el capital y otros recursos necesarios para el proceso de transformación de los insumos en productos terminados, sea el fundamento que origina mejores resultados a través del tiempo. Generalmente, las empresas que consiguen cómo fabricar sus productos a un costo menor al de la competencia, son las que se mantienen y permanecen vigentes en el mercado.

Las organizaciones empresariales, desde su nacimiento, han hecho énfasis en la búsqueda de herramientas que mejoren sus métodos de trabajo, a fin de conseguir un uso cada vez más productivo de los recursos. La meta fundamental es producir y controlar la cantidad justa de productos que le reporten a la empresa las mayores ganancias posibles y reduzcan al mínimo los costos provenientes del desarrollo de

todas sus operaciones. La idea de mejorar un procedimiento hasta obtener los resultados más convenientes de su aplicación, recibe el nombre de *optimización*.

La optimización, en el escenario de una empresa, tiene como objetivo fundamental asegurar que el rendimiento de los insumos y equipos en los cuales se ha invertido para el desarrollo de las operaciones sea el mejor posible, es decir, sea óptimo. Pero, debido a la extensa variedad de factores que influyen en el desarrollo de las actividades de cualquier organización, resulta una tarea ardua y arriesgada el hallazgo de los niveles de optimidad de la empresa.

Si se considera a la empresa como un sistema formado por la interacción de elementos de distinta naturaleza y niveles de complejidad, que dependen del comportamiento de un número elevado de parámetros y variables, se puede explicar el por qué resulta tan dificil llegar al punto óptimo de operación y controlar estos factores a largo plazo. Alguna de las razones pueden ser las siguientes:

- En su mayoría, las variables que gobiernan los sistemas empresariales son difíciles de medir en la práctica.
- Existen reglas que determinan el funcionamiento del sistema que no pueden ser controladas con ningún tipo de herramienta de análisis.

Adam E. E. y Ebert R. J., Administración de la Producción y las Operaciones (1991)

 Hay sistemas tan complejos que, aunque resulten ser expresados de alguna forma lógica, su procedimiento de solución es tan complicado que hace infactible su aplicación y uso.

Como se puede observar que aunque es ideal pensar en operar una empresa bajo criterios de optimización y control en el uso de todos los recursos, en la práctica es imposible de aplicar formalmente. Lo que se puede lograr son aproximaciones aceptables de la realidad y luego realizar ajustes de los datos obtenidos. Esta es una labor que requiere análisis y estudio profundo, expresar en forma fiel y conveniente la situación real del sistema y encontrar soluciones factibles y oportunas. Por eso, cualquier sistema que se cree, por más exacto que sea, sólo servirá como guía para la toma de decisiones de los encargados de la gerencia de las operaciones. Todos los valores, proyecciones, estimados y cálculos que se realicen son de referencia y apoyo al gerente para que le permitan mantener un norte, un punto de referencia. En cada momento real es donde se debe decidir qué hacer, pero es entonces cuando la planificación juega su papel más importante: impedir que la empresa este a merced del azar. Por lo tanto, es fundamental y más en estos tiempos de desarrollo acelerado de tecnología, donde el planificador-gerente debe ser, además de una persona con experiencia, un analista con criterio científico en la toma de decisiones.

4.2 Proceso de Toma de Decisiones en las Empresas

No sólo en las empresas se toman decisiones. Cada persona, diariamente debe decidir qué hacer en cada una de las situaciones que se le presenta.

Las decisiones nacen de la necesidad de escoger entre varias alternativas o caminos posibles, el curso de acción más adecuado para una situación determinada. Pero para poder seleccionar con certeza, hace falta tener un buen criterio de selección.

En el caso particular de las empresas, resulta muy valiosa la experiencia del personal que desarrolla este tipo de actividades gerenciales. Pero en la medida que dicha experiencia provenga de la repetición inconsciente de prácticas erradas, puede resultar perjudicial para la organización. Por lo tanto, los encargados de tomar decisiones dentro de la empresa, deben ser personas preparadas en el análisis de sistemas, para que pongan en práctica los elementos y operaciones basadas en las técnicas de trabajo comprobadas, que hagan más ordenada la ejecuación de cada tarea.

Disciplinas como la ingeniería industrial y la investigación de operaciones surgieron de la necesidad de reemplazar las técnicas de origen empírico por otras de naturaleza científica, reduciendo la actividad *fortuita* por la actividad *científica*².

Miller D. y Schmidt J., Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones (1992)

En los últimos 30 años, los avances de la ingeniería industrial y de la investigación de operaciones se han desarrollado en base a técnicas de análisis fundamentadas en conceptos matemáticos orientados hacia la productividad y al suministro de elementos claves para la organización, planificación y control de todas las actividades empresariales.

Existen muchas herramientas para tratar de resolver los problemas que se presentan en la administración de las operaciones en una empresa. La mayoría de ellas se basan en conceptos matemáticos y de otras disciplinas como la ingeniería, la economía, la psicología y la sociología, entre otras. Pero, al aplicar cualquier técnica científica, es indispensable que el analista efectúe un trabajo de investigación y estudio que plasme, de manera conveniente, la situación real a través de un modelo.

4.3 Modelado de Sistemas

El modelo es una de las herramientas de uso más generalizado y común a todas las aplicaciones científicas. Es utilizado para representar el proceso o sistema que está sometido a estudio. Su utilidad consiste en que, a través de él, el manejo de las situación es más flexible y cómodo que del sistema real al cual representa. Además, se puede trabajar y aplicar cambios al modelo, en vez de hacerlo con la situación que se está modelando. Esto tiene la ventaja de poder simular y evaluar los resultados de las acciones correctivas, sin necesidad de gastar recursos en pruebas innecesarias y costosas.

La construcción y desarrollo de un modelo es el paso fundamental en la aplicación de cualquier proceso sistemático de toma de decisiones. Esto trae como consecuencia que un error en el planteamiento del modelo, significaría una desvalorización de la solución que propone. Por ejemplo, si se elabora un modelo que minimice los costos de producción en una fábrica textil, este resultaría inútil si la empresa considera importante los costos por mantenimiento diario de los equipos y estos son olvidados en la construcción del modelo.

Una situación real suele estar compuesta de un elevado número de variables y limitaciones, pero generalmente, sólo una pequeña fracción de ellas son las que

dominan verdaderamente el comportamiento de la parte del sistema que se está estudiando³.

Entonces, para construir un modelo, es imprescindible hacerlo de forma simplificada, es decir, determinando sólo los elementos que influyen definitivamente en la realidad. En la figura 4.1 se ilustra gráficamente, el concepto anteriormente explicado. Se puede observar que el modelo se elabora a partir del sistema reducido de la realidad, denominado sistema real supuesto. La simplificación del sistema total debe hacerse con mucho cuidado y de forma tal que tome en cuenta a la globalidad de elementos dominantes y rectores de la situación real. Este primer paso es fundamental para el éxito del modelo y uno de los más subjetivos. Dependerá de la experiencia y aptitud del analista realizar satisfactoriamente este paso tan decisivo para el resto del procedimiento en cuanto a construcción de modelo se refiere.



Figura 4.1

Tomada del Capítulo 1 del Taha H., Investigación de Operaciones (1991)

³ Taha H., Investigación de Operaciones (1991)

4.4 Tipos y Clasificacion de los Modelos

Hay muchas maneras de clasificar a los modelos. De cada categoría surgirán tipos de modelo diferentes. A continuación se presenta una explicación concisa de los tipos de modelo más comunes que existen.

Clasificación de Modelos

Según Miller D. y Schmidt J.⁴, existen fundamentalmente, tres tipos de modelo: icónicos, analógicos y simbólicos. Los modelos icónicos son réplicas exactas del sistema real. Ejemplos de este tipo son las plantas piloto, en las cuales se ensayan las estrategias planeadas para evaluar los resultados. Los modelos analógicos se basan en propiedades reales del sistema pero son distintos de ellos; establecen una similitud en ciertas características y ensayan los resultados haciendo, posteriormente, una analogía de conceptos. Un ejemplo de modelo analógico es el histograma de frecuencias que sirve para representar, a través de la longitud de las barras, la magnitud de la frecuencia relativa de un grupo de elementos. Los modelos simbólicos hacen uso de símbolos para describir las propiedades o características del sistema que se está modelando. Debido a su importancia en este trabajo, serán explicados con más detalle.

⁴ Miller D. y Schmidt J., Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones

Modelos Simbólicos

Los modelos simbólicos, son el tipo más abstracto de modelo que se pueda crear, pero son los más utilizados en el análisis de situaciones reales de las empresas. Están formados solamente por letras, números, operadores matemáticos y ecuaciones. Hay dos tipos básicos de modelos simbólicos. Uno es el modelo matemático y el otro viene representado por los modelos de simulación.

Cuando el objetivo que se desea alcanzar y las limitaciones que impone el sistema se pueden expresar a través de elementos matemáticos, se debe usar un modelo matemático. La ventaja principal de este tipo de modelos, es la exactitud con que se pueden calcular los resultados y su evaluación rápida y confiable. Pero, a pesar de los importantes adelantos en materia de elaboración de modelos matemáticos, hay un número considerable de casos reales que siguen estando fuera del alcance de las técnicas matemáticas disponibles en la actualidad. Por diversas causas, el sistema real puede implicar demasiadas relaciones y variables, que hacen imposible su representación matemática adecuada. Además, aunque se pueda formular un modelo matemático, éste puede resultar extremadamente complicado como para encontrar solución por medio de los métodos de solución disponibles. Una alternativa distinta a la representación de modelos simbólicos son los modelos de simulación. Este tipo de modelo es de construcción relativamente más sencilla que la de los modelos matemáticos, pero su implantación suele ser costosa. Por esto, se utilizan como último recurso, cuando el problema real no puede ser expresado en forma matemática.

Modelos Matemáticos

Se pueden mencionar dos tipos de modelos matemáticos de uso frecuente en los problemas de decisión de las empresas: los descriptivos y los normativos.

Los modelos descriptivos, como su nombre mismo lo indica, describen alguna característica del sistema que se modela. Consisten en desarrollar información que asista en la tarea de describir una situación puntual determinada ya existente. Las ecuaciones son las expresiones más comunes de los modelos matemáticos descriptivos.

Los modelos normativos buscan diseñar una metodología que ayude a encontrar el mejor camino de acción que debe tomar un sistema establecido, en las situaciones aleatorias que se le presenten. Los modelos de decisión pertenecen básicamente a este tipo, aunque la construcción de un modelo descriptivo del sistema es un requisito indispensable antes de llegar a un modelo completo que resuelva un problema de decisión.

Generalmente, los modelo matemáticos estan compuestos de los siguientes elementos básicos⁵:

Miller D. y Schmidt J., Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones

- 1.- Variables de Decisión
- 2.- Función Objetivo
- 3.- Restricciones
- 4.- Relaciones Funcionales
- 5.- Parámetros

1.- Variables de Decisión

Son los valores que se quieren determinar. Son las variables o factores del problema al cual se le está buscando una solución. Generalmente estas variables vienen expresadas en términos numéricos.

2.- Función Objetivo

Es una representación del criterio, o los criterios, a través de los cuales, el responsable de tomar decisiones evalúa y clasifica las alternativas factibles de solución. También incluye la forma como se optimizará ese criterio, el cual, por lo general, es de maximización o minimización de la función objetivo.

3,- Restricciones

Son los límites a los valores que pueden tomar las variables de decisión.

Generalmente son debido a la presencia de recursos escasos. Estas restricciones o limitaciones pueden tener diversos orígenes y actúan para limitar las opciones posibles mediante la eliminación de las alternativas que no cumplen con sus requisitos.

4.- Relaciones Funcionales

Son los vínculos que unen a las variables de decisión en la función objetivo y en las restricciones. Expresan, implicitamente, el criterio de optimización y los fundamentos de cada una de las restricciones.

5.- Parámetros

Los parámetros son las constantes implícitas que forman parte de las relaciones funcionales. Son los coeficientes de las ecuaciones que representan la función objetivo y las restricciones.

Existen diversos tipos de modelos matemáticos que varían según sus objetivos, número de restricciones, relaciones funcionales y criterio a seguir. Sin embargo, la estructura básica es la misma para cada modelo de decisión. La versión general se expresa de la siguiente manera: Maximizar (o minimizar) F(x)

Sujeto a:

$$g_1(x) \le b_1$$

$$g_2(x) \le b_2$$

$$\vdots$$

$$g_m(x) \le b_m$$

Donde:

x: es un vector de n variables de decisión ($x_1, x_2, x_3, ..., x_n$)

F(x): es la función objetivo que contiene el criterio a optimizar

 $g_i \leq b_i$; i-ésima restricción

bi : cantidad fija (parámetro) del i-ésimo recurso por usar

Este modelo matemático general puede variar de muchas formas, como por ejemplo, eliminando alguno de sus componentes o cambiando la naturaleza de los parámetros y relaciones funcionales. De cada variación surgirá un tipo diferente de problema de decisión. A continuación se enumeran las más conocidas:

1.- Si no hay restricciones, surgen los Modelos de Optimización Clásica, en los cuales a partir del cálculo de la derivada se consigue el punto óptimo de una función, tomando en cuenta solamente, a las relaciones funcionales implicitas en la misma.

- 2.- Si hay más de una restricción, los modelos se convierten en Modelos de Programación Matemática. De estos se hablará más adelante.
- 3.- Si el origen de todos los parámetros y relaciones funcionales es determinista, es decir, se conoce con certeza, los modelos se llaman Modelos Deterministas.
- 4.- Si el valor de los parámetros y relaciones funcionales no se pueden determinar, los modelos son denominados Modelos Probabilísticos o Estocásticos.
- 5.- Si las ecuaciones que representan la función objetivo y las restricciones tienen forma lineal, los modelos reciben el nombre de Modelos Lineales. Pero, cuando el modelo tenga más de una relación no lineal, se denominan Modelos No Lineales.
- 6.- Si las variables de decisión no pueden tomar valores fraccionarios, es decir, sólo pueden tomar valores enteros, se trata del tipo de Modelos Enteros.

Modelos de Simulación

Adicionalemente a los modelos matemáticos, existen los llamados Modelos de Simulación, en donde por medio de un modelo descriptivo, se simula cómo opera un sistema. Los modelos de simulación también pueden ser icónicos, analógicos o un

conjunto de modelos matemáticos. El tipo más común de modelos de simulación son los modelos computarizados. Hay que destacar que una cosa es simular y otra muy distinta es un modelo de simulación. Primero se crea el modelo de simulación y después se simula.

Los modelos de simulación se diferencian de los matemáticos en que las relaciones de entrada y salida de datos no se especifican de forma explícita. En un modelo de simulación, se divide al sistema representado en módulos básicos, que luego se enlazan entre si, a través de relaciones lógicas establecidas. Por lo tanto, partiendo del módulo de entrada, se pasará por todos los módulos hasta obtener la solución final en el módulo de salida.

Comparación entre los modelos matemáticos y los de simulación

Los modelos matemáticos son recomendables, en los casos en que pueda desarrollarse un método de análisis matemático, que permita expresar el sistema en términos de un modelo de este tipo. Pero la complejidad de muchas organizaciones actuales es tan elevada, que la totalidad de las relaciones que hacen interactuar a las variables del sistema hacen imposible la construcción de un modelo matemático que las represente. Esto se hace evidente cuando algunos factores que inciden en el comportamiento de la organización no se pueden predecir con certeza. Si por ejemplo se quisiera realizar un modelo que controle el nivel de inventarios de materia prima de una empresa, se tendría que conocer la lista de proveedores, el tiempo que tarda una

orden de compra, la capacidad del almacén, los costos implicados, la programación de la producción, entre los más importantes. Pero todos estos factores están sujetos al comportamiento caprichoso de la demanda de los productos, los accidentes y retrasos en la entrega, a los controles de calidad que pueden rechazar un lote, en fin, a muchos imprevistos. Por lo tanto, aunque se pueda formular un modelo matemático que controle los inventarios de materia prima, este será basado en el sistema real supuesto antes mencionado, cuyo comportamiento es ideal con variaciones permisibles entre ciertos límites.

Sin embargo en la práctica, cuando un analista puede escoger entre un modelo matemático y uno de simulación, generalemente escogerá elaborar el modelo matemáticamente. Aunque el desarrollo del modelo matemático puede tomar más tiempo, lo cual implica un costo mayor en la etapa de desarrollo, los modelos de simulación requieren una inversión mayor en la ejecución, por el extenso tiempo que suelen consumir en una computadora. Además, los resultados de los modelos de simulación provienen de cálculos realizados con datos aleatorios, lo cual obstaculiza la interpretación efectiva del comportamiento del sistema.

Por tanto, la simulación solamente es recomendable para modelar sistemas en los siguientes casos:

- 1.- El sistema presente un grado de complejidad tal que dificulte el análisis matemático. En este caso, el analista ha investigado todos los caminos posibles y ha llegado a la conclusión de que la simulación es la única alternativa adecuada.
- 2.- El analista no tiene el nivel de conocimientos matemáticos necesarios para desarrollar un modelo matemático adecuado, y por lo tanto, escoge la simulación por ser relativamente más sencilla.
- 3.- Los usuarios son más receptivos con los modelos de simulación que con los modelos matemáticos. El motivo de esta preferencia es que los modelos matemáticos son complicados para personas con poco conocimiento de cálculo; y la simulación, representa al sistema en su forma real, lo cual permite observar los elementos que interactúan entre sí.

En conclusión, aunque la simulación ofrezca ventajas considerables en el modelado de sistemas complejos, si un problema puede modelarse matemáticamente, debe hacerse así. En la mayoría de los casos, un modelo matemático se puede evaluar con mayor rapidez que uno simulado, ya que generalmente, se necesita hacer una réplica de la condición del sistema estudiado para obtener una estimación confiable de la medida del desempeño del sistema cuando este se modela por simulación, elevando quizá el costo del modelo.

4.5 Aplicación de los Modelos

En la gran mayoría de los casos, los modelos son utilizados para ayudar en el proceso de análisis de un problema. Según Elmaghraby⁶ los modelos, adicionalmente, pueden ser útiles en cualquiera de las cinco funciones básicas de análisis.

- 1.- Un modelo puede usarse como un apoyo para reflexionar, ya que puede ayudar al analista en la comprensión de la estructura y funcionamiento del sistema real.
 Los modelos simulan los pasos que llevan a una reflexión analítica de la situación.
- 2.- A través de un modelo es más sencillo comunicar la forma que el analista visualiza el sistema o problema. Por lo tanto sirve como medio de transmisión eficiente de ideas.
- 3.- Un modelo se puede usar para inducir en el proceso de capacitación y aprendizaje de las propiedades del sistema. Los modelos de simulación son especialmente útiles en este sentido.
- 4.- Existen modelos que pueden utilizarse como instrumentos de predicción y pronóstico de las condiciones que en el futuro tendrá el sistema modelado. Este uso

⁶ Elmaghraby, "The Role of the Modeling in IE Design", cita tomada del Miller D. y Schmidt J.

es especialmente importante en el tema de Análisis de Sensibilidad del modelo, en el cual se evaluan, una vez encontrada la solución óptima, hasta donde se pueden variar las condiciones del modelo sin que le afecte.

- 5.- Los modelos sirven como herramietas directas para propósitos de control o de toma de decisiones. Los problemas de decisión en cuanto a aspectos controlables de un sistema, influyen en el diseño u operación del sistema al variar o controlar el valor de algunas variables de decisión. Los modelos que pertenecen a este tipo, se solucionan si se encuentran los valores de las variables de decisión que:
- a) Satisfacen simultáneamente todas las restricciones. A este conjunto de valores de las variables de decisión se les denomina solución factible.
- b) Logran alcanzar el objetivo de optimización, es decir, cumplen el criterio establecido en la función objetivo.

En conclusión, los modelos se emplean para analizar, evaluar y documentar el sistema o problema de decisión.

4.6 Formulación de Modelos Matemáticos

La tarea de formular o construir un modelo incluye dos actividades básicas:

- Desarrollar la forma y el tipo de modelo que se usará.
- 2.- Determinar los valores de los diversos parámetros del modelo, es decir, los valores numéricos de las constantes en un modelo descriptivo. Con frecuencia, ésta última parte es la más critica y dificil de la formulación del modelo.

La construcción de modelos más que una ciencia exacta, es un arte⁷. Se requiere de mucho ingenio, sentido común y conocimiento profundo, tanto del sistema real como de las herramientas de cálculo que se usan en la formulación, para lograr plasmar en un modelo las características claves de un sistema y más cuando se trata de los complicados sistemas empresariales. A pesar de que la formulación de cada modelo es especial para cada caso, existen algunas pautas claves que se deben tomar en cuenta para lograr culminar con éxito su desarrollo. Estas son⁸:

1.- Las suposiciones que se hagan son de dos tipos: implícitas y explícitas. Las suposiciones implícitas, deben estar en forma tal que el usuario pueda reconocerlas y aceptarlas. Generalmente, estas suposiciones estan relacionadas con la naturaleza de

⁷ Taha H., Investigación de Operaciones (1991)

⁸ Miller D. y Schmidt J., Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones

cada uno de los elementos que forman parte del modelo; por ejemplo, si los parámetros son determinísticos o probabilisticos, si las funciones que integran el modelo son lineales o no, si las variables deben ser enteras o pueden ser fraccionarias, etc. Pero además, todos aquellos preceptos que son particulares de cada sistema como puede ser el suponer demanda constante, disponibilidad ilimitada de materia prima, etc, deben quedar plasmadas de forma **explícita** antes que le analista comience con la formulación en sí.

- 2.- Lo segundo que se debe tener presente en la construcción de modelos, es que estos deben validarse. Validar un modelo significa evaluar el grado de exactitud en que éste representa al sistema real. El modelo será válido si expresa de forma apropiada la realidad del sistema que se está modelando. En el caso de un modelo de decisión se debe revisar que se cumplan los siguiente requisitos:
- 1.- Contiene todos los objetivos, restricciones y variables de decisión importantes para el problema que se está sometiendo a estudio.
- 2.- Eliminar todas las funciones, parámetros y variables que realmente estén de más y que no aporten nada nuevo al modelo.
- 3.- Las relaciones funcionales entre las variables de decisión deben ser válidas, es decir, corresponden a modelos matemáticos descriptivos exactos.

Entonces, para validar un modelo, este debe representar fielmente las características que el analista ha considerado importantes incluir como reflejo del sistema real. Este punto es uno de los más delicados y requieren de la experiencia, conocimiento e ingenio del analista para plasmar, de forma conveniente, un modelo adaptado a la situación que está estudiando. Del éxito de este paso depende la exactitud de los resultados que se obtengan, ya que el procedimiento de solución estará alimentado de esta información.

3.- Lograr un balance entre la exactitud del modelo y su utilidad real. En este punto se quiere resaltar la importancia de no perder de vista que el objetivo fundamental está en la resolución de un problema, y no en la construcción y procedimiento de solución de un modelo matemático. El modelo debe servir como instrumento de ayuda para el usuario; por lo que se debe crear de forma de que sea accesible de manejar por él. No sirve de nada crear un modelo muy exacto que luego no se pueda llevar a la práctica porque no se cuenta con la suficiente preparación matemática para entenderlo. Un modelo muy elaborado, que cubra todos los aspectos importantes, pero que resulte muy largo y complicado, no sirve para nada si no se puede resolver con la mano de obra y los recursos de computación disponibles. Pero tampoco es conveniente un modelo fácil de entender y de aplicar, pero que no sea exacto, ya que siempre arrojará resultados inciertos. "El mejor modelo es aquel que logre un balance entre exactitud y aplicabilidad".

- 4.- Aunque se tenga un modelo validado con el sistema real, que sea sencillo de aplicar y que su solución sea accesible, no tendría ninguna validez si se introducen valores erróneos a los parámetros que lo conforman. Si los valores de los parámetros no son correctos, tampoco lo serán los resultados finales.
- 5.- Una vez revisados los puntos anteriores, podría pensarse que ya el modelo está listo para ser implantado. Pero, como la experiencia lo indica, éstos deben ajustarse para revisar que cumplan a cabalidad con las necesidades del usuario. Además, se debe tomar en cuenta la necesidad de realizar modelos flexibles, capaces de adaptarse a nuevas situaciones que permitan realizar variaciones en los parámetros. Los modelos que no tengan esta virtud dificilmente podrán perdurar por mucho tiempo. La flexibilidad, la retroalimentación y la autoadaptación son fundamentales en la implantación de cualquier modelo, ya que podría llegar a la obsolencia rápidamente.

Las cinco pautas mencionadas para la formulación de modelos, pueden servir de guía para realizar una metodología que ayude y oriente en la construcción del mismo y deben ser consideradas explícitamente cuando se realice esta labor. Sin embargo, sólo la experiencia y la práctica lograrán desarrollar la cualidad de crear buenos modelos.

Programación Matemática

Se puede decir que la programación matemática es el proceso de formulación y solución de modelos matemáticos normativos basados en problemas de decisión con una o más restricciones.

En la programación matemática, al modelo se le dice **problema**, y a la respuesta recomendada, **solución**, la cual es obtenida a través de la secuencia lógica de cálculos denominada **algoritmo**⁹.

El objetivo de la programación matemática es planear o programar la utilización de recursos escasos por medio de modelos matemáticos; es decir, la solución del problema de decisión asignará, matemáticamente, el empleo de los recursos disponibles de tal forma de optimizar la función objetivo. Si no existen restricciones en el modelo, no es un problema de programación matemática, ya que si no hay recursos, nada hay que asignar. Este último sería un problema de optimización clásica.

Sin embargo, pese a la exactitud que ofrecen los resultados de los modelos matemáticos, su uso en los problemas de decisión no es fácil de aplicar. Esto se debe a factores tales como la presencia de grandes cantidades de datos, la dificultad de

⁹ Miller D. y Schmidt J., Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones

elaborar modelos matemáticos descriptivos convenientes y al desconocimiento del usuario final, que desconfia de estas técnicas. El analista deberá evaluar la situación y tratar de construir un modelo que solvente en la medida de lo posible estos inconvenientes.

4.7 Modelos de Programación Matemática

Aunque la lista de aplicaciones de los modelos de programación matemática es extensa, estos suelen pertenecer a las siguientes categorías generales, basadas en la forma, naturaleza y disposición de los elementos que constituyen un problema de decisión general, nombrados anteriormente. Estas cuatro clases son:

- Problemas de Programación Lineal.
- 2. Problemas de Programación Entera.
- 3. Problemas de Programación No Lineal.
- 4. Problemas de Programación Dinámica.

Modelos de Programación Lineal

Los modelos de programación lineal presentan las siguientes características:

- Las variables de decisión pueden adoptar valores fraccionarios.
- Sin embargo, estos valores no pueden ser negativos
- 3. Todas las funciones del modelo son lineales en las variables de decisión.
- Todos los parámetros del modelo son de naturaleza deterministica.

