UNIVERSIDAD CATOLICA ANDRES BELLO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

U-1

AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN UNA LÍNEA DE FABRICACIÓN DE CÁPSULAS PARA LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA, HACIENDO ÉNFASIS EN VARIABLES DIRECTAMENTE RELACIONADAS CON EL PROCESO.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: 19 puntos / 20 (Diez y nueve puntos)

JURADO EXAMINADOR

FIRMA:	FIRMA:	FIRMA:
NOMBRE: FRANK CUSTODIO.	NOMBRE: Julio C. Rodriguez	NOMBRE: ELIAS DIVO

REALIZADO POR	**Blanca Sofía Antor A.** **Sara Alejandra Cisneros R.**
PROFESOR GUIA	**Dr. Frank Custodio**
FECHA	**Febrero del 2000**

Universidad Católica Andrés Bello
BIBLIOTECA
Caracas

INDICE GENERAL

	Página
INTRODUCCIÓN	1
SINOPSIS	2
Capítulo I. PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA	4
I.1. Reseña Histórica	4
I.2. Estructura Organizativa	4
I.3. Productos de la Empresa	5
I.4. Ambiente Competitivo	5
I.5. Mercados de Consumo	6
I.6. Matriz DAFO	8
Capítulo II. EL PROBLEMA	9
II.1. Descripción del Problema	9
II.2. Objetivo General	9
II.3. Objetivos Específicos	9
II.4. Alcance	10
II.5. Limitaciones	10
Capítulo III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	11
III.1. Definición de Productividad	11
III.2. Factores que influyen en la Productividad	12
III.3. Medición de la Productividad	12
III.4. Técnicas y herramientas utilizadas	13
Capítulo IV. METODOLOGÍA DE TRABAJO	17
Capítulo V. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	18
Capítulo VI. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA	25
Capítulo VII. ANÁLISIS DE LOS PROCESOS QUE PRESENTAN FALLAS	30
VII.1. Fabricación de Solución de Gel	30
VII.1.1. Descripción del Proceso	30
VII.1.2. Diagnóstico de Situación Actual	30
VII.1.3. Indicadores de Productividad	33

VII.1.4. Definición del Problema..... 34
VII.1.5. Identificación de Causas..... 34
VII.1.6. Propuestas y acciones correctivas..... 34
VII.1.7. Implantación..... 42
VII.2. Fabricación de cápsulas en Sala de Máquinas..... 43
VII.2.1. Descripción del Proceso..... 43
VII.2.2. Sala de Máquinas 1..... 45
VII.2.2.2. Diagnóstico de Situación Actual..... 45
VII.2.2.3. Indicadores de Productividad..... 48
VII.2.2.4. Definición del Problema..... 48
VII.2.2.5. Identificación de Causas..... 49
VII.2.2.6. Propuestas y acciones correctivas..... 50
VII.2.3. Sala de Máquinas 2..... 53
VII.2.3.2. Diagnóstico de Situación Actual..... 53
VII.2.3.3. Indicadores de Productividad..... 57
VII.2.3.4. Definición del Problema..... 57
VII.2.3.5. Identificación de Causas..... 58
VII.2.3.6. Propuestas y acciones correctivas..... 58
VII.3. Inspección..... 61
VII.3.1. Descripción del Proceso..... 61
VII.3.2. Diagnóstico de Situación Actual..... 62
VII.3.3. Indicadores de Productividad..... 62
VII.3.4. Definición del Problema..... 62
VII.3.5. Identificación de Causas..... 62
VII.3.6. Propuestas y acciones correctivas..... 63
Capítulo VIII. RESULTADOS..... 64
VIII.1. Departamento de Fabricación de Solución de Gel..... 64
VIII.2. Departamento de Fabricación de Cápsulas (Sala de Máquinas 1 y 2)..... 65
VIII.3. Departamento de Inspección..... 66
Capítulo IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 68
BIBIOGRAFÍA..... 70

INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Estructura Organizativa	4
Figura 2: Mercados de Cosumo	6
Figura 3: Mercados de Exportación	6
Figura 4: Equlibrio de los Mercados de Consumo	7
Figura 5: Etapas del Proceso de Fabricación	23
Figura 6: Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Fabricación de Solución de Gel)	26
Figura 7: Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Sala de Máquinas 1)	27
Figura 8: Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Sala de Máquinas 2)	27
Figura 9: Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Inspección)	27
Figura 10: Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Esterilización)	28
Figura 11: Capacidad Instalada de las diferentes etapas del Proceso de Fabricación	28
Figura 12: Capacidad Actual de las diferentes etapas del Proceso de Fabricación	28
Figura 13: Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual de las etapas del Proceso de Fabricación	29
Figura 14: Proceso de Fabricación de Cápsulas en Máquinas	43
Figura 15: Tiempo de Paradas frente a Tiempo Productivo (Sala de Máquinas 1)	46
Figura 16: Calidad de las Cápsulas Producidas (Sala de Máquinas 1)	47
Figura 17: Tiempo de Parada frente a Tiempo Productivo (Sala de Máquinas 2)	56
Figura 18: Calidad de las Cápsulas Producidas (Sala de Máquinas 2)	56
Figura 19: Proyección Interanual de los Ingresos	66
Figura 20: Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual de las etapas del Proceso de Fabricación después de Propuestas	67

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Utilización Actual de la Capacidad Instalada	29
Tabla 2. Relación de Sobretiempo	31
Tabla 3. Rendimiento de las Horas-Hombre	33
Tabla 4. Reducción de Sobretiempo	41
Tabla 5. Costos de Sobretiempo	41
Tabla 6. Rendimiento de las Horas-Hombre después de Propuestas	42
Tabla 7. Reducción de Sobretiempo después de Implantación	42
Tabla 8. Tiempo de Paradas frente a Tiempo Productivo (Sala de Máquinas 1)	46
Tabla 9. Calidad de las Cápsulas Producidas (Sala de Máquinas 1)	47
Tabla 10. Disponibilidad de Máquinas (Sala de Máquinas 1)	48
Tabla 11. Rendimiento por Hora-Máquina (Sala de Máquinas 1)	48
Tabla 12. Rendimiento de Materia Prima (Sala de Máquinas 1)	48
Tabla 13. Disponibilidad de Máquinas después de Propuestas (Sala de Máquinas 1)	52
Tabla 14. Rendimiento por Hora-Máquina después de Propuestas (Sala de Máquinas 1)	52
Tabla 15. Rendimiento de Materia Prima después de Propuestas (Sala de Máquinas 1)	52
Tabla 16. Tiempo de Paradas frente a Tiempo Productivo (Sala de Máquinas 2)	56
Tabla 17. Calidad de las Cápsulas Producidas (Sala de Máquinas 2)	57
Tabla 18. Disponibilidad de Máquinas (Sala de Máquinas 2)	57
Tabla 19. Rendimiento por Hora-Máquina (Sala de Máquinas 2)	57
Tabla 20. Rendimiento de Materia Prima (Sala de Máquinas 2)	57
Tabla 21. Disponibilidad de Máquinas después de Propuestas (Sala de Máquinas 2)	61
Tabla 22. Rendimiento por Hora-Máquina después de Propuestas (Sala de Máquinas 2)	61
Tabla 23. Rendimiento de Materia Prima después de Propuestas (sala de Máquinas 2)	61
Tabla 24. Rendimiento de Horas-Hombre (Inspección)	62

Tabla 25. Tiempo de Inspección después de Propuestas..... 63
Tabla 26. Rendimiento de Horas-Hombre después de Propuestas (Inspección)... 63
Tabla 27. Aumento del rendimiento de las Horas-Hombre (Fabricación de Solución de Gel)..... 64
Tabla 28. Aumento de Indicadores Parciales de Productividad (Sala de Máquinas)..... 66
Tabla 29. Aumento del Rendimiento de las Horas-Hombre (Inspección)..... 67
Tabla 30. Utilización de la Capacidad Instalada después de Propuestas..... 67

INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Descripción de Cargos	19
Cuadro 2. Turnos de Trabajo	20
Cuadro 3. Cracterísticas de la U.M.A del Sistema de secado Actual	54
Cuadro 4. Velocidades del Sistema de Secado y de las Máquinas de Fabricación	56
Cuadro 5. Características de la U.M.A. para el Sitema de Secado Propuesto	59
Cuadro 6. Detalle de Costos del Sistema de Secado Propuesto	60

INDICE DE DIAGRAMAS

Página

Diagrama 1. Digrama de procesos..... 22

Diagrama 2. Diagrama Causa-Efecto (Fabricación de Solución de Gel)..... 34

Diagrama 3. Diagrama de Pareto..... 49

INTRODUCCIÓN

El proceso de globalización cada día adquiere mayor fuerza, con lo cual las empresas se ven inmersas en un ambiente competitivo que las obliga a operar bajo un esquema de alta productividad a través de la reducción de sus costos y del ahorro de sus recursos.

Actualmente en Venezuela el entorno económico en el que se desenvuelven las empresas es poco favorable, éstas deben enfrentar grandes incertidumbres económicas y políticas, crecientes costos salariales, tecnología cambiante y altos costos de financiamiento para permanecer y crecer en el negocio. Estas son algunas de las razones para pensar en incrementos de la productividad.

Otra razón, es que debido a las crecientes tasas de inflación, los costos de insumos y materias primas se ven incrementados y los precios no siempre podrán aumentar en la misma proporción, pues la empresa dejaría de ser competitiva y los niveles de demanda se pondrían ver disminuidos. Es así como la empresa venezolana se ve obligada a buscar salidas hacia el mercado internacional, el cual es altamente competitivo tanto en calidad como en servicios y precios.

En fin, la productividad es un factor determinante en el desarrollo de las empresas, por esto surge la inquietud de realizar este Trabajo Especial de Grado. Industrias Capsuvar S.A. ofrece una oportunidad interesante para llevar a cabo el estudio, pues a lo largo de su vida la alta Gerencia se ha preocupado por incrementar sus utilidades a través de un aumento en el volumen de producción y ventas, prestando poca atención al control, o mejor aún, a la reducción de los costos de fabricación, aprovechando de manera ineficiente los recursos disponibles, ya que nunca ha realizado una evaluación de su productividad.

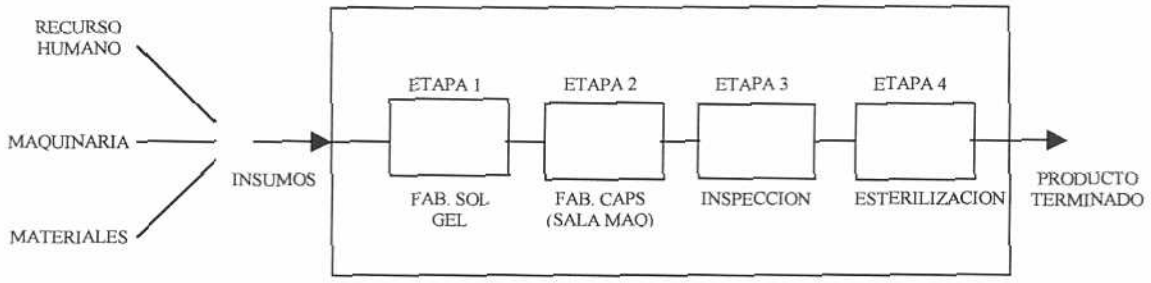
Este Trabajo Especial de Grado pretende presentar un conjunto de propuestas dirigidas al logro de un aumento de la productividad en la empresa, aplicando en forma práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

SINOPSIS

El presente Trabajo Especial de Grado, tiene como objetivo principal lograr un aumento de la productividad en una línea de fabricación de cápsulas para la industria farmacéutica, haciendo énfasis en las variables involucradas con el proceso.

El estudio está orientado principalmente hacia la evaluación de áreas específicas dentro de la empresa, considerando solamente aquellas que están directamente relacionadas con el proceso productivo.

Dicho proceso se puede esquematizar de la siguiente manera:



La productividad viene determinada por la relación entre los productos y los insumos, es así como el análisis se enfoca hacia el aumento de esta relación, bien sea incrementando la cantidad de producto terminado o disminuyendo el consumo de insumos.

Para iniciar la evaluación se recolecta la información necesaria a fin de realizar un diagnóstico de la empresa y determinar las áreas con mayores potenciales de mejoras.

Durante la investigación se encuentra que las etapas 1, 2 y 3 brindan una importante oportunidad para incrementar la productividad ya que presentan considerables porcentajes de capacidad no utilizada lo cual es reflejo de un aprovechamiento deficiente de los recursos disponibles. Es por esto que los esfuerzos de mejora se centran sobre cada una de estas etapas.

→ Etapa 1: Fabricación de Solución de Gel

A través del diagnóstico realizado en esta etapa se encuentra que el problema principal que afecta a la productividad de este proceso es el alto porcentaje de horas de sobretiempo (21,82%), esta situación da base para proponer un plan de mejoras que consiste en: calibración de equipos y estandarización del proceso de fundición de Gel, entre otras.

→ Etapa 2 : Fabricación de Cápsulas

Sala de Máquinas 1

El análisis de esta sala arroja que la subutilización de la capacidad instalada tiene su base en las deficientes condiciones operativas de las máquinas de fabricación, lo que está provocando altos índices de paradas y elevados porcentajes de cápsulas defectuosas, es así como las acciones correctivas se dirigen hacia una propuesta de mejora en el funcionamiento de dichas máquinas.

Sala de Máquinas 2:

Al estudiar esta sala se encuentra que no hay sincronización entre las máquinas de fabricación y el equipo de secado de cápsulas acoplado, lo que origina que dichas máquinas deban trabajar a una velocidad inferior a la establecida por su capacidad nominal. Esto origina constantes paradas y por ende la subutilizaciòn de la capacidad instalada en esta sala. Así pues para alcanzar un mejor aprovechamiento de los recursos, se propone un plan de mejoras orientado al logro de la sincronización entre ambos equipos.

→ Etapa 3: Inspección

Al diagnosticar esta etapa se encuentra que el alto porcentaje de cápsulas defectuosas originadas por el mal funcionamiento de las máquinas de fabricación repercute en un incremento del tiempo de inspección, lo cual afecta negativamente la productividad de este proceso. De esta manera al implantar las acciones correctivas propuestas para la etapa 2 se soluciona también el problema que aqueja al proceso de inspección.

Posteriormente, se realiza una evaluación económica de cada una de las propuestas, basada en el cálculo de indicadores como Periodo de Recuperación de la Inversión y Tasa Interna de Retorno. Obteniéndose que dichas propuestas son económicamente convenientes y rentables.

Finalmente, se elaboran conclusiones y recomendaciones que se consideran importantes para culminar la investigación.

CAPÍTULO I

PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

I.- PRESENTACIÓN DE LA EMPRESA

I.1.- RESEÑA HISTÓRICA

La tradición, la experiencia y el reconocido prestigio de Laboratorios Vargas S.A., Venezuela, y Capsule Technology International Ltd. de Windsor, Canadá, se conjugan para unir sus experiencias y técnicas en Industrias Capsuvar S.A.; fábrica de cápsulas rígidas de gelatina, que coloca a disposición de la industria farmacéutica, a nivel nacional e internacional, cápsulas de óptima calidad.

Esta nueva compañía surgió inicialmente como una necesidad de consumo interno para Laboratorios Vargas S.A., comenzando sus actividades el 3 de noviembre de 1987, y ha venido fabricando cápsulas rígidas de gelatina hasta nuestros días.

Las cápsulas fabricadas por Industrias Capsuvar S.A., cuentan con altos niveles de calidad, puesto que son elaboradas con excelentes materias primas importadas y con el aporte de personal calificado; esta situación ha dado lugar al acelerado crecimiento de la empresa, por lo que se ha debido aumentar su capacidad productiva para cubrir los niveles de demanda.

Es así como Industrias Capsuvar S.A., ocupa actualmente una posición de liderazgo dentro del mercado venezolano. Las cápsulas duras vacías de gelatina se exportan a diferentes mercados latinoamericanos y del Caribe.

I.2.- ESTRUCTURA ORGANIZATIVA

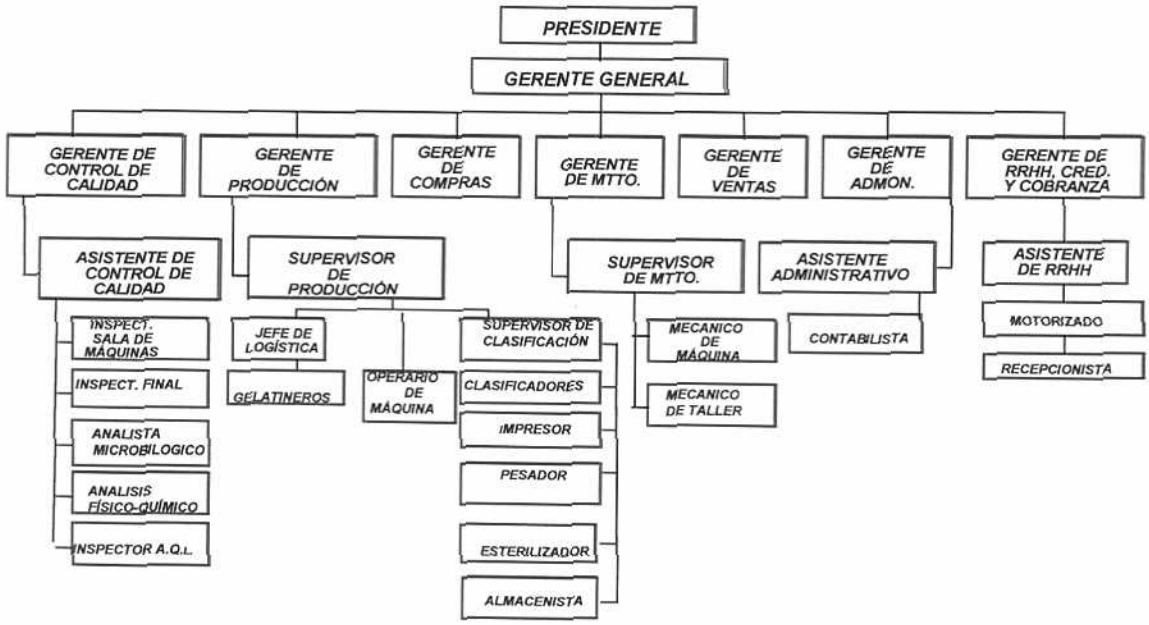


Figura 1. Estructura Organizativa **Fuente:** Manual de Recursos Humanos

I.3.- PRODUCTOS DE LA EMPRESA

Industrias Capsuvar S.A., se dedica, de manera exclusiva, a la fabricación del producto, cápsulas duras vacías de gelatina.

"Estas cápsulas están elaboradas con gelatina, que es una proteína purificada obtenida del colágeno existente en los huesos de los animales"[1]. En la industria farmacéutica las cápsulas rígidas son muy utilizadas ya que los principios activos de los medicamentos se mantienen intactos, perfectamente conservados debido al cierre hermético de la misma y por tanto protegidos de la humedad del aire.

"La cápsula se desintegra por acción del ácido clorhídrico estomacal en menos de cinco minutos. Así se libera el contenido en el estómago, sin pérdida alguna del principio activo"[1].

La cápsula dura de gelatina consta de dos partes: la tapa y el cuerpo las cuales están diseñadas para encajar perfectamente y cerrar herméticamente.

La variedad del producto radica en sus cinco diferentes tamaños:

Tamaño 0, Tamaño 1, Tamaño 2, Tamaño 3, Tamaño 4.

Siendo la cápsula 0 la de mayor tamaño, siguiendo el decrecimiento según la secuencia de los números hasta llegar a la cápsula 4 que posee las menores dimensiones. (Ver Anexo I.1)

Adicionalmente, cada uno de estos tamaños se puede presentar en una amplia gama de colores y de combinaciones tapa-cuerpo.

De esta manera Industrias Capsuvar S.A., ofrece un producto capaz de satisfacer las exigencias del mercado, puesto que la variedad en el tamaño se ajusta a los requerimientos de las dosis de cada medicamento, y la variedad en los colores responde a las especificaciones que los distintos laboratorios escogen para sus productos.

I. 4.- AMBIENTE COMPETITIVO

Industrias Capsuvar S.A., comercializa su producto en dos mercados:

- Mercado de Exportación
- Mercado Local

En cuanto al mercado de exportación, los competidores más fuertes a los que se enfrenta Capsuvar S.A. son:

- Fábrica de Cápsulas Mexicana.
- Fábrica de Cápsulas Colombiana.

Estas empresas extranjeras poseen grandes capacidades de producción, por lo que manejan pedidos muy grandes y no se comprometen con clientes que requieran pedidos relativamente pequeños. Es aquí donde Industrias Capsuvar S.A., encuentra su oportunidad de mercado, ya que está en la capacidad de satisfacer las necesidades de estos consumidores, al ofrecer como pedido mínimo, la mitad de la cantidad que aceptan sus competidores, es decir, 500.000 cápsulas.

En lo que respecta a la comercialización de cápsulas dentro del mercado local, sólo existe una fábrica de cápsulas que compite con Capsuvar S.A. Sin embargo, dicha fábrica posee menor participación en el mercado, ya que anteriormente se dedicaba de manera exclusiva a la elaboración de cápsulas transparentes, y fue recientemente cuando comenzó a producir cápsulas de colores.

I.5.- MERCADOS DE CONSUMO

Industrias Capsuvar S.A., provee de su producto a la gran mayoría de los laboratorios farmacéuticos del país, ya que produce cápsulas de calidad reconocida por las autoridades sanitarias venezolanas y norteamericanas. Adicionalmente, ha incursionado en diferentes mercados latinoamericanos y del Caribe.

El consumo de cápsulas se encuentra distribuido de la siguiente manera:

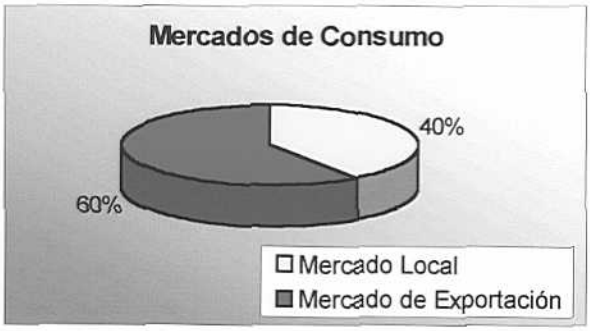


Figura 2. Mercados de Consumo

Figura 3. Mercados de Exportación

La Fig. 2 muestra que el mercado de exportación es el que representa mayores niveles de demanda para la empresa. Sin embargo, éste es un mercado difícil de penetrar pues existen

[1] *http://www.arrakis.es/ vito/capsula.htm*

sólidas compañías que lo hacen muy competido. Es por esto que Industrias Capsuvar S.A., para poder participar en este mercado debe trabajar con los precios allí fijados, lo cual representa bajos márgenes de ganancias para la empresa.

Lo contrario ocurre a nivel nacional, pues Industrias Capsuvar S.A., posee aproximadamente el 95% de la participación del mercado, lo que provoca que su único competidor se vea prácticamente rezagado a un segundo plano. De esta manera la empresa puede establecer precios más altos en este mercado que le permitan generar mayores índices de rentabilidad.

En la figura 4 se puede apreciar como la empresa combina el consumo en ambos mercados para lograr su equilibrio.

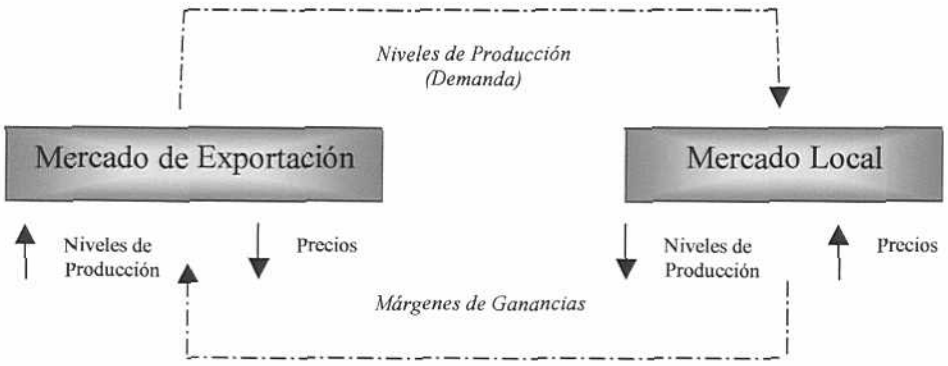


Figura 4. Equilibrio entre los Mercados de Consumo

I.6.- MATRIZ DAFO

Con la finalidad de tener una visión global acerca de las circunstancias del entorno (oportunidades y amenazas) a las que se enfrenta Industrias Capsuvar S.A., y las capacidades internas que posee (debilidades y fortalezas), se establece la siguiente Matriz DAFO:

MATRIZ DAFO

DEBILIDADES	AMENAZAS
• Falta de estandarización de los procesos. • Condiciones operativas deficientes en los equipos de fabricación. • Sub-utilización de la capacidad instalada.	• Paridad cambiaria favorece las importaciones. • Entorno económico actual del país favorece la fuga de clientes nacionales. • Fortalecimiento de la única competencia a nivel nacional.
FORTALEZAS	**OPORTUNIDADES**
• Producto de buena calidad. • Marca reconocida. • Respaldo de una sólida organización. • Gran Participación de mercado a nivel nacional.	• Existencia de un nicho de mercado a nivel de exportación, cuyos requerimientos de compra son inferiores al mínimo que establece la competencia.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

II.- EL PROBLEMA

II.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Industrias Capsuvar S.A., en la actualidad se ve limitada por diferentes factores que afectan directamente el desarrollo exitoso de su proceso productivo. Estos inconvenientes inciden en una disminución de la productividad, lo que se traduce en un aprovechamiento deficiente de los recursos disponibles y por ende en un incremento de los costos. Es por esto que la empresa se ve en la necesidad de hacer un estudio de las variables directamente relacionadas con el proceso para lograr, de esta manera, un aumento de la productividad en su línea de fabricación de cápsulas.

II.2.- OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio completo del proceso, que incluya cada una de las etapas que lo conforman, proponiendo las acciones correctivas necesarias que permitan conseguir una mejora de la productividad.

II.3.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el aprovechamiento de la capacidad instalada de la planta.
- Buscar la mejor manera de asignar a cada máquina, en función de sus condiciones de operación, el tamaño de cápsula a producir.
- Estudiar aspectos como: materiales, maquinaria, mano de obra, métodos de fabricación, etc., a través del análisis de la información registrada en la fábrica, para establecer dónde están las fallas que originan los bajos niveles de productividad en el proceso. En caso de no existir la información requerida se procederá al levantamiento de la misma haciendo las observaciones y mediciones necesarias.
- Analizar los procedimientos estándar del procesamiento de materia prima, verificando su cumplimiento, para garantizar que la viscosidad, color y temperatura de la Solución de Gel sean las adecuadas para el óptimo funcionamiento de las máquinas de fabricación.
- Presentar la evaluación económica de las propuestas planteadas en cada uno de los ámbitos estudiados.

II.4.- ALCANCE

Las propuestas de cambio desarrolladas en el presente proyecto serán implementadas por la empresa a medida que ésta lo crea conveniente, según decisiones de la alta gerencia y de los departamentos involucrados en dicho proyecto. De esta manera, los cambios serán implementados de forma progresiva y no según un orden preestablecido.

II.5.- LIMITACIONES

Debido a la complejidad y a lo extenso de un tema como la productividad, es necesario enfocar el proyecto hacia una sola área. En este caso el enfoque se dirige hacia un análisis de la utilización de los recursos existentes, en cada uno de los departamentos asociados de manera directa con la fabricación, lo cual ofrece una oportunidad importante para elevar la productividad.

El análisis no abarcará aspectos como: nivel de capacitación del personal, rediseño de puestos de trabajo, incentivos salariales y políticas de inventario.

CAPÍTULO III

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

III. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

III. 1.- DEFINICIÓN DE PRODUCTIVIDAD

En la concepción general, la productividad es una medida de la eficiencia económica que resulta de la relación entre los recursos utilizados y la cantidad de productos o servicios elaborados. Puede representarse así:

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{PRODUCTOS\ OBTENIDOS}{INSUMOS\ INVERTIDOS}$$

La productividad es una medida de lo bien que se han combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos deseables.

Algunos de los indicadores utilizados tradicionalmente para medir la productividad, como productos por hora–hombre o por hora–máquina, relación producto–capital y otros semejantes, han alimentado y reforzado un deseo permanente de "hacer más con menos", propiciando intencional o accidentalmente la confusión en el concepto de productividad y su posterior asimilación al término "explotación".

Una revisión crítica del viejo término de productividad permite elaborar conceptos más avanzados que la definen como una medida de la eficiencia económica que resulta de la capacidad para utilizar y combinar inteligentemente los recursos disponibles.

Para evitar confusiones acerca del significado de productividad, se debe considerar lo que no es:

- *No es una medida de la cantidad de producción.* Es la relación entre producción e insumos. La producción creciente puede o no mejorar la productívidad, dependiendo de los insumos utilizados para lograr ese aumento.
- *No es una medida de rentabilidad.* Indica la eficiencia de las operaciones y sugiere, por lo tanto, su rentabilidad; pero las operaciones ineficientes pueden en ocasiones ser rentables si el producto disfruta de una acogida favorable en el mercado.
- *No es una manera garantizada de reducir la inflación.* Puede ser un factor moderador, pero es sólo uno entre los muchos factores económicos que determinan la tendencia general de los precios.
- *No es una técnica para hacer que los trabajadores trabajen más.* Es un enfoque que estimula a los trabajadores a laborar juntos y a ser más eficientes.

Se distinguen dos tipos de indicadores de productividad: los totales, cuya cifra expresa la eficiencia de toda una organización, su formulación incluye, en el numerador, una exposición general del valor del producto o servicio y, en el denominador, un valor resumido de todos sus insumos; y los parciales, que se construyen considerando en el denominador un solo tipo de recurso.

La eficiencia de las operaciones individuales se pierde en los índices totales, obteniéndose una calificación más valiosa de la eficiencia de la utilización de recursos específicos calculando el índice de productividad de los factores individuales. Es así como se establecen los siguientes indicadores:

- *Rendimiento de horas –hombre* = $\frac{\text{Producto obtenido}}{\text{horas–hombre empleadas}}$

Indica la relación entre el producto obtenido y las horas – hombre empleadas.

- *Disponibilidad* = $\frac{T_{total} - T_{no\ operativo}}{T_{total}}$

Indica el porcentaje de tiempo en el que el equipo se encuentra disponible para operar.

Donde T_{total} : Es el tiempo total de operación del equipo.

$T_{no\ operativo}$: Es el tiempo en el que el funcionamiento del equipo se ve interrumpido.

- *Rendimiento por hora–máquina* = $\frac{\text{Producto obtenido por hora}}{\text{N° de máquinas}}$

Indica la cantidad de producto que se obtiene por hora–máquina.

- *Rendimiento de materia prima* = $\frac{\text{Producto obtenido}}{\text{Materia prima consumida}}$

Indica la cantidad de producto que se obtiene por unidad de materia prima consumida.

III. 4.- TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

- **DIAGRAMA CAUSA–EFECTO**

El diagrama causa–efecto, conocido también como Espina de Pescado o Diagrama de Ishikawa (en honor a su creador), es una herramienta que permite analizar de una manera integral, las diferentes causas que explican un problema determinado, facilitando el proceso de búsqueda de causas al sugerir ramas y agrupaciones de las mismas.

Es un método gráfico que refleja la relación entre un área problemática y los factores que posiblemente contribuyen a que exista. En otras palabras es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales.

El diagrama causa–efecto ayuda a averiguar todas las causas posibles, a clasificarlas y a organizar su interrelación. La regla de oro para identificar causas es preguntarse sucesivamente el "¿Por qué?" de cada situación hasta tanto se agote la explicación. Por lo común las causas se estudian en una sesión de lluvia de ideas de flujo libre; después, las varias causas se categorizan en unas cuantas categorías principales.

Las actividades necesarias para construir un diagrama causa–efecto son:

- Definir el problema inicial.
- Listar las causas que puedan estar originando el problema.
- Sub-agrupar las causas según su afinidad.
- Jerarquizar las ramas más importantes para profundizar el diagrama en las mismas.

- **DIAGRAMA DE PARETO**

Este diagrama pone visualmente en evidencia los diferentes niveles de incidencia entre las varias causas simultáneas que producen un determinado efecto.

Según el principio de Pareto, entre las muchas causas presentes, sólo hay pocas de importancia vital (cerca de un 20% que representan el 80% del problema) y muchas de poca importancia (alrededor de un 80% que contribuye en un 20% a la magnitud del problema).

Las pocas causas que son vitales se pueden separar de las muchas que son triviales. Esto sirve como una base para seleccionar los aspectos más importantes que se van a mejorar, por lo común los que aparecen en el lado izquierdo de la gráfica de Pareto. Esto asegura que lo que se trata de mejorar tenga el mayor impacto.

El gráfico permite una fácil visualización del orden de proporcionalidad de los varios tipos de causas, con mayor claridad que las tablas o cuadros de datos.

Para construir el diagrama se deben realizar las siguientes actividades:

- Ordenar de mayor a menor el impacto absoluto de los ítems a comparar.
- Calcular el impacto relativo individual y acumulado de mayor a menor.
- Con los datos anteriores construir el diagrama.

- **DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESOS**

Un diagrama de flujo de procesos es la representación gráfica de la secuencia cronológica de todas las operaciones, del transporte, de la inspección, de las demoras y del almacenaje que se efectúa en un proceso o procedimiento.

La característica principal de este diagrama es que representa el proceso desde el punto de vista de los sucesos por los que pasa el material.

Es conveniente clasificar las acciones que suceden durante un proceso en cinco categorías, las cuales se conocen como:

Operación. Sucede cuando se cambia alguna de las características físicas o químicas de un objeto.

Transporte. Se presenta cuando se mueve un objeto de un lugar a otro, excepto cuando tal movimiento es parte de la operación o de la inspección.

Inspección. Sucede cuando se examina un objeto para identificarlo o para veificar la cantidad o calidad de cualquiera de sus características.

Demora. Un objeto tiene demora cuando las condiciones no permiten o requieren que se realice de inmediato el siguiente paso según el plan.

Almacenaje. El almacenaje se da cuando un objeto se mantiene protegido contra la movilización no autorizada.

Actividad combinada. Siempre que se necesite ilustrar las actividades realizadas, ya sea concurrentemente o por el mismo operador en la misma estación de trabajo, los símbolos para estas actividades se combinan tal como aparece en el ejemplo que representa la combinación de operación e inspección.

- **MATRIZ DAFO**

Es una herramienta estratégica que permite encontrar el mejor acoplamiento entre los factores internos (debilidades y fortalezas) y los factores externos (amenazas y oportunidades) de una organización o situación estudiada.

El análisis permitirá definir estrategias para aprovechar las fortalezas y atacar las debilidades existentes, así como utilizar a tiempo las oportunidades y anticiparse a los efectos de las amenazas surgidas en el medio. Es importante aclarar que los factores externos son aquellos que escapan de las manos del investigador, pues no puede cambiarlos; y por su parte, los factores internos son aquellos susceptibles de ser cambiados o manipulados a conveniencia.

- **INDICADORES ECONÓMICOS.**

- *Período de Recuperación de la Inversión:* implica calcular la cantidad de tiempo (años, meses, etc.) en que tarda un proyecto en generar suficientes beneficios operativos, como para recuperar la inversión inicial realizada. No mide rentabilidad ni se sabe que sucede después de que se recupera la inversión. Sin embargo, ofrece una orientación acerca de la conveniencia económica del proyecto.
- *Tasa Interna de Retorno (TIR):* Corresponde a aquella tasa de descuento que hace que el valor actual de todos los flujos del modelo sea cero. Se calcula de una forma iterativa, asignando sistemáticamente valores a la tasa de descuento en la fórmula de valor presente, hasta lograr que lo iguale a cero.

- **ESTUDIO DE TIEMPOS.**

"El Estudio de Tiempos es el procedimiento utilizado para medir el tiempo requerido para un trabajador calificado, quien trabajando a un nivel normal de desempeño realiza una tarea conforme a un método especificado"[2]. El Estudio de Tiempos es una de las formas de trabajo más importantes y exigentes en cualquier empresa u organización industrial comercial o gubernamental.

Objetivos del estudio de tiempos

√ Mejorar la planificación de la producción, en cuanto a la utilización del material, mano de obra y maquinaria y/o equipos.

√ Mejorar métodos de trabajo, minimizando el tiempo requerido para ejecutar una actividad.

√ Comparar métodos alternativos de producción factibles a la línea.

[2] Maynard. MANUAL DEL INGENIERO INDUSTRIAL. 1998 Tomo I ,

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA DE TRABAJO

IV.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

El primer paso para la consecución del presente trabajo, es conocer aspectos importantes que conforman la situación actual del proceso productivo, para esto será necesario recolectar la información concerniente a: materias primas, fuerza laboral, planificación de la producción, proceso de fabricación, almacenamiento del producto terminado y distribución en planta.

El levantamiento de la información se realiza a través de fuentes primarias, es decir, mediante la recolección directa (observaciones y conversaciones) y también por medio de fuentes secundarias (manuales, procedimientos existentes en la empresa, registros y reportes de operaciones).

Una vez obtenida y recolectada toda la información se procede a realizar un análisis global del proceso de fabricación, basado en el cálculo de la capacidad instalada y la capacidad actual. Luego se comparan ambas capacidades a fin de establecer el porcentaje de utilización de la planta, y conocer el aprovechamiento de los recursos exitentes en cada una de las etapas de fabricación, para identificar aquellas que deben ser sometidas a mejoras. Adicionalmente se identifica la etapa del proceso que posee menor capacidad de producción y que representa el "cuello de botella", pues limita la cantidad de producto terminado que se puede obtener.