La programación lineal es un modelo de asignación de recursos que busca la mejor asignación de recursos limitados a un número de actividades en competencia. Se ha aplicado con éxito a una diversidad de problemas prácticos.

Modelos de Programación Entera

La condición fundamental para que un problema sea de programación entera es que las variables de decisión sólo pueden tomar valores enteros. Las funciones del modelo pueden ser de cualquier tipo; no necesariamente deben de ser lineales como en el caso anterior. La forma general de problemas de decisión queda igual excepto que se incluye la restricción que cada x_j debe ser un valor entero.

Hay tres tipos de programación entera:

Programación sólo entera.

- Programación Cero-Uno o Binaria.
- Programación entera combinada

Los modelos de programación sólo enteros exigen que todas las variables de decisión arrojen valores enteros. Los modelos cero-uno o binarios asigna a las variables de decisión exclusivamente valores cero y uno. Los modelos combinados tienen valores enteros y fraccionarios.

Una limitación que se ha encontrado en la práctica al aplicar la programación entera es que el número de variables debe ser preferiblemente pequeño. Por lo tanto al formular un modelo entero es ventajoso reducir el número de variables enteras tanto como sea posible. Otro incoveniente es que, en la mayoría de los casos, el usuario de los paquetes enteros deberá intervenir manualmente para conseguir la solución. El criterio personal durante los cálculos es necesario para asegurar que el programa se esté desarrollando satisfactoriamente. Por lo tanto, el uso de la programación entera se reduce exclusivamente a problemas donde el valor entero de las variables sea imprescindible, como por ejemplo la construcción de aviones o equipos costosos, donde una solución no puede ser construir una avión y medio. En otros casos menos severos es preferible escoger otra alternativa de solución.

Modelos de Programación No Lineal

En este tipo de modelos, cualquiera de las funciones puede ser no lineal. Si existe al menos una función no lineal en un modelo, este es de programación no lineal. La función objetivo no necesariamente tiene que ser no lineal. Existen varios tipos de programación no lineal y se clasifican básicamente por el tipo de función que poseen. Por ejemplo hay modelos de programación convexa separable, no convexa y cuadrática. Sin embargo, la no linealidad generalmente se presenta sólo en la función objetivo. Las restricciones suelen ser lineales.

Los métodos de resolución de los modelos no lineales varian según el tipo de ecuaciones que conforman el modelo. El uso de las computadoras para resolver los algoritmos de solución son indispensables. Mientras mayor sea el grado de complejidad del sistema, se eleva la dificultad de llegar a una solución óptima del sistema.

Modelos de Programación Dinámica

La programación dinámica es un procedimiento matemático que ha sido diseñado para mejorar la eficiencia en los cálculos de algunos problemas de programación matemática. El procedimiento es descomponer el problema general en subproblemas de menor magnitud, los cuales son más fáciles de calcular. La programación dinámica resuelve el problema en etapas, y en cada una de ellas existe un criterio de optimización a seguir. Pero, todas las etapas están enlazadas entre sí a través de un criterio común, el cual obliga a que los resultados en una etapa influyan en la siguiente. Este principio unificador es, en la programación dinámica, lo que se denomina principio de optimidad y permite generar una solución óptima factible a todo el problema.

El nombre de programación dinámica se debe a su uso en aplicaciones donde intervienen la toma de decisiones relacionadas con el tiempo. Pero, también resuelve satisfactoriamente otros casos donde esta variable no es importante. Por esta razón es

que un nombre más adecuado es **programación de etapas múltiples**, ya que el proceso alcanza la solución en etapas.

Un problema que presenta la utilización de este método es que, al aumentar las variables del modelo en cada etapa, la capacidad de resolución de una computadora se hace insuficiente y también puede aumentar el tiempo de cómputo. Este problema se le conoce como problema de la dimensionalidad, representando un obstáculo serio al resolver problemas de programación dinámica de mediano o gran tamaño.

Finalmente, aunque la programación dinámica ha demostrado ser en la práctica un procedimiento eficaz para mejorar el procedimiento de cálculo de algunos problemas matemáticos, descomponiendo el problema en partes menores, quizá aún no se pueda obtener una respuesta numérica debido a la complejidad del proceso de optimización en cada etapa. A lo mejor con la invención de nuevas computadoras con mayor capacidad de memoria y mayor rapidez se pueda solventar este problema. Sin embargo, pese a esta limitación, la solución de muchos problemas se ha facilitado con el uso de la programación dinámica.

Capítulo 5: Análisis de la Situación Actual

Capítulo 5: Análisis de la Situación Actual

Esta empresa presenta, en el área de chocolate, las siguientes características con respecto a la determinación de las cantidades mensuales de producción:

- 1.- Ofrece, a distintos sectores del mercado venezolano, un total de 42 presentaciones de productos de chocolate. Para su elaboración cuenta con una capacidad de equipos y personal que le permiten desarrollar, operativamente, todos estos productos.
- 2.- Para cada período mensual de producción, el Departamento de Ventas decide, según los estimados de ventas, cuáles productos dentro de la extensa variedad disponible, se van a elaborar. Estas estimaciones son el resultado de los pronósticos de ventas y de los pedidos de clientes, con los cuales La Empresa se compromete. Sin embargo, en muchas oportunidades, al tratar de cubrir las exigencias de los pedidos, podrían realizarse corridas de producción cuyos resultados no reporten los mayores beneficios, pero, el no cumplimiento de estos compromisos, perjudicaría la imagen de La Empresa.
- 3.- El Departamento de Producción elabora, en base a la mezcla de productos presentada por Ventas, un programa de producción diario, en el cual se planifica la sucesión de actividades que se realizarán en la Planta a fin de cumplir, en la medida de lo posible, con estas exigencias. En cada periodo suelen suceder una de las siguientes situaciones:

- La demanda de productos excede a la capacidad que tiene la planta para satisfacerla por completo, lo cual obligaría a la elección de cuales productos son los que se van a producir.
- La demanda está por debajo de la capacidad real de producción, lo cual implicaría un tiempo ocioso que no estaría aprovechando todo el potencial de la planta. En este último caso se tendría que estudiar la posibilidad de aumentar la producción en la mezcla, aunque no se puede determinar la proporción en que esto se realizará.

En ambas situaciones resulta de vital importancia, el establecimiento adecuado de las cantidades de fabricación de cada uno de los productos que constituyen la mezcla del período. Para determinarlo, hay que tomar en cuenta la relación entre lo que el mercado demanda y la capacidad de la planta en satisfacer estas necesidades. Sin embargo, La Empresa desea que el Departamento de Ventas concentre sus esfuerzos de mercadeo en promover aquellos productos que operativamente, reportan los mayores beneficios.

- 4.- Además de las limitaciones operativas impuestas por la capacidad instalada de la planta, se debe tomar en cuenta el capital de trabajo disponible para financiar la producción del período, ya que este restringe la obtención de los recursos necesarios.
- 5.- Si bien es cierto que se deben aumentar las cantidades (siempre y cuando la capacidad operativa así lo permita) de los productos que eleven en mayor grado los beneficios totales de La Empresa, nunca se debe perder de vista el tamaño del

mercado, ya que este limita a una cota máxima, la tasa de producción en cada período. No tiene sentido fabricar más allá de este valor, ya que degeneraría en la presencia de inventarios de producto terminado no planificado e indeseable por los costos en que se incurriría.

6.- La determinación de las cantidades óptimas de fabricación se apoyan a su vez en los niveles de inventario que se disponen al inicio del período. Esto representa una disminución, en dicho nivel, de lo que realmente se debe producir de cada producto. Además La Empresa define, para algunos casos, un nível de inventario final mínimo que se debe asegurar.

De todo lo anterior se puede comprender el por qué La Empresa consideró necesario el diseño de un sistema que permita determinar la mezcla óptima para cada periodo mensual de producción. El sistema debe contemplar el cumplimiento de las premisas anteriormente mencionadas, para que sirva como herramienta a la Gerencia en la toma de decisiones en la planificación de la producción.

La Empresa debe producir de tal manera, que aproveche todos los recursos en los cuales ha invertido para la fabricación de sus productos, con el fin de maximizar sus beneficios. Pero estos productos comparten la utilización de dichos elementos. Entonces, el problema radica en la asignación óptima de los recursos, y el modelo propuesto fue elaborado con el fin de sugerir las cantidades de producción que, además de maximizar los beneficios, aseguren el uso total de la capacidad de operación de la planta.

Existen diversas técnicas o herramientas que pueden ser empleadas para el diseño de sistemas que logren resolver los problemas de asignación de recursos escasos, y la elección de una de ellas dependerá de diversas condiciones que van desde el tipo de empresa, hasta la opinión subjetiva del encargado de la elaboración del modelo.

Una de las técnicas existentes que pueden ser empleadas para diseñar este tipo de sistemas es La Programación Lineal, la cual será empleada para el **Diseño de un Modelo que optimice las cantidades de producción en el Area de Chocolate** de esta Empresa, siendo este el objetivo que se persigue con el presente trabajo.

Capítulo 6: Levantamiento y Análisis de la Información

- 6.1 Descripción General de los Procesos de Producción
- 6.2 Descripción Detallada de los Procesos de Producción
- 6.3 Diagramas de Procesos Productivos
- 6.4 Diagrama de Líneas de Producción
- 6.5 Identificación de Variables

Capítulo 6: Levantamiento y Análisis de la Información

Una vez identificado el problema existente y las consecuencias que de él se derivan, es inminente la necesidad de diseñar una metodología que permita determinar las cantidades óptimas de producción, para lo cual se estableció el siguiente procedimiento.

Inicialmente, se buscó estudiar el proceso productivo, de manera de identificar y analizar tanto las variables como los parámetros que en él intervienen. Este paso es fundamental para el desarrollo del diseño del modelo. Luego se analizó, que otros factores, a parte de los operativos influyen en la determinación de las cantidades de producción. En este capítulo se presentará toda la información pertinente sobre los elementos que fueron considerados en el sistema estudiado.

Posteriormente, se consideró a la programación lineal como un modelo matemático adecuado para dar solución al problema planteado, ya que permite una respuesta óptima desde el punto de vista teórico, sirviendo como herramienta para tomar decisiones en materia de producción. El modelo será presentado en el capítulo 7 de este trabajo.

6.1 Descripción General de los Procesos de Producción

A continuación se explicarán los procesos de producción que se realizan en el Area de Chocolate de La Empresa, con el objetivo de identificar las relaciones de producción que influyen en la determinación de las cantidades a producir en cada período.

El proceso productivo esta dividido en tres áreas:

6.1.- Area de Elaboración de la Masa de Chocolate.

En esta parte se mezclan los ingredientes para la elaboración de la masa de chocolate, que luego será destinada al proceso de moldeo determinado para cada producto. Hay que tomar en cuenta que un mismo tipo de masa de chocolate puede ser empleado en la elaboración de distintos productos, como por ejemplo, el caso del Chocolate Bitter, del cual se hace uso para producir barras de 1 kilo, gotas, discos y bombones de licor.

6.2.- Area de Moldeo del producto.

Una vez obtenida la masa de chocolate necesaria, se realizan los procesos de moldeo correspondientes para cada producto. En La Empresa existen diferentes tipos de moldeo, entre los cuales se cuentan: barras de 1 kilo, bombones, gotas, discos, barras de chocolate de taza, granulado y centros de chocolate

6.3.- Area de Empaque de cada presentación.

Una característica que también define a los productos de La Empresa es el tipo de empaque en que estos se presentan. Por ejemplo, en el caso de los bombones rellenos de esencia de licor, estos pueden empacarse en presentaciones de 1 kilo para bombones de whisky, ron, anís, ó brandy; también se ofrece al mercado una caja de 1 kilo de estos mismos bombones pero surtidos y cajas pequeñas de 3 bombones de distinto tipo de relleno.

6.2. Descripción Detallada de los Procesos de Producción

Luego de haber definido las características generales de cada área de elaboración, a continuación se explicarán en detalle los procesos productivos que se realizan en cada una de ellas.

6.2.1 Area de elaboración de la masa de chocolate

El sistema de elaboración de masas de chocolates consta de tres líneas independientes de producción: una de concheo en seco, otra de concheo húmedo y una de chocolate granulado.

Proceso de Concheo en Seco

Es una línea de concheo en seco por tandas, en el cual el proceso comienza con una mezcla de los ingredientes a temperatura controlada en el mezclador, el cual tiene una capacidad de 500 kilogramos por tanda. Una vez mezclados los componentes del chocolate (sin la adición total de la grasa) pasa a un proceso de prerefinado de dos cilindros, con el fin de estandarizar el tamaño de las partículas de la mezcla a 95 micrones; posteriormente, esta masa pasa a un refinador de cinco cilindros donde se completa el refinado del chocolate llevando, el tamaño de la partícula entre 20 y 30 micras de acuerdo a la calidad del chocolate (todo el proceso de refinado tiene una capacidad de 500 kilgramos/hora). Una vez refinada la pasta, pasa a la concha seca que tiene una capacidad de 3,500 kilogramos por tanda. Este proceso es vital en el desarrollo del buen sabor del chocolate, ya que mediante un fuerte trabajo de amasado a temperatura controlada, se logra la volatilización de los ácidos no deseables, la buena textura del chocolate (redondeando las partículas sólidas), la evaporación del exceso de humedad y la fundición del azúcar, logrando una perfecta homogenización con los sólidos del cacao, la leche y el componente graso de la mezcla. Al finalizar el proceso de concheo, se adiciona el resto de la grasa al chocolate, y la lecitina (componente orgánico proveniente de la soya que facilita la unión entre partículas grasas y la humedad presente en la mezcla). Una vez culminada esta etapa, el chocolate se deposita en tanques donde tiene un reposo de por lo menos 24 horas con el fin de estabilizar su temperatura a 45 grados centígrados, perdiendo así el calor latente producido por el fuerte trabajo de concheo; además, en este tiempo de reposo, la agitación del chocolate en los tanques hace que pierda las burbujas de aire que lleva la pasta, esto debido también al concheo.

Proceso de Concheo Húmedo

Para el chocolate con adición de grasas diferentes a la manteca de cacao, el proceso es similar, exceptuando el sistema de concheo donde, este sistema es húmedo por tandas; es decir, la diferencia radica en que el componente graso se agrega en su totalidad al principio del concheo. Este proceso necesita más tiempo que el

procedimiento en seco para obtener resultados similares, pero como estos chocolates contienen una menor proporción de cacao, el tiempo de concheo es más corto. La Empresa dispone de dos conchas húmedas de 500 kilogramos cada una.

Los tiempos de concheo para los chocolates que se elaboran, son de 17 horas para el concheo en seco, y de 6 horas en promedio para el concheo húmedo.

Proceso de Chocolate Granulado

El proceso que se realiza en esta linea, comienza con la mezcla y refinado de la masa, la cual, después de un reposo de 8 horas, se tempera y homogeniza con manteca vegetal; posteriormente pasa al extrusionador para efectuar el moldeo correspondiente.

6.2.2 Area de Moldeo

La Empresa tiene a su disposición cuatro líneas independientes de moldeo de sus diversos productos. Estas son: la línea de la moldeadora, el depositado de chocolate, la formadora de centros y el extrusionado. Para el caso particular del chocolate industrial¹, no se requiere de ningún tipo de moldeo ya que se coloca la masa dentro de bolsas plásticas y posteriormente, en cajas corrugadas que se entregan para el consumo industrial. Los productos que provienen de la formadora de centros y del proceso de extrusionado, como son los centros de chocolate y todos los tipos de granulado respectivamente, siguen su proceso de moldeo en la zona de grageado, la cual también será explicada en esta sección.

Tipo de chocolate elaborado para consumo industrial en la concha húmeda.

Línea Moldeadora

En esta linea es posible realizar desde tabletas macizas hasta bombones rellenos. Comienza con una temperadora automática de 3 zonas de control de temperatura; donde mediante diferentes formas de intercambiadores de calor y la utilización de agua fría y caliente (según sea el caso), se logra una temperatura del chocolate que permite que su estructura física permanezca estable, logrando así un producto de buen acabado, en condiciones de brillo y homogeneidad. La capacidad de esta temperadora es de 350 kilogramos/hora.

La función de la línea moldeadora es la de depositar el chocolate temperado en moldes de plástico y posteriormente enfriarlos para solidificar el chocolate que luego será desmoldeado y llevado al área de empaque del producto.

Esta línea es totalmente automática, con 3 estaciones depositadoras para diferentes tipos de rellenos, su rendimiento es en promedio 250 kilogramos/hora. La máxima producción se realiza en las barras de chocolate de 1 kilogramo (materia prima para la industria), y la mínima producción se observa en la fabricación de bombones rellenos.

Linea Depositadora de Chocolate

Otra manera de dar forma a los productos de chocolate, es en gotas o discos, esta línea es muy similar a la anterior en cuanto al funcionamiento de la temperadora y depositadora, excepto que en vez de depositar el chocolate en los moldes, deposita las gotas de chocolate fundido sobre una cinta transportadora que pasa por un túnel de enfriamiento para la solidificación del chocolate. El rendimiento de esta línea varía

entre 100 kilogramos/hora para gotas muy pequeñas (1.200 unidades por kilogramo), hasta 250 kilogramos/hora para los discos (2.000 unidades por kilogramo).

Línea Formadora de Centros de Chocolate

Esta línea consiste igualmente, en una temperadora de chocolate que suministra el producto temperado y fundido a unos rodillos troquelados (con la forma del centro); estos son enfriados con una mezcla de agua y alcohol a -10 grados centígrados con el fin de que el chocolate se solidifique instantáneamente con el contacto directo. Posteriormente, estos centros pasan por un túnel de refrigeración, particular a esta línea de moldeo, por medio de una cinta transportadora hasta llegar a la cámara de conservación.

Una vez que los centros están totalmente solidificados, son llevados al área de grageados donde son introducidos a un bombo grageador o de confitado totalmente automatizado, que a través de programas preestablecidos, se le agregan sucesivas capas de azúcar fundida (jarabe de azúcar y colorante) hasta obtener el tamaño deseado; posteriormente, después de un día de reposo, se procede al brillado y empacado del producto.

La capacidad de esta linea es: formado de centros 200 kilogramos/hora, grageado y brillado 1500 kilogramos/cada 12 horas de trabajo. El empaque de este producto en presentación para el consumidor final no se realiza en la Empresa.

Línea de Extrusionado de Chocolate

Por último están los productos extrusionados, representados por los distintos tipos de granulado de chocolate, los cuales se enfrían en un túnel de refrigeración para pasar 8 horas de reposo; cumplido este tiempo, se procede al alisado y brillo en bombos giratorios. Finalmente se seleccionan y empacan.

Zona de Grageado

El grageado o confitado es una operación mediante la cual se van agregando sucesivas capas de azúcar fundida sobre centros sólidos. Este proceso es realizado en los centros de chocolate confitado y las almendras². Para hacerlo, se utiliza el bombo giratorio B11³, en el cual se introduce el producto y se le van agregando capas de una mezcla líquida de jarabe de azúcar y goma.

En la misma zona, denominada de grageado, también se realizan otras operaciones con los distintos bombos que en ella se encuentran. Estas son: el coloreado de los centros de chocolate confitado y el de las almendras, operación similar a la de confitado sólo que en vez de agregar el jarabe de azúcar se agrega una mezcla del colorante deseado; luego, a estos mismos productos, se les realiza una última operación denominada brillo, en la cual, como su nombre mismo lo indica, se le

² Las almendras serán incluidas en el desarrollo de esta investigación por utilizar la Zona de Grageado en su proceso productivo, hecho que limita la disponibilidad de los equipos para los productos pertenecientes al Area de Chocolate.

³ Ver su ubicación en el Diagrama de la Planta Planta Baja. Figura 3.2 del Capítulo 3

da brillo a su capa exterior. Esta operación es la última que se realiza en el proceso de moldeo de estos productos.

Otro producto que también utiliza los bombos de esta zona son todos los tipos de granulado de chocolate. Las operaciones que se realizan son el partido, alisado y abrillantado del producto, las cuales persiguen dar al producto que proviene de la cámara de conservación, el tamaño, forma y brillo deseado.

6.2.3 Area de Empaque

Existen dos tipos de empaque: uno automático y otro manual. Para el primero se cuenta con 5 tipos de empacadoras: dos empacadoras de sobre para las barras de chocolate de taza, dos empacadoras de bombones y una flow pack. La empacadora de sobre y la de bombones, realizan la labor de envolver al producto en papel especial para el primer caso y papel aluminio de colores, para el segundo caso. La empacadora flow pack es utilizada para introducir, de forma automática, el granulado de chocolate para su presentación de 100 gramos, y las almendras para su presentación de 150 gramos. Estos productos, además de utilizar en su proceso de empaque las empacadoras automáticas, necesitan una operación manual para terminar su presentación final, que es en bultos de producto.

Los demás productos de La Empresa tienen un tipo de empaque exclusivamente manual. Por lo tanto, se puede decir que todos los productos deben

compartir las horas hombre de empaque disponibles, las cuales dependen de las horas hábiles diarias y del número de obreros destinados a estas operaciones. Los tiempos de empaque, para cada presentación son distintos, dependiendo del número de operaciones que se deban realizar.

Las labores de empaque son realizadas en las mismas áreas de producción, así es que, una vez empacados todos los productos, estos son llevados al Almacén de Productos Terminados para colocar en inventario aquellos que, según el sistema de inventario así lo indique, y otros como estadía provisional para ser enviados al consumidor final.

6.3 Diagramas de Procesos Productivos

El diagrama de operación del proceso, es la representación gráfica de la sucesión de todas las operaciones que constituyen el proceso o procedimiento de producción de cada producto, en el cual se especifican los flujos de materiales que entran y salen de él. Su utilidad fundamental es que a través de ellos se pueden visualizar de una manera rápida y sencilla las relaciones existentes entre las distintas actividades que se realizan en la fabricación de cada producto. Su elaboración y uso en este trabajo representó un paso fundamental para la comprensión de todas las variables de naturaleza operativa que influyen en la determinación de las cantidades de producción de los productos de La Empresa.

Al realizar los diagramas de proceso de los 42 productos, se pudo observar que existen semejanzas entre el proceso de elaboración de chocolate de algunos de ellos, y lo mismo ocurre con el proceso de moldeo y de empaque. Por lo tanto, para simplificar la presentación de los mismos, se agruparán en diagramas de proceso para los distintos tipos de elaboración de chocolate, de moldeo y de empaque.

6.3.1 Diagramas de Proceso de Elaboración de Chocolate

Actualmente La Empresa elabora 11 tipos de chocolate:

- 1.- Chocolate Bitter
- Chocolate de Leche Fino.
- Chocolate de Leche Extra Fino.
- 4.- Chocolate Chocolatier Bitter.
- 5.- Chocolate Chocolatier Leche.
- 6.- Chocolate Bitter de Taza.
- 7.- Chocolate D.

- 8.- Chocolate Industrial.
- 9.- Chocolate Granulado M.
- 10.- Chocolate Granulado A-R.
- 11.- Chocolate Granulado D-3

Entre estos tipos de chocolate, se pueden agrupar algunos según su proceso de producción, ya que la única diferencia que existe entre los del mismo grupo, es la proporción de los ingredientes que se encuentran en su fórmula respectiva. Así, los 11 tipos anteriores se reducen a los siguientes cuatro:

1.- Chocolate Tipo Bitter. En este tipo de chocolate se encuentran:

Chocolate Bitter

- Barras 1 kilo

- Gotas P- 45
- Gotas P- 75
- Discos

- Bombones de Licor

Chocolate Bitter de Taza

- Barra 70 gramos
- Barra 100 gramos
- Barra 120 gramos
- Barra 150 gramos
 - Barra 180 gramos

· Chocolatier Bitter

- Barras 1 kilo
- Gotas P- 45
 - Disco

2.- Chocolate de Leche. Representa a los siguiente tipos de chocolate:

Chocolate de Leche Fino

- Barras de 1 kilo
- Gotas P- 45
- Discos

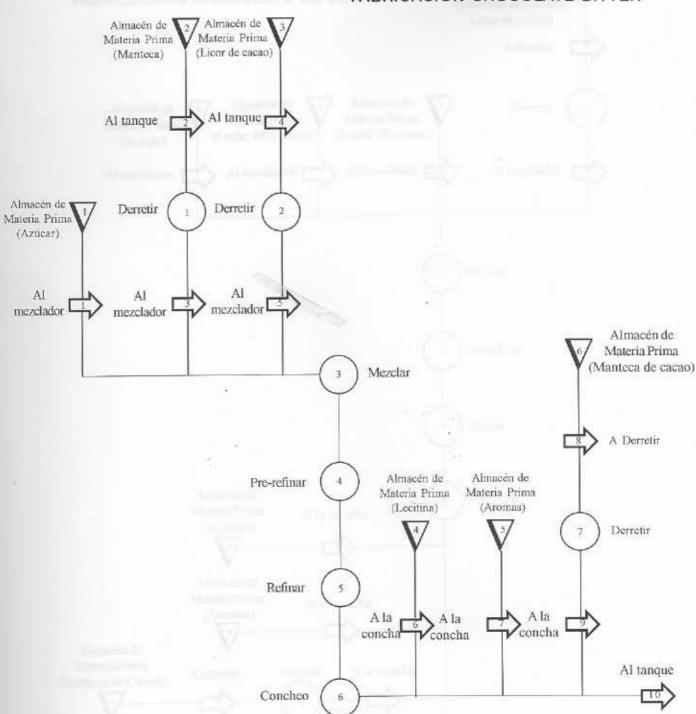
Chocolate de Leche Extra Fino

- Bombones Crema
- Barras 1 kilo
- Bombones Molde
- · Chocolatier Leche
 - Barras 1 kilo
 - Gotas P- 45
 - Discos
- · Chocolate D

- 3.- Chocolate Granulado. Dentro de este tipo se encuentran:
- Chocolate Granulado M
 - Granillo de 10 kilos
 - Granillo de 1 kilo
 - Lluvia de Chocolate de 100 gramos.
- Chocolate Granualdo A-R
- Chocolate Granulado D-3
 - 4.- Chocolate Industrial.