Ya identificados los procesos que afectan negativamente la productividad se procede a analizar detenidamente cada uno de ellos por separado. Para efectuar este análisis se describe el proceso y se hace un diagnóstico de la situación actual del mismo, luego se procede a definir y calcular indicadores que midan la productividad.

Posteriormente se define el problema y se realiza un análisis de causas, utilizando herramientas de Ingeniería de Métodos que permitan jerarquizarlas y establecer las que presentan mayor incidencia sobre el problema. Finalmente se proponen las acciones correctivas que se consideran necesarias para incrementar los niveles de productividad de la empresa, estudiando a su vez la viabilidad económica de cada una de ellas y el beneficio que aportan.

CAPÍTULO V

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

V.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

Para entender el proceso productivo es necesario conocer los siguientes aspectos:

- Materias primas.
- Fuerza laboral.
- Planificación de la producción.
- Proceso de Fabricación.
- Almacenamiento del producto terminado.
- Distribución en planta (LAY-OUT).

➢ Materias Primas

Planificación de Compras

La fabricación de las cápsulas requiere de la combinación de diferentes materias primas que se pueden clasificar en:

- Gel Granulado
- Colorantes
- Agente de opacidad
- Agente de transparencia
- Preservativos

La compra de las materias primas se planifica tomando en cuenta los consumos promedios mensuales estimados, y los inventarios en existencia, de manera que la rotación de inventario sea lo más alta posible, sin incurrir en faltantes que retrasen la producción.

En lo que respecta a las materias primas importadas, las compras se planifican de manera que se pueda garantizar, por lo menos, 1 mes de existencia, ya que se toma en cuenta el tiempo que transcurre entre trámites de embarcación, traslado y gestiones aduanales. A esto se deben añadir aquellos factores externos o ambientales que puedan retrasar la llegada del pedido a la planta.

En cuanto a las materias primas nacionales, se trabaja con una existencia en inventario de 15 días aproximadamente, ya que el tiempo que transcurre entre la negociación de compra y la llegada de estas materias a planta es más corto.

La planificación de las compras del Gel Granulado se realiza con un año de anticipación, en función de los consumos mensuales estimados; posteriormente el plan es enviado al

proveedor para que planifique su producción, pues éste fabrica el Gel Granulado contra-pedido.

Recepción y Aprobación

Una vez que las materias primas son recibidas en planta, se procede a realizar los análisis necesarios para su aprobación. Puesto que las cápsulas son un producto usado en la industria farmacéutica se debe ser muy estricto en lo que se refiere a normas de calidad, por lo tanto la empresa se rige por la metodología que establece la Farmacopea Americana vigente para la realización de estos análisis.

De esta manera se garantiza que no ingresarán a la planta materias primas que no cumplan con las especificaciones y que puedan originar problemas a lo largo del proceso.

Finalmente, las materias primas siempre llegan a tiempo y cumplen con las especificaciones de calidad exigidas por la empresa.

- **Fuerza Laboral.**

En cuanto a la fuerza laboral es importante mencionar los siguientes aspectos: estructura organizativa, definición de cargos, turnos de trabajo y cantidad de personas que conforman los turnos de trabajo.

Estructura Organizativa: (Ver Figura 1)

Descripción de Cargos del área de Producción:

CARGO	*DESCRIPCION*
Asistente de Control de Calidad	- Velar por la correcta ejecución de las actividades concernientes al C.C. de materias primas y producto terminado.
Inspectores de Sala de Máquinas	- Revisar las cápsulas que salen de las máquinas de fabricación y clasificarlas según los niveles de calidad alcanzados en A, B, o C.
Inspectores de Ultima Inspección	- Dar una inspección final al lote que ha sido clasificado como apto para su despacho por el A.Q.L.
Analistas Microbiológicos	- Realizar los análisis necesarios para determinar la existencia de bacterias en el producto terminado.
Analistas Fisicoquímicos	- Realizar pruebas químicas de disolución de las cápsulas. - Verificar características físicas como color y humedad.
Inspector A.Q.L.	- Muestrear el lote inspeccionado con el uso de las tablas militares estadísticas (MIL-STD-105E) para determinar si el número de cápsulas defectuosas se encuentra dentro del rango admisible, y establecer si dicho lote ha alcanzado el nivel de calidad esperado para pasar a la siguiente etapa.
Supervisor Producción	- Velar por el correcto desenvolvimiento de las actividades relacionadas con la fabricación
Operarios de Máquinas	- Operar cada una de las máquinas de fabricación. - Cuidar que todos los parámetros permanezcan dentro de los rangos admisibles.

Jefe de Logística	- Supervisar las actividades que se llevan a cabo dentro del Dpto. de Sol. de Gel. - Controlar la existencia de las materias primas en la fábrica.
Gelatineros	- Fabricar el Gel Fundido y la Solución de Gel.
Supervisor de Clasificación	- Supervisar el trabajo de los empleados del área de inspección. - Verificar los reportes del área.
Clasificadores	- Inspeccionar visualmente las cápsulas que conforman un lote para retirar de él la mayor cantidad posible de cápsulas defectuosas.
Impresor	- Imprimir las cápsulas en caso de que el cliente así lo requiera.
Pesador	- Pesar el lote listo para entregar, verificando así el número de cápsulas a despachar.
Esterilizador	- Esterilizar las cajas listas para ser despachadas.
Almacenista	- Embalar los pedidos para ser trasladados al almacén temporal.
Supervisor de Mantenimiento	- Coordinar las actividades de los mecánicos de máquina y de taller. - Velar por la existencia del stock de piezas, repuestos y herramientas.
Mecánico de Máquina	- Velar por el funcionamiento mecánico de la máquina, detectar las fallas y corregirlas
Mecánico de Taller	- Reparar todos aquellos equipos que se usan para la fabricación. - Reparar y elaborar las piezas que requiera cualquiera de los equipos incluyendo las máquinas de fabricación.

Cuadro 1. Descripción de Cargos **Fuente:** Propia

Turnos de Trabajo:

ÁREA	DÍAS LABORALES	TURNOS DE TRABAJO	# DE GRUPOS DE TRABAJO	CONFORMACIÓN DE LOS GRUPOS DE TRABAJO
FABRICACIÓN DE SOLUCIÓN DE GEL	Lun.-Dom.	7:00am – 5:00pm	2	4 Gelatineros { - 1 encargado de fabricar Gel Fund. - 3 encargados de preparar Sol. Gel.
SALA DE MÁQUINAS	Lun.-Dom.	Diurno 7:00am – 7:00pm Nocturno 7:00pm – 7:00am	3	- 3 Operarios de Máquinas. - 2 Mecánicos de Maquinas. - 2 Inspectores de C.C. - 1 Supervisor de Turno.
INSPECCIÓN	Lun.-Vier.	7:00am – 4:30pm	1	- 12 Clasificadores. - 1 Inspector A.Q.L. - 2 Inspect. de Inspec. Final. - 1 Supervisor de Clasificación. - 1 Pesador. - 1 Impresor. - 1 Almacenista.
ESTERILIZACIÓN	Lun.-Vier.	7:00am – 4:30pm	1	- 1 Esterilizador.

Cuadro 2. Turnos de Trabajo **Fuente:** Propia

Es posible apreciar que la empresa utiliza un esquema de trabajo en grupo, lo cual favorece la productividad, ya que establece un clima de competencia en el cual cada uno de los grupos lucha por ser el mejor en el desempeño de sus actividades.

La rotación del personal que trabaja en planta es baja, con lo cual, las destrezas de los operarios, en el desempeño de su labor, se deben a la experiencia adquirida a lo largo de los años de trabajo. Esto merece una importancia relevante, ya que como lo demuestran las

curvas de aprendizaje, *"si un grupo de trabajadores realiza la misma labor reiteradamente, el mero proceso repetitivo induce un mayor conocimiento de los trabajos, lo que a su vez provoca que se hagan mejor y más rápido".*[3]

➢ **Planificación de la Producción**

La planificación de la producción comienza con la llegada del pedido. Una vez que éste ha sido recibido, se envía copia al Gerente de Producción, quien se encarga de incluir esta nueva orden en el programa de producción, y de completar el formato "Plan de Producción". (Ver Anexo V.1)

Una vez elaborado el plan de producción, se envía copia a cada uno de los departamentos involucrados en la fabricación, de manera que todos posean las informaciones que requieren para realizar sus actividades y producir el lote satisfactoriamente. (Ver Anexo V.2)

Como ya se ha mencionado, la empresa fabrica cinco formatos diferentes de cápsulas, cada uno de los cuales tiene distintos niveles de demanda, razón por la cual en el momento de realizar el programa de producción se debe tomar en cuenta qué tamaño de cápsula se desea fabricar, para así asignarlo a la máquina que le corresponde.

En estos momentos los formatos se encuentran asignados de la siguiente manera:

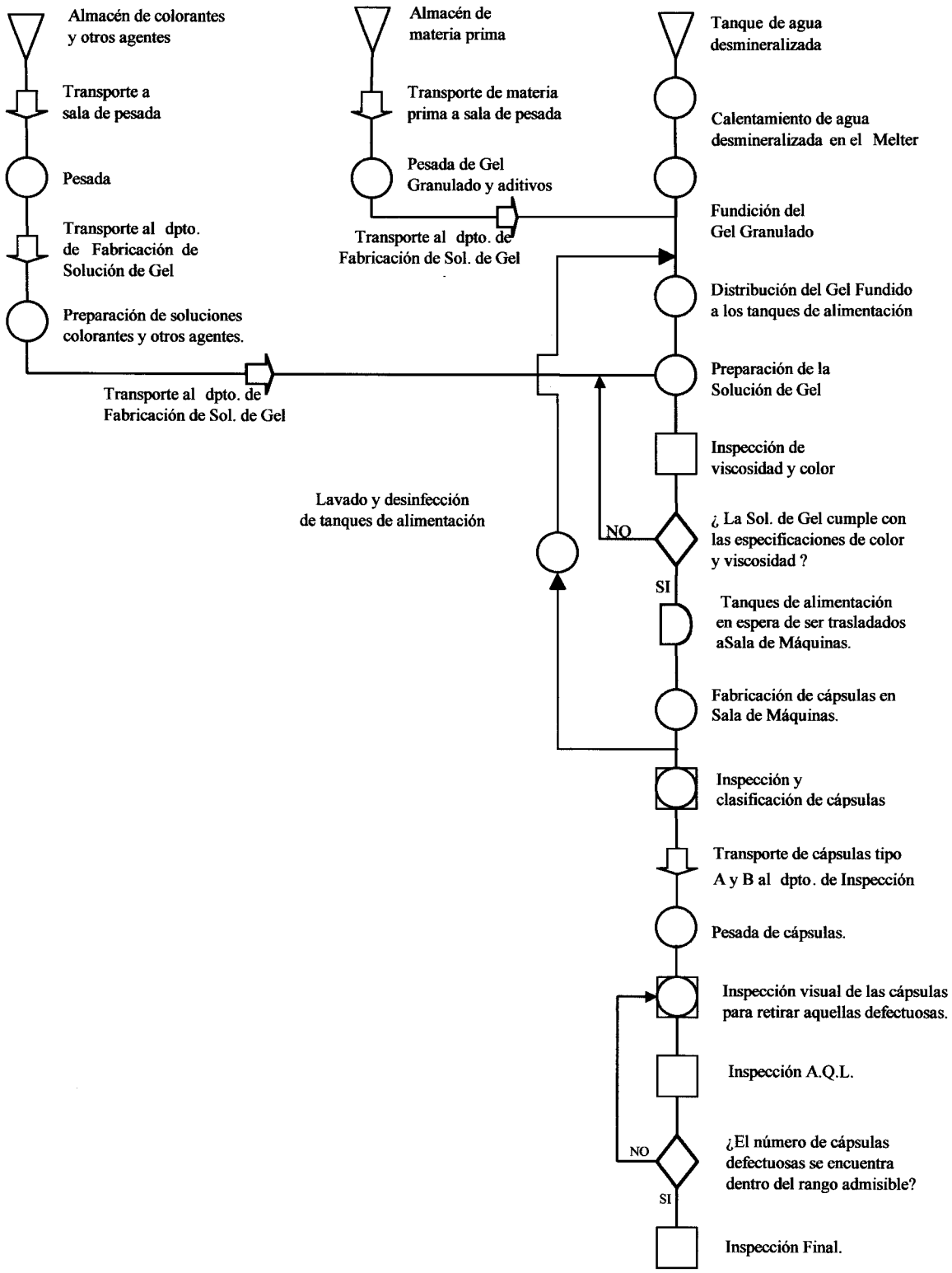
- Formato 0 : Máquinas 5 y 6
- Formato 1 : Máquinas 2 y 4
- Formato 2, 3 y 4 : Máquinas 1 y 3

Después de estudiar la demanda de cada uno de los formatos, se puede determinar que la asignación establecida para cada uno de ellos es buena, ya que la cápsula que presenta mayor demanda (Formato 0), es fabricada en las máquinas que tienen mayores velocidades de fabricación y mejores condiciones operativas; la cápsula formato 1, que posee medianos niveles de demanda, se fabrica en las máquinas 2 y 4 pues se ha comprobado que estas máquinas presentan mejores condiciones operativas trabajando con este formato; por último, las cápsulas formato 2, 3 y 4 que son las menos demandadas en el mercado, están asignadas a las máquinas 1 y 3.El método utilizado para planificar la producción ha traído resultados satisfactorios para la empresa.

[3] CORRONS, L. Técnicas de Ingeniería y Tecnología en la Producción

➢ Proceso de Fabricación

Descripción del Proceso



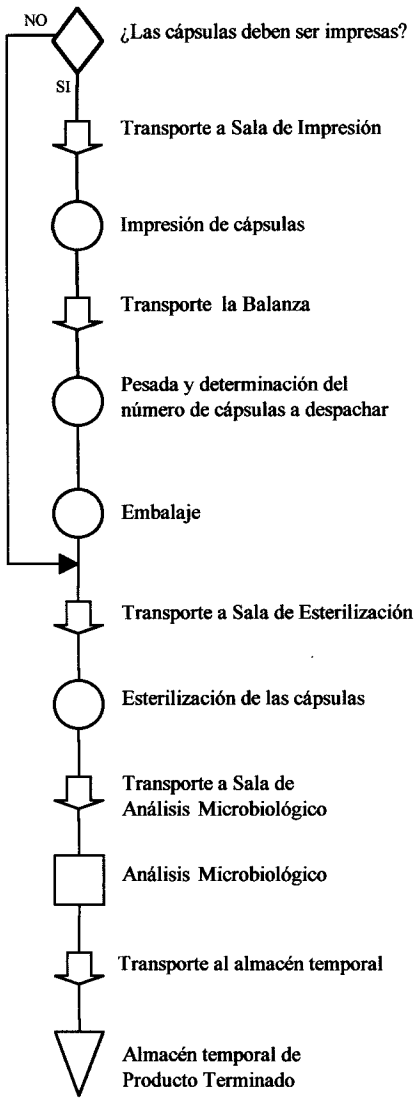


Diagrama 1. Diagrama de Procesos

(Ver Anexo V.3)

Una vez descrito el proceso de fabricación, se puede resumir en las siguientes etapas:

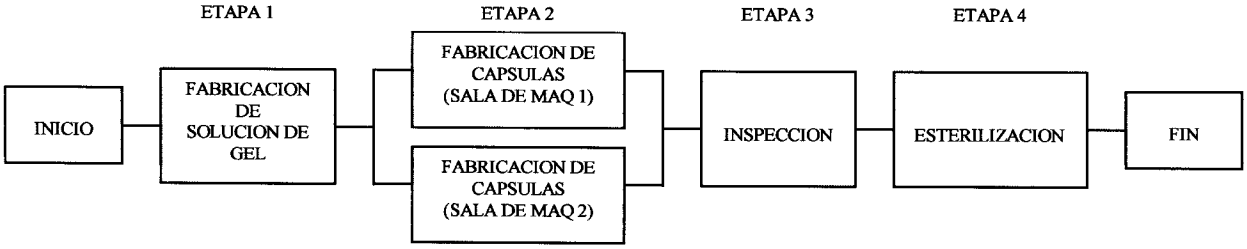


Figura 5. Etapas del Proceso de Fabricación

En la figura 5 se observa que el proceso de fabricación de cápsulas se efectúa en serie. Así pues cualquier falla o retraso en alguna de las etapas repercute directamente sobre el resto del proceso.

- **Almacenamiento del Producto Terminado**

La empresa en estudio no maneja hasta los momentos ninguna política de inventario de producto terminado, ya que la fabricación se realiza contra pedido, es decir, cada pedido de cápsulas se fabrica con destino a un cliente previamente conocido, se fabrica si el producto está vendido.

No obstante, existe un almacén donde permanecen temporalmente las cápsulas que esperan ser despachadas, el cual no se rige bajo ninguna técnica de inventario.

- **Distribución en Planta (LAY-OUT).**

La planta de fabricación de cápsulas se encuentra distribuida bajo un tipo de arreglo que se conoce con el nombre de "Distribución por Proceso", en el cual todas las operaciones del mismo tipo se agrupan en un área, y el material es trasladado a lo largo del proceso.

El tipo de distribución se adapta favorablemente al proceso de fabricación de cápsulas, ya que las maquinarias utilizadas son muy pesadas y no se pueden trasladar con facilidad.

Por otra parte, la distribución actual de la planta:

→ Utiliza eficientemente el espacio disponible.

→ Divide claramente las áreas por muros, pisos y pasillos principales.

→ Presenta cortas distancias para el traslado de los materiales.

→ Dispone en una secuencia lógica las áreas de fabricación.

(Ver Anexo V.4).

CAPÍTULO VI

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA

VI.- DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL

Para diagnosticar la situación actual del proceso productivo es necesario determinar el porcentaje de utilización de la capacidad de cada una de las etapas del proceso de fabricación, para lo cual se debe establecer la producción actual y la capacidad instalada en dicho proceso, ya que, *"la precisión con la cual la capacidad con que se cuenta para realizar el trabajo se equipara a la cantidad de trabajo que hay que realizar, brinda una oportunidad importante para mejorar la productividad"*.[4]

El levantamiento de esta información requiere de observaciones directas, consultas a los manuales de operación de las máquinas, revisión de los reportes de producción y estudio de tiempos.

Análisis de capacidades de producción

Etapa 1: Fabricación de Solución de Gel

El Departamento de Fabricación de Solución de Gel cuenta con diferentes recursos, que al combinarse entre sí permiten alcanzar ciertos niveles de producción.

RECURSO HUMANO	MÁQUINAS	MATERIAS PRIMAS
1 Jefe de área 4 Gelatineros	1 Tanque de fundición 2 Máquinas agitadoras de Sol. de Gel 40 Tanques de alimentación 1 Viscosímetro 2 Agitadores para colorantes 1 Máquina para correr tira de pruebas	Gel Granulado Aditivos y Preservativos Colorantes

Al analizar los recursos con los que cuenta el departamento, y los registros de operaciones, se obtiene la capacidad instalada del proceso de fabricación de Solución de Gel.

Capacidad Instalada de Fabricación de Solución de Gel = 894.816 cáps./hora

(Ver Anexo VI.1 y VI.1.1)

A través de un estudio de tiempos realizado en el departamento de fabricación de Solución de Gel, (Ver Anexo VI.2.1), se puede determinar:

Capacidad Actual de Fabricación de Solución de Gel = 313.807 cáps./hora

(Ver Anexo VI.2)

[4] BAIN, David. "Productividad. La Solución a los Problemas de la Empresa"

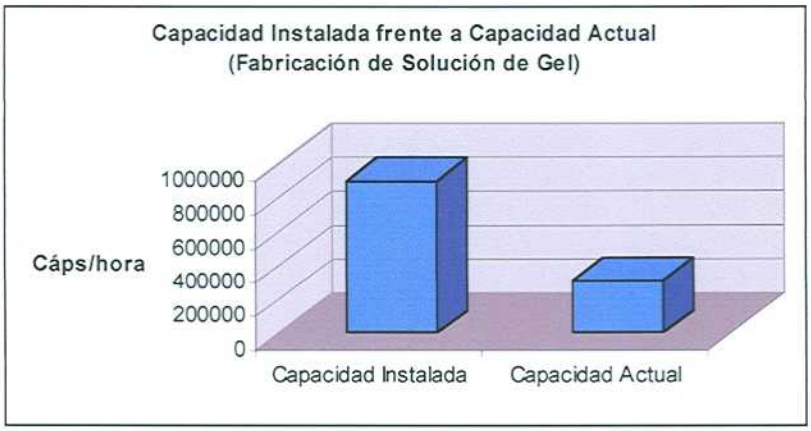


Figura 6. Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Fabricación de Solución de Gel)

Etapa 2: Fabricación de Cápsulas (Sala de Máquinas)

	SALA DE MÁQUINAS 1	SALA DE MÁQUINAS 2
RECURSO HUMANO	2 Operarios de máquinas 1 Mecánico de máquinas 1 Inspector de control de calidad	2 Operarios de máquinas 1 Mecánico de máquinas 1 Inspector de control de calidad
MÁQUINAS	4 Máquinas de fabricación	2 Máquinas de fabricación
MATERIAS PRIMAS	Solución de Gel proveniente del Departamento de Fabricación de Solución de Gel	

Con la ayuda de los manuales de operación de las máquinas de fabricación y tomando en cuenta los recursos con los que cuenta el departamento de Fabricación de Cápsulas, se establece la capacidad instalada.

Capacidad Instalada de Sala de Máquinas 1 = 172.800 cáps./hora

Capacidad Instalada de Sala de Máquinas 2 = 97.200 cáps./hora

Total Capacidad Instalada de Sala de Máquinas = 270.000 cáps./hora

(Ver Anexo VI.3)

La empresa ha establecido, según la data histórica de los reportes mensuales de producción, que su capacidad actual en sala de máquinas es la siguiente:

Capacidad Actual de Sala de Máquinas 1 = 58.887 cáps./hora

Capacidad Actual de Sala de Máquinas 2 = 71.135 cáps./hora

Total Capacidad Actual de Sala de Máquinas = 130.022 cáps./hora

(Ver Anexo VI.4)

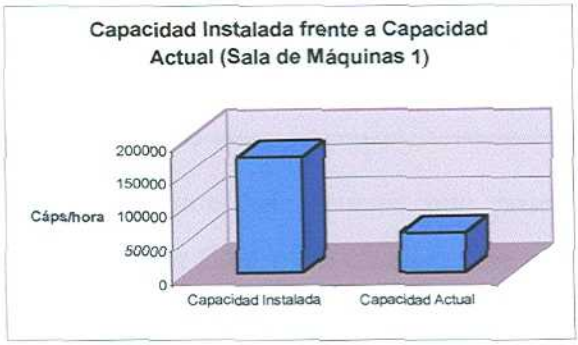


Figura 7. Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Sala de Máquinas 1)

Figura 8. Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Sala de Máquinas 2)

Etapa 3: Inspección

RECURSO HUMANO	MÁQUINAS	MATERIALES
12 Clasificadores	12 Máquinas	Cápsulas provenientes de Sala de Máquinas

Tomando en cuenta los recursos con los que cuenta el departamento, y los reportes de operaciones, se obtiene:

Capacidad Instalada del departamento de Inspección = 800.000 cáps./hora

A través de un estudio de tiempos se determina la capacidad actual del departamento de Inspección. (Ver Anexo VI.5.1)

Capacidad Actual del departamento de Inspección = 395.604 cáps./hora
(Ver Anexo VI.5)

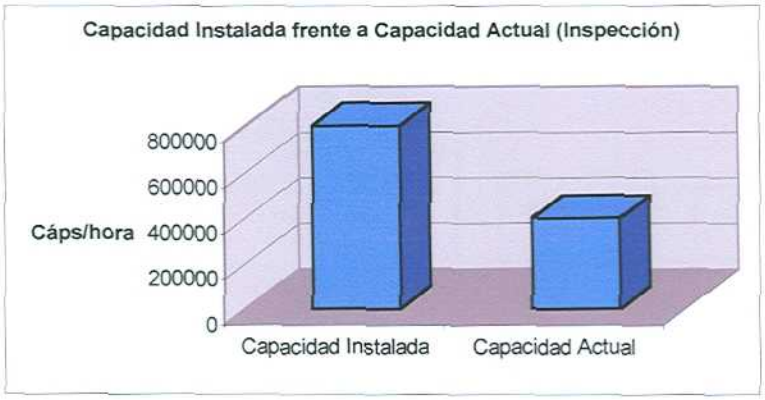


Figura 9. Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Inspección)

Etapa 4: Esterilización de Cápsulas

RECURSO HUMANO	MÁQUINAS	MATERIALES
1 Operario	1 Equipo de esterilización	Cápsulas provenientes de Inspección

De acuerdo con los recursos que posee el departamento, y considerando el tiempo establecido por Control de Calidad, para la ejecución del proceso, se establece:

Capacidad Instalada de Esterilización: 1.000.000 cáps./hora

En la actualidad el tiempo de esterilización no varía, pues este tiempo se rige por una norma de control de calidad y debe permanecer constante para garantizar la calidad de las cápsulas a nivel microbiológico. De esta manera:

Capacidad Actual de Esterilización = 1.000.000 cáps./hora

(Ver Anexo VI.6)

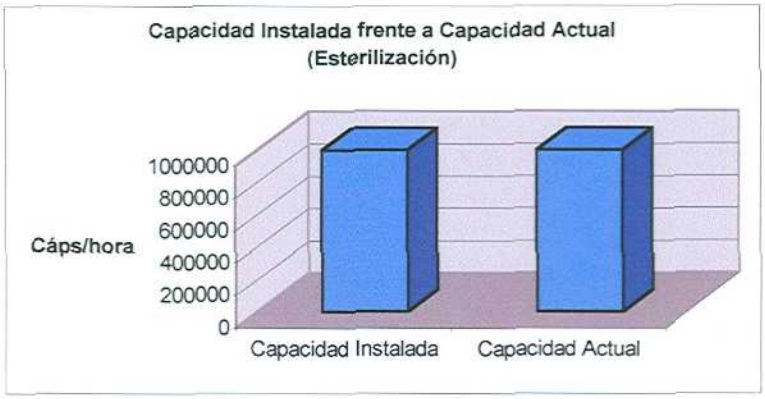


Figura 10. Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual (Esterilización)

Resumiendo lo anteriormente expuesto se tiene:

Capacidad Instalada:

Figura 11. Capacidad Instalada de las diferentes etapas del Proceso de Fabricación

Capacidad Actual

Figura 12. Capacidad Actual de las diferentes etapas del Proceso de Fabricación

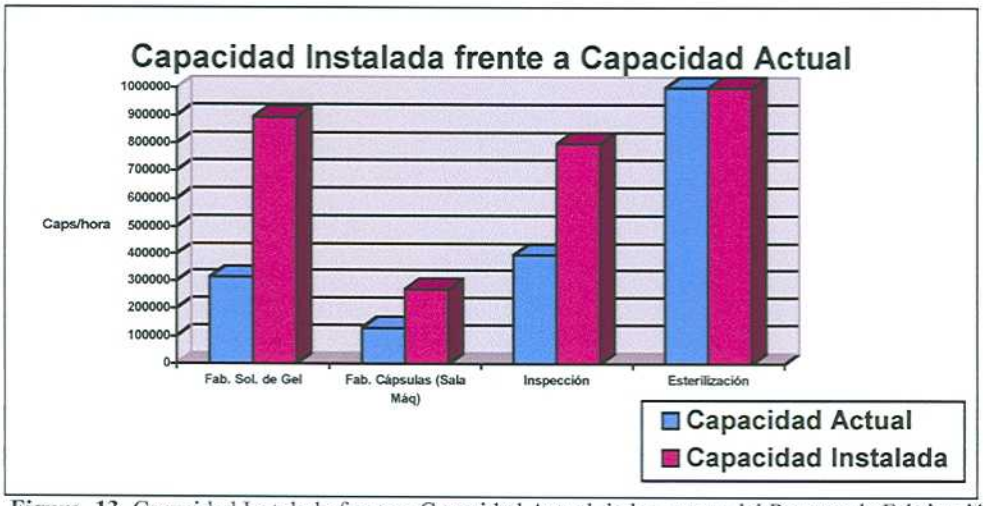


Figura 13. Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual de las etapas del Proceso de Fabricación

UTILIZACIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA	
Fabricación de Solución de Gel	35,07 %
Fabricación de Cápsulas (sala de máquinas)	48,15 %
Inspección	49,45 %
Esterilización	100 %

Tabla 1. Utilización actual de la capacidad instalada

En la figura 13 se aprecia claramente que cada etapa presenta capacidades diferentes, siendo la etapa de fabricación de cápsulas en sala de máquinas la de menor capacidad instalada y menor capacidad actual y por ende la que limita el proceso (cuello de botella).

Por otra parte, se observa que las etapas de Fabricación de Solución de Gel, Fabricación de cápsulas e Inspección presentan subutilización de su capacidad instalada, razón por la cual se deben estudiar por separado cada una de ellas para determinar las causas que originan esta subutilización, con el fin de proponer acciones correctivas al respecto.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS DE LOS PROCESOS QUE PRESENTAN FALLAS

VII.- ANÁLISIS DE LOS PROCESOS QUE PRESENTAN FALLAS

VII. 1.- FABRICACIÓN DE SOLUCIÓN DE GEL.

VII. 1. 1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

La fabricación de la Solución de Gel es de suma importancia, ya que constituye la etapa inicial en el desarrollo del proceso productivo. La correcta ejecución de la actividad contribuye a eliminar parámetros que puedan ocasionar fallas en las etapas posteriores. La labor se lleva a cabo de la siguiente manera:

1.- Fundición de Gel Granulado: este proceso da inicio a la fabricación de las cápsulas. Consiste en fundir dentro de un tanque de agitación el Gel Granulado con agua, añadiendo a su vez los preservativos necesarios. Dicho tanque de agitación se conoce con el nombre de Melter. (Ver Anexo VII.1). Esta actividad se rige por las instrucciones establecidas en un formato llamado "Control de Fundición de Gel". (Ver Anexo VII.2)

2.- Preparación de Solución de Gel: una vez preparado el Gel Fundido se vierte en los tanques de alimentación, cada tanque debe llenarse hasta completar 70 lts., ya que las fórmulas para la preparación de la Solución de Gel están calculadas con base en esta cantidad. Posteriormente, se añaden los de aditivos de acuerdo con las especificaciones del cliente (color, transparencia u opacidad). Dichos aditivos son preparados por un operario encargado dentro del departamento. Ya preparada la Solución de Gel se debe verificar que las características de color y viscosidad se ajusten a los requerimientos. La aprobación del color se hace a través de una tira de pruebas que pasa a Control de Calidad, dónde se decide si cumple con las especificaciones establecidas al desarrollar las fórmulas de color. En cuanto a la viscosidad se utiliza un viscosímetro. Finalmente, cuando la Solución de Gel cumple con las especificaciones, pasa a sala de máquinas para ser utilizada en la fabricación de las cápsulas. En caso de que la máquina no esté disponible para recibir el tanque, éste permanecerá en la sala de gelatina conectado a una resistencia que mantendrá la Solución de Gel a la temperatura requerida para evitar variaciones en la viscosidad.

VII.1.2.- DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL

La capacidad actual del Departamento de Fabricación de Solución de Gel representa un 35,07% aproximado de la establecida por la capacidad instalada. Lo que resulta

sorprendente es que aún cuando existe un 64,93% de capacidad ociosa, los operarios de este departamento se ven en la necesidad de trabajar horas extras para cubrir los niveles de producción.

El hecho incide directamente sobre la productividad del proceso, ya que para fabricar una misma cantidad de Solución de Gel se están consumiendo más horas-hombre de las que realmente se necesitan. Esto a su vez conduce a un incremento de los costos de producción puesto que las horas extras son más costosas que las horas regulares.

Con el fin de cuantificar las horas extras de trabajo, se estudian los reportes de sobretiempo desde Marzo de 1998 hasta Febrero de 1999, período que antecede al inicio de la investigación, para obtener así un promedio de horas de sobretiempo mensual.

HORAS	HORAS/ MES / OPERARIO
Sobretiempo diurno	43
Sobretiempo nocturno	24
Total Sobretiempo	67
Regulares	240
Regulares + Sobretiempo	307

Tabla 2. Relación de Sobretiempo **Fuente:** Reportes de Sobretiempo

(Ver Anexo VII.3)

Así se puede establecer la siguiente relación:

$$\text{Relación de sobretiempo} = \frac{\text{Horas de sobretiempo}}{\text{Horas totales}} \times 100 = 21{,}82\%$$

Este alto porcentaje de horas extraordinarias de trabajo, motivó el análisis de los procesos que se llevan a cabo en el departamento, de manera de detectar las fallas que inciden directa o indirectamente en el aprovechamiento de las horas regulares de trabajo. Sin embargo es importante señalar que el departamento de Fabricación de Solución de Gel cumple con ocho horas de trabajo diarias, en las que debe fabricar la cantidad de Solución de Gel requerida por Sala de Máquinas.

A continuación se presentan los resultados de este análisis:

1.- Proceso de Fundición del Gel Granulado.

- La exactitud de las mediciones que se realizan en el Melter es de vital importancia puesto que el producto obtenido es la base para el resto del proceso productivo. Para realizar las mediciones de volumen en el Melter se ha venido utilizando una varilla de

acero inoxidable que posee marcas correspondientes a 100, 200, 300 y 400 lt. Dicha varilla se sujeta a la compuerta, quedando así dentro del tanque; de esta manera a medida que sube el nivel de agua se puede leer el volumen en litros. La varilla utilizada actualmente para esta medición tiene muchos años en uso y no se ha verificado su calibración, con lo cual no se tiene certeza del volumen contenido dentro del Melter.

- La viscosidad del Gel Fundido que se obtiene del Melter está arrojando valores bastante altos, motivo por el cual los operarios se ven en la necesidad de ajustar la viscosidad una vez repartido el Gel a los diferentes tanques de alimentación; esta situación podría tener su origen en las pérdidas de agua por evaporación que se dan durante el proceso de fundición. Dichas pérdidas no han sido cuantificadas hasta los momentos, lo que motiva a cuestionar la validez de la relación existente entre el agua y el Gel Granulado.
- Actualmente el formato "Control de Fundición de Gel" no registra las cantidades teóricas de Gel Granulado y demás preservativos necesarios para obtener un batch de Gel Fundido. Por otra parte los procedimientos no son lo suficientemente específicos, puesto que no indican las cantidades exactas de los componentes a utilizar, los tiempos de mezclado y las condiciones necesarias de temperatura. Esto afecta negativamente la calidad del Gel Fundido, ya que el proceso no está estandarizado pues la calidad del trabajo final depende del operario que lo ejecuta. (Ver Anexo VII.2).
- El agua utilizada en el proceso de fundición proviene de una planta desmineralizadora ubicada en las instalaciones de Industrias Capsuvar S.A.. Dicha planta posee una capacidad de desmineralización que no satisface los requerimientos del proceso, lo que origina, en muchas ocasiones, demoras en la Fundición de Gel por escasez de agua apta para fabricación.

2.- Proceso de Preparación de Solución de Gel.

- El volumen en cada tanque de alimentación se mide con el uso de una varilla de acero inoxidable que se sujeta al borde del mismo. Dicha varilla está calibrada de 10 en 10 hasta completar 80lt. En la actualidad existe una varilla única usada para realizar las mediciones en todos los tanques de alimentación. Esta situación hace que la medición no sea confiable, puesto que todos los tanques no son exactamente iguales, lo cual origina que los operarios no logren obtener las especificaciones de color y viscosidad

requeridas para la Solución de Gel con facilidad, debido a que no trabajan con las proporciones adecuadas.

- Actualmente las soluciones colorantes se preparan en las cantidades requeridas para fabricar un lote completo de producción, dichas cantidades se van consumiendo en la medida que el proceso lo requiera. Este período de consumo puede variar desde un día hasta una o dos semanas, dependiendo del tamaño del lote y de la velocidad con que se fabrique. La situación genera inconvenientes, ya que las soluciones colorantes son susceptibles a perder sus propiedades con el paso del tiempo, con lo cual al ser preparadas muchos días antes de ser utilizadas en el proceso podrían alterar las especificaciones de color requeridas en la Solución de Gel, ocasionando aumento en el tiempo de preparación de la misma por ajustes de color.
- El viscosímetro utilizado es poco preciso, pues sus lecturas se obtienen a través de una columna de mercurio que asciende proporcionalmente con la viscosidad. La poca precisión del instrumento radica en que la columna de mercurio, en algunas ocasiones, asciende sin detenerse dejando a criterio del operario el valor de la lectura en función de la velocidad de ascenso del mercurio.

VII.2.3.- INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Con el fin de establecer una relación que refleje el aprovechamiento de las horas-hombre en el proceso de fabricación de Solución de Gel, se elabora el siguiente indicador:

- Rendimiento de las Horas-Hombre = $\frac{\text{lt. Sol Gel obtenidos}}{\text{H-H empleadas}}$

Valor	Sol. Gel / mes (lt.)	H-H Reg. /mes/oper.	Sobretiempo/ mes/oper.	H-H/ mes/oper.	N° Oper.	Rendimiento (lt/H-H)
Instalado	24.240	240	0	240	4	25,25
Actual	24.240	240	67	307	4	19,73

Tabla 3. Rendimiento de las Horas-Hombre **Fuente:** Reportes de producción de fabricación de Solución de Gel

(Ver Anexo VII.4)

Se puede observar que el departamento en estudio está siendo poco productivo en lo que al aprovechamiento de las horas-hombre se refiere.

VII.1.4.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Luego de examinar el proceso de fabricación de Solución de Gel y establecer la capacidad del mismo en cuanto a material, maquinaria y mano de obra disponibles, se puede establecer que el problema que aqueja al proceso radica en el hecho de que la capacidad actual de producción está por debajo de la establecida por la capacidad instalada, y aún así es necesario que los operarios trabajen horas-extras para cubrir la producción.

VII.1.5.- IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS

Durante la investigación se hizo seguimiento a la preparación de diferentes batches con la finalidad de identificar aquellas causas que estaban originando el exceso de horas de sobretiempo. De esta manera se logró construir el siguiente Diagrama Causa-Efecto.