Diagramas de Proceso en el Area de Elaboración de Chocolate

DIAGRAMA DE PROCESO FABRICACION CHOCOLATE BITTER



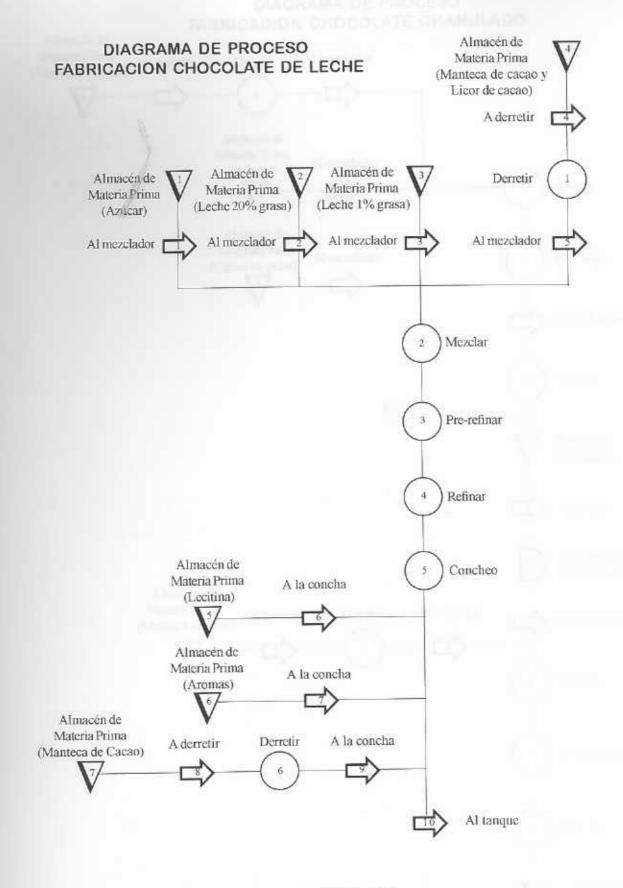


DIAGRAMA DE PROCESO FABRICACION CHOCOLATE GRANULADO

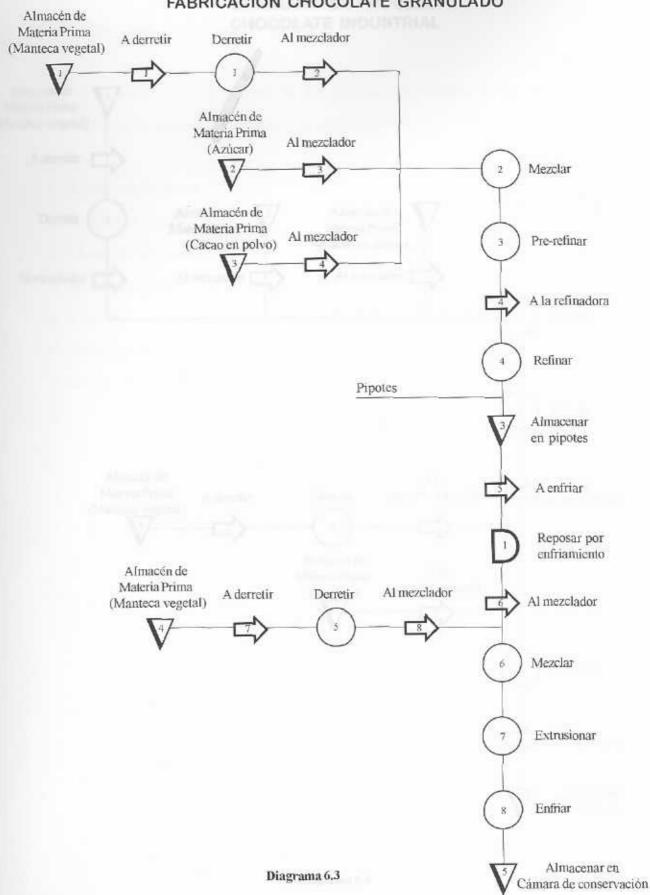
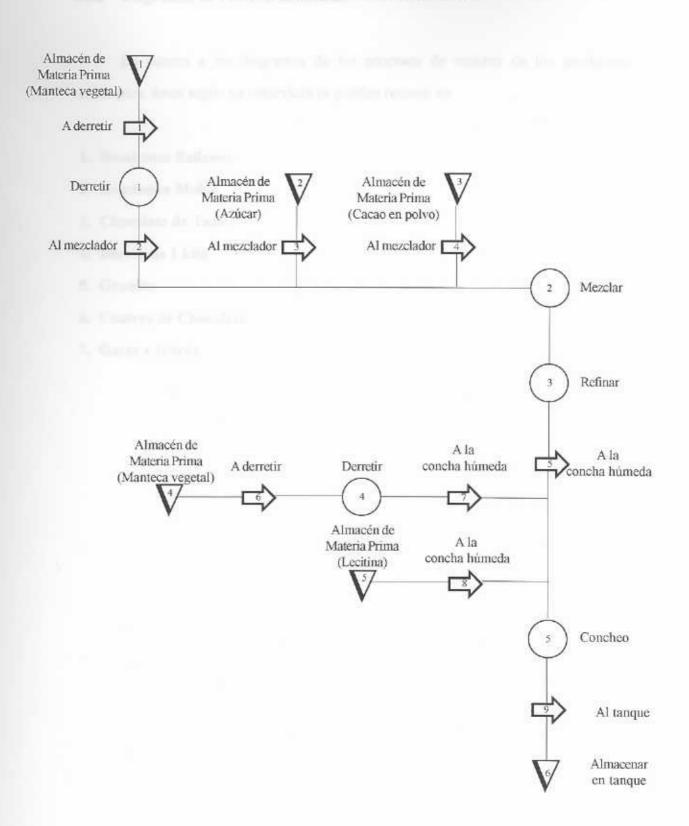


DIAGRAMA DE PROCESO CHOCOLATE INDUSTRIAL



6.3.2 Diagramas de Proceso de Moldeo

En cuanto a los diagramas de los procesos de moldeo de los productos terminados, éstos según su naturaleza se pueden resumir en:

- 1. Bombones Rellenos
- 2. Bombones Molde
- 3. Chocolate de Taza
- 4. Barras de 1 kilo
- 5. Granillo

- 6. Centros de Chocolate
- 7. Gotas y Discos

Diagramas de Proceso en el Area de Moldeo del Chocolate

DIAGRAMA DE PROCESO BOMBONES RELLENOS

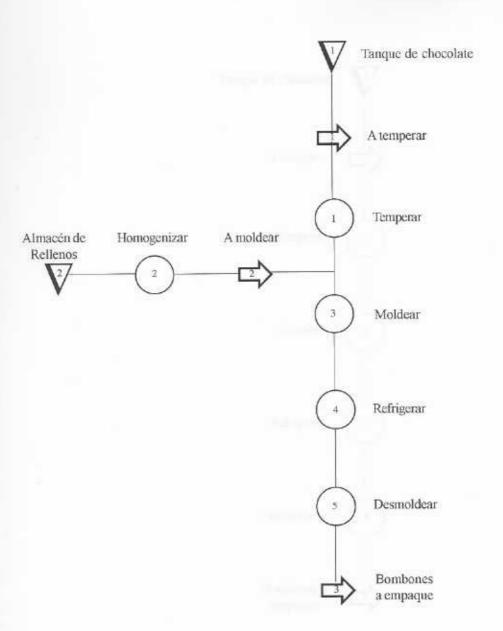


DIAGRAMA DE PROCESO BOMBONES MOLDE

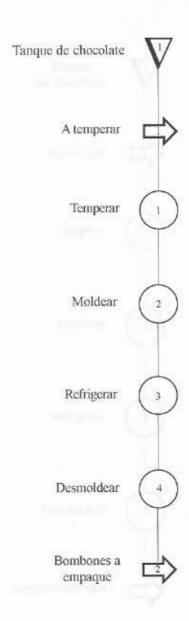


DIAGRAMA DE PROCESO CHOCOLATE DE TAZA

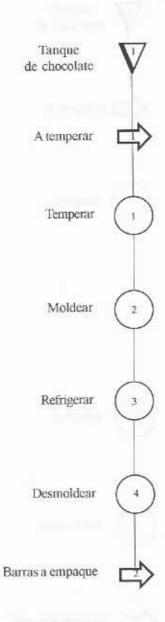


DIAGRAMA DE PROCESO BARRAS 1 KILO

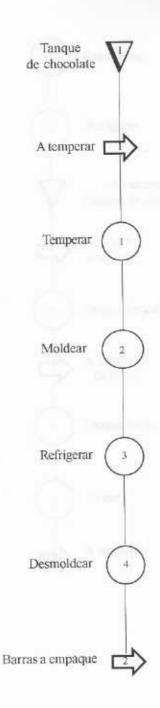


DIAGRAMA DE PROCESO GRANILLO



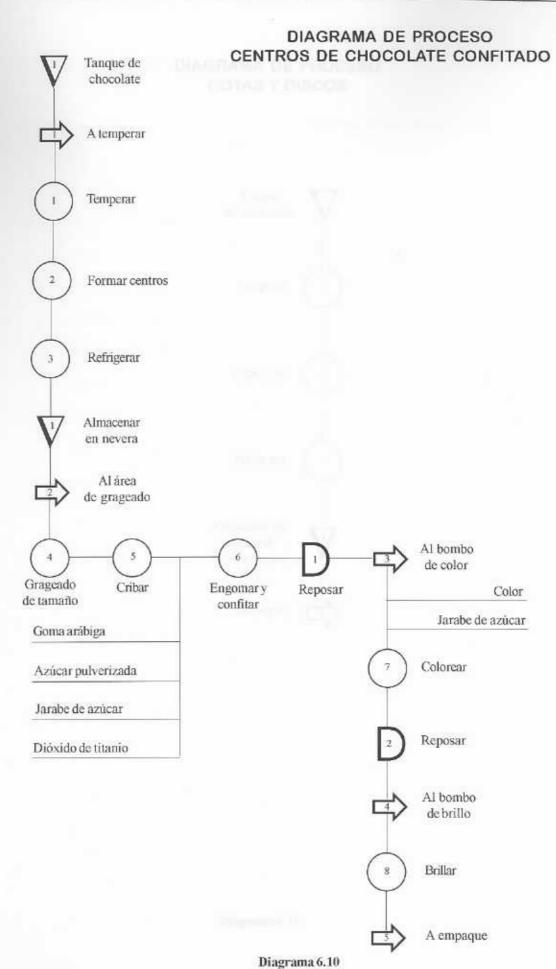
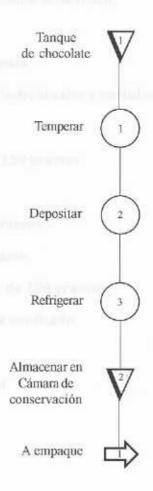


DIAGRAMA DE PROCESO GOTAS Y DISCOS



6.3.3 Diagramas de Proceso de Empaque

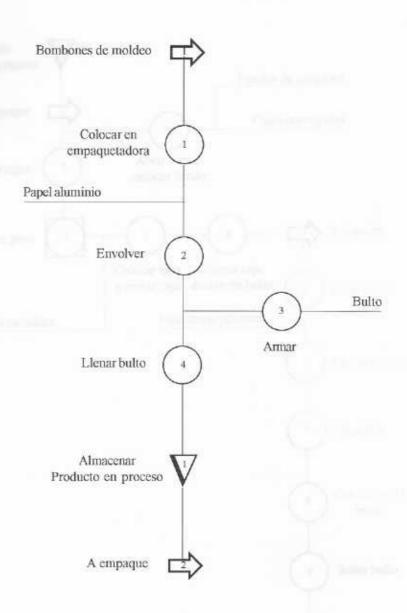
Por último, según los tipos de empaque, estos diagramas fueron elaborados tomando en cuenta la siguiente subdivisión:

- 1. Envoltura de Bombones
- 2. Bombones de 1 kilo individuales y surtidos
- 3. Bombones 3 en 1
- 4. Bombones Surtidos 150 gramos
- 5. Barras 1 kilo

- Granillo de 10 kilogramos
- 7. Granillo de 1 kilogramo
- 8. Lluvia de Chocolate de 100 gramos
- 9. Centro de Chocolate confitado
- 10. Gotas y Discos
- 11. Chocolate Industrial
- 12. Chocolate de Taza

Diagramas de Proceso en el Area de Empaque de los Productos

DIAGRAMA DE EMPAQUE ENVOLTURA DE BOMBONES



BOMBONES DE 1 KILO INDIVIDUALES Y SURTIDOS

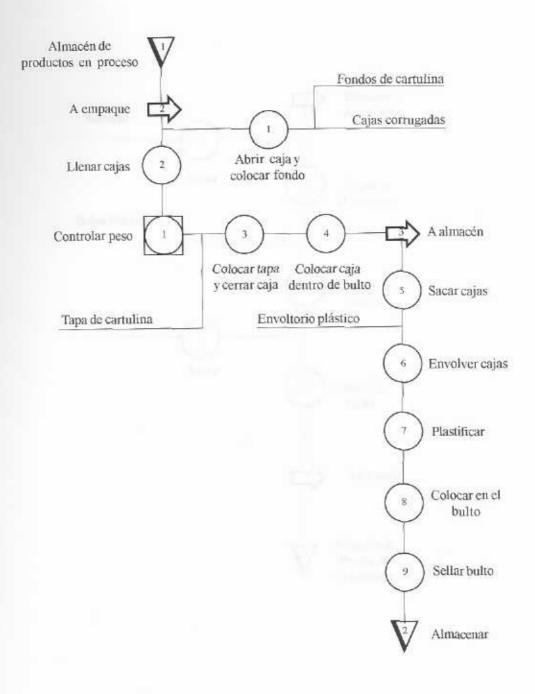


DIAGRAMA DE PROCESO DE EMPAQUE BOMBONES SURTIDOS 150 GRAMOS

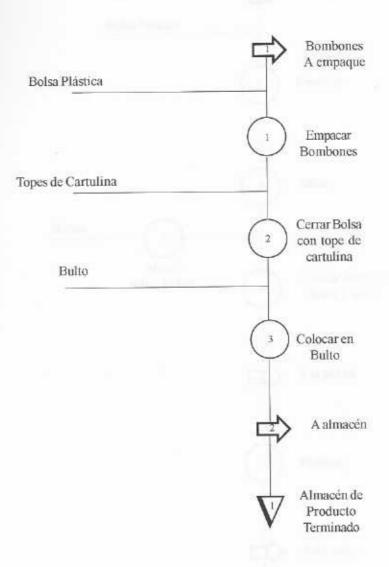


DIAGRAMA DE PROCESO DE EMPAQUE BARRAS 1 KILO

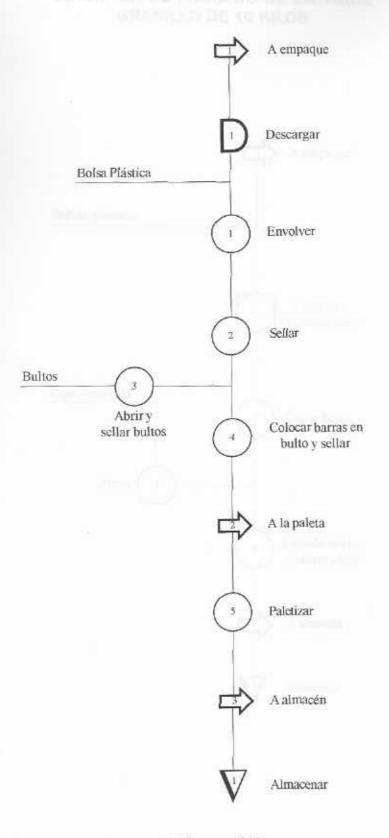


Diagrama 6.16

DIAGRAMA DE PROCESO DE EMPAQUE GRANILLO DE 10 KILOS

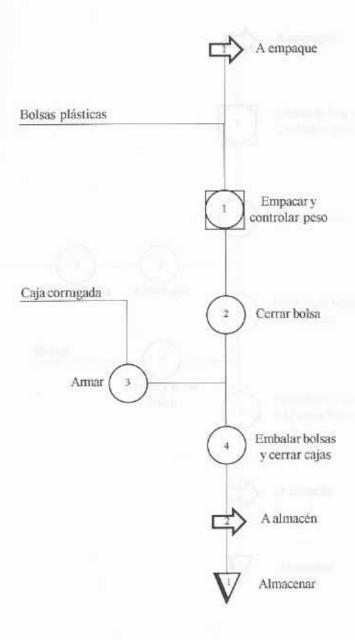


DIAGRAMA DE PROCESO DE EMPAQUE GRANILLO DE 1 KILO

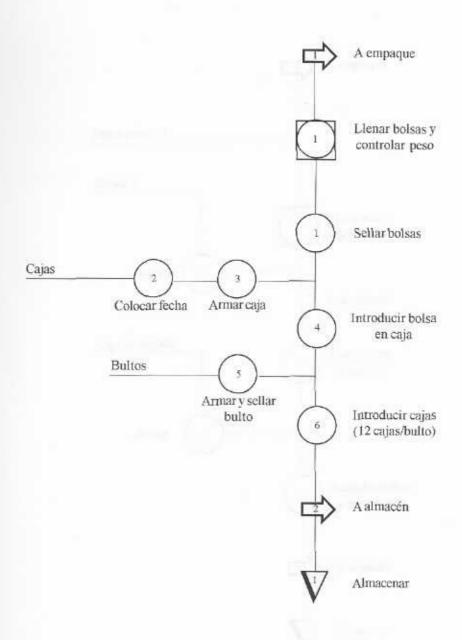


DIAGRAMA DE PROCESO DE EMPAQUE LLUVIA DE CHOCOLATE

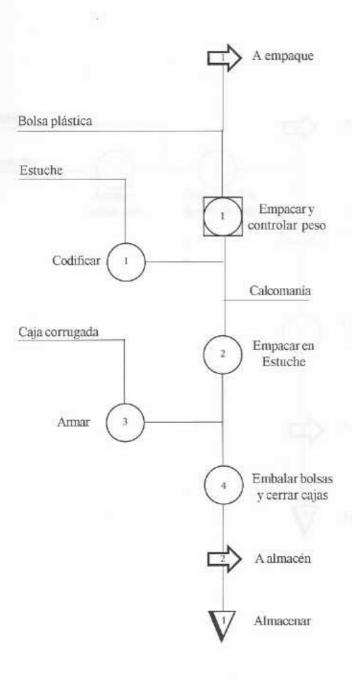


Diagrama 6.19

DIAGRAMA DE PROCESO DE EMPAQUE CENTROS DE CHOCOLATE CONFITADO

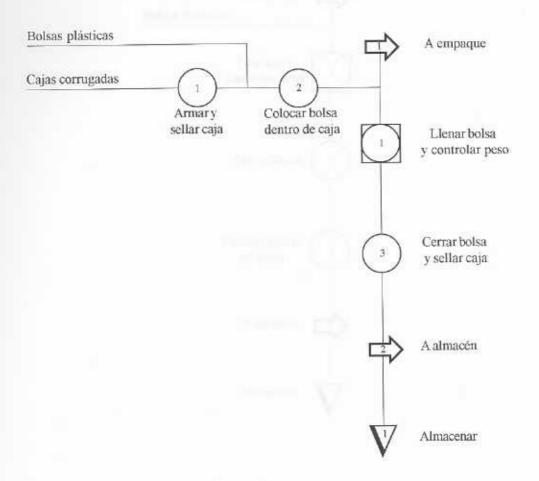


DIAGRAMA DE PROCESO DE EMPAQUE GOTAS Y DISCOS

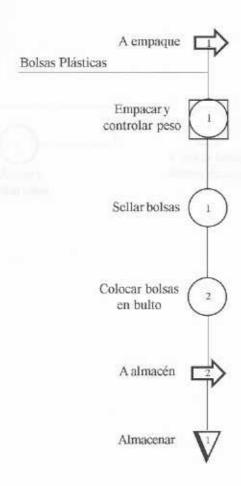


DIAGRAMA DE PROCESO DE EMPAQUE CHOCOLATE INDUSTRIAL

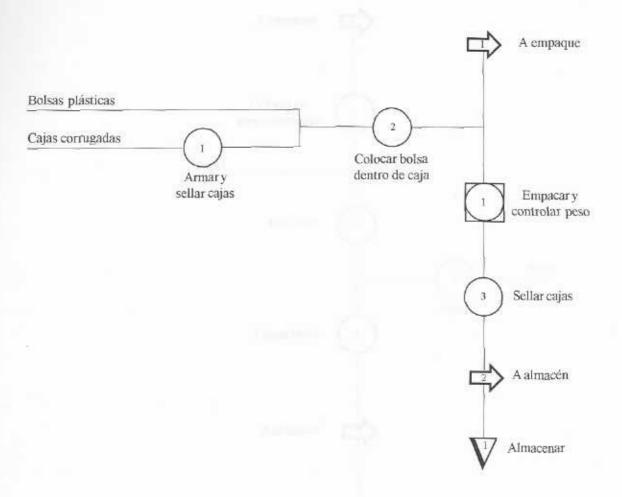
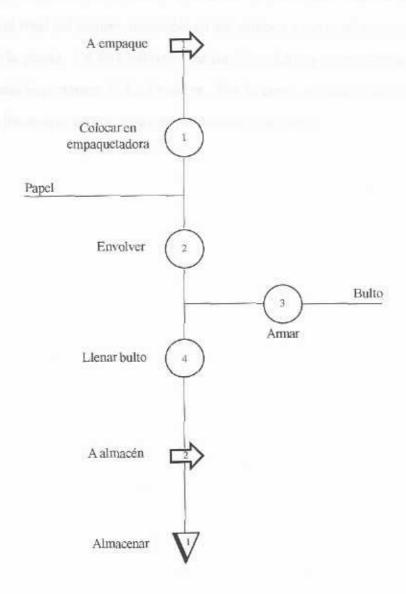


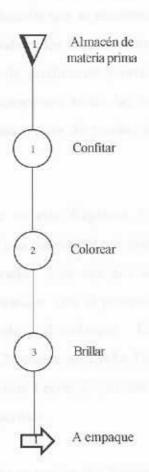
DIAGRAMA DE PROCESO DE EMPAQUE CHOCOLATE DE TAZA



6.3.4 Caso Especial de las Almendras

Aunque en el presente trabajo el análisis de los procesos es realizado sólo para los productos elaborados en base a chocolate, hay un producto en el cual una parte de su proceso de fabricación se lleva a cabo en el Area de Chocolate de La Empresa. Esto influye en el total del tiempo disponible en los equipos y personal que conforman la capacidad de la planta. Se está hablando de las almendras, que representan uno de los productos más importantes de La Empresa. Por lo tanto, su diagrama de proceso se incluirá para demostrar en que áreas de producción interviene.

DIAGRAMA DE PROCESO ALMENDRAS SUPREMA



6.4 Diagrama de Líneas de Producción

Una vez presentados los Diagramas de Proceso de los productos de La Empresa, se tiene sólo una parte de la visión global de las relaciones que gobiernan los procesos de producción que se realizan en la planta productiva.

El Diagrama de Líneas de Producción (Diagrama 6.25), presenta una visión global de todas las líneas de producción que se encuentran disponibles en La Empresa y que comparten los productos elaborados en ella. Este es muy útil para identificar la relación existente entre un área de producción y otra, la demanda de uso de cada equipo y las maquinarias que comparten todas las líneas de producción. En este esquema se puede apreciar las secuencias de producción y las líneas disponibles en forma global.

Como se puede observar en este diagrama, todas las líneas de producción (menos las almendras) parten del uso común del mezclador. En él, se realiza cada tipo de masa de chocolate por separado. Una vez que se pasa por él, hay tres líneas paralelas independientes que continúan con el proceso de elaboración de chocolate: la concha seca, la concha húmeda y el melanger. En la concha seca se realiza el proceso de Chocolate Bitter, Chocolate de Leche Fino, Chocolate de Leche Extra Fino, Chocolatier Bitter, Chocolatier Leche, Chocolate Bitter de Taza y Chocolate D, en total, 7 tipos diferentes de chocolate.

En la concha húmeda sólo se realiza el Chocolate Industrial. En el Melanger se realiza un segundo proceso de mezcla para todos los chocolates granulados que son, Granulado M, Granulado A-R y Granulado D-3, que completan los 11 tipos de chocolate que se elaboran en la Empresa.

El Chocolate Líquido que se elabora en la concha húmeda, tiene a su vez dos destinos posibles. La Temperadora 1 y la Temperadora 2. La temperadora 1, se diversifica a su vez en dos ramas independientes. La formadora de centros y la depositadora de chocolate.

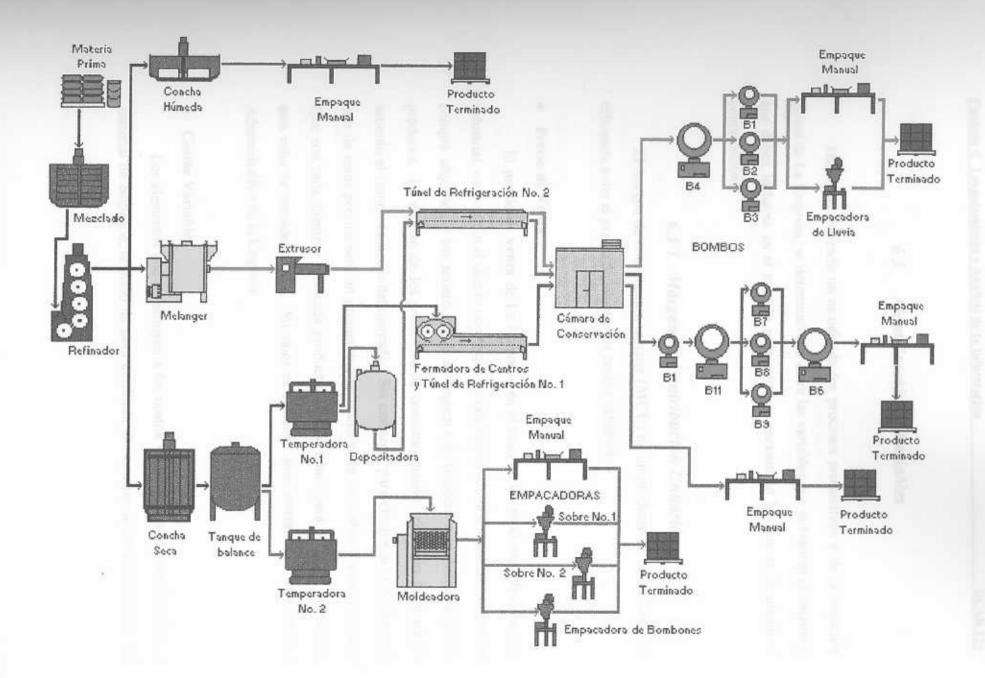
La formadora de centros continúa hacia la zona de grageado y luego al área de empaque. En ella se moldea exclusivamente centros de chocolate recubiertos de azúcar. La depositadora de chocolate tiene su propio túnel de refrigeración, y una vez que los productos han pasado el tiempo requerido en la Cámara de Conservación, terminan en la zona de empaque. Los productos que siguen este proceso de moldeo son todos los tipos de gotas y discos existentes en la Empresa.

La temperadora 2 recibe el chocolate para moldear barras de 1 kilo, todos los tipos de bombones y las barras de chocolate de taza. De la Temperadora pasa a la Moldeadora y después al Area de Empaque de estos productos.

El chocolate granulado que sale del Melanger pasa a la Extrusora y a continuación a la Cámara de Conservación, para luego seguir hacia la Zona de Grageado terminando finalmente, en el Area de Empaque. Este es el proceso de moldeo de todos los granulados de chocolate.