Diagrama 2. Diagrama Causa-Efecto (Fabricación de Solución de Gel)

Se obviará la paretización de las causas, ya que debido a la naturaleza del proceso resulta bastante complicado establecer de una manera confiable la incidencia de cada una de las causas en el problema. Es necesario atacar todas las causas por igual para garantizar una disminución significativa de las horas extras, y por ende un incremento de la productividad.

VII.1.6.- PROPUESTAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Una vez realizado el análisis de causas se propone lo siguiente:

1.- Proceso de fundición del Gel Granulado.

- ***Calibración del Tanque de Agitación (Melter).***

- Se propone calibrar correctamente el Melter, pesando el agua para mayor precisión.
- Se debe asignar una nueva varilla para evitar confusiones entre las marcas, antes y después de la calibración.

Pasos a seguir:

Para llevar a cabo esta propuesta se debe seguir el procedimiento de calibración.

(Ver Anexo VII.5)

Una vez calibrado el Melter, quedará de parte de la gerencia comunicar a todos los operarios del departamento de Fabricación de Solución de Gel el trabajo realizado en el equipo y los beneficios que esto les traerá en el desempeño de su labor.

Beneficios:

La calibración permitirá medir con exactitud los volúmenes obtenidos por cada batch de Gel Fundido. Además contribuye a la estandarización del proceso de fundición.

Costo:

Esta propuesta no representa ningún costo adicional para la empresa.

- ***Revisión de la validez de la Relación entre el Agua y el Gel Granulado.***

Se propone verificar la proporción de agua que se debe agregar por cada Kg. de Gel Granulado, en función de la viscosidad requerida en el Gel Fundido.

Pasos a seguir:

Para ejecutar la propuesta será necesario realizar un balance de masa en el Melter, para luego comparar el valor teórico del producto final contra el valor práctico obtenido del seguimiento realizado a un batch. La diferencia entre los dos valores representará la cantidad de agua que se pierde por evaporación en el proceso. (Ver Anexo VII.6)

Beneficios:

Se obtendrán los valores de viscosidad requeridos en el Gel Fundido, lo cual evitará realizar posteriores ajustes en los tanques de alimentación, contribuyendo así a la reducción del tiempo de preparación de cada tanque.

Costo:

Para llevar a cabo esta propuesta no es necesario incurrir en ningún costo.

- ***Elaboración de un nuevo Formato para el Control de Fundición de Gel.***

Se propone la elaboración de un nuevo formato que incluya:

Recolección de datos:

En esta sección se recomienda lo siguiente:

- Registrar el tamaño del batch.
- Especificar detalladamente los nombres de las materias primas a utilizar en la fundición de Gel.
- Incluir los códigos con los que se manejan cada una de estas materias primas en la empresa y sus respectivas cantidades teóricas.

Procedimientos:

En esta sección se recomienda lo siguiente:

Presentar:

- Los pasos a seguir para la elaboración de Gel Fundido de forma detallada.
- Las cantidades de los componentes.
- Los tiempos de calentamiento y mezclado.
- Los niveles de temperatura exactos para garantizar la calidad de la solución.

Adicionalmente en la elaboración de este nuevo formato se recomienda crear la sección de "Sub-Lotes preparados con el batch de Gel Fundido", para determinar con exactitud la cantidad de materia prima que consume cada lote.

Sub-Lotes preparados con el batch de Gel Fundido:

En esta sección se recomienda lo siguiente:

- Registrar la manera cómo se distribuye el Gel Fundido contenido en el Melter a los diferentes tanques de alimentación, incluyendo el número de identificación de cada tanque y el lote al que va dirigido.
- Establecer un factor de conversión que permita calcular los kilogramos de Gel Granulado contenidos en un determinado volumen de Gel Fundido.
- Presentar los cálculos necesarios para establecer el rendimiento del proceso de Fundición de Gel.

(Ver Anexo VII.7)

Pasos a seguir:

Para diseñar el nuevo formato será necesario realizar un borrador que incluya todos los cambios propuestos. El departamento de Control de Calidad será el encargado de revisarlo detalladamente para posteriormente aprobarlo.

Por último quedará en manos del jefe del departamento impartir a los operarios las instrucciones necesarias para la correcta utilización del nuevo formato, haciendo hincapié en la importancia de la veracidad de la información que allí se registre.

Por otra parte, para implantar la nueva sección "Sub-Lotes preparados con el batch de Gel Fundido" será necesario establecer un factor que relacione el Gel Granulado con el Gel Fundido. (Ver Anexo VII.8).

Beneficios:

La implantación del nuevo formato traerá consigo la estandarización del proceso de fundición, ya que establecerá de forma detallada los pasos a seguir para la fabricación del Gel Fundido, garantizando la repetitividad del proceso y la obtención de resultados constantes. La nueva sección que se incorporará al formato permitirá conciliar las cantidades de Gel Granulado consumido para cada lote. Esta sección será de vital importancia, ya que permitirá establecer el rendimiento de las materias primas, contribuyendo así al mejor aprovechamiento de las mismas.

Costo:

La elaboración del nuevo formato no representa ningún costo adicional para la empresa.

- ***Instalación de un Sistema de Suministro de Agua Desmineralizada desde Laboratorios Vargas S.A.***

Se propone realizar las conexiones necesarias para trasladar el agua desmineralizada desde la Planta de Laboratorios Vargas S.A. hasta Industrias Capsuvar S.A. Esta propuesta resulta factible, ya que ambas empresas se encuentran ubicadas en el mismo edificio.

Pasos a seguir:

La implantación de esta propuesta requiere la instalación de un sistema de tuberías que conecte el sistema de recirculación interno de agua desmineralizada de Laboratorios Vargas S.A. con el tanque de suministro de Industrias Capsuvar S.A.

Con la ayuda del departamento de Ingeniería de Laboratorios Vargas S.A. se determinó el punto más apropiado para esta conexión, evaluando parámetros como:

- Distancia del recorrido.
- Recorrido con menos curvaturas.
- Recorrido con menos caídas de presión.
- Facilidad de acoplamiento.

Finalmente, el recorrido de la tubería se trazó en un plano. (Ver Anexo VII.9).

Beneficios:

Al hacer uso del agua proveniente de Laboratorios Vargas S.A. se evitan pérdidas de tiempo por escasez, ya que esa planta posee una capacidad de desmineralización que cubre la demanda de Industrias Capsuvar S.A.

Costo:

El presupuesto realizado para la acometida de agua arrojó que el monto de la inversión es:

Suministro de Agua Desmineralizada: 2.900.000 Bs

(Ver Anexo VII.10)

2.- Proceso de Preparación de Solución de Gel.

- ***Calibración de los Tanques de Alimentación.***

Con el fin de alcanzar mayor precisión en esta medición se propone asignar una varilla a cada tanque y posteriormente calibrarlo con exactitud.

Pasos a seguir:

Para llevar a cabo la propuesta se recomienda realizar la calibración pesando el agua. Adicionalmente se debe seguir un procedimiento que garantice la exactitud de las medidas. (Ver Anexo VII.11).

Posteriormente a la calibración, los trabajadores del taller mecánico serán los encargados de realizar las marcas en cada varilla y el sistema de sujeción de las mismas a cada tanque.

Finalmente, el jefe de departamento deberá informar a los operarios acerca de la importancia que representa para el proceso el hecho de realizar las mediciones en cada tanque con su varilla respectiva; asegurando a su vez que la nueva norma se cumpla a cabalidad.

Beneficios:

Al asignarle una varilla a cada tanque y calibrarlo correctamente se garantiza una medición exacta del volumen contenido en el tanque. Así pues, si cada tanque contiene la cantidad requerida se tiene garantía que los colorantes y aditivos se agregan en las proporciones correctas, lo cual contribuye a la uniformidad de los resultados y agiliza el trabajo de los operarios.

Costo:

En cuanto al costo, esta propuesta resulta bastante viable puesto que el único costo en el que se incurre es:

Calibración de Todos los Tanques de Alimentación: 82.510 Bs.

(Ver Anexo VII.12)

- ***Adquisición de un Viscosímetro de Mayor Precisión.***

Se propone la adquisición de un nuevo viscosímetro digital que arroje resultados exactos y confiables.

Pasos a seguir:

Para la adquisición de un nuevo viscosímetro se deben contactar diferentes proveedores de este tipo de instrumentos, que brinden asesoría acerca del equipo que mejor se ajuste a las necesidades del proceso.

Una vez adquirido el instrumento, se instalará en el departamento y se adiestrará a los operarios acerca del funcionamiento y de las instrucciones de uso.

Beneficios:

Con la adquisición de un viscosímetro más preciso se podrá conocer con exactitud los valores de viscosidad de las soluciones que se están fabricando, facilitando así el trabajo del operario a la hora de hacer los ajustes necesarios en la preparación de los tanques de alimentación. Por otra parte, se garantiza que dichas soluciones, al ser enviadas a sala de máquinas, cumplan con las especificaciones establecidas para el correcto desarrollo de las actividades en esta área.

Costo:

El costo asociado con la adquisición del nuevo viscosímetro es:

Viscosímetro de Mayor Precisión: 5.260.000 Bs.
(Ver Anexo VII.13)

- ***Preparación a diario de la cantidad de Solución Colorante requerida por día.***

Pasos a seguir:

Para poner en marcha esta propuesta es necesario informar a los operarios encargados acerca de la nueva norma. Adicionalmente el jefe del departamento deberá ser estricto en su cumplimiento.

Beneficios:

Al preparar a diario las cantidades de solución colorante requeridas en el día se garantiza la calidad de dicha solución. Esto permite que las especificaciones de color en la Solución de Gel no se vean alteradas y por tanto que los operarios no requieran invertir gran parte de su tiempo en el ajuste de este parámetro.

Costo:

No es necesario incurrir en ningún costo.

- ***Acondicionamiento del ambiente de trabajo.***

Se propone instalar:

- Un sistema de aire acondicionado central en el departamento de Fabricación de Solución de Gel. Con el fin de disminuir la temperatura del ambiente en el área de trabajo y reducir así la fatiga de los operarios.
- Campanas de succión de vapor, justo encima del área donde se encuentran los tanques de alimentación, en espera de ser utilizados en el proceso.

Se recomienda que las campanas a instalar sean en forma de tolvas, para garantizar mayor extracción y que se ubiquen a una altura aproximada de 1,20 metros sobre el nivel de los tanques para mayor comodidad de trabajo. Adicionalmente, las campanas deberán cumplir con las normas farmacéuticas, es decir, ser de acero inoxidable y soldadas, sin ningún tipo de remaches, para evitar el alojamiento de bacterias. Por otra parte, el tiro de extracción debe ser violento para impedir la condensación del vapor.

Pasos a seguir:

Para llevar a cabo la propuesta se contratarán los servicios de una compañía especializada en el área. Esta compañía se encargará del suministro de todos los equipos necesarios y de las instalaciones mecánicas y eléctricas de los mismos.

Beneficios:

Con la instalación del sistema de aire acondicionado y de las campanas de succión de vapor se logrará disminuir la temperatura dentro del departamento, obteniendo así un ambiente más confortable para los trabajadores.

Costo:

La ejecución de la propuesta requiere de la adquisición e instalación de:

- 6 Campanas
- Sistemas de ducterías
- 1 Extractor

El monto de la inversión asciende a:

Acondicionamiento del Ambiente: 8.112.217 Bs.

(Ver Anexo VII.14)

La totalidad de los costos asociados con el plan de mejoras propuesto se puede resumir en:

Total Costos: 16.354.727 Bs.

Al evaluar el plan de mejoras en compañía del jefe del departamento se puede estimar que el nuevo tiempo para preparar un tanque de alimentación será de 80min. aproximadamente. Con este nuevo tiempo se espera eliminar las horas extras de trabajo. (Ver Anexo VII.15)

Sobretiempo	Actual (horas /mes /operario)	Propuesta (horas/mes /operario)	Reducción (horas/mes/operario)
Diurno	43	0	43
Nocturno	24	0	24
Total	**67**	**0**	**67**

Tabla 4. Reducción de Sobretiempo **Fuente:** Propia

Para establecer el ahorro monetario que representa esta eliminación de las horas de sobretiempo, es necesario conocer los siguientes costos:

Costo Sobretiempo Diurno para el año 1999 (Bs./ h)	Costo Sobretiempo Nocturno para el año 1999 (Bs./ h)
2.750	3.250

Tabla 5. Costos de Sobretiempo **Fuente:** Nómina de Operarios

De esta manera se estima:

	Bs. / mes / operario	Bs. / mes	Bs. / año
Ahorro	196.250	785.000	9.420.000

(Ver Anexo VII.16)

Cabe destacar que el ahorro está calculado para el año 1999, por lo tanto al tomar en cuenta el índice inflacionario del país se puede establecer que para los años siguientes este ahorro tendrá mayor impacto, puesto que los costos de sobretiempo serán superiores

En cuanto a la productividad, se tiene:

- Rendimiento de las Horas-Hombre

Valor	Sol. Gel / mes (lt.)	H-H Regulares/ mes/oper.	Sobretiempo/ mes/oper.	H-H/ mes/oper.	N° Oper.	Rendimiento (lt/H-H)
Instalado	24.240	240	0	240	4	25,25
Actual	24.240	240	67	307	4	19,73
Propuesto	24.240	240	0	240	4	25,25

Tabla 6. Rendimiento de las H-H después de Propuestas **Fuente:** Propia

Se puede observar que aún cuando los niveles de producción se mantienen constantes, la productividad del proceso de fabricación de Solución de Gel se ve incrementada, ya que las horas de sobretiempo se ven disminuidas.

VII.1.7.- IMPLANTACIÓN

Después de varias conversaciones con la gerencia de la compañía y con el jefe del departamento en cuestión, en las que se analizó detalladamente el costo y el beneficio asociado a la ejecución de las propuestas recomendadas, se pudo establecer que la puesta en marcha de las propuestas resultaría de gran provecho para la productividad del proceso. Por tal razón para el mes de abril de 1.999 se dio inicio a su implantación.

Con el fin de cuantificar el beneficio real que este plan de mejoras ha aportado para la compañía, se realiza la comparación de los sobretiempos entre el año 1.998 y 1.999 para el período Mayo – Noviembre, haciendo uso de los datos arrojados por los reportes de sobretiempo (Ver Anexo VII.17). De esta manera se obtiene:

Sobretiempo	Mayo – Noviembre (H-H) 1.998	Mayo – Noviembre (H-H) 1.999
Diurno	1.179	606
Nocturno	635	41

Tabla 7. Reducción de Sobretiempo después de Implantación **Fuente :** Reportes de Sobretiempo

Reducción del Sobretiempo Diurno = 48,60%
Reducción del Sobretiempo Nocturno = 93,54%

	Bs. / mes	Bs. / año
Ahorro	701.250	8.415.000

(Ver Anexo VII.18)

Se observa que aún cuando no se ha alcanzado la eliminación del sobretiempo la reducción es bastante significativa, puesto que la implantación de las propuestas no ha sido culminada.

VII.2.- FABRICACIÓN DE CÁPSULAS EN SALA DE MÁQUINAS

VII.2.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de fabricación de cápsulas se efectúa con el uso de una máquina cuyo funcionamiento es totalmente automatizado. Esta máquina fabrica por separado la tapa y el cuerpo, para posteriormente unir ambas partes y dar lugar a la cápsula.

En primer lugar, los tanques de alimentación provenientes del departamento de Fabricación de Solución de Gel, son conectados a la máquina por medio de una manguera que conecta cada tanque con su respectiva bandeja (tapa o cuerpo), donde se depositará la Solución de Gel hasta obtener el nivel óptimo para comenzar la fabricación.

El proceso de fabricación en máquina se puede resumir según el siguiente esquema:

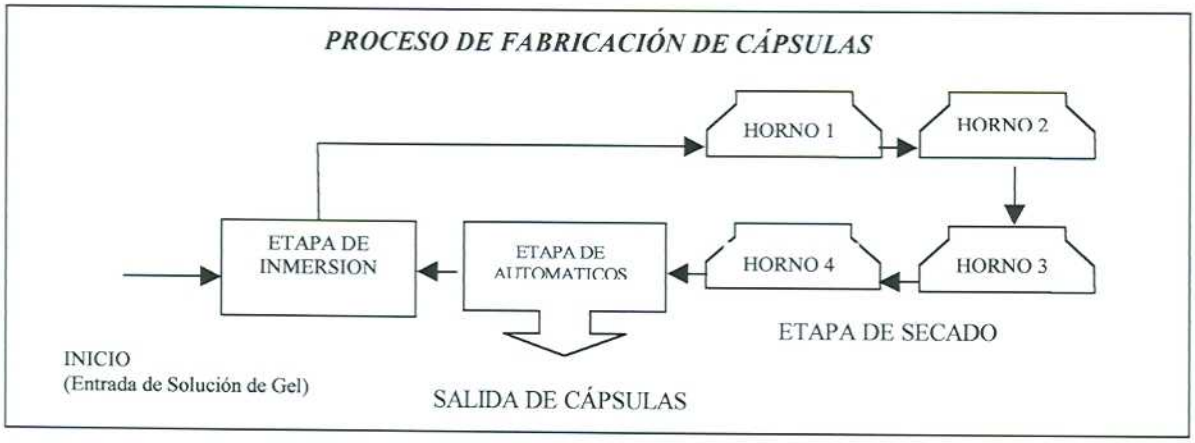


Figura 14. Proceso de Fabricación de Cápsulas en Máquinas

1.-ETAPA DE INMERSIÓN: El proceso de fabricación, se realiza con el uso de pines, los cuales moldean la Solución de Gel para dar lugar a las cápsulas. Dichos pines se sumergen

en las bandejas que contienen la Solución de Gel, para que ésta se adhiera a ellos, formando así las tapas y los cuerpos que posteriormente darán lugar a las cápsulas.

Esta sección de las máquinas está provista de viscosímetros y termómetros encargados de medir la viscosidad y la temperatura de la Solución de Gel contenida en las bandejas, de manera de garantizar que las características se mantengan en los rangos adecuados para producir buenas cápsulas. En caso de que la viscosidad se encuentre por encima del valor especificado, las máquinas activarán la inyección de agua a las bandejas para hacer el ajuste respectivo; en el caso contrario se retirarán los tanques de alimentación y se enviarán de vuelta al departamento de Fabricación de Solución Gel para realizar los ajustes necesarios, ya que las máquinas no están en la capacidad de hacerlos por sí mismas.(Ver AnexoVII.19)

2.- ETAPA DE SECADO: Una vez adherida la Solución de Gel a los pines, éstos realizan un recorrido dentro de cuatro hornos consecutivos encargados de extraer la humedad para obtener la consistencia requerida.

El primer horno, llamado también Horno Superior Frontal, es el horno donde comienza el secado; sin embargo, el nivel de temperatura y el caudal de aire no pueden ser muy elevados pues se originarían defectos en las cápsulas. En los siguientes hornos, Horno Superior Posterior y Horno Inferior Posterior, la temperatura va aumentando consecutivamente hasta llegar al cuarto horno, Horno Inferior Frontal, donde la temperatura alcanza el nivel más bajo, ya que su función es enfriar los pines para facilitar el desprendimiento de la Solución de Gel, ya solidificada. (Ver Anexo VII.20)

3.- ETAPA DE AUTOMÁTICOS: En esta etapa se lleva a cabo la separación de las tapas y cuerpos de sus respectivos pines; ambas partes, posteriormente, son cortadas para eliminar el exceso, y unidas para dar lugar a la cápsula. El exceso es removido por unos ductos aspiradores y enviado a los depósitos, de donde posteriormente se extraen para ser reciclados y utilizados nuevamente en el proceso.

Finalmente, los pines pasan por una sección de engrasadores donde son lubricados. De esta manera quedan en condiciones de comenzar un nuevo ciclo. (Ver Anexo VII.21)

Es importante mencionar que en el proceso de fabricación existen otros parámetros que deben ser controlados para garantizar la óptima calidad de las cápsulas; tal es el caso de la temperatura y humedad relativa del ambiente en el área de fabricación. Si estos parámetros

no se controlan con especial atención se obtendrán cápsulas muy blandas o demasiado resecas.

Una vez fabricadas las cápsulas será necesario clasificarlas de acuerdo con los niveles de calidad alcanzados en:

- Cápsulas tipo A: nivel de calidad óptimo.
- Cápsulas tipo B: nivel de calidad intermedio.
- Cápsulas tipo C: nivel de calidad bajo.

Esta clasificación es efectuada por una inspectoría de Control de Calidad, con el uso de tablas de control (tablas militares diseñadas para cápsulas por la Farmacopea Americana U.S.P.) que establecen, según el número de cápsulas defectuosas presentes en la muestra, cómo se debe clasificar el lote.

El área de fabricación de cápsulas cuenta actualmente con seis máquinas que le permiten alcanzar los niveles de producción requeridos. Cuatro de ellas (máquinas N° 1, 2, 3, 4) vienen operando desde el año 1987; las otras dos operan desde el año 1998.

Para facilitar el estudio del departamento se separará el área de máquinas en dos:

SALA DE MÁQUINAS 1		*SALA DE MÁQUINAS 2*	
Conformada por:	Máquina N° 1	Conformada por:	Máquina N° 5
	Máquina N° 2		Máquina N° 6
	Máquina N° 3		
	Máquina N° 4		

VII.2.2.- SALA DE MÁQUINAS 1

VII.2.2.1.- DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL

La capacidad de producción actual del proceso de fabricación de cápsulas en Sala de Máquinas 1 es aproximadamente un 34,1% de la capacidad instalada.

La situación motiva a la realización de un seguimiento del proceso de fabricación de cápsulas que permita identificar el motivo de la subutilización de la capacidad instalada.

Luego de realizar observaciones directas sobre el proceso que se desarrolla en la Sala de Máquina 1, se encuentra que el deficiente aprovechamiento de dicha capacidad instalada podría tener su origen en el hecho de que las máquinas de fabricación permanecen gran

parte de su tiempo operativo detenidas por diferentes razones que impiden su correcto funcionamiento; esto unido a la obtención de un alto porcentaje de cápsulas defectuosas.

En el afán de cuantificar las pérdidas de tiempo, se recurre al análisis de los reportes de operación de máquinas, tomando como período de estudio desde Mayo del año 1999 (fecha en la cual se implantan estos reportes en planta) hasta Noviembre del año 1999, así se obtienen los datos que se muestran en la figura 15.

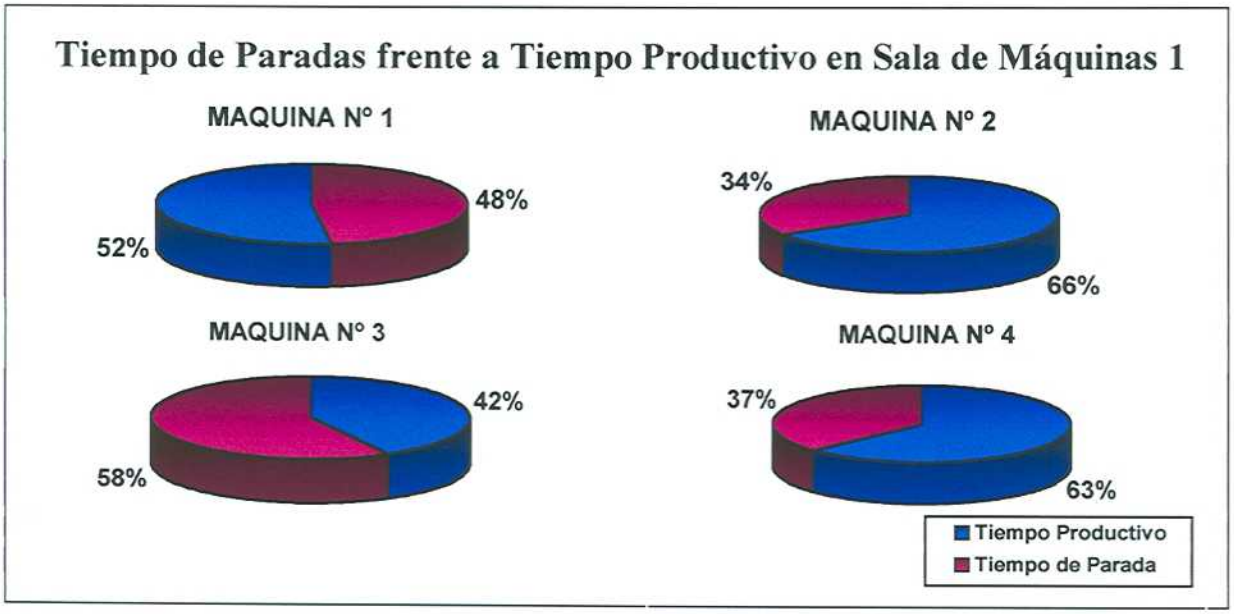


Figura 15. Tiempo de Paradas frente a Tiempo Productivo (Sala de Máquinas 1)

(Ver Anexo VII.22)

Total min. /hora	Tiempo Productivo	Tiempo Paradas
60	54,75%	45,25%

Tabla 8. Tiempo de Paradas frente a Tiempo Productivo (Sala de Máquinas 1) **Fuente:** Reportes de Operación de Máquinas

Las máquinas que conforman la sala operan en la empresa desde su fundación (año 1987), fecha desde la cual han venido trabajando ininterrumpidamente en la fabricación de cápsulas.

Durante la investigación se encuentra que, hasta los momentos, las máquinas de fabricación no han sido sometidas a un "Plan de Mantenimiento Preventivo" que vele por el buen estado y correcto funcionamiento de las diferentes partes y piezas que las conforman. Esto, aunado a la cantidad de años que las máquinas tienen trabajando, origina un estado de deterioro y desgaste que impide la correcta operación de los equipos.

Sin embargo, las paradas en máquinas no son el único factor que afecta a la Sala de Máquinas 1, también la gran cantidad de cápsulas defectuosas que se producen actualmente

repercuten en la baja productividad de esta sala. Con el fin de cuantificar los porcentajes de cápsulas de buena calidad se estudian los reportes de operación de máquinas tomando en cuenta el período Mayo 99 – Noviembre 99.

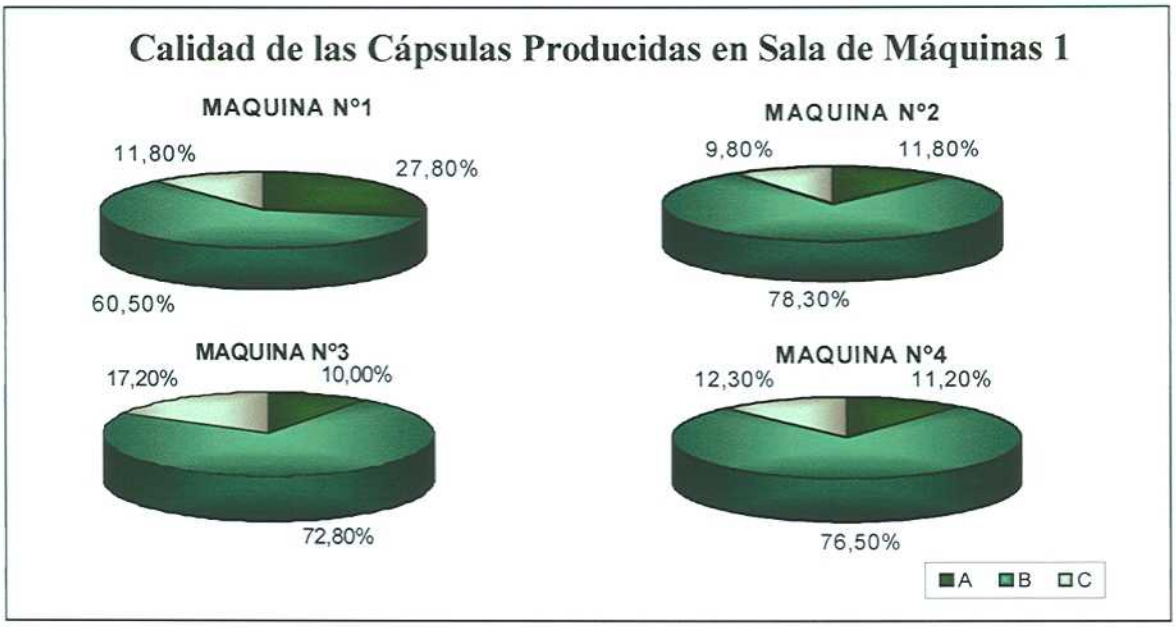


Figura 16. Calidad de las Cápsulas Producidas (Sala de Máquinas 1)

(Ver Anexo VII.22)

Cápsulas A (%)	Cápsulas B (%)	Cápsulas C (%)
15,20	72,03	12,77

Tabla 9. Calidad de las Cápsulas Producidas (Sala de Máquinas 1) **Fuente**: Reporte de Operación de Máquinas

Los defectos más comunes que presentan las cápsulas son: mala unión, cápsula partida, mala inmersión, cuerpo corto/largo, cápsula aplastada, cuerpo/tapa sin cortar, agujero por aceite, marca de sujetador, etc. Todos estos defectos se le atribuyen al funcionamiento de las máquinas. (Ver Anexo VII.23)

Por otra parte, después de conversaciones con el departamento de Control de Calidad, se establece que del total de cápsulas clasificadas con calidad B el 20%, aproximadamente, pasa a ser cápsulas de desecho. Así se tiene:

Desechos en Sala de Máquinas 1 = 27,18%

VII.2.2.2.- INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Se considera necesario utilizar indicadores que evalúen el proceso de fabricación en máquinas, en términos de productividad.

- Disponibilidad = $\frac{T_{total} - T_{paradas}}{Total} \times 100$

Tiempo Total (min/hora)	Tiempo Paradas (min/hora)	Disponibilidad (%)
60	27,15	54,75

Tabla 10. Disponibilidad de Máquinas (Sala de Máquinas 1) **Fuente:** Reportes de Operación de Máquinas

- Rendimiento por Hora – Máquina = $\frac{\text{Cápsulas producidas por hora}}{\text{N° de máquinas}}$

Valor	Cápsulas produc./hora	N° de máquinas	Rendimiento (cáps/H-Maq.)
Instalado	172.800	4	43.200
Real	58.887	4	14.722

Tabla 11. Rendimiento por Hora-Máquina (Sala de Máquinas 1) **Fuente:** Reportes de Producción y Manuales

- Rendimiento de Materia Prima = $\frac{\text{Cápsulas Producidas}}{\text{lt. de Solución de Gel Consumidos}}$

Este rendimiento se debe calcular para cada uno de los tamaños de las cápsulas que se fabrican, ya que los consumos de Solución de Gel varían de acuerdo con la dimensión de las cápsulas.

Tamaño de cápsulas	Consumo Teórico (lt/hora)	Consumo Actual (lt/hora)	Cápsulas buenas producidas (cáps./hora/máq.)	Rendimiento Teórico (cáps./lt./máq.)	Rendimiento Actual (cáps./lt./máq.)
1	4,77	6,07	14.722	3.087	2.425
2	3,85	4,90	14.722	3.824	3.004
3	3,14	4,00	14.722	4.689	3.680
4	2,66	3,38	14.722	5.535	4.355

Tabla 12. Rendimiento de Materia Prima (Sala de Máquinas 1) **Fuente:** Estándares de Consumo de M.P.

(Ver Anexo VII.24)

VII.2.2.3.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Al establecer la capacidad instalada del proceso de fabricación en la Sala de Máquina 1 y compararla contra la producción real, se puede determinar que existe un 65,9% de capacidad subutilizada, lo cual refleja la baja productividad del proceso, ya que se requiere consumir más Horas–Hombre, Horas–Máquina y materiales para producir un determinado número de cápsulas de lo que se necesitaría, si estos recursos se aprovecharan eficientemente.

VII.2.2.4.- IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS

De acuerdo con el diagnóstico realizado se tiene que el factor de mayor incidencia sobre la subutilización de la capacidad instalada en Sala de Máquinas 1 es el alto índice de paradas

que presentan las máquinas. Estas paradas si son prolongadas (por más de 3 minutos) traen como consecuencia la pérdida de la corrida, es decir, originan desechos.

Para atacar el problema de una manera eficaz, es necesario establecer las causas principales que originan los altos porcentajes de paradas. La labor conduce a un seguimiento detallado del funcionamiento de las máquinas, el cual es reforzado con un estudio minucioso de los reportes de operación elaborados semanalmente en esta área.

Del análisis se obtiene que las principales paradas en máquinas se deben a las siguientes causas: fallas mecánicas, fallas operativas y falta de Solución de Gel.

- *Fallas Mecánicas:* Se refiere a todos aquellos desperfectos que impiden el correcto funcionamiento de las máquinas y originan defectos en cápsulas.
- *Fallas Operativas:* Se refiere a aquellos desajustes en los controles que regulan parámetros de viscosidad y temperatura en las cápsulas. Estas fallas se imputan directamente a la labor del operario.
- *Falta de Solución de Gel:* Esta situación se origina cuando las máquinas deben interrumpir sus operaciones por falta de la Solución de Gel.

Una vez detectadas las causas principales se construye el diagrama de Pareto:

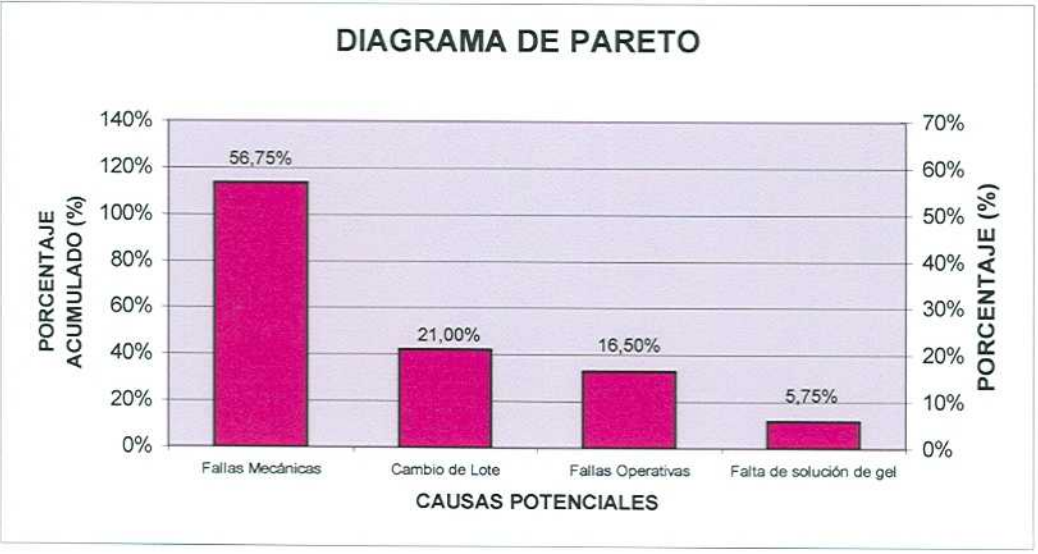


Diagrama 3. Diagrama de Pareto

(Ver Anexo VII.22)

Al analizar el diagrama de Pareto se puede detectar que las fallas mecánicas son las que tienen mayor incidencia sobre el problema; por tal motivo, se centrarán los esfuerzos de mejora sobre este tipo de fallas.

VII.2.2.5.- PROPUESTAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Al concluir el análisis de causas se propone:

- ***Reacondicionamiento de Máquinas de Fabricación de Cápsulas***

Se propone realizar un reacondicionamiento de las máquinas que incluya la reposición de todas las piezas y partes mecánicas desgastadas.

Pasos a seguir:

Para llevar a cabo esta propuesta se requiere:

- Hacer una revisión detallada en cada una de las máquinas, que permita determinar todas aquellas piezas o sistemas que deben ser reemplazados.
- Contactar diferentes proveedores especializados en las partes y piezas de las mismas.

Costo:

Luego de la evaluación realizada por una empresa externa experta en el área, se determinó que el costo del reacondicionamiento de las máquinas de fabricación asciende a 162.000.000 Bs. (Ver Anexo VII.25). A este valor se le debe agregar un 30% adicional por concepto de flete, impuestos, traslado e instalación. Así se tiene:

COSTO DE REACONDICIONAR 4 MÁQUINAS = 230.823.538 Bs.

No se considera necesario realizar un análisis económico para determinar si reacondicionar las máquinas es más rentable que sustituirlas, ya que el costo del reacondicionamiento es sumamente inferior al de sustitución, el cual se estima alrededor de 1.812.200.000 Bs.

- ***Desarrollo de un Plan de Mantenimiento Preventivo.***

Se propone desarrollar un plan de mantenimiento preventivo que incluya tanto la generación del sistema de mantenimiento como la implantación del plan.

Pasos a seguir:

1.- Generar el sistema de mantenimiento preventivo:

1.1.-Crear el expediente de cada una de las máquinas donde aparezca información como: marca, modelo, serial, fabricante, fecha de adquisición, etc.

1.2.- Crear manuales de mantenimiento para cada una de las máquinas.

1.3.- Establecer las actividades de mantenimiento que se deben ejecutar.

1.4.- Definir la frecuencia con que se debe realizar cada actividad, utilizando para ello un cronograma de actividades.

1.5.- En función del cronograma de actividades, planificar la cantidad de repuestos y consumibles que se deben tener en almacén, de manera de poder realizar satisfactoriamente las actividades.

1.6.- Elaborar las órdenes de mantenimiento.

1.7.- Diseñar el flujo que debe seguir la orden de trabajo, desde que se emite hasta que se culmina satisfactoriamente la actividad.

1.8.- Revisar la estructura organizativa del departamento de Mantenimiento, con el fin de realizar los cambios necesarios y distribuir el trabajo a cada uno de los entes que la conforman para que el sistema funcione adecuadamente.

Elaborar los procedimientos de contratación para aquellas actividades que deben ser ejecutadas por una empresa externa experta en el área.