Se describió el total de las operaciones que se realizan en la planta de producción. Esta explicación junto con los Diagramas de Proceso representan claramente las relaciones existentes entre todas las actividades productivas.

Diagrama de Líneas de Producción



6.5 Identificación de Variables

Habiendo realizado un estudio de los procesos productivos y de la situación global de La Empresa, se determinó que entre las variables que gobiernan el sistema y que deben incluirse en el modelo propuesto, se encuentran las que se enumeran a continuación:

6.5.1 Márgen de Contribución Unitaria

El margen de contribución unitaria (MCU) de un producto se define como la diferencia entre el precio de venta y los costos variables.

· Precio de Venta

El precio de venta de La Empresa, en el caso de los productos de consumo industrial, varía según el cliente con el que se esté realizando la transacción, el lote de compra adquirido y los acuerdos que se lleguen con respecto a la distribución del producto. En el caso de los productos de consumo masivo, el precio fluctuará de acuerdo al comportamiento del mercado. Sin embargo, para efectos del modelo cada uno de estos precios será un promedio ponderado entre los distintos precios que se fijen con cada cliente y para cada producto. Por lo tanto, para periodos mensuales, este valor se considerará fijo. Su valor es obtenido directamente del Departamento Administrativo de la Empresa.

Costos Variables

Los elementos que constituyen a los costos variables son la materia prima, el material de empaque, la mano de obra destinada al empaque, la fracción variable del consumo de energia eléctrica, combustible y mantenimiento y la distribución y comercialización de cada producto.

El MCU de cada producto es un dato del cual dispone La Empresa de forma inmediata lo cual facilita en gran medida el uso posterior del modelo, ya que no se estará en la necesidad de calcularlo.

El producto del MCU de cada producto por el número de unidades que se han vendido de él, es lo que se denomina como Margen de Contribución Total por producto (MCT). La sumatoria de todos los MCT da como resultado el Margen Total de Ganancias (MTG) de la empresa. Por consiguiente, el Beneficio Total de una empresa para un período de actividad es la diferencia entre el MTG y los costos fijos. La Empresa deberá trabajar a una tasa de producción tal que el MTG cubra por lo menos a los costos fijos, para que esta diferencia no resulte negativa.

6.5.2 Tiempo de Producción por Período

El tiempo de producción para cada período está determinado por el número de horas disponibles para las activiades operativas de la planta. En el caso de esta empresa, se trabaja un turno de producción que tiene el siguiente horario:

Inicio: 7:00 am.

Almuerzo del primer grupo: 11:30 am

Almuerzo del segundo grupo: 12:30 m

Fin: 5:00 pm.

La duración del almuerzo es de 1 hora y con el objetivo de no parar las actividades de producción, se tienen dos grupos de empleados que utilizan cada turno respectivamente. Por lo tanto, el tiempo total disponible para las actividades de producción es de 10 horas/día. En este punto hay que aclarar que para el caso particular de la concha seca, el tiempo de proceso dura 24 horas seguidas sin requerir del control del personal, simplemente se carga el equipo durante las horas hábiles y se deja funcionando hasta el día siguiente en que se descarga, para una nueva tanda de producción.

6.5.3 Capacidades de los Equipos

Estas están referidas a la capacidad real de los equipos y no a la teórica sugerida en sus manuales. Vienen expresadas en kilogramos. Sólo se presentarán en aquellos cuyo uso sea limitado para la elaboración de los productos.

En el Diagrama de Líneas de Producción de la sección 6.3 de este mismo capítulo, se puede observar que la utilización del mezclador es compartida por todos los productos de La Empresa, ya que representa el punto de partida de todas las líneas de producción. Por lo tanto, el mezclador es considerado un equipo de "uso limitado". Luego, los productos se distribuyen hacia tres equipos: melanger, concha seca y concha húmeda. En cada uno de estos, se produce, al igual que en el mezclador, una limitación en la utilización de dichos equipos.

En el caso de equipos y maquinarias compartidos por varias líneas de producción, como son los casos de la extrusora, el túnel de refrigeración No. 1, la

cámara de conservación y la zona de grageado, deben distribuir su tiempo entre todos los productos que los utilizan, sin hacer distinción de la línea de producción de la cual provienen.

Además hay equipos como la refinadora y la temperadora No. 2, que al ser utilizados por los mismos productos que pasan por el mezclador y la moldeadora, respectivamente, no son considerados restrictivos ya que al hacer una comparación de capacidades los primeros resultan mayores. Tomando en consideración lo anteriormente explicado, se elaboró la siguiente tabla de capacidades de equipos.

Tabla de Capacidades de equipos

Equipo	Capacidad (Kilogramos)
Mezclador	500
Concha Húmeda	1000
Concha Seca	3500
Bombo 1	57353170
Bombo 2	70
Bombo 3	110
Rombo 4	200
Bombo 5	320
Bombo 6	110
Bombo 7	110
Bombo 8	110
Bombo 9	110
Bombo 10	200
Bombo 11	975

Tabla 6.1

Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

6.5.4 Capacidad Real de Producción

Esta capacidad se refiere al flujo de producción que se obtiene de cada producto en una máquina o equipo. Este flujo dependerá del producto, del proceso de conversión y del equipo que se esté utilizando. Estos valores no son teóricos sino los que realmente ocurren en la planta. Se mide en kilogramos/hora o en su inverso, horas/kilogramo de producto. De la primera forma se obtiene la cantidad de producto por unidad de tiempo. En la segunda, se conoce el tiempo que tarda un proceso de conversión por unidad de producto. Estos parámetros reflejan el tiempo de uso que requiere cada uno de los productos en los distintos equipos donde se realizan sus procesos de conversión. De estos valores se obtendrán las necesidades que se deben satisfacer de cada producto y la disponibilidad por equipo que será una limitante para la producción. En las siguientes tablas, elaboradas para el Area de Elaboración de Chocolate, Area de Moldeo y el Area de Empaque, se muestran todos los valores en las operaciones limitantes de los procesos.

Capacidad de Proceso en el Area de Elaboración de chocolate

Equipo	Capacidad
Mezclador	500 kgr/hora
Concha Seca	3500 kgr/día
Concha Húmeda	166 kgr/hora

Tabla 6.2

Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

En el caso del mezclador, se tiene que su capacidad es de 500 kilogramos. Según datos de la Empresa, el tiempo de mezclado es de 40 minutos, pero por proceso de carga, descarga y limpieza se lleva esta cifra a 1 hora ya que aquellas operaciones tardan aproximadamente 20 minutos entre un mezclado y otro.

Para la concha seca, el tiempo de carga es de 7 horas, proceso realizado en horas laborales. Luego, se deja la masa de chocolate en el proceso de concheo propiamente dicho durante 17 horas aproximadamente. Se descarga al día siguiente de iniciado el proceso, operación que tarda 20 minutos. Por lo tanto, tomando en cuenta todo lo anterior, se considera que el flujo del concheo en seco es de 1 día completo, sin tomar en cuenta las horas hábiles, ya que parte del proceso (concheo) se realiza fuera de las hora de trabajo propiamente dichas. Cabe destacar que se considera 1 día para todos los tipos de chocolate, aunque su proceso de concheo varíe de las 17 horas anteriormente mencionadas. Para todos las masas de chocolate que pasan por la concha seca se les asigna un tiempo de producción de 1 día.

En cuanto a la concha húmeda, se tiene a disposición dos equipos con una capacidad de 500 kilogramos cada uno. El proceso tiene una duración de 5 horas y media, pero por efectos de carga y descarga del equipo se considera un tiempo de 6 horas. La capacidad máxima en el proceso de concheo húmedo es de 1000 kilogramos, si se utilizan los dos equipos simultáneamente. Entonces, su capacidad de producción es de:

Un sólo equipo operando:

Capacidad = 500 kilos / 6 horas = 83,33 Kilos/hora

· Dos equipos opreando simultáneamente:

Capacidad = 1000 kilo / 6 horas = 166,66 kilos/hora

Como el objetivo es determinar la capacidad aprovechable de la planta, se tomará para el proceso de choncheo húmedo el valor para cuando estén operando los dos equipos simultáneamente, como se mostró en la tabla correspondiente.

Tabla de Capacidad de Proceso en El Area de Moldeo

EQUIPO	PRODUCTO	PROCESO	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN (Hora/kgr)
Depositadora	Gotas P-45	Depositado	0,01000
	Gotas P-75	Depositado	0,00750
	Gotas P-20	Depositado	0,01330
	Discos	Depositado	0,00750
Formadora de Centros	Centros de Chocolate	Depositado	0,00600
Extrusora	Granillo	Extrusionado	0,00330
Bombo No.1 y 2	Granillo	Brillo	0,00238
	Centros de Chocolate	Partido	0,00178
Bombo No.3	Granillo	Brillo	0,00303
	Centros de Chocolate	Partido	0,00227
Bombo No. 4	Granillo	Brillo	0,00166
	Granillo	Alisado	0,00125
	Centros de Chocolate	Partido	0,00125
Bombo No. 5	Centros de Chocolate	Coloreado	0,00937
Bombo No. 6	Centros de Chocolate	Brillo	0,00681
	Almendras	Brillo	0,00681
Bombo No. 7, 8 y 9	Centros de Chocolate	Coloreado	0,01210
	Almendras	Coloreado	0,00909
Bombo N o. 10	Granillo	Alisado	0,00125
Bombo N o. 11	Centros de Chocolate	Confitado	0,00923
	Almendras	Confitado	0,01840
Moldeadora	Bombones rellenos	Moldeo	0,00520
	Bombones molde	Moldeo	0,00520
	Barras 1 kilo	Moldeo	0,00166
	Chocolate de Taza 70 gr	Moldeo	0,00441
	Chocolate de Taza 100 gr	Moldeo	0,00308
	Chocolate de Taza 120 gr	Moldeo	0,00257
	Chocolate de Taza 150 gr	Moldeo	0,00308
	Chocolate de Taza 180 gr	Moldeo	0,00257

Tabla 6.3

Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

Tabla de Capacidad de Proceso en El Area de Empaque

PRODUCTO	PROCESO	Capacidad de Proceso (Hora/kgr)	
Chocolate de Taza 70 gr	Empacadora de sobre No 1	0,00425	
Chocolate de Taza 100 gr	Empacadora de sobre No 2	0,00298	
Chocolate de Taza 120 gr	Empacadora de sobre No 2	0,00248	
Chocolate de Taza 150 gr	Empacadora de sobre No 2	0,00198	
Chocolate de Taza 180 gr	Empacadora de sobre No 2	0,00165	
Bombones	Empacadora de bombones	0,0102	
Lluvia de chocolate	Empacadora de Iluvia	0,00278	
Almendras 150 gr	Empacadora de lluvia	0,00926	

Tabla 6.4

Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

6.5.5 Porcentaje de chocolate

Los productos como los bombones rellenos y los centros de chocolate confitado se podrían llamar mixtos porque tienen otra materia prima distinta además del chocolate. En el caso de los bombones rellenos (sean éstos de licor o de crema) el "relleno" forma parte del producto final. En los centros de chocolate, la capa de azúcar coloreada representa el otro tipo de materia prima que constituye el producto. En ambos casos, hay operaciones en los diagramas de proceso de estos productos, que son chocolate puro y a partir de un punto se transforman en la unión del chocolate con el "otro" material. Esto incide en los tiempos en cada proceso, ya que todos ellos están referidos a horas por kilogramo de producto terminado.

Para solventar esta diferencia, se creó el factor "porcentaje de chocolate", el cual indica la proporción de chocolate que posee el producto. Para cada caso se tiene en la Tabla 1, los porcentajes de Chocolate.

Tabla de Porcentaje de chocolate

PRODUCTO	PORCENTAJE DE CHOCOLATE (%)
Centros de chocolate	63
Bombones rellenos	65

Tabla 6.5
Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

6.5.6 Porcentaje de Merma

Este porcentaje está referido a la merma ocurrida en cada proceso, que es la cantidad de producto que se pierde, bien sea por quedar adherido a los equipos en su transito por ellos, o que es desechado, por no reunir las características necesarias al finalizar el proceso. Con la presencia de este factor se obliga en la planeación de la producción a fabricar más producto en cada equipo para asegurar las cantidades reales que se necesitan y no tener valores inferiores a los requeridos.

Para cada equipo, este porcentaje de merma puede ser fijo o variar según el producto que se esté elaborando y el proceso de conversión que se esté realizando. Los valores de los porcentajes de merma para cada equipo y proceso (cuando esta especificación sea necesaria) son:

Tabla de Porcentaje de Merma

PROCESO	PORCENTAJE DE MERMA (%)
Mezclado y refinado	1.2
Concheo húmedo	1
Concheo en seco	THE T
Moldeadora	2.5
Formado de centros	2.5
Depositado	0.5
Extrusión	3
Alisado de granillo	2
Brillo de granillo	2
Partido de centros de chocolate confitado	1.75
Confitado de centros de chocolate confitado	5
Coloreado de centros de chocolate confitado	1.5
Confitado de almendras	5
Coloreado de almendras	1.5
Empaque mecánico de bombones	0.75
Empacadora de sobre 1	1
Empacadora de sobre 2	1
Empaque mecánico de lluvia y almendras	1.05

Tabla 6.6

Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

6.5.7 Factor de Crecimiento

El factor de crecimiento es un parámetro de correción de tamaño y se encuentra sólamente en los bombos de confitado y partido de centros de chocolate, pertenecientes a la zona de grageado. Este proviene del hecho de que cuando en un bombo se realizan operaciones como el confitado y el partido, la capacidad de procesamiento del mismo es distinta al introducir el producto, que una vez finalizada la operación correspondiente.

Cuando se confitan centros de chocolate se introduce la cantidad justa que abarque la capacidad del bombo, y al añadir el jarabe de azúcar y la goma, el producto crece en tamaño y peso, y el mismo producto que había entrado sale crecido. En el bombo de partido, se eliminan las esquinas excedentes para dar la redondez requerida, entonces hay una disminución en tamaño y peso, ahora el producto sale reducido. Esto afecta los tiempos de procesamiento de los centros de chocolate, ya que la cantidad de producto al iniciar el proceso, debe ser mayor a la requerida en el caso de partido, y menor en el caso de confitado. Los factores de crecimiento son:

Tabla de Factor de Crecimiento

PRODUCTO	PROCESO	FACTOR DE CRECIMIENTO
Centros de chocolate	Partido	0.75
Centros de chocolate	Confitado	1.5

Tabla 6.7
Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

6.5.8 Eficiencia de Moldes

En la moldeadora de chocolates se requieren 540 moldes para producir en forma continua, pero por causas imponderables, los moldes que se necesitan para moldear las barras de l kilo y los bombones, no se tienen en su totalidad. Por lo tanto, actualmente la Empresa posee una capacidad limitada de moldeo.

Este factor de eficiencia de Molde, es como sigue:

Tabla de Eficiencia de Moldes

MOLDES	EFICIENCIA	
	(%)	
Barra 1 kg	84,8	
Chocolate de Taza 70 gr	100	
Chocolate de Taza 100 gr	100	
Chocolate de Taza 120 gr	100	
Chocolate de Taza 150 gr	100	
Chocolate de Taza 180 gr	100	
Bombones	50	

Tabla 6.8

Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

6.5.9 Mano de Obra para Empaque Manual

La mano de obra de La Empresa realiza labores de carga y descarga de equipos, supervisión de procesos, transporte de material, limpieza, y empaque manual de la mayoría de los productos, la cual es la única que realmente influye en las cantidades finales de producción.

Para un día normal de trabajo, de 9 horas por 12 obreras exclusivas para labores de empaque, se tienen disponibles diariamente, un total de 108 horas-hombre. Las necesidades de horas-hombre para el empaque manual de cada producto, viene representado en la siguiente tabla:

Tabla de Mano de Obra para Empaque Manual

PRODUCTO	TIEMPO DE EMPAQUE	
	(H-H/kg)	
Gotas	0,0174	
Discos	0,0174	
Barras 1 kg	0,00675	
Bombones rellenos 3 en 1	0,676	
Bombones 1 kg	0,025	
Bombones molde 150 gr	0,0516	
Chocolate de Taza 70 gr	0,00827	
Chocolate de Taza 100 gr	0,00827	
Chocolate de Taza 120 gr	0,00827	
Chocolate de Taza 150 gr	0,00827	
Chocolate de Taza 180 gr	0,00827	
Centros de chocolate	0,0058	
Chocolate industrial	0,0066	
Granulado 10 kg	0,0174	
Granulado 1 kg	0,025	
Lluvia de chocolate	0,055	
Almendra Suprema 2 kg	0,00498	
Almendra Suprema Surtida	0,00498	
Almendra Suprema 300 gr	0,00498	

Tabla 6.9

Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

6.5.10 SET-UP

Todas las maquinarias y equipos tienen un tiempo de preparación inicial, previo a su funcionamiento. Este tiempo, denominado SET-UP, varía según las operaciones de preparación que se deban realizar. Están en función de las operaciones del equipo. Los equipos con un SET-UP de hasta 20 minutos se considerarán significativos para efectos de este modelo. El mezclador, la concha seca, la concha húmeda, la temperadora 1 y 2, bombo 11 y moldeadora se considerarán con un SET-UP promedio diario, cercano a 1 hora.

Tabla de SET-UP de los equipos

EQUIPO	SET-UP (MINUTOS)
Mezclador	60
Refinadora	2
Concha Seca	60
Concha Húmeda	60
Temperadora 1	60
Formadora de Centros	2
Depositadora	20
Túnel de Refrigeración	2
Bombos 1,2, 3, 7, 8 y 9	10
Bombos 4 y 10	15
Bombo 5	20
Bombo 6	5
Bombo 11	60
Temperadora 2	60
Moldeadora	60

Tabla 6.10
Fuente: Gerencia de Operaciones de La Empresa.

6.5.11 Capital de Trabajo y Costo Fijo Total

Desde el punto de vista contable, el **capital de trabajo** se define como la diferencia entre el activo circulante y el pasivo circulante, según Meigs R.⁴. En la práctica viene representado por los recursos monetarios disponibles para financiar los costos y gastos en los que se deben incurrir en la producción de los bienes de la empresa en cada período. Es un indicativo de la fortaleza financiera a corto plazo de la empresa.

La diferencia entre el capital de trabajo y los costos fijos determina la cantidad de dinero disponible para pagar los costos variables. Por lo tanto, esta diferencia limita la obtención de los recursos necesarios para la fabricación de los productos de la Empresa y será determinante en la construcción del modelo propuesto en este trabajo.

6.5.12 Demanda

Según Baca Urbina⁵, se entiende por demanda a la cantidad de bienes y servicios que el mercado requiere o solicita para buscar la satisfacción de una necesidad específica a un precio determinado. Se encuentra gobernada por una serie de factores, como lo son la necesidad real que se tiene del bien o servicio, su precio, el nivel de ingreso de la población y otros. Para determinar la demanda se emplean herramientas de investigación de mercado, de las cuales no se harán mención en este trabajo. Para efectos prácticos, se entiende por demanda al llamado Consumo

G. Baca Urbina, Evaluación de Proyectos, Parte II, 1990

Meigs R. y Meigs W., Contabilidad. La base para decisiones gerenciales (1992)

Nacional Aparente (CNA), que es la cantidad de determinado bien o servicio que el mercado requiere y se puede representar como:

Demanda = CNA = Producción nacional + importaciones - exportaciones

El valor de esta demanda para cada producto, viene representado por el porcentaje de mercado que esta controle para cada rubro de producción. Cabe destacar, que esta proporción puede aumentar o disminuir según los estudios que realice el Departamento de Ventas, para lo cual deberá basarse en la capacidad de la planta, de distribución y de aceptación de sus marcas dentro del mercado. Es responsabilidad del Departamento de Ventas hacer énfasis en aquellos productos que reporten mayores beneficios a La Empresa. Sin embargo, La Empresa no debe producir más allá de la capacidad de absorción del mercado de cada producto, ya que esto degeneraría en un exceso de inventarios muy costosos e indeseables para los intereses de la Empresa. Por lo tanto, se debe tener siempre presente el tamaño del mercado al cual se enfrenta la organización, y cual es la proporción que la Empresa puede cubrir con sus capacidades de producción, comercialización y distribución.

6.5.13 Cantidad de Pedido del Período

Esta representa la cantidad de kilogramos de producto final que es solicitado directamente por los clientes y que según políticas de La Empresa, es conveniente aceptar. Además hay que destacar que una vez que La Empresa acepta una orden de compra de un cliente, se encuentra en el compromiso de satisfacerla.

6.5.14 Política de Inventarios

Para cada periodo de estudio, existen los inventarios iniciales disponibles y el nivel de inventario final deseable, siendo este último definido por el Sistema de Inventarios de La Empresa. Estos parámetros serán considerados en el establecimiento de las tasas de producción de cada producto, ya que se elaborarán aquellas cantidades que cumplan aproximadamente con la siguiente relación teórica:

Inventario Inicial + Producción - Ventas = Inventario Final

Capítulo 7: El Modelo

- 7.1 Consideraciones del Sistema
- 7.2 El Modelo
- 7.3 Expresión Matemática del Modelo
- 7.4 Validación del Modelo Propuesto
- 7.5 Limitaciones del Modelo

Capítulo7:

Diseño del Modelo

7.1 Consideraciones del Sistema

Con el objetivo de plasmar, a través de ecuaciones lineales los factores que gobiernan el sistema, se consideraron las siguientes premisas:

- 1.- La situación que se contempla en el modelo, es la actual, debido a que en ella se han establecido todas las relaciones productivas, que de una u otra forma, influyen en las restricciones. Cualquier cambio en un proceso productivo, mas no así en sus parámetros, escapará a la solución de este modelo.
- 2.- La disponibilidad de materia prima es ilimitada. En el sistema este recurso no restringe la capacidad productiva de la planta. Se asume que siempre se conseguirá en el mercado en la cantidad y calidad requeridas.
- 3.- El precio de venta de cada producto se considera fijo. Esta consideración se debe tomar, aunque dicho precio va a variar en algunos casos, dependiendo del cliente

y de la cantidad vendida. Por lo tanto se establece un precio promedio para aquellos productos que se encuentren dentro de este caso.

- 4.- La capacidad de la cámara de conservación que se encuentra inmediatamente después del túnel de refrigeración de la extrusora y depositadora, y del túnel de la formadora de centros es suficiente para almacenar todos los productos que requieren espacio dentro de ella.
- 5.- El personal empleado en las áreas de elaboración de chocolate y moldeo se consideran de apoyo a la producción de las maquinarias, y por lo tanto no limitarán de ninguna forma la tasa de producción de la planta. En cambio, en el área de empaque, al existir gran cantidad de operaciones manuales, se consideran las horas-hombres disponibles para el proceso de empaque como una capacidad de producción.
- 6.- A pesar de que el área de acción de este modelo se limita a los productos elaborados con chocolate, se tomó en cuenta para la optimización y las restricciones, a las almendras, por compartir la zona de grageado con los productos pertenecientes al área de chocolate. Su inclusión no crea problemas al modelo, ya que todo su proceso de elaboración es realizado en esta zona. Así que se optimizan las cantidades de las tres presentaciones de almendra que se producen actualmente en la Empresa.

- 7.- Se supone que se puede distribuir y comercializar todo el volúmen de productos que fabrique la Empresa, considerando el tamaño del mercado. Por lo tanto, la comercialización de los productos no representa limitación para las cantidades de producción
- Se trabaja un sólo turno de nueve horas hábiles.
- 9.- El modelo no prevee paros de producción imprevistos, ocasionados por situaciones atípicas e imponderables. Estas consideraciones estan reflejadas en los parámetros de cada equipo.
- 10.- Los tiempos de transporte de materia prima, y de productos en proceso de un área a otra, o de una máquina a otra, y la carga y descarga de las maquinarias, se encuentran globalizados en las respectivas actividades operativas.

7.2 El Modelo

El modelo propuesto en el presente trabajo, surge de la necesidad de determinar la tasa óptima de producción. Tiene como objetivo, servir de guía a la gerencia para ayudar a visualizar que camino ha de seguir para tratar de alcanzar el punto óptimo de fabricación, el cual será un indicador que permita a los gerentes tomar decisiones en el área de la programación de la producción.

El modelo matemático consta de los siguientes elementos:

7,2,1 - Variables de Decisión

Las variables de decisión son las cantidades, por kilogramo de producto, que se elaboran en cada período mensual de producción. Se les designará con los símbolos Xijk donde "i" es el tipo de chocolate, "j" es el proceso de moldeo y "k" es el tipo de presentación. Se estudiarán un total de 45 productos de la Empresa, los cuales fueron codificados, para efectos del modelo, como se muestra en la tabla 7.1 de Variables de Decisión, que sigue a continuación.

Tipo de Chocolate	Tipo de Moldeo	Tipo de Empaque	Variable
Variable i	Variable j	Variable k	None
1. Bitter	1. Gotas P - 45	1. Gotas P - 45	X ₁₁₁
	2. Gotas P - 75	1. Gotas P - 75	X ₁₂₁
	3. Gotas P - 20	1. Gotas P - 20	X ₁₃₁
	4. Discos	1. Presentación 10 kgr	X ₁₄₁
	5. Barras de 1 kilo	1. Barras de 1 kilo	X ₁₅₁
	6. Bombones de Licor	1. Whisky	X ₁₆₁
		2. Brandy	X ₁₆₂
	N. Marchanes States	3. Ron	X ₁₆₃
		4. Anís	X ₁₆₄
		5. 3 en 1	X ₁₆₅
	L. Grant P. 45	6. Sabores surtidos	X ₁₆₆
2. Leche fino	1. Gotas P - 45	1. Gotas P - 45	X ₂₁₁
	2. Discos	1. Discos	X ₂₂₁
	3. Barras de 1 kilo	1. Barras de 1 kilo	X ₂₃₁

Variables de Decisión Tabla 7.1

Tipo de Chocolate	Tipo de Moldeo	Tipo de Empaque	Variable
Variable i	Variable j	Variable k	Variable
3. Leche extra fino	1. Barras de 1 kilo	1. Barras de 1 kilo	X ₃₁₁
	2. Bombones de Crema	1. Café	X ₃₂₁
	A. Derin	2. Avellana	X ₃₂₂
	A Humble for Links	3. Fresa	X ₃₂₃
	Action and Area	4. Mani	X ₃₂₄
	S. Herrich House	5. Naranja	X ₃₂₅
	A Barrer Sci Logar	6. 3 en 1	X ₃₂₆
	of there is being	7. Sabores surtidos	X ₃₂₇
	3. Bombones Molde	1. Presentación 1 kilo	X ₃₃₁
	A Communication of the	2. Presentación 150 gr	X ₃₃₂
	L.Cocommic dunied	L Durey	1.
4. Chocolatier Bitter	1. Gotas P - 45	1. Gotas P - 45	X ₄₁₁
	2. Discos	1. Discos	X_{421}
	3. Barras de 1 kilo	1. Barras de 1 kilo	X ₄₃₁

Variables de Decisión Tabla 7.1 (continuación)

Tipo de Chocolate	Tipo de Moldeo	Tipo de Empaque	Variable
Variable i	Variable j	Variable k	
5. Chocolatier Leche	1. Gotas P - 45	1. Barras de 1 kilo	X ₅₁₁
	2. Discos	1. Gotas P - 45	X ₅₂₁
	3. Barras de 1 kilo	1. Discos	X ₅₃₁
6. Chocolate de Taza	1. Barras de 70 gr.	1. Barras de 70 gr.	X ₆₁₁
	2. Barras de 100 gr	1. Barras de 100 gr	X ₆₂₁
	3. Barras de 120 gr	1. Barras de 120 gr	X ₆₃₁
	4. Barras de 150 gr	1. Barras de 150 gr	X ₆₄₁
	5. Barras de 180 gr	1. Barras de 180 gr	X ₆₅₁
7. Chocolate para Centro	1. Centros de Chocolate	1. Color 10 kgr.	X ₇₁₁
8. Chocolate Industrial	1. Chocolate Industrial	1. Presenación 5 kilos.	X ₈₁₁
9. Granulado M	1. Granillo	1. Lluvia de Chocolate	X ₉₁₁
	a T T of the people in the	2. Presentación 1 kilo.	X ₉₁₂
		3. Presentación 10 kgr.	X ₉₁₃
10. Granulado A-R	1. Granillo A-R	1. Presentación 10 kgr.	X ₁₀₁₁
11. Granulado D-3	1. Granillo D-3	1. Presentación 10 kgr.	X ₁₁₁₁
12. Sin Chocolate	1. Almendra Suprema	1. Presentación 2 kg.	X ₁₂₁₁
	2. Almendra Surtida	1. Presentación 150 gr.	X ₁₂₂₁
		2. Presentación 300 gr.	X ₁₂₂₂

Variables de Decisión Tabla 7.1 (continuación)

7.2.2 Función Objetivo

La función objetivo es el Margen de Ganancia Total (MGT), siendo éste la suma de los Márgenes de Contribución Total por producto.