2.- Implantar el plan de mantenimiento preventivo

2.1.- Dictar entrenamiento a los mecánicos y jefes del área de mantenimiento para garantizar la correcta ejecución de las actividades.

2.2.- Contratar al personal técnico especializado que sea necesario.

Se considera importante señalar que el desarrollo de este plan de mantenimiento debe ser llevado a cabo por una compañía externa diestra en el área, ya que la empresa en estudio no posee los recursos para realizar esta labor por sí misma.

Costo:

Luego de conversaciones con una compañía externa experta en el área, se puede estimar que el costo de generación del sistema es, aproximadamente, 10.000.000 Bs. Para conocer el costo de implantación del plan, es indispensable generar el sistema de mantenimiento, ya que con él se levanta la información de los costos concernientes a materiales, stock de repuestos, contratación de personal y/o compañías externas, y otros. No obstante, para objeto de la investigación se estima que este costo oscila alrededor de 1.440.000 Bs.

COSTO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO = 11.440.000 Bs.

Beneficio:

Tras conversaciones con la Gerencia de Producción y Mantenimiento, y tomando en cuenta los beneficios que aporta el plan de mejoras según las compañías encargadas de su desarrollo, se espera que la implantación de dicho plan reduzca las paradas en máquinas en

un 80% aproximadamente. Esto a su vez contribuye a la obtención de un mayor volumen de cápsulas de buena calidad, pues se reducen las fallas en máquinas que originan defectos y, los parámetros de operación de las mismas alcanzan mayor estabilidad.

En lo que respecta a la productividad, se tiene:

- Disponibilidad

T_{total} (min)	$T_{paradas}$ actual (min./hora)	$T_{paradas}$ propuesto (min/hora)	Disponibilidad actual (%)	Disponibilidad Propuesta (%)
60	27,15	14,82	54,75	75,30

Tabla 13. Disponibilidad de Máquinas después de Propuestas (Sala de Máquinas 1) **Fuente:** Propia

- Rendimiento por Hora-Máquina

Valor	Cápsulas producidas/hora	Nº de máquinas	Rendimiento (cáps/hora/máq.)
Instalado	172.800	4	43.200
Real	58.887	4	14.722
Propuesto	130.120	4	32.530

Tabla 14. Rendimiento por Hora-Máquina después de Propuestas (Sala de Máquinas 1) **Fuente:** Propia

- Rendimiento de Materia Prima

Tamaño de cápsulas	Consumo actual (lt/horas)	Consumo propuesto (lt/hora)	Cápsulas producidas (cáps/hora/máq)	Rendimiento actual (cáps./lt)	Rendimiento propuesto (cáps./lt)
1	6,07	5,03	14.722	2.425	2.927
2	4,90	4,06	14.722	3.004	3.626
3	4,00	3,31	14.722	3.680	4.448
4	3,38	2,80	14.722	4.355	5.258

Tabla 15. Rendimiento de Materia Prima después de propuestas (Sala de Máquinas 1) **Fuente:** Propia

Según las estimaciones realizadas por parte de la Gerencia de Producción y Control de Calidad, con la implantación de las propuestas se obtienen, aproximadamente, los siguientes niveles de calidad: A = 50%, B = 45%, C = 5%.

Con la disminución de las paradas y de los porcentajes de desechos se obtiene:

Cápsulas adicionales producidas = 462.393.360 cáps./año
(Ver Anexo VII.26)

Utilidad por concepto de cápsulas adicionales producidas = 532.007.031 cáps./año
(Ver Anexo VII.27)

VII.2.3.- SALA DE MÁQUINAS 2

VII.2.3.1.-DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL

La subutilización de la capacidad instalada en Sala de Máquinas 2 es de 26,8% aproximadamente. Para identificar el porqué de esta situación, se hace un estudio acerca del funcionamiento actual de esta sala de fabricación, encontrándose lo siguiente:

Industrias Capsuvar S.A., contaba inicialmente con cuatro máquinas para la fabricación de su producto. En su afán de ampliar su capacidad productiva, decidió en 1998 adquirir cuatro máquinas nuevas de tecnología más avanzada, adquiriendo también el sistema de secado de cápsulas especialmente diseñado para acoplarse con el funcionamiento de estas máquinas.

Este sistema de secado llegó a la planta y de inmediato fue instalado, comprobándose así su correcto funcionamiento. Poco tiempo después se recibió una de las máquinas, la cual tuvo que ser rechazada ya que tenía serios problemas mecánicos que le impidieron trabajar correctamente, por lo que no se pudo fabricar cápsula alguna. Así pues, la empresa decidió cancelar el pedido.

Debido a esta situación, fue necesario contactar otro proveedor que suministrara las cuatro máquinas antes mencionadas, el cual envió dos de ellas en primera instancia. Al poner en funcionamiento las dos máquinas nuevas, la empresa observó que no era necesario adquirir las dos restantes puesto que ya se habían alcanzado los niveles de producción requeridos, ya que se trata de equipos de tecnología de punta y de altas velocidades de fabricación.

El sistema de secado antes mencionado no presentó ningún inconveniente en su funcionamiento por lo que no hubo necesidad de rechazarlo. Es así como actualmente se encuentra operando con las máquinas nuevas, aún cuando no fue diseñado para éstas, lo que ha generado que el funcionamiento de las máquinas no esté sincronizado con dicho sistema, ya que la velocidad de secado de las cápsulas es inferior a la velocidad de fabricación de las máquinas.

Adicionalmente este sistema no es capaz de controlar los parámetros que determinan las condiciones del aire de secado de las cápsulas (temperatura y humedad relativa).

A continuación se presenta una breve descripción del sistema de secado actual:

Descripción del Funcionamiento del Sistema de Secado.

El sistema de secado de cápsulas se basa principalmente en el suministro de un aire acondicionado a ciertos rangos de temperatura y humedad relativa. La obtención de este aire depende del funcionamiento de diferentes equipos, que al trabajar en conjunto dan lugar a las características especificadas para garantizar una correcta labor de secado.

Dentro de los principales equipos que conforman el sistema, se tiene:

1. Unidad de Manejo de Aire (U.M.A).

Este equipo se encarga de succionar aire del ambiente, por medio de un ventilador, para luego descargarlo a un ducto. Su capacidad se mide en función del caudal de aire que maneja.

La unidad que opera actualmente no posee ningún tipo de control que regule automáticamente las características de temperatura y humedad relativa del aire que succiona. Además maneja un caudal que resulta insuficiente para realizar el secado si la máquina trabaja a su velocidad nominal.

Las características de la U.M.A. actual son:

Caudal	7.000 CFM (pie^3 /min)
Potencia nominal del motor	7,5 HP
Velocidad del ventilador	1.033 RPM

Cuadro 3. Características de la U.M.A del Sistema de Secado Actual.

2. Unidad de Deshumidificación de Aire (KATHABAR)

El Kathabar es un equipo que se encarga de extraer humedad del aire que proviene del ambiente.

La unidad que opera con el sistema de secado actual tiene una capacidad nominal de 16.000 CFM, la cual es suficiente para satisfacer los requerimientos de aire del sistema. Sin embargo, el principal inconveniente que presenta el equipo es la ausencia de controles que aseguren una estabilidad adecuada en los parámetros del aire liberado: temperatura y humedad. Estos parámetros se encuentran fluctuando fuera del rango que se considera óptimo para el proceso, en aproximadamente ± 1°F y ±1% de humedad relativa.

Para conocer con detalle el funcionamiento del Kathabar (Ver Anexo VII.28)

3. Chiller

Es un equipo de refrigeración cuya función principal es extraer calor de cualquier medio, en este caso agua.

Este equipo juega un papel muy importante en todo el sistema de secado, ya que las fluctuaciones en el suministro de agua fría producen fluctuaciones en los rangos recomendados para la temperatura y la humedad del aire liberado del Kathabar.

Para conocer el principio de funcionamiento de este equipo (Ver Anexo VII.29)

4. Hornos de Secado

Como ya se ha mencionado anteriormente, la máquina de fabricación posee cuatro hornos encargados del secado de las cápsulas. Es importante mencionar que durante el recorrido de secado la tapa y el cuerpo de la cápsula están separados, razón por la cual cada uno de los hornos se divide en dos, uno para la tapa y uno para el cuerpo.

Los hornos secadores poseen internamente sistemas que le permiten controlar la temperatura y el caudal de aire que manejan.

El control que regula el caudal de aire (Damper) en la actualidad permite el paso del 100% del flujo de aire del sistema. Sin embargo, este flujo resulta insuficiente para realizar un correcto secado trabajando a la velocidad nominal de la máquina.

Una vez descritos los equipos que conforman el sistema de secado, es importante señalar el recorrido actual del aire.

Recorrido Actual del Aire de Secado

En vista de que el sistema de secado con el que se cuenta actualmente no está sincronizado con el funcionamiento de las máquinas de fabricación, fue necesaria la búsqueda de un recorrido de aire que garantizara el correcto secado de las cápsulas, aprovechando al máximo la capacidad de los equipos adquiridos y el sistema de ducterías instalado. De esta manera se obtuvo la mejor combinación posible de los equipos que conforman el sistema.

El recorrido actual del aire se puede apreciar en el Anexo VII.30.

Este sistema de secado está en capacidad de producir cápsulas de buena calidad. Sin embargo, el sistema no fue diseñado para trabajar con las máquinas que operan actualmente, razón por la cual las velocidades de secado no se encuentran acopladas con las velocidades de fabricación originando así mayor lentitud en el proceso. Adicionalmente el funcionamiento de las máquinas, en muchas ocasiones, se ve interrumpido ya que cada vez que existen fluctuaciones en los parámetros del aire se deberá suspender la inmersión para evitar la fabricación de cápsulas defectuosas.

OPERACIÓN	VELOCIDAD
Secado	810 Cáp./ min.
Fabricación en máquinas	1.080 Cáp./min.

Cuadro 4. Velocidades del Sistema de Secado y de las Máquinas de Fabricación

Para cuantificar las pérdidas de tiempo, en Sala de Máquinas 2, se recurre a los reportes de operación de máquinas, los cuales arrojan los siguientes resultados:

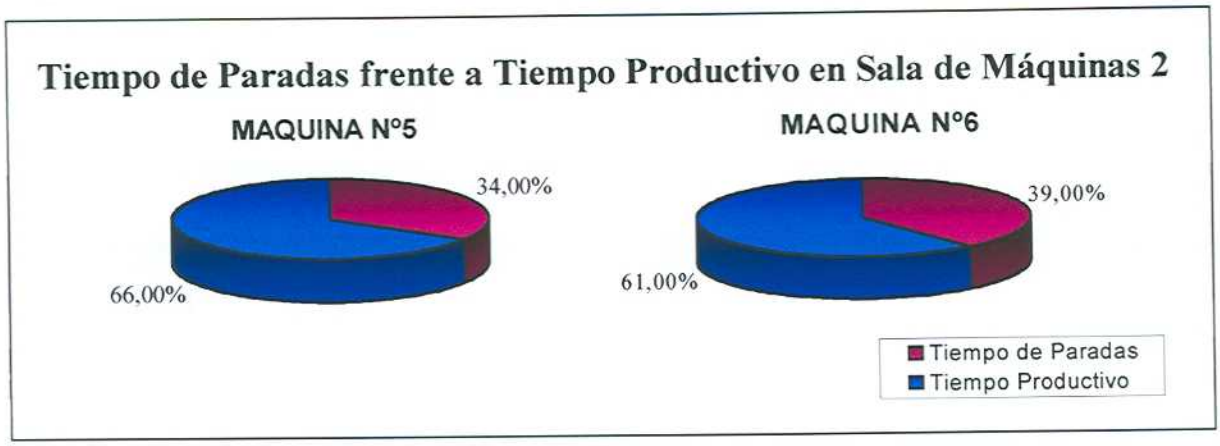


Figura 17. Tiempo de Paradas frente a Tiempo Productivo (Sala de Máquinas 2)
(Ver Anexo VII.22)

Total min./hora	Tiempo Productivo	Tiempo Paradas
60	63,5 %	36,5 %

Tabla 16. Tiempo de Paradas frente a Tiempo Productivo (Sala de Máquinas 2) **Fuente:** Reportes de Operación de Máquinas

Además de las pérdidas de tiempo a consecuencia de las paradas en máquinas, se pudo conocer, a través de los reportes de operación, que en esta sala se produce gran cantidad de cápsulas de baja calidad. De esta forma para cuantificar los porcentajes de este tipo de cápsulas se toman en cuenta, al igual que en la Sala de Máquinas 1, los reportes de operación del período Mayo 99 – Noviembre 99.

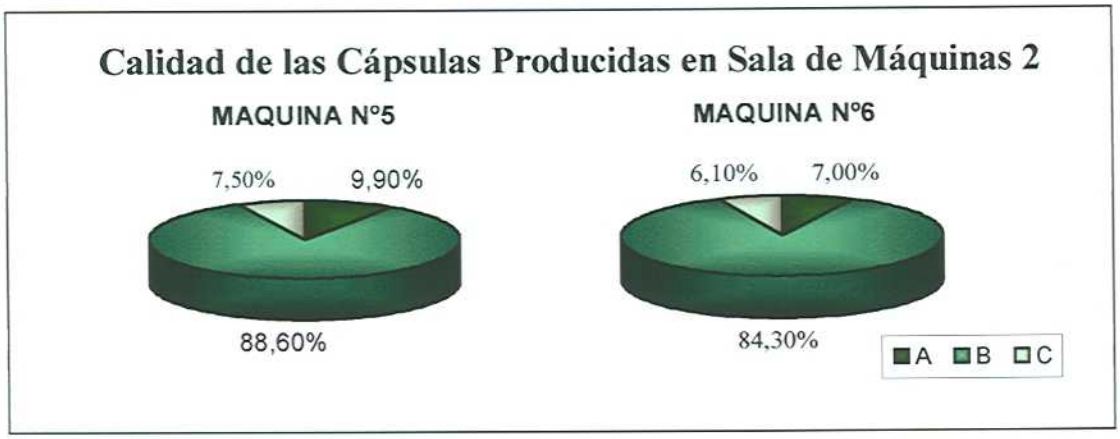


Figura 18. Calidad de las Cápsulas Producidas (Sala de Máquinas 2)
(Ver Anexo VII.22)

Cápsulas A (%)	Cápsulas B (%)	Cápsulas C (%)
8,45	83,45	8,10

Tabla 17. Calidad de las Cápsulas Producidas (Sala de Máquinas 2) **Fuente:** Reportes de Operación de Máquinas

Desechos en Sala de Máquinas 2 = 24,80%

VII:2.3.2.- INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

La evaluación de la productividad en Sala de Máquinas 2 se hace a través de los siguientes indicadores:

- Disponibilidad = $\frac{T_{total} - T_{paradas}}{T_{total}} \times 100$

Tiempo Total (min./hora)	Tiempo Paradas (min./hora)	Disponibilidad (%)
60	21,9	63,5

Tabla 18. Disponibilidad de Máquinas (Sala de Máquinas 2) **Fuente:** Reportes de Operación de Máquinas

- Rendimiento por Hora-Máquina = $\frac{\text{N° de cápsulas producidas por hora}}{\text{N° de máquinas}}$

Valor	Cáps. Produc./hora	N° de máquinas	Rendimiento (cáps./hora/máq)
Instalado	97.200	2	48.600
Actual	71.135	2	35.568

Tabla 19. Rendimiento por Hora-Máquina (Sala de Máquinas 2) **Fuente:** Reportes de Producción y Manuales

- Rendimiento de Materia Prima = $\frac{\text{Cápsulas Producidas}}{\text{lt. de Solución de Gel consumidos}}$

Tamaño de cápsula	Consumo teórico (lt./hora)	Consumo actual (lt./hora)	Cápsulas buenas prod.	Rendimiento Teórico (cáps./lt)	Rendimiento Actual (cáps./lt)
0	14,05	17,53	35.568	2.532	2.029

Tabla 20. Rendimiento de Materia Prima (Sala de Máquinas 2) **Fuente:** Estándares de Consumo de M.P.

(Ver Anexo VII.31)

Este rendimiento se calcula sólo para el formato 0, ya que en esta sala de máquinas se fabrica únicamente este tipo de cápsulas.

VII.2.3.3.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema del proceso de fabricación de cápsulas en la Sala de Máquinas 2 radica en la falta de acoplamiento entre el sistema de secado y las máquinas, lo que restringe la velocidad de las mismas y, a menudo, provoca interrupciones en las operaciones.

VII.2.3.4.- IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS

La causa que origina la falta de sincronización entre las máquinas de fabricación y el sistema de aire está plenamente identificada, y es la siguiente: "el diseño del sistema de secado actual no es el adecuado para operar bajo las condiciones de las máquinas 5 y 6".

Las principales fallas en el diseño se presentan en los siguientes aspectos:

- Recorrido del aire.
- Capacidades de los equipos.
- Controles en los equipos.

Por esta razón no se considera necesario construir un diagrama causa-efecto y mucho menos una gráfica de Pareto, pues la causa que da origen al problema ya se ha identificado.

VII.2.3.5.- PROPUESTAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

- ***Desarrollar un nuevo Sistema de Secado***

Para mejorar el sistema de secado que se encuentra operando actualmente, es necesario realizar inversiones en mejoras de los equipos existentes, adquisición de nuevos equipos, nuevos sistemas de ducterías, etc.

A continuación se presenta el conjunto de acciones correctivas que se deben tomar para desarrollar el nuevo sistema de secado. La elaboración de dichas propuestas está soportada por la evaluación técnica realizada por una compañía experta en el área, la cual envió ingenieros y técnicos con la finalidad de estudiar y analizar los datos relacionados con las operaciones del sistema y así llegar a conclusiones finales para el mejoramiento del mismo.

Sistema de Deshumidificación de Aire (Kathabar).

- Agregar un nuevo controlador que envie señales rápidas al sistema para mantener estables los parámetros de temperatura y humedad en el ducto de descarga.

Unidad de Manejo de Aire (U.M.A.)

- Adquirir una nueva unidad de manejo de aire.

Se propone adquirir una nueva U.M.A. que tenga incorporada una caja de mezclado de aire que permita controlar los parámetros de temperatura y humedad relativa en la admisión.

Adicionalmente el equipo debe poseer las siguientes características:

Caudal	12.000 CFM
Potencia nominal del motor	10 HP
Velocidad del ventilador	1.250 RPM

Cuadro 5. Características de la U.M.A para el Sistema de Secado Propuesto

Conductos de Aire

- Todas las compuertas (Dampers) deben cerrar herméticamente para evitar fugas de aire.
- Todas las salidas de aire en los hornos deben poseer dampers de balanceo manual, de manera de controlar los flujos de aire para cada tamaño de cápsula.
- Instalación de serpentines de enfriamiento, en cada uno de los hornos de las máquinas, que permitan controlar de forma exacta la temperatura.
- Instalación de sensores de temperatura y humedad relativa en las entradas y salidas de los ductos.
- Instalación de activadores automáticos en los dampers que cierren las compuertas, para eliminar el flujo de aire en una parada repentina de la máquina, evitando así que las cápsulas en proceso se resequen.
- Eliminar las fugas existentes en los conductos de aire.