En este modelo, el criterio es de maximización de MGT, porque de esta manera, se consigue la cantidad de productos que hacen a la Empresa más rentable.

No se maximiza la utilidad total porque esta depende de los costos fijos y como deben llevarse a un valor unitario, este es variable según la cantidad de productos que se fabriquen, y como las cantidades representan las variables de decisión, no puede incluírse la utilidad unitaria por producto.

No se realizó la optimización por el criterio de minimización de costos porque el objetivo que se persigue no es fabricar los productos menos costosos, sino los que generen mayores beneficios a La Empresa, según la demanda de cada producto en el mercado.

7.2.3 Restricciones.

Existen cuatro tipos de restricciones para este modelo

- A Restricciones Operativas
- B Restricción Financiera

- C Restricción de Demanda
- D Restricción de Ventas e Inventario

A. Restricciones Operativas

Las restricciones operativas se deben a las capacidades de los equipos, a las eficiencias de los procesos, a los tiempos requeridos para la elaboración de cada producto y a la disponibilidad de las horas-hombre totales. Estas limitaciones de operación, se encuentran ubicadas en las tres áreas fundamentales de la Planta, área de elaboración de chocolate, área de moldeo y área de empaque. En el diagrama de Líneas de Producción se presentaron en forma esquemática las relaciones existentes entre ellas. A grandes rasgos se describió el total de las operaciones que se realizan en la planta de producción. La explicación junto con los Diagramas de Procesos representan claramente las relaciones existentes entre todos los procesos de producción. Con esta noción, se procederá a explicar una por una las restricciones operativas del modelo.

1 - Restricción en el Mezclador - Refinador

Por este equipo pasan todos los productos de la Empresa. Su producción es intermitente y su batch es de 500 kilos/h. Esta restricción determina el tiempo disponible del proceso de mezclado.

2 - Restricción en Concha Húmeda

Se tienen dos conchas húmedas, con una capacidad de 500 kg cada una. Aqui se establece el tiempo de uso máximo de las conchas, para el único producto que sigue este proceso, que es el chocolate industrial.

3 - Restricción en Concha Seca

De los 11 tipos de chocolate que se elaboran en la planta, siete de ellos se procesan en la concha seca, por lo tanto el tiempo de uso de la misma debe ser compartido entre todos. La capacidad de concheo es de 3500 kilos por tanda, con una duración de 24 horas consecutivas.

4 - Restricción en Formadora de centros y Depositadora

Los procesos elaborados en estos equipos requieren de un temperado previo, que se lleva a cabo en la temperadora # 1. Sólo se puede temperar un tipo de chocolate a la vez, y ser enviado después a la formadora de centros o a la depositadora. Es por esto que el factor limitante aquí es el uso de la temperadora.

5 - Restricción en Túnel de Refrigeración # 2

El uso de este equipo representa una limitante, ya que a él llegan productos provenientes de dos equipos independientes, como la depositadora y la extrusora. Al compartir el túnel de refrigeración, productos como discos, gotas y granulados, no pueden ser realizados a la vez. Esta limitante está definida en esta restricción.

6 - Restricción en Bombos # 1 y # 2

Estos equipos tienen una capacidad fija, de 140 kilos cada uno, la cual es independiente del producto o proceso que se lleva cabo. Aquí se comparte el tiempo de uso, entre el partido de los centros de chocolate y el brillo de los distintos granillos.

7 - Restricción en bombo # 3

El bombo # 3 tiene una capacidad de 110 kilos, y su uso se comparte entre los procesos de partido de centros de chocolate y brillo de granillo. Esta restricción fija el tiempo máximo de uso, para efectuar los procesos antes mencionados.

8 - Restricción en bombo # 4

Los diferentes procesos que se realizan en este bombo son: partido de centros de chocolate, brillo y alisado de granillo. Se cuenta con una capacidad de producción de 200 kilos, en funcion del tiempo para cada proceso. El uso de este equipo, compartido entre los tres procesos citados, se contempla en esta restricción.

9 - Restricción en bombo # 5

Este equipo tiene una capacidad de 320 kilos, y su uso está destinado al coloreado de centros de chocolate, únicamente. Esta restricción fija el tiempo disponible en el periodo para llevar a cabo dicho proceso.

10 - Restricción en bombo # 6

El granillo y las almendras utilizan el bombo # 6 para su proceso de brillo, este tiene una capacidad de 110 kilos. Se divide el tiempo entre ambos productos para el uso de este equipo.

11 - Restricción en bombos # 7, # 8 y # 9

En estos bombos que tienen una capacidad de 110 kilos cada uno, se realizan el coloreado de los centros de chocolate y el coloreado de las almendras. Se establece en esta restricción el límite máximo de uso de estos equipos.

12 - Restricción en bombo # 10

Este bombo tiene una capacidad de 200 kilos, y en él se realiza el alisado del granillo. Esta restricción define el tiempo máximo disponible para llevar a cabo este proceso.

13 - Restricción en bombo # 11

Las operaciones de confitado de centros de chocolate y almendras, se efectúan en el bombo # 11, que tiene una capacidad de 975 kilos. Con esta restricción se fija el tiempo disponible de uso de este equipo, repartido entre ambos procesos.

14 - Restricción en Moldeadora

En este equipo se realiza el moldeo de bombones, barras de 1 kilo, y barras de chocolate de taza. La capacidad de la moldeadora depende del producto que esté procesando, pero se debe cumplir que el tiempo disponible en cada período para su uso, se comparta entre los diferentes productos que pasan por ella.

15 - Restricción en empaque manual

En esta restricción se establece un número de horas-hombre para realizar las labores de empaque, que vienen determinadas por la cantidad de obreros encargados de esta tarea. Como todos los productos tienen dentro de su presentación final el empaque manual, se reparte entre ellos las horas-hombre disponibles.

16 - Restricción en empacadora de bombones

A los bombones rellenos y a los bombones molde se les coloca el envoltorio por medio de este equipo. Se limita su uso a un tiempo máximo, que debe repartirse entre el proceso de empaque de todos los bombones.

17 - Restricción en empacadora de sobre # 1

El uso de esta equipo está destinado en su totalidad al empaque de las barras de chocolate de taza de 70 gramos. Se cuenta con una cantidad de tiempo, dedicado en toda su extensión al empaque de este producto.

18 - Restricción en empacadora de sobre # 2

Aquí se realiza el empaque de las barras de chocolate de 100, 120, 150, y 180 gramos. Se tiene un tiempo de uso limitado, que debe ser repartido entre los productos anteriormente mencionados.

19 - Restricción en empacadora de lluvia

Esta restricción se refiere al tiempo disponible de empaque en este equipo. Por lo tanto se tiene un límite superior de tiempo en cada periodo para colocar el envoltorio a la lluvia de chocolate, y a las almendras suprema de 150 gramos.

B. Restricción Financiera

La empresa dispone de un capital de trabajo que va ha determinar la cantidad de recursos con que cuenta para poder enfrentar la producción en un periodo. En esta restricción se establece que los costos incurridos en la producción, tanto fijos como variables deben ser tales que puedan ser cubiertos por el capital de trabajo disponible. El capital de trabajo establece una cota superior en la obtención de los recursos necesarios para realizar la producción.

C. Restricción de Demanda

El mercado tiene un tamaño determinado, y este tamaño fija la máxima cantidad de productos que se pueden comercializar.

El hecho de contar con una fuerza productiva, que genere unas cantidades elevadas de producción, no significa que el mercado sea capaz de absorverlas. Esta restricción establece una cota superior sobre la cantidad a producir para cada producto.

D. Restricción de Ventas e Inventario

Al inicio de cada período de estudio, la Empresa tiene que cumplir con ciertas cantidades de pedido para algunos productos. Esto se debe a compromisos adquiridos con clientes. Para cubrir con estas obligaciones, se recurre no sólo al uso de la capacidad de producción, sino que además se cuenta con las existencias en Inventario. Por lo tanto, esta restricción será función del tamaño de pedido, del nivel de inventario inicial y de la política de La Empresa para el inventario final.

7.3 Expresión Matemática del Modelo

A continuación se presentarán las ecuaciones matemáticas que constituyen al modelo propuesto. Se hizo en forma literal por ser más conveniente para su entendimiento y para ubicar a los parámetros que conforman cada función.

FUNCION OBJETIVO:

Maximizar:

$$\begin{array}{l} X_{111} \times G_{111} \ + \ X_{121} \times G_{121} \ + \ X_{131} \times G_{131} \ + \ X_{141} \times G_{141} \ + \ X_{151} \times G_{151} \ + \ X_{161} \times G_{161} \ + \ X_{162} \times G_{162} \ + \ X_{163} \times G_{163} \ + \ X_{164} \times G_{164} \ + \ X_{165} \times G_{165} \ + \ X_{166} \times G_{166} \ + \ X_{211} \times G_{211} \ + \ X_{221} \times G_{221} \ + \ X_{231} \times G_{231} \ + \ X_{311} \times G_{311} \ + \ X_{321} \times G_{321} \ + \ X_{322} \times G_{322} \ + \ X_{323} \times G_{323} \ + \ X_{324} \times G_{324} \ + \ X_{325} \times G_{325} \ + \ X_{326} \times G_{326} \ + \ X_{327} \times G_{327} \ + \ X_{331} \times G_{331} \ + \ X_{332} \times G_{332} \ + \ X_{411} \times G_{411} \ + \ X_{421} \times G_{421} \ + \ X_{431} \times G_{431} \ + \ X_{511} \times G_{511} \ + \ X_{521} \times G_{521} \ + \ X_{531} \times G_{531} \ + \ X_{611} \times G_{611} \ + \ X_{623} \times G_{621} \ + \ X_{631} \times G_{631} \ + \ X_{641} \times G_{641} \ + \ X_{651} \times G_{651} \ + \ X_{711} \times G_{711} \ + \ X_{811} \times G_{811} \ + \ X_{911} \times G_{911} \ + \ X_{912} \times G_{912} \ + \ X_{913} \times G_{913} \ + \ X_{1011} \times G_{1011} \ + \ X_{1111} \times G_{1111} \ + \ X_{1211} \times G_{1211} \ + \ X_{1221} \times G_{1221} \ + \ X_{1222} \times G_{1222} \end{array}$$

donde: G_{ijk} = Margen de ganancia unitaria para el producto X_{ijk}

SUJETO A LAS RESTRICCIONES:

A. Restricciones Operativas

1. Area de elaboración de chocolate

1.1 Mezclado y Refinado:

$$\begin{split} &X_{111} + X_{121} + X_{131} + X_{141} + X_{151} + X_{161} + X_{162} + X_{163} + X_{164} + X_{165} + X_{166} + X_{211} + \\ &X_{221} + X_{231} + X_{311} + \left(\begin{array}{c} X_{321} + X_{322} + X_{323} + X_{324} + X_{325} \\ X_{322} + X_{311} + X_{421} + X_{431} + X_{511} + X_{521} + X_{531} + X_{611} + X_{621} + X_{631} + X_{641} + X_{651} + \\ &X_{711} \times B + X_{811} + X_{911} + X_{912} + X_{913} + X_{1011} + X_{1111} \leq \frac{C \times D \times E}{I + F} \end{split}$$

donde: A = Porcentaje de chocolate en bombones rellenos

B = Porcentaje de chocolate en centros de chocolate confitado

C = Nº de horas hábiles al dia

D = Nº de dias hábiles durante el periodo

E = Capacidad de mezclado y refinado

F = Porcentaje de merma del proceso de mezclado y refinado

Esta restricción define el máximo de capacidad disponible para el mezclador, en función del tiempo.

1.2 Concha seca:

$$\begin{split} &X_{111} + X_{121} + X_{131} + X_{141} + X_{151} + X_{161} + X_{162} + X_{163} + X_{164} + X_{165} + X_{166} + X_{211} + \\ &X_{221} + X_{231} + X_{311} + (X_{321} + X_{322} + X_{323} + X_{324} + X_{325} + X_{326} + X_{327}) \times A + X_{331} + \\ &X_{332} + X_{411} + X_{421} + X_{431} + X_{511} + X_{521} + X_{531} + X_{611} + X_{621} + X_{631} + X_{641} + X_{651} + \\ &X_{711} \times B \leq \frac{D \times G}{1 + H} \end{split}$$

donde:

G = Capacidad de concheo, en la concha seca

H = Porcentaje de merma del proceso de concheo, en la concha

seca

Esta restricción se refiere al tiempo máximo disponible de uso de la concha seca. La suma de todos los productos que tienen el concheo como parte de su proceso, debe ser menor a la capacidad de proceso en la concha G, por el número de dias disponibles del período. Esta restricción indica que sólo se puede realizar un concheo por día.

1.3 Concha Húmeda:

$$X_{811} \le \frac{C \times D \times I}{1 + J}$$

donde:

I = Capacidad de concheo, en la concha húmeda

J = Porcentaje de merma del proceso de concheo, en la concha

húmeda

En esta restricción se define la capacidad de las Conchas Húmedas, en función del tiempo. Es el máximo tiempo de que se dispone para su uso, durante un período.

2. Area de moldeo

2.1 Temperadora No. 1:

$$\begin{split} & [(X_{111} + X_{211} + X_{411} + X_{511}) \times K + X_{121} \times L + X_{131} \times M + (X_{141} + X_{221} + X_{421} + X_{521}) \times N] \times (1+O) + X_{711} \times A \times \tilde{N} \times (1+P) \leq C \times D \end{split}$$

donde:

K = Tiempo de proceso de depósito de gotas P-45

L = Tiempo de proceso de depósito de gotas P-75

M = Tiempo de proceso de depósito de gotas P-20

N = Tiempo de proceso de depósito de discos

 \tilde{N} = Tiempo de proceso de formado de centros de chocolate

O = Porcentaje de merma del proceso de depositado

P = Porcentaje de merma del proceso de formado de centros

Esta restricción se refiere al uso de la temperadora, ya que el paso por esta es condición necesaria para llevar a cabo los procesos de moldeo en la formadora de centros, y en la depositadora. Está en función de las horas disponibles de uso, repartidas entre los productos moldeados en estos dos equipos.

2.2 Túnel de Refrigeración:

$$\begin{split} & [(X_{111} + X_{211} + X_{411} + X_{511}) \times K + X_{121} \times L + X_{131} \times M + (X_{141} + X_{221} + X_{421} + X_{521}) \\ & \times N] \times (1 + O) + (X_{911} + X_{912} + X_{913} + X_{1011} + X_{1111}) \times Q \times (1 + R) \leq C \times D \end{split}$$

donde: Q = Capacidad de extrusionado

R = Porcentaje de merma del proceso de extrusionado

2.3 Moldeadora

$$\begin{split} & [(\ X_{161} + X_{162} + X_{163} + X_{164} + X_{165} + X_{166} + X_{321} + X_{322} + X_{323} + X_{324} + X_{325} + X_{326} + X_{327} + X_{331} + X_{332}) \times S \times \frac{1}{T} + (\ X_{151} + X_{231} + X_{311} + X_{431} + X_{531}\) \times U \times \frac{1}{V} + X_{611} \times W + X_{621} \times Y + X_{631} \times Z + X_{641} \times AA + X_{651} \times AB] \times (1 + AC) \leq C \times D \end{split}$$

donde: S = Capacidad de moldeo de bombones

T = Eficiencia de moldes para bombones

U = Capacidad de moldeo de barras de 1 kilo

V = Eficiencia de moldes para barras 1 kilo

W = Capacidad de moldeo de chocolate de taza de

70 gramos

Y = Capacidad de moldeo de chocolate de taza de

100 gramos

Z = Capacidad de moldeo de chocolate de taza de

120 gramos

AA = Capacidad de moldeo de chocolate de taza

de 150 gramos

AB = Capacidad de moldeo de chocolate de taza

de 180 gramos

AC = Porcentaje de merma del proceso de moldeo en moldeadora

Esta restricción limita el uso de la Moldeadora, estableciendo que la suma de todos los tiempos de proceso para cada tipo de moldeo, no debe exceder las horas disponibles en cada periodo.

3. Zona de grageado

3.1 Bombos Nº 1 y Nº 2:

$$X_{711} \times AD \times (1+AE) \times AF + (X_{911} + X_{912} + X_{913} + X_{1011} + X_{1111}) \times AG \times (1+AH)$$

 $\leq C \times D$

donde:

AD = Capacidad de partido de centros de chocolate en bombos

Nº 1 y Nº 2

AE = Porcentaje de merma del proceso de partido de centros de

chocolate

AF = Factor de crecimiento para el proceso de partido de

centros de chocolate

AG = Capacidad de brillo de granillo en bombos Nº 1 y Nº 2

AH = Porcentaje de merma del proceso de brillo de granillo

3.2 Bombo Nº 3:

$$X_{711} \times AI \times (I+AE) \times AF + (X_{911} + X_{912} + X_{913} + X_{1011} + X_{1111}) \times AJ \times (I+AH) \le C \times D$$

donde:

AI = Capacidad de partido de centros de chocolate en bombo

Nº 3

AJ = Capacidad de brillo de granillo en bombo Nº 3

3.3 Bombo Nº 4:

$$X_{711} \times AK \times (1+AE) \times AF + (X_{911} + X_{912} + X_{913} + X_{1011} + X_{1111}) \times AL \times (1+AH)$$

 $+ (X_{911} + X_{912} + X_{913} + X_{1011} + X_{1111}) \times AM \times (1+AN) \le C \times D$

donde:

AK = Capacidad de partido de centros de chocolate en bombo

Nº 4

AL = Capacidad de brillo de granillo en bombo Nº 4

AM = Capacidad de alisado de granillo en bombo Nº 4

AN = Porcentaje de merma del proceso de alisado de granillo

3.4 Bombo Nº 5:

$$X_{711} \times AO \times (1+AP) \leq C \times D$$

donde: AO = Capacidad de coloreado de centros de chocolate en

bombo Nº 5

AP = Porcentaje de merma del proceso de coloreado de centros

de chocolate

3.5 Bombo Nº 6:

$$X_{711} \times AQ + (X_{1211} + X_{1221} + X_{1231} + X_{1241} + X_{1242}) \times AR \le C \times D$$

donde: AQ = Capacidad de brillo de centros de chocolate en bombo

N° 6

AR = Capacidad de brillo de almendras en bombo Nº 6

3.6 Bombos No 7, No 8 y No 9:

$$\begin{split} &X_{711} \times AS \times (1+AP) + (\ X_{1211} + X_{1221} + X_{1231} + X_{1241} + X_{1242}) \times AT \times (1+AU) \\ &\leq C \times D \end{split}$$

donde:

AS = Capacidad de coloreado de centros de chocolate en

bombos N° 7, N° 8 y N° 9

AT = Capacidad de coloreado de almendras en bombos Nº 7,

Nº 8 y Nº 9

AU = Porcentaje de merma del proceso de coloreado de

almendras

3.7 Bombo Nº 10:

$$(X_{911} + X_{912} + X_{913} + X_{1011} + X_{1111}) \times AV \times (1 + AN) \le C \times D$$

donde: AV = Capacidad de alisado de granillo en bombo Nº 10

3.8 Bombo Nº 11:

$$X_{711} \times AW \times (1+AX) \times AY + (X_{1211} + X_{1221} + X_{1231} + X_{1241} + X_{1242}) \times AZ \times (1+BA) \le C \times D$$

donde: AW = Capacidad de confitado de centros de chocolate en

bombo Nº 11

AX = Porcentaje de merma del proceso de confitado de centros de chocolate

AY = Factor de crecimiento para el proceso de confitado de centros de chocolate

AZ = Capacidad de confitado de almendras en bombo Nº 11

BA = Porcentaje de merma del proceso de confitado almendras

Este grupo de restricciones, plantean el uso de los bombos, sujeto al límite de tiempo que no debe ser excedido. Para cada bombo que funciona de la misma forma existe una restricción, en donde se encuentran sumadas, las cantidades de cada producto, por el flujo, dando como resultado el tiempo necesario para los procesos de grageado.

4. Area de empaque

4.1 Empaque manual:

$$\begin{split} X_{111} \times E_{111} &+ X_{121} \times E_{121} + X_{131} \times E_{131} + X_{141} \times E_{141} + X_{151} \times E_{151} + X_{161} \times E_{161} + \\ X_{162} \times E_{162} &+ X_{163} \times E_{163} + X_{164} \times E_{164} + X_{165} \times E_{165} + X_{166} \times E_{166} + X_{211} \times E_{211} + \\ X_{221} \times E_{221} &+ X_{231} \times E_{231} + X_{311} \times E_{311} + X_{321} \times E_{321} + X_{322} \times E_{322} + X_{323} \times E_{323} + \\ X_{324} \times E_{324} &+ X_{325} \times E_{325} + X_{326} \times E_{326} + X_{327} \times E_{327} + X_{331} \times E_{331} + X_{332} \times E_{332} \\ &+ X_{411} \times E_{411} + X_{421} \times E_{421} + X_{431} \times E_{431} + X_{511} \times E_{511} + X_{521} \times E_{521} + X_{531} \times \\ E_{531} &+ X_{611} \times E_{611} + X_{621} \times E_{621} + X_{631} \times E_{631} + X_{641} \times E_{641} + X_{651} \times E_{651} + \\ X_{711} \times E_{711} + X_{811} \times E_{811} + X_{911} \times E_{911} + X_{912} \times E_{912} + X_{913} \times E_{913} + X_{1011} \times E_{1011} \\ &+ X_{1111} \times E_{1111} + X_{1211} \times E_{1211} + X_{1221} \times E_{1221} + X_{1222} \times E_{1222} \leq C \times D \times BB \end{split}$$

donde: E_{ijk} = Tiempo de empaque manual para el producto X_{ijk} $BB = N^o$ de obreras para el área de empaque

4.2 Empaque mecánico:

4.2.1 Empacadora de bombones:

$$\begin{split} & (X_{161} + X_{162} + X_{163} + X_{164} + X_{165} + X_{166} + X_{321} + X_{322} + X_{323} + X_{324} + X_{325} + X_{326} + \\ & X_{327} + X_{331} + X_{332}) \times BC \times (1 + BD) \ \leq \ C \times D \end{split}$$

donde:

BC = Capacidad de empaque de bombones en empacadora

BD = Porcentaje de merma del proceso de empaque

empacadora de bombones

4.2.2 Empacadora de Sobre Nº 1:

$$X_{611} \times BE \leq C \times D$$

donde:

BE = Capacidad de empaque de chocolate de taza de 70

gramos en empacadora de sobre Nº 1

BF = Porcentaje de merma de empacadora de sobre Nº 1

4.2.3 Empacadora de Sobre Nº 2:

$$(X_{621} + X_{631} + X_{641} + X_{651}) \times BG \times (1 + BH) \le C \times D$$

donde: BG = Capacidad de empaque de chocolate de taza de 100,

120,150, y 180 gramos en empacadora de sobre Nº 2

BH = Porcentaje de merma de empacadora de sobre Nº 2

4.2.4 Empacadora de lluvia de chocolate:

$$(X_{913}\times BI + X_{1221}\times BJ)\times (1+BK) \leq C\times D$$

donde:

BI = Capacidad de empaque de lluvia chocolate, en empacadora de lluvia

BJ = Capacidad de empaque de almendras 150 gramos, en empacadora de lluvia

BK = Porcentaje de merma de empacadora de lluvia

B. Restricción Financiera

 $\begin{array}{l} X_{111} \times C_{111} \ + \ X_{121} \times C_{121} \ + \ X_{131} \times C_{131} \ + \ X_{141} \times C_{141} \ + \ X_{151} \times C_{151} \ + X_{161} \times C_{161} \ + \ X_{162} \times C_{162} \ + \ X_{163} \times C_{163} \ + \ X_{164} \times C_{164} \ + \ X_{165} \times C_{165} \ + \ X_{166} \times C_{166} \ + \ X_{211} \times C_{211} \ + \ X_{221} \times C_{221} \ + \ X_{231} \times C_{231} \ + \ X_{311} \times C_{311} \ + \ X_{321} \times C_{321} \ + \ X_{322} \times C_{322} \ + \ X_{323} \times C_{323} \ + \ X_{324} \times C_{324} \ + \ X_{325} \times C_{325} \ + \ X_{326} \times C_{326} \ + \ X_{327} \times C_{327} \ + \ X_{331} \times C_{331} \ + \ X_{332} \times C_{332} \ + \ X_{411} \times C_{411} \ + \ X_{421} \times C_{421} \ + \ X_{431} \times C_{431} \ + \ X_{511} \times C_{511} \ + \ X_{521} \times C_{521} \ + \ X_{531} \times C_{531} \ + \ X_{611} \times C_{611} \ + \ X_{621} \times C_{621} \ + \ X_{631} \times C_{631} \ + \ X_{641} \times C_{641} \ + \ X_{651} \times C_{651} \ + \ X_{711} \times C_{711} \ + \ X_{811} \times C_{811} \ + \ X_{911} \times C_{911} \ + \ X_{912} \times C_{912} \ + \ X_{913} \times C_{913} \ + \ X_{1011} \times C_{1011} \ + \ X_{1111} \times C_{1111} \ + \ X_{1211} \times C_{1211} \ + \ X_{1221} \times C_{1221} \ + \ X_{1222} \times C_{1222} \le BM-BL \end{array}$

donde:

 C_{ijk} = Costos variables del producto X_{ijk}

BL = Costos fijos totales del período

BM = Capital de trabajo disponible para el período

C. Restricción de Demanda

 $X_{ijk} \leq BN_{ijk}$

para cada ijk

donde:

BN_{ijk} = Tamaño máximo del mercado que La Empresa aspira a alcanzar para el producto ijk en el período de estudio.

D. Restricción de Ventas e Inventario

 $X_{ijk} \ge BO_{ijk} + BP_{ijk} - BQ_{ijk}$

para cada ijk

donde

 BO_{ijk} = Cantidad de inventario final deseado para el periodo de estudio, del producto ijk

 BP_{ijk} = Cantidad de pedido comprometido con los clientes del producto ijk en el período de estudio

BQ_{ijk} = Cantidad de inventario disponible al principio del período de estudio, del producto ijk

7.4 Validación del Modelo Propuesto

Basándose en los fundamentos teóricos se pueden enunciar las siguientes características que definen el modelo y que validan de forma teórica su construcción:

- 1. Es un modelo matemático descriptivo y normativo; descriptivo, porque su construcción está basada en elementos matemáticos, que describen las características influyentes en la obtención de las cantidades de producción de la empresa; y normativo, porque busca diseñar una metodología que ayude a encontrar el mejor camino de acción.
- Es un modelo de programación matemática porque el sistema que modela impone restricciones que deben cumplirse para la elaboración de los productos.
- Es determinístico, ya que todos los parámetros involucrados se conocen con certeza, y se consideran de naturaleza no aleatoria.
- 4. El sistema real de la Empresa se puede ajustar a un modelo de programación lineal porque satisface los principios de proporcionalidad, aditividad, divisibilidad y certidumbre.

Proporcionalidad

El principio de proporcionalidad es aceptado ya que la contribución individual de cada variable a cada una de las funciones del modelo es proporcional al valor que toma.

En el caso de la función objetivo, el Margen de Ganancia Total (MGT) que se está maximizando es el resultado de la suma de los márgenes de contribución unitaria (MCU), por las cantidades de unidades que se produce de cada uno de los bienes. Igualmente, para cada una de las restricciones ocurre que el gasto de cada recurso, es el resultado de los gastos individuales por unidad de producción. En este punto hay que aclarar la presencia de los costos fijos, que indicaria que esta condición de proporcionalidad no se cumple ya que cuando no se produce nada de algún producto la empresa debe cubrir dicho costo. Sin embargo, el costo fijo se prorrateará siempre entre los productos que ciertamente elabore la empresa para un periódo de produción. Por lo tanto, su asignación unitaria es variable y de hecho en el MCU no están contemplados. Por lo tanto, se puede asegurar que la contribución proporcional de la variable, en cada una de las funciones del modelo, se cumple en la realidad.

· Aditividad

No basta con que la proporcionalidad se cumpla para garantizar que las funciones del modelo sean lineales. Debe cumplirse además que el nivel de efectividad en la Función Objetivo y el del consumo total en los recursos de las restricciones sea producto de la suma de las cantiddes correspondientes generadas por cada actividad que se lleva a cabo.

El MCU de un producto no es influenciado de ninguna forma por el MCU de otro, ya que estos productos no compiten entre sí en el mercado. Por el lado del uso de los recursos, estos pueden ser utilizados indistintamente por cualquiera de ellos y sin ningún tipo de preferencia.

Esta es la llamada condición de aditividad, que en el caso de esta Empresa asegura, junto a la proporcionalidad, que las funciones del modelo propuesto son lineales.

Divisibilidad

Las variables de decisión en este modelo pueden tomar valores fraccionarios ya que hacer un kilo más o menos no afecta los resultados óptimos. Además, por la influencia de las mermas, eficiencia de proceso y equipos de medición, los resultados de las tasas de producción de cada uno nunca arroja resultados enteros exactos. La

divisibilidad de las variables de decisión es una condición que se cumple perfectamente en el modelo de programación lineal para esta Empresa.

Certidumbre

Todos los parámetros del modelo son deterministicos. El MCU proviene de datos conocidos como el precio y el costo variable por producto para cada período. El consumo de recursos de cada uno de los productos son datos calculados y dados por la Empresa.

7.5 Limitaciones del Modelo

Este modelo presenta ciertas limitaciones, provenientes de la idealización en el comportamiento de algunos factores que gobiernan el sistema real, producto de simplificaciones necesarias para su expresión matemática.

Antes de enumerar las limitaciones, se debe estar consciente que el modelo busca ser una herramienta para la toma de decisiones de la Empresa y de esta forma deberá ser considerado. El punto óptimo ofrecido por este modelo pretende ser un norte que le indique a la organización, hacia cuales tasas de producción debe aspirar. Las limitaciones en el uso del modelo son:

1. - Las tasas de producción, sugeridas por el modelo para cada producto, pueden ocasionar que el uso de los equipos que trabajan por tanda, lo hagan por un valor inferior a su capacidad recomendable de trabajo (en el caso de la última tanda). Los equipos más críticos en este sentido, son el mezclador y la concha seca.

Siendo el mezclador el primer equipo en cualquiera de las líneas productivas, vale la pena resaltar las siguientes consideraciones. Seguramente los resultados del modelo, por tipo de chocolate, no sean divisibles exactamente entre 500 kilos (una tanda del mezclador), sin embargo, esta capacidad no es rigurosamente la necesaria. Si

bien es cierto ésto representaría teóricamente un supuesto descuadre en la producción, en la práctica esta situación no representa grandes inconvenientes, debido las siguientes razones: primero, ya que la capacidad del mezclador puede variar alrededor de los 500 kilos, los resultados del modelo se podrán sacar en el mismo número de tandas enteras establecidas por éste, pero con un exceso de kilos repartidos en el total de tandas (esto se ve favorecido en los productos que contemplen un gran número de tandas), o bien en una tanda adicional con un peso ligeramente inferior a 500 kilos por tanda; segundo, si los resultados para un tipo de chocolate contemplan que el mezclador debe trabajar un número relativamente pequeño de tandas, el realizar una tanda adicional solo exigiría una hora adicional operativa, a las contempladas por el modelo, lo cual es perfectamente factible.

La consideración más relevante, es la relación mezclador-concha seca, puesto que la secuencia entre ellas obliga a que los productos que se deban elaborar, tendrán que mezclarse durante un día para poder llenar la concha. Esto obliga a trabajar los kilos de productos en múltiplos de 3.500 (tanda de una concha), sin embargo este equipo contempla márgenes operativos de mas o menos un 10%, representando esto una holgura en las operaciones, que permita, o bien trabajar el mismo número de tandas enteras que contempla el modelo, pero con una capacidad superior a los 3.500 kilos, o simplemente sacar una tanda extra para completar las cantidades necesarias.

- 2. No se considera el espacio total disponible para el almacenamiento provisional en la cámara de conservación de los productos centros de chocolate, granillo, gotas y discos. La razón de esta omisión se debe a que esta restricción no es lineal ya que toda la producción no se almacena al mismo tiempo. Por lo tanto esta capacidad es crítica pero en ciertos momentos de la producción. Dependerá de si la mezcla contiene a la vez estos tres productos, y de sus cantidades. Este problema de capacidad de refrigeración se escapa de la posibilidad de la programación lineal y se adecúa más a la planificación diaria del uso de los recursos. Sin embargo, según datos históricos de La Empresa, esta limitación no ha significado problema para la misma.
- 3.- Los niveles de inventarios establecidos por la empresa se ubicarán como los mínimos establecidos por el modelo, sin embargo, esta cifra puede ser modificada en el caso de ajustar, al momento de planificar la producción, a una tanda inferior. Debe recordarse que en el peor de los casos para un producto se estará hablando de una tanda menos, que en el caso de los productos que deban pasar por la concha seca, esto representaría un día de producción.
- 4.- En el modelo no se contemplan Set-up por los efectos de cambios de productos durante una jornada de trabajo, sólo se considera un set-up diario por equipo, al inicio de las actividades diarias, porque no se puede establecer previamente cual será el programa de producción.

Capítulo 8: Escenarios de Acción

8.1 Escenario 1. Capacidad de Planta

- 8.2 Escenario 2. Mercado y Capital de Trabajo
- 8.3 Escenario 3. Cantidades de Pedido y Niveles de Inventario

Capítulo 8: Escenarios de Acción

Una vez explicados todos los elementos que forman parte del modelo propuesto, se presentará distintos escenarios de acción, para analizar los resultados obtenidos y demostrar su aplicabilidad en la realidad de La Empresa

Debido a la presencia de 45 variables y 155 restricciones en total, se impuso la necesidad de resolver este sistema en un programa de computación. Existen varios paquetes para resolver problemas de programación lineal y el utilizado en este trabajo es el Solver del Excel 5.0¹.

Para realizar las corridas se utilizaron los siguientes datos:

- 1.- Las restricciones de capacidad, formadas por los valores que se presentaron en el capítulo 6², por corresponder con los datos actuales de La Empresa. Además, estos valores sólo varían si se hacen modificaciones en los procesos productivos que cambien las relaciones funcionales en el modelo. Por lo tanto, se mantendrán estables.
- 2.- Se supondrá, para efectos de las corridas, que La Empresa posee el 50% del mercado en cada uno de los productos. Este valor no interfiere en los resultados, ya que este porcentaje puede cambiar de un periodo a otro. Es un dato de entrada del modelo que impone un tope máximo de producción, debido a que el mercado no

Ver ANEXO 3 para más detalles sobre el programa de computación utilizado.
 Capítulo 6. Levantamiento y Análisis de la información

tendrá capacidad de absorción para cifras superiores a esta. Los valores para este parámetro, resultaron de la duplicación de los datos de pedidos suministrados por La Empresa.

- 3.- La mezcla de producción estará formada por todos los productos de La Empresa.
- 4,- Se tomará un período de 22 días hábiles.

- 5.- Se contará con un capital de trabajo de 30.000.000 Bolívares y un costo fijo de 1.644.522 Bolívares.
- 6.- El número de obreras disponibles para empaque es de 12.

A continuación se presenta en la Tabla 8.1, los costos variables y los márgenes de contribución unitaria por producto.

Tabla de Datos Costos Variables unitarios y MCU por producto

Codigo	Tipo de	Producto	Tipo	Costos	MCU
de las ariables	Chocolate		de presentación	Variables (Bs/kgr)	(Bs/kgr)
X111	Bitter	Gotas P-45	Gotas P-45	262.76	85.85
X121	Bitter	Gotas P-75	Gotas P-75	262.75	85.86
X131	Bitter	Gotas P-20	Gotas P-20	265.87	89.61
X141	Bitter	Discos	Discos	262.76	85.84
X151	Bitter	Barras de 1 kilo	Barras de 1 kilo	288.97	128.79
X161	Bitter	Bombones Licor	Whisky	336.02	259.98
X162	Bitter	Bombones Licor	Brandy	336.02	259.98
X163	Bitter	Bombones Licor	Ron	336.02	259.98
X164	Bitter	Bombones Licor	Anis	336.02	259.98
X165	Bitter	Bombones Licor	3 en 1	613.56	377.56
X166	Bitter	Bombones Licor	Sabores surtidos	336.02	259.98
X211	Leche Fino	Gotas P-45	Gotas P-45	275.81	89.49
X221	Leche Fino	Discos	Discos	275.81	89.48
X231	Leche Fino	Barras de 1 kilo	Barras de 1 kilo	302.02	132.46
X311	Leche Extra Fino	Barras de 1 kilo	Barras de 1 kilo	346.43	144.93
X321	Leche Extra Fino	Bombones Crema	Café	380.62	276.98
X322	Leche Extra Fino	Bombones Crema	Avellana	380.62	276.98
X323	Leche Extra Fino	Bombones Crema	Fresa	380.62	276.98
X324	Leche Extra Fino	Bombones Crema	Mani	380.62	276.98
X325	Leche Extra Fino	Bombones Crema	Naranja	380.62	276.98
X326	Leche Extra Fino	Bombones Crema	3 en 1	622.33	382.11
X327	Leche Extra Fino	Bombones Crema	Sabores Surtidos	380.62	276.98
X331	Leche Extra Fino	Bombones Molde	Presentación 1 kito	420,35	296.45
X332	Leche Extra Fino	Bombones Molde	Presentación 150 gr	413.20	296.14
X411	Chocolatier Bitter	Gotas P-45	Gotas P-45	293.73	94.51
X421	Chocolatier Bitter	Discos	Discos	293.73	94.52
X431	Chocolatier Bitter	Barras de 1 kilo	Barras de 1 kilo	316.32	136.96
X511	Chocolatier Leche	Gotas P-45	Gotas P-45	316,36	100.85
X521	Chocolatier Leche	Discos	Discos	316.36	100.85
X531	Chocolatier Leche	Barras de 1 kilo	Barras de 1 kilo	342.57	143.83
X611	Chocolate de taza	Barra de 70 gr.	Barra de 70 gr.	259.86	147.80
X621	Chocolate de taza	Barra de 100 gr.	Barra de 100 gr.	237.80	150.52
X631	Chocolate de taza	Barra de 120 gr.	Barra de 120 gr.	238.25	146.15
X641	Chocolate de taza	Barra de 150 gr.	Barra de 150 gr.	233.73	148.72
X651	Chocolate de taza	Barra de 180 gr.	Barra de 180 gr.	238.28	142.26
X711	Chocolate D	Centros de Chocolate	Presentación 10 kgr	249.03	134.11
X811	Chocolate Industrial	Chocolate Industrial	Chocolate Industrial	203.49	79,33
X911	Granulado M	Granulado	Presentación 10 kgr	237,59	94.14
X912	Granulado M	Granulado	Presentación 1 kgr	254.14	110.34
X913	Granulado M	Granulado	Lluvia de chocolate	255.00	109.80
X1011	Granulado A-R	Granulado A-R	Granulado A-R	205.44	92.72
X1111	Granulado D-3	Granulado D-3	Granulado D-3	237.59	94.14
X1211	Sin chocolate	Almendra Suprema	Presentación 2 kgr	515.23	297.97
X1221	Sin chocolate	Almendra Suprema Surtida	Presentación 150 gr	448.93	233.73
X1222	Sin chocolate	Almendra Suprema Surtida	Presentación 300 gr	477.50	213.17

8.1 Escenario 1 Capacidad de Planta

En este escenario, sólo se tomarán en cuenta las limitaciones que impone la capacidad de planta. El objetivo es evaluar cuales productos resultan más convenientes de producir desde el punto de vista del Departamento de Producción. La mezcla que resulte de esta corrida, estará formada por aquellos productos en los cuales el Departamento de Ventas debe realizar mayores esfuerzos de mercadeo, con el fin de favorecer la producción de la misma.

Al ejecutar el modelo, se obtienen los resultados presentados en las tablas 8.2, 8.3, 8.4, y 8.5.

Código de las	Tipo de Chocolate	Tipo de	Tipo de	Cantidad a Producir	Margen de Ganancia Total
Variables		Moldeo	Presentación	(kgr)	(Bs)
X311	Leche Extra Fino	Barras de 1 kilo	Barras de 1 kilo	65225	9453047
X321	Leche Extra Fino	Bombones Crema	Café	10449	2894193
X326	Leche Extra Fino	Bombones Crema	3 en 1	643	245824
X611	De taza La India	Barra de 70 gr.	Barra de 70 gr.	2640	390192
X621	Chocolate de Taza	Barra de 100 gr.	Barra de 100 gr.	1848	278161
X811	Chocolate Industrial	Chocolate Industrial	Chocolate Industrial	20889	1657041
X911	Granulado M	Granulado	Presentación de 10 kgr.	58252	5483767
X1211	Sin chocolate	Almendra Suprema	Presentación de 2 kgr	10248	3053730

TOTAL 159946.78 23455954.90

Capital Necesario 53

53.114.556.08

% de Ganancia sobre el Capital Necesario 44.16%

Escenario 1 Capacidad de Planta

Area de Elaboración de Chocolate

Codigo	Restricciones	Area de Cho	colate
de las Variables	Mezclador	Concha Húmeda	Concha Seca
X311	65225		65225
X321	10449		10449
X326	643		643
X611	2640		2640
X621	1848		1848
X811	20889	20889	
X911	58252		
X1211			

Uso del Recurso (kgr)	97812.02	20889.02	76923.00
Disponibilidad (kgr)	97812	196020	76923
Número de Tandas	195.62	125.8374899	21.98
Días de utilidad	21.74	13.98	21.98
Abundancia de un Recurso	0,00	175130.98	0.00
Días Ociosos	0.26	8.02	0.02

Tabla 8.3

Escenario 1 Capacidad de Planta

Area de Moldeo

Código			-	RET.	Restr			Moldeo			
de las	Temperadora Túnel Zona de Grageado (Bombos)						Moldeadora				
Variables	N° 1	Nº 2	1 y 2	3	4	5	6	7.8 y 9	10	11	
X311											65225
X321							- 11				10449
X326							1				643
X611	1										2640
X621			1	1		7 7			1		1848
X811											
X911		58252	58252	58252	58252	100			58252		
X1211							10248	10248		10248	
Uso del Recurso	0.00	198.00	141.41	180.03	172.90	00.0	69.79	94.56	74.27	198.00	136.01
Disponibilidad	198	198	1 198	198	198	198	198	198	198	198	198
F						U=03 8 0 /			1		
Días de utilidad	0.00	22.00	15.71	20.00	19.21	0.00	7.75	10.51	8.25	22.00	15.11
umuau			1			-	-			1	
Abundancia de un Recurso	198.00	0.00	56.59	17.97	25.10	198,00	128.21	103.44	123.73	0.00	61.99
Días Ociosos	22.00	0.00	6.29	2.00	2.79	22.00	14.25	11.49	13.75	0.00	6.89

Tabla 8.4

0.00

0.00

Abundancia de

un Recurso

Días Ociosos

Escenario 1 Capacidad de Planta

Area de Empaque

Código		Restricciones	Area de Emp	aque	F 89 8. 1
de las Variables	Empacadora de Bombones	Empacadora de Sobre Nº 1	Empacadora de Sobre Nº2	Empacadora de Lluvia	Empaque Manual (H-H)
X311		to present vi		1/2	65225
X321	10449				10449
X326	643		UICA		643
X611		2640			2640
X621		-	1848		1848
X811					20889
X911					58252
X1211					10248
Uso del Recurso	198.00	198.00	198.00	0.00	2376.00
(horas)					
Disponibilidad (horas)	198	198	198	198	2376
Días de utilidad	22,00	22.00	22.00	0.00	22.00

Tabla 8.5

0.00

0.00

198.00

22.00

0.00

0.00

0.00

0.00

Al analizar los resultados de la tabla 8.2, se tiene en las primeras cuatro columnas la identificación de los productos que se deben elaborar y en la quinta columna, las cantidades correspondientes en kilogramos. De esta tabla también se obtiene el capital de trabajo que es necesario invertir para llevar a cabo esta producción, que es de 53.114.576,08 bolívares.

En la tabla 8.3 se presenta el consumo de los rescursos en el área de elaboración de chocolate, donde se especifica:

- El uso del recurso, que está referido al número de kilogramos procesados por equipo.
- La disponibilidad, que está determinada por la cantidad de kilogramos que es posible fábricar en un equipo durante ese período.
- Número de tandas, que son tandas utilizadas para realizar la producción.
- Abundancia o escasez de un recurso, que es la diferencia entre la disponibilidad del recurso y uso del mismo.
- Días ociosos, que es la diferencia entre los días hábiles y los días de utilidad.

Al observar los valores registrados en esta tabla tenemos que tanto para el mezclador como para la concha seca, el uso del recurso y la disponibilidad son iguales, lo que quiere decir que trabajan durante todos los días del período.

En la tabla 8.4 se representan las restricciones de moldeo. La diferencia con la tabla anterior es que se considera al uso del recurso y disponibilidad en horas, pero los parametros restantes permanecen con las mismas unidades. En esta tabla se puede

observar que el túnel Nº 2 trabaja a toda su capacidad durante el período en la producción de granulado, y es por esto que en la restricción de la Temperadora Nº 1 no se elabora ningún producto.

El bombo Nº 5 no es usado, ya que dentro de los productos que forman la mezcla no se contempla la elaboración de centros de chocolate confitado, que es el único que requiere el equipo.

El bombo No. 11 trabaja a toda capacidad en el confitado de almendras suprema, por ser más rentables que los centros de chocolate confitado que es el otro producto que allí se manufactura. De esta restricción se explica el por qué no se elabora este último producto, debido a la presencia de las almendras en esta zona, que al tener un mayor MCT, resulta mejor su producción en el período.

En cuanto a la máquina moldeadora, su uso es compartido por las barras de 1 kilo, los bombones rellenos y las barras de 70 y 100 gramos de chocolate de taza. La elección de estos productos se debe a la presencia de las empacadoras automáticas de sobre y de bombones, que como se puede observar en la tabla 8.5 su utilización es total. Para el caso de las barras de 70 gramos, por ser la única que utiliza la empacadora de sobre Nº 1, son producidas para aprovechar la utilización de esta máquina. En el caso de la empacadora de sobre Nº 2, el modelo escogió a las barras de 100 gramos, por ser las más rentables. En el caso de los bombones, el modelo escogió a dos tipos de presentaciones: bombones de café de 1 kilogramo y bombones surtidos 3 en 1. Hay destacar que la producción de bombones café se puede repartir entre los cinco tipos de esencia disponibles, ya que el MCU y el proceso de

producción es el mismo para todos; la elección de uno u otro es indiferente. Lo que quiere decir el modelo es que se debe producir 10.449 kilogramos de bombones y venderlos en la presentación de 1 kilo. La presentación de bombones de 3 en 1 indica que se deben producir 643 kilogramos de bombones y venderlos en este tipo de presentación. La elección de estos dos tipos de presentaciones se debe a que, la de 3 en 1 es la más rentable pero su proceso de empaque es más lento, por lo que en un periodo el volumen que se puede empacar es muy pequeño. El resto de los bombones se deben vender en presentaciones de 1 kilo, ya que su margen de ganancias es superior al de la presentación de 150 gramos. Además, se escogió bombones de crema y no de licor por producir los primeros un mayor margen de ganancias.

En el caso de las barras de 1 kilo, el modelo arrojó producirlas para el tipo de chocolate extrafino, que es el mismo utilizado para los bombones. Nuevamente, el modelo escogió entre los tipos de chocolate aquellos que resultaron más rentables.

Al analizar los resultados se puede observar que el modelo recomienda producir solamente 8 productos. La razón es que, al maximizar el margen de ganancia total, el programa sólo tomará aquellas variables que en cada línea de producción, tengan el margen de contribución total más alto; es decir, La Empresa si quiere elevar al máximo sus beneficios, tomando únicamente la capacidad productiva, lo aconsejable es que produzca lo más que se pueda de aquellos productos que mayor margen de contribución total generan, por linea.³

³ Ver Diagrama de Líneas de Producción. Capítulo 6, página 128

Sin embargo, para producir esta mezcla, habría que considerar que el mercado absorva toda la producción y, además como se ve en la tabla 8.2, contar con un capital de trabajo de más de 50 millones mensuales, situación que en la realidad es muy difícil. Pero en el supuesto de que se contaran con estas condiciones, La Empresa tendría un porcentaje de ganancia sobre el capital de trabajo de 44.16 %.

En conclusión, aunque este escenario es muy ideal, ofrece a la Gerencia una guía para saber que productos debe estudiar con el fin de incrementar sus ventas, ya que son aquellos que generan los mayores beneficios.

8.2 Escenario 2 Mercado y Capital de Trabajo

En este escenario se impone la restricción de mercado y de limitación del capital de trabajo, ya que en la realidad, La Empresa se desarrolla en un mercado competitivo, y además de la demanda natural del mercado, tiene limitaciones en la disponibilidad de financiar los recursos necesarios.

Al realizar la corrida, se obtuvieron los resultados presentados en las tablas 8.6, 8.7, 8.8, y 8.9.

En este escenario se puede observar en la tabla 8.6, que la variedad en la mezcla de productos aumentó. Esto se debe a que, con la inclusión de la restricción de mercado y de capital de trabajo, las excesivas cantidades que resultaban entre los 8 productos del escenario anterior, se repartieron entre los productos que le siguen en margen de ganancia. De esta manera, se manifiesta la restricción real de que el mercado no absorverá sino hasta cierta cantidad por cada producto y que el limite de disponibilidad de los recursos está restringido.

Los productos que arrojen cantidades cercanas a el tamaño de mercado son aquellos que resultan más rentables para La Empresa. Cabe destacar que se producirán más de aquellos productos que según su MCU y su tasa de producción sean más rentables. Es decir, existen productos que su MCU es elevado respecto a otros, pero la cantidad de producción que se puede realizar de él en el período, no llega a ser suficiente como para desplazar a otro que, con un MCU inferior, logra tener

producción. Por lo tanto, más que el MCU de cada producto, importa su MCT, y aquellos que tengan valores mayores son los que, finalmente reportará el modelo.

Escenario 2 Mercado y Capital de Trabajo Tabla de Datos y Resultados

Código	Cantidad a	Tamano	Margen de
de las	Producir	del Mercado	Ganancia
Variables	(kgr)	(kgr)	(Bs)
X151	10000	10000	1287900
X161	2000	2000	519960
X162	2000	2000	519960
X163	2000	2000	519960
X164	1792	2000	465998
X165	500	500	188778
X231	4000	4000	529840
X311	3000	3000	434790
X326	500	500	191056
X331	1000	1000	296450
X332	1300	1000	384977
X431	3000	3000	410880
X531	3000	3000	431490
X611	2640	0000	390192
X621	1848	4000	278161
X711	11741	40000	1574570
X911	21702	30000	2043008
X912	15000	15000	1655100
X913	800	800	87840
X1011	4000	4000	370880
X1211	5831	10000	1737501

TOTAL	91823.94	TOTAL	14319289.29
	% de Ganancia sobre el Ca	apital de Trabajo	42.25%

Tabla 8.6

Escenario 2 Mercado y Capital de Trabajo

Area de Elaboración de Chocolate

Código	Restricciones	Area de Choco	olate
de las	Mezclador	Concha	Concha
Variables		Húmeda	Seca
X151	10000		10000
X161	2000		2000
X162	2000	1	2000
X163	2000		2000
X164	1792		1792
X165	500		500
X231	4000		4000
X311	3000		3000
X326	500		500
X331	1000		1000
X332	1300		1300
X431	3000		3000
X531	3000	1	3000
X611	2640		2640
X621	1848		1848
X711	11741		11741
X911	21702		
X912	15000		
X913	800	100	
X1011	4000		
X1211		THE RESERVE THE PROPERTY AND PARTY.	

Uso del Recurso (kgr)	65602.42	0.00	45802.42	
Disponibilidad (kgr)	97812	196020	76923	
Número de Tandas	131.20	0	13.09	
Días de utilidad	14.58	0.00	13,09	
Abundancia de un Recurso	32209.60	196020.00	31120.58	
Días Ociosos	7.42	22.00	8.91	

Tabla 8.7

Escenario 2 Mercado y Capital de Trabajo

Area de Moldeo

Código					Resti			e Mol			
de las	Temperadora	Tünel			Zona	de Gra	geado (E	Rombos)			Moldeador
Variables	1		1 y 2	3	4	. 5	6	7.8 y 9	10	11	
X151										- 11	10000
X161											2000
X162		9									2000
X163						1 0					2000
X164											1792
X165											500
X231											4000
X311						33					3000
X326		l				11					500
X331								1			1000
X332											1300
X431											3000
X531											3000
X611			1								2640
X621										Ū =	1848
X711	11741		11741	11741	11741	11741	11741	11741		11741	1000000
X911	21010000	21702	21702	21702	21702		E STOROGY P	In his want	21702	i i i i i i i i i i i i i i i i i i i	
X912		15000	15000	15000	15000				15000		
X913		800	800	800	800				800		
X1011		4000	4000	4000	4000				4000		
X1211				AAA CAS			5831	5831	CONTRACT	5831	

Jso del Recurso (horas)	44.49	141.07	132.65	168.95	145.59	111.67	119.67	198.00	52.92	198.00	176.14
Disponibilidad	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198
Días de utilidad	4.94	15.67	14.74	18.77	16.18	12.41	13.30	22.00	5.88	22.00	19.57
Abundancia de un Recurso	153.51	56.93	65.35	29.05	52.41	86.33	78.33	0.00	145.08	0.00	21.86
Días Ociosos	17.06	6.33	7.26	3.23	5.82	9,59	8.70	0.00	16.12	0.00	2.43

Tabla 8.8

Escenario 2 Mercado y Capital de Trabajo

Area de Empaque

Código	Allen Maria	Restricciones	de Empaqu	е	E BUE
de las Variables	Empacadora de Bombones	Empacadora de Sobre Nº 1	Empacadora de Sobre Nº2	Empacadora de Lluvia	Empaque Manual (H-H)
X151	THE EM LOS			and miles	10000
X161	2000				2000
X162	2000				2000
X163	2000				2000
X164	1792				1792
X165	500				500
X231					4000
X311					3000
X326	500		H ISTHALL		500
X331	1000				1000
X332	1300				1300
X431					3000
X531					3000
X611		2640	SOUTH PART OF		2640
X621			1848		1848
X711	Ornettial and				11741
X911					21702
X912	MINISTER AND AND	AND DESCRIPTION OF THE PARTY OF	and the second		15000
X913				800	800
X1011					4000
X1211					5831

Jso del Recurso (horas)	198.00	198.00	198.00	23.27	2118.61
Disponibilidad (horas)	198	198	198	198	2376
Días de utilidad	22.00	22.00	22.00	2.59	19.62
Abundancia de un Recurso	0.00	0.00	0.00	174.73	257.39
Días Ociosos	0.00	0,00	0.00	19,41	2.38

Tabla 8.9

8.3 Escenario 3 Cantidades de Pedido y Niveles de Inventario

Una situación que ocurre frecuentemente es la presencia de pedidos en un período, los cuales se está en la obligación de satisfacer si existe una orden de compra. Para cumplir con este compromiso se cuenta con un inventario inicial y además se debe tomar en cuenta, en algunos productos, los requerimientos de inventario final mínimo. Sin embargo, antes de introducir las restricciones de pedido y de inventarios, se debe comprobar previamente si la Empresa está en capacidad de satisfacer la demanda de producción de dichos pedidos en el período estipulado, ya que puede suceder que estos la superen.

El siguiente escenario considera una mezcla con todos los productos de la Empresa. A través del análisis de los resultados se observa en la tabla 8.11 que se cumple a cabalidad con las necesidades en el uso del mezclador, concha húmeda y concha seca.

En la tabla 8.12, se observa para la temperadora y los bombos 7, 8, 9, y 11, un exceso en las horas de uso, lo que indica que faltan recursos para elaborar dichos pedidos, por lo que su casilla uso de abundancia o escasez es negativa, ya que se requiere de mayores horas de producción para realizar dicha mezcla con exigencia de pedidos y de niveles de inventario.

Lo mismo sucede en la tabla 8.13, en el uso de las empacadoras de bombones, v en las empacadoras de sobre No.1 y No.2.

Además, el capital de trabajo indica que los recursos necesarios para cubrir con esta producción sobrepasan los disponibles.

En conclusión, la planta no está en capacidad de fabricar, en el período estipulado, todos los productos demandados al mismo tiempo. Al realizar este análisis, podría estudiarse la posibilidad de trabajar horas extras, conseguir financiamiento para cubrir los costos incurridos, o en último caso cancelar compromisos con clientes, ya que no pueden ser cumplidos.

Tabla de datos Cantidad de Pedido y Niveles de Inventario

Codigo	Cantidad	Inventario	Inventario
de las	de Pedido	Inicial	Final
Variables	(kgr)		
X111	0	0	0
X121	2500	200	0
X131	3000	270	0
X141	1500	100	0
X151	5000	350	150
X161	1000	100	100
X162	1000	100	100
X163	1000	100	100
X164	1000	100	100
X165	250	0	100
X166	1000	80	100
X211	3000	200	0
X221	1500	120	0
X231	2000	170	0
X311	1500	120	0
X321	750	75	100
X322	750	75	100
X323	750	75	100
X324	750	75	100
X325	750	75	100
X326	250	75	100
X327	750	75	100
X331	500	50	100
X332	650	65	100
X411	0	200	0
X421	1500	150	0
X431	1500	120	0
X511	2000	170	0
X521	1500	110	0
X531	1500	130	0
X611	3000	240	120
X621	2000	180	120
X631	2000	150	120
X641	2000	140	120
X651	1500	110	120
X711	20000	1200	0
X811	7500	400	0
X911	15000	1000	0
X912	7500	500	0
X913	400	0	0
X1011	2000	120	0
X1111	0500	190	0
	5.25	350	150
X1211	5000	7230	7 (16358)
X1241		0 100	150
X1242	1500	100	150

Escenario 3

Prueba de Capacidad en el Area de Elaboración de Chocolate

	Restriccion	es Area de C	hocolate
	Mezclador	Concha Húmeda	Concha Seca
Uso del Recurso (kgr)	74730.25	7100.00	56040.26
Disponibilidad (kgr)	97812	196020	76923
Número de Tandas	149,46	42.77	16.01
Días de utilidad	16,61	4.75	16.01
ndancia de un Recurso	23081.77	188920.00	20882.75
Días Ociosos	5.39	17.25	5.99
Días Ociosos	5.39	17.25	5.

Tabla 8.11

Escenario 3

Prueba de Capacidad en el Area de Moldeo

1000				-30	Rest	riccio	nes de	Molde	0		
	Temperadora	Tunel				Zona di	e Grageac	lo			Moldeadora
ten by o	1		1 y 2	3	4	5	6	7,8 y 9	10	11	
Uso del Recurso	212.57	195.62	113.20	144.22	111.82	178.80	179.10	300,09	32.63	281.55	176.29
Disponibilidad[198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198
Días de utilidad	23.62	21.74	12,58	16.02	12,42	19.87	19.90	33.34	3.63	31.28	19.59
Abundancia de un Recurso	-14.57	2.38	84.80	53.78	86.18	19.20	18.90	-102.09	165.37	-83.55	21.71
Días Ociosos	-1.62	0.26	9.42	5.98	9.58	2.13	2.10	-11.34	18.37	-9.28	2.41

Tabla 8.12

Escenario 3

Prueba de Capacidad en el Area de Empaque

	THE REPORT		Restricci	ones Area l	Empaque	Restricción
	Empacadora de Bombones	Empacadora de Sobre Nº 1	Empacadora de Sobre Nº2	Empacadora de Lluvia	Empaque Manual (H-H)	Financiera
Uso del Recurso	205.81	216.00	1070.57	23.21	1841.88	30446606.14
Disponibilidad	198	198	198	198	2376	28355478
Días de utilidad	22.87	24.00	118.95	2.58	17.05	
Abundancia del Recurso	-7.81	-18,00	-872.57	174.79	534.12	-2091128.14
Dias Ociosos	-0.87	-2.00	-96.95	19.42	4.95	

Tabla 8.13

En vista de la imposibilidad de satisfacer todos los pedidos y los niveles de inventario, se deberá cambiar la restricción de "mayor o igual que" a "menor o igual que", para que el modelo escoja que cantidades le conviene más producir. En este caso hay que aclarar que esto sólo puede hacerse con pedidios sugeridos, es decir, que la Empresa no se encuentra comprometida formalmente con los clientes. En el caso de pedidos obligatorios, el Departamento de Ventas deberá evaluar, antes de comprometerse, si todos los pedidos podrán satisfacerse.

Al realizar una nueva corrida con el cambio sugerido en la restricción, se obtuvieron los siguientes resultados:

Escenario 3
Cantidades de Pedido y Niveles de Inventario

Código	Cantidad	Margen de
de las	a Producir	Ganancia
Variables	(kgr)	(Bs)
X111	238	20460
X121	2300	197473
X131	2730	244646
X141	1400	120176
X151	4800	618192
X161	1000	259980
X162	1000	259980
X163	1000	259980
X164	562	146222
X165	350	132144
X166	1020	265180
X211	2800	250583
X221	1380	123480
X231	1830	242402
X311	1380	200003
X321	775	214660
X322	775	214660
X323	775	214660
X324	775	214660
X325	775	214660
X326	275	105081
X327	775	214660
X331	550	163048
X332	685	202853
X411	0	0
X421	1350	127599
X431	1380	189005
X511	1830	184552
X521	1390	140179
X531	1370	197047
X611	2640	390192
X621	1848	278161
X631	0	0
X641	0	0
X651	0	0
X711	11741	1574570
X811	7100	563215
X911	14000	1317932
X912	7000	772380
X913	400	43920
X1011	1880	174314
X1111	2310	217459
X1211	4800	1430256
X1241	1031	241009
TOTAL	86189.99	12941628.34

Escenario 3 Cantidades de Pedido y Niveles de Inventario Area de Elaboración de Chocolate

Restricciones Area de Chocolate Mezclador Concha Concha Humeda Uso del Recurso (kgr) 64291.99 7100.00 45601.99 97812 76923 Disponibilidad (kgr) 196020 128.58 13.03 Número de Tandas 42.77 Dias de utilidad 14.29 4.75 13.03 Abundancia de un Recurso 33520.03 188920.00 31321.01 Días Ociosos 7.71 17.25 8.97

Tabla 8.15

Escenario 3 Cantidades de Pedido y Niveles de Inventario Area de Moldeo

Car				118	Rest	riccio	nes d	le Mo	ldeo		
4	Temperadora	Tunel				Zona d	ie Grage	ado			Moldeadora
Eag	1		1 y 2	3	4	5	6	7,8 y 9	10	11	
Uso del Recurso (horas)	188.21	198.00	94.02	119.77	98.36	111.67	119.67	198.00	32.63	198.00	154.83
Disponibilidad (horas)	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198	198
Dias de utilidad	20.91	22.00	10.45	13.31	10.93	12.41	13.30	22.00	3.63	22.00	17.20
Abundancia de un Recurso		0,00	103.98	78.23	99,64	86.33	78.33	0.00	165.37	0.00	43.17
Días Ociosos	1,09	0.00	11.55	8.69	11.07	9,59	8.70	0.00	18.37	0.00	4.80

Tabla 8.16

Escenario 3 Cantidades de Pedido y Niveles de Inventario

Area de Empaque

QHI IIALIA	SHEET ST	Restricciones	Area de Er	npaque	100
mayor par	Empacadora de Bombones	Empacadora de Sobre Nº 1	Empacadora de Sobre Nº2	Empacadora de Lluvia	Empaque Manual (H-H)
Uso del Recurso	198.00	198.00	198.00	22.00	1737.94
Disponibilidad	198	198	198	198	2376
Dias de utilidad	22.00	22.00	22.00	2.45	16.09
Abundancia de un Recurso	0.00	0.00	0.00	175.98	638,06
Dias Ociosos	0.00	0.00	0.00	0.00	5.91

Tabla 8.17

Escenario 3 Cantidades de Pedido y Niveles de Inventario

	Restricción Financiera
Capital Utilizado (Bs)	26434674.47
Capital Disponible (Bs)	28355478
Abundancia de Capital (BS)	1920803.53

Tabla 8.18

Del análisis de la tablas anteriores se puede concluir lo mismo que para el escenario 2, ya que al tratar de cubrir con los pedidos más rentables, es el mismo caso que tratar de cumplir con el tamaño del mercado. El modelo arrojó una producción mayor para los productos cuyo MCT sea mayor y al tener un tope superior, en este caso el de los pedidos, distribuirá entre los productos que sigan a continuación el orden de los más rentables.

8.4 Análisis General

Del análisis de todos los escenarios anteriores se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- 1. El modelo escogerá de la mezcla que se le introduzca, aquellos productos que tengan mayor MCT en cada línea de producción. Esto quiere decir que, el MCU no es suficiente para asegurar que la fabricación de un producto será favorecida, ya que también se evalúa el volumen de producción que para un período pueda obtenerse de cada producto.
- 2. Al tener un escenario donde se contemplen sólo restricciones de capacidad, se obtienen cantidades que sobrepasan la capacidad de absorción del mercado, con lo cual resultaría inútil su producción. Sin embargo, su corrida es muy útil porque señala cuáles productos son los que, desde el punto de vista de producción, deberían producirse en mayor volumen.
- 3. Los escenarios 2 y 3, introducen elementos que se acercan más a la realidad. La mezcla de productos que de ellos se deriva es el resultado de tomar en cuenta el tamaño de mercado, la disponibilidad de capital para cubrir los costos fijos, la satisfacción de pedidos y los niveles de inventario. Si un producto resulta muy rentable para La Empresa, el modelo recomendará producir lo máximo que se pueda de él, con lo cual su cantidad se asemejará al tamaño del mercado, para el

escenario 2 y al tamaño del pedido para el escenario 3. La disponibilidad de recursos monetarios será utilizada en mayor proporción por los productos más rentables y luego en menor proporción por los menos rentables.

- 4. El inventario inicial sirve de apoyo a la producción, ya que para satisfacer un pedido no se tendrá que producir la cantidad total demandada. El inventario final deseado para algunos productos, surge de las necesidad de tener en almacén algunos días de inventario de aquellos bienes, que por la inestabilidad en el comportamiento de su demanda y las dificultades que se presenten en su producción, es conveniente almacenar.
- 5. Cabe destacar que si a La Empresa se le presenta una cantidad de pedido que está en capacidad de producir, no quiere decir que el hacerlo sea lo más rentable. Sólo se debe obligar al modelo a cumplir con aquellos pedidos que representan compromisos inaplazables. En el resto de los casos, debe dejarse al modelo (con la restricción "menor igual que"), en la libertad de escoger aquellos productos más rentables.
- 6. Los productos que, a pesar de tener un alto volumen de ventas no son recomendados al máximo por el modelo, deben estudiarse para analizar sí su precio de venta está acorde con los costos de producción. Si es un producto que su precio es fijado por el mercado, La Empresa deberá decidir entre eliminarlo de

su plan de producción o, en el caso de considerarlo conveniente a futuro, tratar de disminuir sus costos de producción. En el caso de que La Empresa pueda variar el precio, es aconsejable que lo aumente.

- 7. Las tablas por áreas productivas, en donde se anexaron la disponibilidad del recurso, días ociosos etc., resultan útiles para la programación de la producción, porque indican cuantas veces durante el período de producción se utilizará cada uno de los equipos, en qué productos y sus cantidades. Cabe destacar que estos valores sólo sirven de guía y referencia, ya que en algunos casos dan números de días como 4,32 días. Sin embargo ayudan en gran medida, y queda de parte del Departamento de Operaciones decidir cómo se realizarán las secuencias de actividades durante el período operativo. Por eso es que, el problema de las tandas en la concha y el mezclador resultan poco importantes, ya que es en la última tanda donde se reflejará el descuadre con lo que su capacidad acepta. De nuevo, le corresponde a la Gerencia de Operaciones decidir cómo se programará la producción, y en el caso de hacer falta, considerar trabajar algún sábado, para solventar el caso de la concha, que tarda un día completo de producción, y una hora adicional para el caso del mezclador.
- 8. Además, estas tablas también indican cuales equipos están trabajando al máximo de capacidad y cuáles no, lo cual es importante para realizar una evaluación de las

líneas y ubicar donde se encuentra la capacidad ociosa, para desarrollar soluciones al respecto.

9. Por último, se aconseja considerar la posibilidad de aumentar la capaciadad de producción a través de la apertura de un segundo turno y la contratación de mayor cantidad de personal. Podría resultar provechoso para la Empresa, aunque no puede asegurarse porque esto podría implicar una elevación de los costos de producción que no se pueda recuperar.

Finalmente, de todo lo anterior puede decirse, que la Empresa debe evaluar tanto su capacidad de producción como la respuesta que tenga el mercado hacia la adquisición de sus productos. Las Gerencias de Ventas y de Producción deben trabajar conjuntamente en la planificación de la producción para evaluar lo que en la interacción Empresa-Mercado, sea más conveniente para la organización. El modelo presentado en este trabajo sirve de apoyo para que, en las reuniones entre estas dos gerencias, se decida qué cantidades de producción van a elaborarse para cada período, ya que en él están reunidas todas las consideraciones que deben tenerse presentes en el momento de dicha decisión.

Capítulo 9: <u>Metodología de Implantación</u>

- 9.1 Requerimientos de Información
 - 9.1.1 Información Fija
 - 9.1.2 Información Variable
- 9.2 Análisis de Resultados

Capítulo 9:

Metodología de Implantación

Para establecer todas las características y parámetros necesarios a la hora de considerar la implantación del modelo propuesto, se buscará definir, claramente, los requerimientos de información, análisis y estudio que se deberán tomar en cuenta tanto al inicio como en el trancurso de su uso.

9.1 Requerimientos de Información

Se requiere de información de dos tipos: una fija, que formará parte de unas bases de datos, y otra variable o entrada de datos, que dependerá de cada corrida del modelo.

9.1.1 Información Fija

Inicialmente se deberán definir las bases de datos, que servirán como coeficientes fundamentales de las funciones que forman el modelo. Dichas bases se pueden diferenciar básicamente en dos grupos, a saber: del proceso o relacionadas con los equipos, y del producto.

Base de Datos del Proceso

Los elementos de esta base de datos, son exclusivamente las características propias de cada equipo, indistintamente de los productos que ahi se procesen. De aqui se establecen las restricciones relacionadas con la capacidad de la planta que vienen determinadas por los siguientes datos:

- Capacidad del equipo: en general se habla de la capacidad de un equipo en kilogramos de producto, exceptuando los equipos del área de elaboración de masa de chocolate, en los cuales se encuentra definida en kilos por unidad de tiempo, debido a que en ellos, el tiempo de proceso, es indistinto para producto que se elabore.
- Set-up: este parámetro, particular para cada equipo, representa una disminución del tiempo de producción promedio, y viene representado en horas.

Base de Datos del Producto

En este caso, cada producto en particular, presenta características que se consideran constantes y definen el comportamiento de un producto a lo largo de su linea productiva, aunque esta vez si existe una relación producto-proceso. Los datos específicos para este rubro son:

 Márgen de Contribución Unitaria: se debe especificar la ganancia en bolívares por kilo de producto terminado. Para llegar a ellos, es necesario establecer

la diferencia entre el precio de venta y los costos variables, datos que se manejan constantemente en el departamento administrativo de La Empresa.

- Porcentaje de chocolate: Se deberá definir este parámetro para aquellos productos cuya composición final no sea 100% chocolate, por ejemplo, bombones rellenos. Esta cifra se maneja en valores entre cero y uno.
- Factor de crecimiento: Este parámetro está definido exclusivamente para los centros de chocolate, en los cuales varía el peso en determinados procesos. Este factor viene expresado como la unidad mas (o menos) el porcentaje de crecimiento (o decrecimiento) en un rango entre cero y uno.
- Eficiencia de Moldes: Se aplica a aquellos productos que se procesan en la moldeadora. Para aquellos productos en que los moldes se encuentren completos, la eficiencia será del 100 %. Viene expresada como la relación, número de moldes posibles entre número de moldes disponibles.
- Tamaño del mercado: Cantidad que La Empresa considere que el mercado pueda captar, definido en kilos por período.
- Mano de obra para empaque manual: Tiempo necesario para labores de empaque, expresado en horas-hombre por kilogramo de producto terminado.

- Tiempo de proceso: Este campo contempla una relación no sólo del producto, sino que además incluye los procesos por los cuales transcurre a través de su secuencia productiva, por lo cual se definirán las horas por kilo de producto terminado sólo en aquellos procesos en los cuales el producto considerado tenga intervención.

Base de datos proceso-producto

Adicionalmente se debe definir una tercera base de datos, en la que los parámetros están específicados, algunos según proceso, y otros según producto. Estos son:

Porcentaje de merma: En el área de elaboración de chocolate y moldeo,
 este factor se define para cada proceso como: la unidad mas el porcentaje de merma
 que se mueve dentro de un intervalo entre cero y uno.

Dentro de la zona de grageado y el área de empaque, se define para cada producto de acuerdo al proceso en el cual se encuentre. Está representado al igual que antes, por la unidad mas el porcentaje de merma contenido entre cero y uno.

Las bases de datos anteriores fueron definidas como un tipo de información fija necesaria para la corrida del modelo. Pero cabe destacar que el hecho de esta denominación, no significa que su valor permanece invariable a lo largo del tiempo sea

cual sea la situación. Se debe permitir la constante actualización de estas cifras y más aún en algunas que varian en menor plazo, como por ejemplo, el porcentaje de merma. Es importante recalcar, que cualquier cambio, tanto en el proceso como en los productos, debe ser modificado en estas bases, para evitar los resultados, y las conclusiones erróneas.

9.1.2 Información Variable

Por otro lado, la información denominada variable, es aquella necesaria, además de independiente, para cada período de cálculo. Se puede clasificar en dos tipos, a saber: global, o común para todos los productos: e independiente, o particular para cada uno de ellos.

Datos Globales: dentro de esta información se tiene

- Días hábiles del periodo: donde se especifique el número de días sobre los cuales se planearán las cantidades a producir. Cabe resaltar, que si un período tiene "n" días hábiles, esto no significa que la producción que resulte del modelo, se tendrá en esos días, debe recordarse los márgenes de tiempo existentes entre el comienzo de la producción y el empaque de la última unidad, por lo cual los comienzos para la fabricación (la planificación) deben de ser estudios por la Gerencia Operativa.
- Mano de Obra de Empaque: se debe especificar el número de obreros disponibles para el proceso de empaque manual, ya que de esta cifra depende la disponibilidad de horas-hombre para llevar a cabo la labor. Este dato se consideró una entrada, debido a que La Empresa puede variar la cantidad de obreros en los períodos.

 Capital de Trabajo: ingresado en bolivares, será la información determinante para acotar el uso de los recursos financieros con los cuales se cuenta para cubrir los costos totales del período.

Datos Independientes:

- Pedidos: ingresados en kilos, representa los compromisos establecidos por la empresa y sobre los cuales existe la responsabilidad de fabricar. Sin embargo, el total de pedidos pudiese sobrepasar la capacidad productiva de la planta, razón ésta por la cual se deberá dejar de cumplir con algunos de ellos, pero, igualmente, esta entrada servirá de patrón para los resultados de escoger, cuales productos tendrán prioridad de fabricación en las cantidades justas.
- Inventario Inicial: ingresado en kilos, se debe especificar de cuanto material se dispone en el almacén de producto terminado (en el caso de disponerse), para cubrir parte de los pedidos con estas existencias, sin embargo esta posibilidad va muy ligada a las políticas de inventario final.
- Inventario Final: se debe establecer cuanto producto se deseea tener al final del período, ya que ésto podría exigir una producción superior a la necesaria para cubrir los pedidos. Igualmente la entrada debe ser en kilos.

Dede recordarse la relación existente:

Producción = Inv. Inicial + Pedidos - Inv. Final

y comprobar la importancia de estas tres entradas independientes.

9.2 Análisis de Resultados

Indistintamente del programa utilizado para la implantación del modelo, se deberán establecer resultados que sirvan de base para un análisis y su consecuente toma de decisiones.

Los resultados de la programación lineal, van más allá de las cifras de producción, son de gran ayuda el análisis y estudio de sensibilidad, y la comparación absoluta entre los recursos escasos.

Resultados:

Los resultados arrojados por el modelo, son la solución óptima, teórica, que logra el objetivo trazado de maximizar los beneficios. Ya se ha mencionado el carácter comparativo de estas cifras para los encargados de la planificación, los cuales deberán tomar decisiones y acciones para cumplir la producción día a día.

Además del significado de los resultados en sí, se deben establecer relaciones útiles como las siguientes:

- Kilos por tipo de chocolate.
- Tiempo de uso y tandas por equipos.
- Requerimientos de materias primas y material de empaque.

Análisis de Recursos:

Una vez obtenidos los resultados del modelo, las restricciones se pueden clasificar en dos tipos, de recursos escasos y de recursos abundantes. Se define un recurso esacaso como aquel que se ha consumido por completo, es decir que obtuvo el valor límite en la cota de la restricción; mientras que un recurso es abundante, cuando permite un márgen de holgura entre lo establecido como solución y lo que se tenía como disponible, lo cual permite disminuciones en su designación.

De la simple inspección de cuales recursos son escasos, se puede intuir que está limitando la operación, por ejemplo si el capital de trabajo resultase escaso, significaría que se han consumido todos los recursos monetarios, sin embargo, queda tiempo operativo disponible para la producción.

Por otro lado, el análisis de los recursos abundantes requiere de un análisis de sensibilidad.

Análisis de Sensibilidad:

Consiste en ver que tan sensible es la situación planteada en el modelo a cambios de las restricciones. Se puede establecer cuanto puede aumentar un recurso escaso a fin de mejorar la función objetivo, y cuánto puede disminuir un recurso abundante sin provocar cambios en el óptimo actual. Casos importantes de este análisis son ver cuanto capital en exceso (en el caso de ser un recurso abundante) se puede redistribuir en otras actividades, cuánto aumento en las ganancias representaria la incorporación o el aumento en el ritmo de trabajo de algún equipo (en el caso de que fuese un recurso escaso).

Por otro lado, se permite analizar las posibles variaciones en los coeficientes de la función objetivo, lo cual representaría modificaciones en el uso de los recursos, ya que se estaría trabajando con otra función objetivo.

Este y todos los análisis son considerados parte integral de la solución del modelo. Permite una posibilidad dinámica para verificar cambios en la solución óptima

que pudieran resultar de posibles variaciones en los datos del modelo en el futuro. Esta cualidad es conveniente e indispensable y más aún, cuando se está hablando de situaciones cambiantes. La ausencia de procedimientos capaces de analizar la solución y su comportamiento ante posibles cambios, puede generar en un modelo que se vuelva obsoleto antes de que tengan la posibilidad de implantarlo.

Conclusiones

Conclusiones

A través de la elaboración del presente trabajo se pudieron extraer las siguientes conclusiones:

- 1.- Los modelos son herramientas útiles para representar sistemas complejos y su uso es recomendable para resolver problemas reales de toma de decisiones en las empresas.
- 2.- Las obtención de las cantidades de producción representan un paso decisivo en la determinación de los niveles de rentabilidad de la empresa. Por lo tanto, se debe tratar de calcular estos valores de format tal, que generen los mayores beneficios posibles considerando los recursos que se tienen a disposición.
- 3.- El modelo propuesto ofrece una guía satisfactoria que orienta a la gerencia a la toma de decisiones frente al problema de determinar que cantidades son las más recomendables a producir en un período.

- 4.- Automatizando el modelo propuesto, es posible obtener datos de producción que permiten planificar actividades en la planta, como por ejemplo el número de veces que se debe utilizar cada uno de los equipos. Además, con el conocimiento de las fórmulas de cada producto, se pueden reportar los requerimientos de materia prima necesaria para la elaboración de esta mezcla óptima.
- 5.- Gracias a las técnicas de análisis de sensibilidad de los modelos de programación lineal, se tiene la opción de variar los parámetros del modelo, lo cual le da un carácter dinámico y sobre el cual, se pueden evaluar distintos escenarios en el tiempo. Esto permite flexibilizar el modelo, así y evitar su obsolecencia. Sin embargo, esta última será inminente,

si se efectúan cambios drásticos que alteren las relaciones funcionales establecidas en el modelo.

- 6.- Las características de La Empresa hacen posible la adaptación de un modelo de programación lineal con ciertas limitaciones que no afectaron en mayor medida, los resultados.
- 7.- El modelo resulta ser una herramienta valiosa para orientar a la Gerencia no sólo en la toma de decisiones de las cantidades de producción para cada período, sino también en la evaluación de distintos escenarios de acción, arrojando datos útiles para la programación de la producción y la evaluación de los recursos.

Recomendaciones

Recomendaciones

- 1.- Implantar el modelo que se propone en el siguiente trabajo, que establece las cantidades teóricas que maximizan los beneficios de La Empresa.
- 2.- Realizar un estudio para determinar una metodologia para la planificación y control de la producción, que usen como base los resultados que arroja el modelo propuesto.
- 3. Si una vez obtenidas las cantidades de producción, se observa que las cantidades recomendadas para centros de chocolate, gotas, discos y granillo exceden la capacidad de almacenamiento provisional en la cámara de conservación se recomienda producir con días intermedios entre los productos.
- 4. Producir cada tipo de chocolate, cada producto de moldeo y cada empaque a un mismo tiempo. Por ejemplo, si el modelo sugiere producir 10.500 kilos de chocolate Bitter que es el equivalente a 3 conchas, estos deberían realizarse consecutivamente en 3 días respectivos. Así, la consideración del SET UP de 1 hora diaria promedio para todos los equipos de la planta podría cumplirse. Lo mismo sucede cuando, en el área de moldeo mandan a producir barras de 1 kilo y bombones en la moldeadora. Se deben producir todas las barras de una vez y el mismo criterio aplicarlo para los bombones. El orden de producción dependerá del tipo de productos que constituyan la mezcla de producción. En este criterio de selección del orden de producción debe tomarse en cuenta que:

El cambio de máquina necesario entre la producción de los chocolates tipo
 Bitter primero, y los de leche después dura más tiempo que si se invierte el orden.

 Los bombones rellenos obligan a realizar una limpieza profunda y más larga de la moldeadora por la presencia de los rellenos con las esencias correspondientes.
 Además entre los mismos bombones rellenos, los sabores de licor deben limpiarse con mayor detenimiento que los de crema.

Por lo tanto, en una situación donde se produzcan todos los productos, el orden sugerido es como sigue:

Area Elaboración de Chocolate

Leche Extra Fino, Leche Fino, Chocolatier Leche, Chocolate Taza, Dandy y luego todos los tipos Bitter.

Area de Moldeo

Los centros de chocolate se excluyen, por tener su propia linea de producción.

En el caso del túnel de refrigeración, no existe mayor diferencia en los SET-UP ocasionado por la limpieza.

En la moldeadora, se deberá seguir el siguiente orden:

Chocolate Taza, Chocolate Barra I Kilo, Bombones Molde, Bombones Crema y Bombones Licor.

- 5.- Realizar revisiones periódicas en parámetros como: margen de contribución unitaria, y eficiencia de moldes de forma de mantenerlos actualizados, en caso de que se presenten variaciones en sus valores originales.
- 6.- Realizar estudios de tiempos y movimientos en el área de empaque manual, lo que a juicio de las autoras de este trabajo elevaría la eficiencia de este proceso, eliminando pasos y tiempos innecesarios.
- 7.- Mantener un control e inspección constante en los procesos productivos con el fin de tratar de disminuir los porcentajes de merma de los mismos.
- 8.- Estudiar la posibilidad de crear nuevas presentaciones dentro de los productos que se elaboran en la Empresa, para aumentar el tiempo de uso de los equipos que presentan capacidad ociosa.
- 9.- Evaluar los márgenes de contribución por producto para estudiar la posibilidad de ajustar los precios o disminuir los costos de manera de hacer más rentables a productos que presentan una elevada demanda del mercado.
- 10.- Instalar el modelo en un sistema que permita el flujo sencillo de la información al cambiar las restricciones del modelo, para evaluar cada mezcla en escenarios distintos, y que pueda anexarse al sistema de computación existente en la Empresa. Se recomienda el uso del Excel 5.0, paquete utilizado para la resolución de los escenarios presentados en este trabajo. Es de fácil uso, acceso rápido y eficiente de la

información, permite desarrollar cambios de forma inmediata, y es conocido por los usuarios finales, los cuales son los integrantes de la Gerencia de la Empresa.

Bibliografia

<u>Bibliografía</u>

BIBLIOGRAFIA

Adam E. E. y Ebert R. J., Administración de la Producción y las Operaciones,

Prentice Hall Hispanoamericana, México 1991.

Baca Urbina G., Evaluación de Proyectos, Mc Graw Hill, México 1992.

Burden R. y Faires D., Análisis Numérico, Grupo Editorial Iberoamericana, México 1985.

Cakebread S., <u>Dulces Elaborados con Azúcar y Chocolate</u>, Acribia, España 1975.

Chiavenato I., <u>Iniciación a la Planeación y el Control de la Producción</u>, Mc Graw Hill, México 1993.

Freund J. E., <u>Introducción a la Matemática de los Negocios y la Economía,</u>

Prentice Hall Internacional, España 1974.

Finney H. y Miller H., Curso de Contabilidad, UTEHA, México 1978

Gianola C., La Industria del Chocolate, Bombones, Caramelos y Confitería,
Paraninfo, España 1977.

Greene J., Control de la Producción. Sistemas y Decisiones, Diana, México 1968.

Hallberg B., Excel 5 for Windows, New Riders Publishing, EEUU 1994.

Hillier F. y Lieberman G., Introducción a la Investigación de Operaciones, McGraw Hill, México 1989.

Krick E., Ingeniería de Métodos, Noriega-Limusa, México 1991.

Luenberger D., <u>Programación Lineal y No Lineal</u>, Addison-Wesley Iberoamericana, México 1989.

Meigs R. F. y Meigs W. B., Contabilidad. La base para decisiones gerenciales, McGraw Hill, México 1992.

Miller D. y Schmidt J., <u>Ingeniería Industrial e Investigación de Operaciones</u>, Limusa, México 1992.

Minifie B., Chocolate, Cocoa and Confectionery: Science and Technology, The Avi Publishing Company, EEUU 1970.

Rollin E., Elaboración de Chocolate y Bombones, Sintes, Segunda Edición, Barcelona 1964.

Taha H. A., Investigación de Operaciones, Alfaomega, México 1991.

The Cobb Group, Excel 5 for Windows, Microsoft Press, EEUU 1994.

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Manual de Trabajos de Grado de Maestría y Tesis Doctorales, Caracas 1990.

Anexo 1: Clasificación de los Costos

Anexo 1:

Clasificación de los Costos

El costo es la medida, en términos monetarios, de los recursos que se sacrifican para lograr un objetivo determinado. Además, cuando se habla de costos se está refiriendo a los egresos imputables a cada unidad de producto; generalmente son llamados costos de fabricación. Estos pueden ser clasificados según varios criterios, de los cuales se escogieron por su importancia para este trabajo los siguientes:

- 1.- Según el volumen de actividad
 - Costo Fijo

- Costo Variable
- 2.- Según la unidad de producto
 - Costo Total
 - Costo Unitario

Costos Fijos y Costos Variables

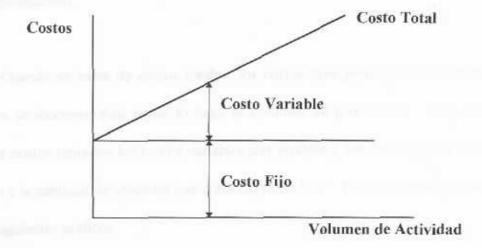
Están basados en el volumen de actividad, entendiendo por ésta la cantidad de bienes y servicios elaborados.

El costo fijo es aquel que es independiente del volumen de actividad. En este grupo se pueden contar los sueldos del personal administrativo, alquileres de maquinaria y edificio, gastos de ventas entre otros.

El costo variable depende del volumen de actividad y viene representado por la materia prima, el consumo de algunos insumos en planta como la electricidad, el combustible, etc.

La Mano de Obra es considerada un costo fijo cuando los trabajadores se encuentran en nómina y costo variable cuando es personal contratado temporalmente para hacer frente a una demanda repentina de un producto.

El Costo Total representa la suma de los costos fijos y los variables, como se muestra en la siguiente figura.



Anexo 1 UCAB 243

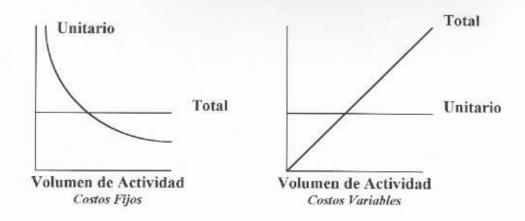
Sin embargo, existen algunos costos que no se pueden incluir totalmente dentro de alguna de las dos clasificaciones anteriores. Estos son los llamados **costos semivariables**. Son aquellos que se pueden descomponer en una parte fija y otra variable. Un ejemplo típico son las tarifas eléctricas, que en sus facturas constan de dos términos, uno por Kw. instalado y otro por Kw. consumido, partes fija y variable respectivamente.

Costo Total y Costo Unitario

Los Costos Totales son el resultado de todos los costos en los cuales se incurre para la fabricación de un lote completo de producción y los costos unitarios se refieren a aquellos que se utilizaron para la fabricación de solo una unidad de producto.

La diferencia intrínseca radica en que los primeros son directamente cuantificables a través de la contabilidad de la empresa, mientras que los segundos se obtendrán como resultado de promedios entre el costo total y el número de unidades que constituyen el lote de producción.

Cuando se habla de costos totales, los costos fijos permanecen constantes y los variables se incrementarán según lo haga el volumen de producción. Pero, cuando se refiere a costos unitarios los costos variables son estables y los costos fijos cambiarán de acuerdo a la cantidad de unidades que constituyan un lote. Esto se demuestra claramente en los siguientes gráficos



Por consiguiente se produce una interrelación entre el volumen de actividad, coste total y unitario y el costo fijo y variable:

	Costo Unitario	Costo Total	
Costo Fijo	Varia	Constante	
Costo Variable	Constante	Varia	

Anexo 2: <u>Programación Lineal</u>

Anexo 2:

Programación Lineal

La programación lineal es el caso especial de programación matemática, donde el problema de decisión planteado abarca solamente funciones lineales, parámetros determinísticos y variables de decisión continuas no negativas.

El objetivo de los modelos de programación lineal es asignar de forma eficiente, recursos limitados con el fin de alcanzar unos objetivos determinados.

En este punto hay que distinguir claramente dos términos que suelen confundirse entre sí. Una cosa es la programación lineal y otra es el modelo de programación lineal. Cuando se habla de programación lineal se está refiriendo específicamente, a las técnicas de solución disponibles para resolver problemas de decisión que pueden ser expresados a través de un modelo con las características anteriormente mencionadas de linealidad, no negatividad de las variables, etc. El modelo es la representación simbólica del problema real, el cual debe cumplir con ciertos requisitos para poder ser resuelto por los métodos de programación lineal.

Dichos métodos, están basados en el álgebra lineal de matrices, la cual se ha desarrollado vertiginosamente en los últimos tiempos, con el advenimiento de la computadora digital. Se conocen varios procedimientos para resolver los modelos de programación lineal. Entre ellos se pueden mencionar el método simplex y el método de asignación, de transporte o distribución. El término simplex no indica que el método sea simple. Simplex es un término matemático y en su interpretación

Anexo 2 UCAB 247

geométrica se refiere a un poliedro convexo de dimensiones n con n+1 vértices exactamente. El modelo de programación lineal en su interpretación geométrica es un simplex. En cuanto al modelo de transporte, este no quiere decir que solamente se pueda aplicar a la solución de rutas de distribución óptima. Su nombre se debe al tipo de problema del cual surgió su primera aplicación, pero con el trancurrir del tiempo, ha sido empleado en la resolución de muchos otros problemas.

Entre los problemas que se pueden resolver a través de programación lineal destacan, los problemas de transporte, control de los stocks en el almacén, análisis de las relaciones interindustriales y de los distintos métodos de producción, así como también, en el análisis de operaciones donde se realizan distintos productos y los recursos son limitados con el objeto de conseguir cual es la combinación óptima de dichos productos al menor costo.

La estructura matemática de los problemas de programación lineal es la siguiente: en primer lugar, consta de cierto número de incógnitas que son las variables, cuyo valor óptimo se desea hallar, ligadas entre si mediante una ecuación de tipo lineal en las incógnitas que constituye la función objetivo; en segundo término dichas variables deben satisfacer cierto número de restricciones expresadas mediante funciones de tipo lineal, por lo general en forma de desigualdad, que constituyen el grupo de restricciones o condiciones; por último, las variables pueden tomar valores no negativos, lo que constituye la condición de no negatividad.

En definitiva el problema de programación lineal se reduce a hallar el máximo o el mínimo de una función lineal llamada función objetivo, sujeta a ciertas condiciones o restricciones, expresadas también en forma de funciones de tipo lineal.

La expresión matemática general para los modelos de programación lineal en su Forma Canónica, se presenta a continuación:

$$Maximizar\ o\ minimizar\ x_{_0} = \sum_{j=1}^{n} C_{_j} x_{_j}$$

Sujeto a:
$$\sum_{j=1}^{n} a_{1}x_{1} \leq b_{1}$$
$$\sum_{j=1}^{n} a_{2}x_{2} \leq b_{2}$$
$$\vdots \qquad \vdots$$
$$\sum_{j=1}^{n} a_{m}x_{m} \leq b_{m}$$

$$x_i \ge 0$$
 para $j = 1, 2, ..., n$

Donde: n = Número de variables de decisión.

m = Número de restricciones.

C_j = Coeficientes de la función objetivo.

 a_{ij} = Unidades de recurso i que se consumen en la producción del artículo j.

 b_i = Disponibilidad total del recurso i

 $\sum_{i=1}^{n} a_{ij} x_{ij} = \text{Consumo total del recurso } I$

Otra manera de representar un modelo general de programación lineal es la matricial que es de la siguiente forma:

Maximizar o minimizar
$$x_{\rho} = \mathbf{c}\mathbf{x}$$

Sujeto a: $A\mathbf{x} \leq \mathbf{b}$
 $\mathbf{x} \geq 0$

Donde:

$$x = vector columna de variables de decisión
$$\begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}$$$$

c = vector fila de coeficientes de la función objetivo (C_1, C_2, \cdots, C_n)

$$A = matriz \ m \times n \ de \ coeficiente \ de \ las \ restricciones: \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

$$b = vector\ columna\ de\ disponibilidad\ de\ recursos egin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_m \end{pmatrix}$$

Además de las condiciones anteriormente mencionadas, los modelos de programación lineal deben cumplir con los siguiente requisitos para poder intentar solucionar un problema mediante esta técnica.

1.- El objetivo y las metas deben establecerse claramente.

Un objetivo tal como "encontrar la producción más conveniente" o "mejorar el equipo de producción" no está claramente definido, por lo tanto no resultan útiles para el empleo de la programación lineal. Las metas deben poder expresarse a través de ecuaciones matemáticas.

Deben existir distintas alternativas de acción

Si en una situación determinada sólo existe una manera de hacer las cosas, no tiene sentido crear un modelo de programación lineal que optimice a las variables de decisión. Ya las variables tienen asignado un único valor posible.

Los recursos deben ser limitados.

Generalmente todos los recursos pueden considerarse como limitados. Sin embargo, esta condición debe establecerse claramente ya que, de no ser así, no existen restricciones para optimizar el valor de la función objetivo y el problema se convertiria en un modelo de optimización clásica.

4.- Las variables deben interrelacionarse linealmente.

La linealidad implica que se cumplen las propiedades de proporcionalidad y de aditividad. La proporcionalidad requiere que, la contribución de cada variable de decisión en todas las funciones sea directamente proporcional al valor que tome dicha

variable en el modelo. Por ejemplo, en un modelo de inventarios, donde el objetivo sea determinar la cantidad mínima que se debe almacenar por cada item, si el costo de almacenamiento para cierto producto x_j es 100 Bs hasta un valor de 3.000 unidades y 150 Bs. para más de 3.000 unidades, esta situación no satisface la condición de proporcionalidad directa con la variables x_j . La **aditividad** considera que la función objetivo sea la suma directa de las contribuciones individuales de las variables. Lo mismo ocurre para las restricciones. El beneficio total en todas la ecuaciones e inecuaciones es igual a la suma de los diferentes beneficios de todas la variables de decisión. Estas no son competitivas entre sí.

Si bien la linealidad estricta no es común en los problemas de la vida real, las aproximaciones lineales pueden ser empleadas con éxito para representar sistemas reales y en donde suponer esta premisa no traiga como consecuencia la creación de un modelo inservible.

Método Gráfico de Solución

El método de solución gráfico no representa un procedimiento práctico para resolver problemas de programación lineal, debido a que su campo de acción sólo se limita al empleo de dos variables de decisión. Sin embargo, su comprensión es muy útil para entender el fundamento de las demás técnicas que se utilizan para la resolución de problemas con más de dos variables. Para explicar este método, se expondrá el siguiente ejemplo:

La Compañia X produce dos productos A y B, cuyos márgenes de utilidad son respectivamente 5 y 4 bolívares por unidad. Para elaborarlos, se requiere de la disponibilidad de los siguientes recursos:

Recurso	Producto A	Producto B	Disponibilidad Total del Recurso
Horas-Máquina	2	2	14
Horas-Hombre	5	10	60
Materia Prima	6	3	36

La compañía desea maximizar las utilidades de la empresa. Para lograr este objetivo, se deben determinar las cantidades de fabricación de los productos A y B, ya que la utilidad total es la suma directa de las contribuiciones individuales de los márgenes de utilidad respectivos. Adicionalmente, la capacidad de la empresa para elaborar dichos productos no es ilimitada. Por lo tanto, las cantidades de A y de B que maximizarán la utilidad total deben poder elaborarse con las restricciones que impone la capacidad de la empresa en la disponibilidad de los recursos. De este manera, el modelo que representa la situación planteada es:

Maximizar:
$$Z = 5x_1 + 4x_2$$

Sujeto a:
$$2x_1 + 2x_2 \le 14$$

 $6x_1 + 3x_2 \le 36$
 $5x_1 + 10x_2 \le 60$
 $x_1, x_2 \ge 0$

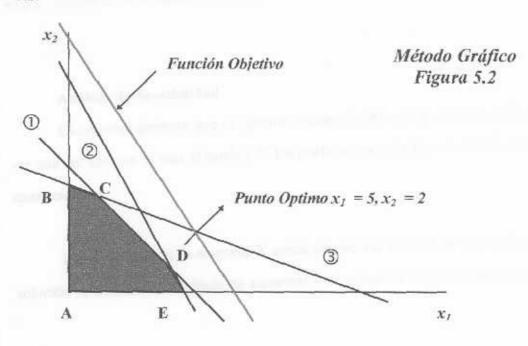
Para resolver el sistema planteado de dos variables, se sigue el siguiente procedimiento llamado método gráfico de solución de un modelo de programación lineal.

Con el método gráfico lo que se busca es graficar el espacio de soluciones factibles, el cual esta definido por el área cerrada por las restricciones. La solución será un punto que, estando dentro del espacio de soluciones factibles, maximice la función objetivo. Colocando las restricciones como igualdades de la forma:

$$2x_1 + 2x_2 = 14$$

 $6x_1 + 3x_2 = 36$
 $5x_1 + 10x_2 = 60$
 $x_1 = 0$
 $x_2 = 0$

Y graficando en un plano definido por los ejes x_1 y x_2 se obtiene la Figura 5.2.



Cada punto dentro del área definida por los punto A, B, C, D, E, satisface las restricciones del problema. El área encerrada dentro de estos puntos es lo que se denomina Espacio de Solución Factible.

Graficando la función objetivo y dándole un valor aleatorio a Z, por ejemplo, Z = 18 (valor para $x_1 = 2$, $x_2 = 2$) se obtiene la pendiente de la recta que representa la función objetivo, como se ve en la figura 5.2

Moviendo la recta de la función objetivo en forma paralela a sí misma dentro del espacio de soluciones factibles y en la dirección que aumenta su valor, se observa que el máximo ocurre en el punto "D" cuyas coordenadas son $x_1 = 5$ y $x_2 = 2$ dando un valor de $\mathbf{Z} = 33$ siendo ésta, la solución óptima al problema.

El valor máximo de la función objetivo siempre ocurre en uno de los vértices del polígono. Esto trae como consecuencia, que la búsqueda del óptimo se reduzca sólo a considerar un número finito de puntos, los vértices del espacio de solución.

Análisis de Sensibilidad

Es un procedimiento que se ejecuta después de obtener la solución óptima, para ver que tan sensible es ésta al cambio de los coeficientes en la función objetivo y en las restricciones.

En el ejemplo de la empresa X quizá sea de interés evaluar los cambios en la solución óptima como resultado de aumentar o disminuir la disponibilidad de materias Anexo 2 UCAB 255

primas o cuál será la influencia de una variación de la utilidad de cualquiera de los productos en las restricciones de los recursos.

El análisis de sensibilidad puede responder satisfactoriamente a las siguiente preguntas:

1.- ¿ Cuánto aumentan o disminuyen los recursos? En este caso lo importante es aclarar cuánto puede aumentar un **recurso escaso** a fin de mejorar la función objetivo, y cuánto se puede disminuir un **recurso abundante** sin provocar cambios en el óptimo actual. A un recurso se le llama escaso, cuando en la solución del modelo su valor disponible se ha agotado completamente. Al contrario, un recurso abundante tiene un exceso de disponibilidad. En el caso de la compañía X, para la solución $x_1 = 5$ y $x_2 = 2$ da como resultado que:

Restricción de horas-máquina: 2(5) + 2(2) = 14 = 14. (Recurso Escaso)

Restricción de horas-hombre: 5(5) +10(2) = 45 <60. (Recurso Abundante)

• Restricción de materia prima: 6(5) + 3(2) = 36 = 36. (Recurso Escaso)

La información del análisis de sensibilidad en este caso es de especial importancia si el capital que se invierte en los recursos abundantes se puede redistribuir para ser utilizado en otras actividades o aumentar las cantidades de los recursos escasos. En este sentido, el análisis de sensibilidad reporta también qué recursos deben recibir mayores prioridades en la asignación de fondos.

2.- ¿ Qué cambios deben hacerse en los coeficientes de la función objetivo ?
Un cambio en los coeficientes de la función objetivo puede cambiar el estado de los

Anexo 2 UCAB 256

recurso, es decir, volver escaso uno abundante y viceversa, ya que se está optimizando una nueva función objetivo.

La sensibilidad para el caso de dos variables, se puede entender fácilmente a través de los métodos gráficos. En el caso de más variables, el cálculo es mucho más sofisticado y complejo, requiriendo el auxilio de una computadora para resolver los métodos de programación existentes para analizarla.

Este tipo de análisis es considerado parte integral de la solución de modelos de programación lineal. Aporta al modelo una característica dinámica que permite verificar cambios en la solución óptima que pudieran resultar de posibles variaciones en los datos del modelo en el futuro. La cualidad de dinamismo en los modelos es conveniente e indispensable y más aún, cuando se está hablando de problemas empresariales donde las situaciones cambian constantemente. La ausencia de procedimientos capaces de analizar el comportamiento de la solución óptima una vez que se realizan cambios, puede generar en un modelo que se vuelva obsoleto antes de que se tenga la oportunidad de implantarlo.

Anexo 3: Paquete de Computación Utilizado

Anexo 3:

Paquete de Computación utilizado

Para la validación práctica del modelo propuesto, se utilizó el Excel 5.0 for Windows, software ofrecido por la Compañía Microsoft Corporation, empresa altamente reconocida en el campo de paquetes comerciales de uso masivo a nivel mundial. La elección de esta herramienta obedece a las siguientes razones:

- 1.- La Empresa donde se realizó este trabajo, tiene instalado actualmente sus sistemas de control administrativo, operativo y de inventarios bajo Excel 4.0, lo que facilita el flujo de datos de entrada y de salida del modelo, además de lo sencillo y rápido que resulta realizar cambios futuros en los parámetros actuales. La adaptación a la versión nueva es una alternativa que La Empresa ya tiene contemplada.
- 2.- El Excel es un paquete de uso masivo "estable", es decir, durante un período de tiempo considerable se han conseguido y corregido sus errores. Debido a su uso tan generalizado, ha podido ser probado por millones de usuarios lo cual representa millones de horas de prueba.
- 3.- El Solver, herramienta del Excel para resolver modelos de programación matemàtica, "utiliza para los problemas lineales y de enteros, el método simplex con variables acotadas y los métodos de ramificaciones y acotaciones implementados por John Watson y Dan Flystra de Frontline System, Inc".

¹ Microsoft Excel, Manual del Usuario Tomo II, 1994.

Ofrece informes tales como Respuestas a los valores de las variables, Análisis de Sensibilidad y Límites en los recursos, en los cuales se resumen los resultados del proceso de solución lo cual facilita, nuevamente, la interpretación por parte del usuario final, que es en este caso, la Gerencia de Operaciones de La Empresa.

UCAB 259