Sistema de Agua Fría

- Utilizar válvulas de control de agua fría de rápida respuesta, que garanticen parámetros estables.
- Colocar válvulas que regulen la cantidad de agua que entra al serpentín y eviten la caída de presión en las tuberías (válvulas de 3 vías).

Páneles de Control

- Incrementar la capacidad del sistema PLC actual adicionando un nuevo pánel de control, que permita recibir las señales de temperatura y humedad en los hornos, y regular estos parámetros si así se requiere.

Recorrido del aire

Todas las mejoras señaladas anteriormente se han elaborado en función del recorrido del aire diseñado para el nuevo sistema de secado. (Ver Anexo VII.32)

Además del nuevo sistema de secado, es necesario incluir estas máquinas al plan de mantenimiento preventivo propuesto en sala de máquinas 1, ya que ésta es una manera de garantizar el correcto funcionamiento de los equipos a lo largo de su vida útil.

Pasos a seguir:

El conjunto de mejoras debe ser llevado a cabo por una empresa contratada especialmente para este fin, a la cual la compañía le remunerará por sus servicios de outsourcing. Dicha empresa ha demostrado solidez y responsabilidad en negociaciones anteriores con la compañía. Por esta razón es recomendable evaluar las propuestas planteadas para establecer la factibilidad de su ejecución.

Una vez evaluada la viabilidad de las propuestas, en términos económicos y operativos, quedará de parte de la gerencia tomar la decisión de invertir o no en la ejecución del proyecto.

Costo:

Al estimar el costo del desarrollo del nuevo sistema de secado se tiene:

PROPUESTAS	COSTO (Bs.)
Kathabar	4.795.360
U.M.A.	17.982.600
Conductos de aire	16.658.300
Hornos de secado de las máquinas	1.784.320
Sistema de agua fría	16.379.500
Sistema de agua caliente	16.379.500
Páneles de Control	9.339.800
TOTAL	**83.319.380**

Cuadro 6. Detalle de Costos del Sistema de Secado Propuesto **Fuente:** Cotización del Sistema de Secado Propuesto

(Ver Anexo VI.33)

A este valor se le debe agregar un 30% adicional por concepto de flete, impuesto, traslado e instalación.

Costo de Nuevo Sistema de Secado: 108.315.194 Bs.

Beneficio:

Para establecer el beneficio de este plan de mejoras no se puede hacer identificando los beneficios que aporta cada una de las acciones por separado, ya que es un sistema que trabajará en conjunto para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos disponibles en el área de fabricación (Sala de Máquinas 2).

La empresa contratada estima que una vez rediseñado el sistema de secado, las paradas en máquinas y los desechos producidos se ven reducidos en un 85%.

- Disponibilidad

Ttotal (min.)	Tparadas actual (min./hora)	Tparadas propuesto (min./hora)	Disponibilidad Actual (%)	Disponibilidad Propuesta (%)
60	21,9	3,3	63,5	94,5

Tabla 21. Disponibilidad de Máquinas después de Propuestas (Sala de Máquinas 2) **Fuente:** Propia

- Rendimiento por Hora-Máquina

Valor	Cápsulas producidas/hora	Nº de máquinas	Rendimiento (cáps./hora/máq)
Actual	71.135	2	35.568
Propuesto	122.504	2	61.258

Tabla 22. Rendimiento por Hora-Máquina después de Propuestas (Sala de Máquinas 2) **Fuente:** Propia

- Rendimiento de Materia Prima

Tamaño de cápsulas	Consumo actual (lt/horas)	Consumo propuesto (lt/hora)	Cápsulas buenas	Rendimiento actual (cáps./lt)	Rendimiento propuesto (cáps./lt)
0	17,53	14,75	35.568	2.029	2.411

Tabla 23. Rendimiento de Materia Prima después de Propuestas (Sala de Máquinas 2) **Fuente:** Propia

Finalmente con la reducción de las paradas y los porcentajes de desechos se tiene:

Cápsulas adicionales producidas = 334.970.064 cáps./año
(Ver Anexo VII. 34)

Ingresos por concepto de cápsulas adicionales producidas = 377.369.629 cáps./año
(Ver Anexo VII.35)

El beneficio principal que brinda este plan de mejoras radica en que la capacidad instalada se ve incrementada, pues el nuevo sistema de secado se acopla perfectamente al funcionamiento de las máquinas, permitiendo que éstas trabajen a su velocidad nominal (1.080 cáps./min).

VII.3.- INSPECCIÓN DE CÁPSULAS

VII.3.1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

La inspección de las cápsulas elaboradas es una etapa valiosa que permite culminar con éxito el proceso de fabricación.

Las cápsulas producidas en Sala de Máquinas, que han sido clasificadas como A ó B son enviadas al área de inspección, donde son examinadas visualmente por clasificadores que se encargan de retirar las cápsulas defectuosas. Posteriormente, el lote pasa a una inspección AQL (Admintance Quality Level) en la que se realiza un muestreo según tablas

militares (U.S.P.), para verificar si cumple con el nivel de calidad aceptable, en caso de no cumplir deberá ser examinado nuevamente por los clasificadores.

El proceso se repite las veces que sea necesario hasta que la inspección (AQL) dé su aprobación en cuyo caso el lote será sometido a una inspección final que asegure, aún más, la calidad de las cápsulas.

Finalmente el lote será embalado para ser esterilizado y despachado posteriormente.

VII.3.2.- DIAGNÓSTICO DE SITUACIÓN ACTUAL

El proceso de inspección presenta un 50,55% de capacidad subutilizada.

Al analizar esta etapa del proceso se encuentra que los clasificadores se ven en la necesidad de reinspeccionar muchas veces un lote para lograr su aprobación, lo que provoca un incremento en los tiempos de inspección.

La situación pone en evidencia lo poco productivo que resulta este proceso actualmente.

VII.3.3.- INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

La evaluación de la productividad del proceso de inspección se realiza a través del siguiente indicador:

$$\text{Rendimiento de Horas-Hombre} = \frac{\text{Nº de Cápsulas Inspeccionadas}}{\text{Tiempo Consumido}}$$

Valor	Nº de Cáps. Inspeccionadas	Tiempo Consumido (min.)	Rendimiento (cáps./h.)
Instalado	100.000	90	66.667
Actual	100.000	182	32.967

Tabla 24. Rendimiento de las Horas-Hombre (Inspección) **Fuente:** Reportes de Inspección y Tiempos Estándar

VI.3.4.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

El problema que afecta al proceso en estudio es que actualmente para la inspección se emplea, aproximadamente, el doble del tiempo que se debería emplear según los tiempos estándares establecidos.

VII.3.5.- IDENTIFICACIÓN DE CAUSAS

Al realizar observaciones directas sobre las actividades de inspección se aprecia que el tiempo necesario para inspeccionar un lote está directamente relacionado con la cantidad de

cápsulas defectuosas que presente el mismo, pues mientras mayor es la cantidad de defectos en el lote es necesario reducir la velocidad de inspección y adicionalmente realizar más reinspecciones, para asegurar la calidad final del producto.

Es así como se establece que la causa principal del problema que aqueja a este proceso es la gran cantidad de defectos que presentan las cápsulas a ser inspeccionadas.

Como se sabe los defectos en cápsulas se originan en las salas de máquinas por diferentes factores relacionados con la operación de las máquinas de fabricación, razón por la cual la causa raíz del problema se ubica en la etapa de fabricación de cápsulas.

VII.3.6.- PROPUESTAS Y ACCIONES CORRECTIVAS

Se propone ejecutar las acciones correctivas recomendadas para la etapa de fabricación en máquinas pues aquí ya se estudió la problemática de la calidad de las cápsulas producidas y dichas acciones van dirigidas a la reducción de defectos.

De esta manera, la ejecución de estas acciones impacta positivamente al proceso de inspección, ya que los lotes tendrán un nivel de calidad mayor, lo que facilitará este trabajo.

Costo:

Este departamento no requiere de ninguna inversión adicional, ya que con la inversión propuesta en Sala de Máquinas se ataca de manera directa el problema en estudio.

Beneficio:

Con la reducción de los porcentajes de cápsulas defectuosas se logra una disminución de los tiempos de inspección.

Tomando en cuenta que el tiempo de inspección se relaciona directamente con el porcentaje de defectos presentes en cada lote, se puede establecer:

Tiempo de Inspección	
Actual	182 min.
Propuesto	110 min.

Tabla 25. Tiempo de Inspección después de Propuestas **Fuente:** Propia

En cuanto a la productividad se tiene:

- Rendimiento de Horas-Hombre

Valor	N° de cápsulas inspeccionadas	Tiempo consumido (min.)	Rendimiento (cáps./hora)
Actual	100.000	182	32.967
Propuesto	100.000	110	54.545

Tabla 26. Rendimiento de las Horas-Hombre después de Propuestas (Inspección) **Fuente:** Propia

CAPÍTULO VIII

RESULTADOS

VIII.- RESULTADOS

Con el fin de recopilar los beneficios que trae consigo la ejecución de este proyecto y de evaluar la rentabilidad del mismo se construye el capítulo que se presenta a continuación.

VIII.1.- Departamento de Fabricación de Solución de Gel

Inversión:

	Costo (Bs.)
- Calibración del tanque de agitación (Melter)	S/C
- Revisión de la validez entre el agua y el Gel Granulado	S/C
- Elaboración de un nuevo formato "Control de Fundición de Gel"	S/C
- Instalación del sistema agua desmineralizada	2.900.000
- Calibración de tanques de alimentación	82.510
- Adquisición de un viscosímetro de mayor precisión	5.260.000
- Preparación a diario de la solución colorante requerida por día	S/C
- Acondicionamiento del ambiente de trabajo	8.112.217
Inversión Total	**16.354.727**

Beneficio:

Con la implantación de estas propuestas se logrará reducir el tiempo de preparación de la Solución de Gel de 143 min./tanque a 80min/tanque con lo cual se eliminan las horas extras de trabajo. En términos monetarios se tiene:

Ahorro = 9.420.000 Bs./año

Es importante mencionar que este ahorro está calculado con base en los costos de sobretiempo del año 1.999, por lo tanto al tomar en cuenta el índice inflacionario, se puede establecer que para los años siguientes este ahorro tendrá mayor impacto sobre la inversión. Para determinar la rentabilidad de la inversión se establecen los siguientes indicadores.

PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN = 21 meses
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) = 77,93%

(Ver cálculos en anexo VIII.1)

En cuanto al aumento de la productividad se tiene:

- Rendimiento de las Horas-Hombre

Indicador	Antes de Propuestas	Después de Propuestas	Aumento
Rendimiento (lt/h-h)	19,17	25,25	31,71%

Tabla 27. Aumento del Rendimiento de las Horas-Hombre (Fabricación de Solución de Gel)

En este departamento se implantaron, durante el período Mayo 99-Noviembre99, las siguientes propuestas:

- Calibración del tanque de agitación (Melter)

- Revisión de la validez entre el agua y el Gel Granulado
- Elaboración de un nuevo formato "Control de Fundición de Gel"
- Instalación del sistema de suministro de agua desmineralizada
- Adquisición de un viscosímetro de mayor precisión
- Preparación a diario de la solución colorante requerida por día

Para finales del mes de Noviembre se pudieron medir los siguientes resultados:

Reducción del Sobretiempo Diurno = 48,60%
Reducción del Sobretiempo Nocturno = 93,54%
(Ver Capítulo VI.1.7)

VIII.2.- Departamento de Fabricación de Cápsulas (Sala de Máquinas 1 y 2)

Inversión:

Sala de Máquinas 1	Costo (Bs.)
- Reacondicionamiento de máquinas de fabricación	230.823.538
- Desarrollo de un Plan de Mantenimiento Preventivo	11.440.000
Inversión (Sala 1)	242.623.538

Sala de Máquinas 2	Costo (Bs.)
- Desarrollo de un nuevo sistema de secado	108.315.194
Inversión (Sala 2)	108.315.194
Inversión Total	**350.578.777**

Beneficio:

Con la ejecución de las propuestas se logra un aumento de la capacidad de producción de:

Aumento de la Capacidad de Producción = 797.363.424 cáps./año
(Ver Capítulo VI.2)

Estas cápsulas adicionales no se venderán todas en el primer año ya que la demanda actual no es suficiente. Sin embargo, la empresa espera tener un crecimiento de 8% aproximadamente interanual y además desea ganar el 15% del mercado colombiano actual a lo largo de 5 años, con lo cual se proyecta que para esa fecha ya se habrán alcanzado los niveles de demanda para colocar todas estas cápsulas en el mercado.

Es así como el ingreso adicional que representa esta inversión aumenta con el pasar de los años, obteniéndose:

Figura 19. Proyección Interanual de los Ingresos

En cuanto a la rentabilidad de la inversión se tiene:

PERÍODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (PRI) = 18 MESES
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) = 56,4 %

(Ver cálculos en anexo VIII.2)

En términos de productividad:

	Indicador	Antes de Propuestas	Después de Propuestas	Aumento
Sala de Máquinas 1	Disponibilidad de Máquinas	54,75 %	75,30%	37,53 %
	Rendimiento por Hora-Máquina	14.722 cáps/h	32.530 cáps./h	121,00 %
	Rendimiento de Materia Prima	3.209,15 cáps./lt	3.874,21 cáps./lt	20,70 %
Sala de Máquinas 2	Disponibilidad de Máquinas	63,50 %	94,50 %	48,82 %
	Rendimiento por Hora-Máquina	35.568 cáps./h	61.258 cáps./h	72,23 %
	Rendimiento de Materia Prima	2.029 cáps./lt	2.411 cáps/lt	18,83 %

Tabla 28. Aumento de Indicadores Parciales de Productividad (Sala de Máquinas)

VIII.3.- Departamento de Inspección

Este departamento no requiere de ninguna inversión, puesto que se ve favorecido de manera directa con las propuestas realizadas para Salas de Máquinas (1 y 2).

Beneficio:

El principal beneficio que se presenta en este departamento es la reducción del tiempo de inspección, lo cual tiene un impacto directo sobre la productividad.

En lo que se refiere a la productividad:

- Rendimiento de Horas-Hombre

Indicador	Antes de Propuestas	Después de Propuestas	Aumento
Rendimiento (Cáps./h)	32.967	54.545	65,45 %

Tabla 29. Aumento del Rendimiento de Horas-Hombre (Inspección)

Utilización de la capacidad instalada después de propuestas

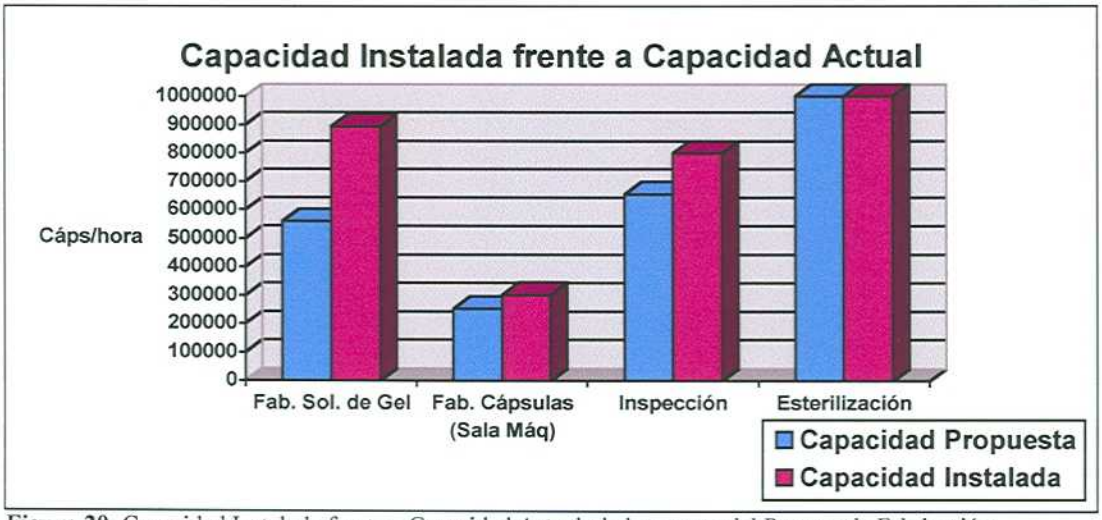


Figura 20. Capacidad Instalada frente a Capacidad Actual de las etapas del Proceso de Fabricación después de propuestas

Departamento	Antes de Propuestas	Después de Propuestas
Fab. Solución de Gel	35,07 %	62,5 %
Salas de Máquinas	48,15 %	83,4 %
Inspección	49,45 %	81,81 %
Esterilización	100 %	100 %

Tabla 30. Utilización de la Capacidad Instalada después de Propuestas.

Con la realización de este proyecto se logra una mejor utilización de los recursos disponibles, lo cual se relaciona de manera directa con un incremento de la productividad.

	Antes de Propuestas	Después de Propuestas
Indice deProductividad Total	0,53 cápsulas / Bs.	0,73 cápsulas / Bs.

(Ver Anexo VIII.3)

AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD TOTAL = 20%

CAPÍTULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IX.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

IX.1.- CONCLUSIONES

- ✓ El análisis de la utilización de la capacidad instalada es una buena estrategia para detectar aquellos procesos que brindan una oportunidad importante para mejorar la productividad.
- ✓ Después de ver los resultados del estudio de tiempos se puede inferir que el tiempo que pierde el operario del departamento de Fabricación de Solución de Gel (gelatinero) es muy alto. Esto se debe a factores como: falta de estandarización de procesos, falta de calibración de equipos y deficientes condiciones del ambiente de trabajo.
- ✓ La estandarización de los procesos es de suma importancia para la obtención de resultados uniformes, ya que los resultados son constantes independientemente del operario que ejecute la labor.
- ✓ La falta de un mantenimiento preventivo provoca una disminución de la productividad, ya que el tiempo operativo de los equipos se ve reducido por un exceso de paradas por fallas mecánicas.
- ✓ La reducción de cápsulas defectuosas tiene un impacto positivo en el tiempo total de inspección, ya que al disminuir la cantidad de defectos se reduce la cantidad de reinspecciones.
- ✓ La venta de unidades adicionales se refleja en un costo fijo unitario más bajo, lo que aumenta automáticamente la productividad, siempre y cuando no surja un incremento en los costos variables que contrarreste este efecto positivo.
- ✓ Con el incremento de la capacidad de producción de cada uno de los departamentos estudiados, se logra aumentar el porcentaje de utilización de la capacidad instalada de cada uno de ellos.
- ✓ El conjunto de mejoras desarrollado a lo largo del proyecto resulta económicamente rentable, así lo demuestran las tasas internas de retorno para cada caso.
- ✓ Un constante aumento en la productividad es una estrategia que permite a las empresas crecer y mantenerse competitivas en el mercado.

IX.2.- RECOMENDACIONES

- ✓ Todos los equipos que conforman el sistema productivo deben ser contemplados dentro del Plan de Mantenimiento Preventivo propuesto para la Sala de Máquinas 1, con el fin de mantener la disponibilidad y la confiabilidad de cada uno de estos equipos.
- ✓ Crear conciencia en el personal que trabaja en planta acerca del significado de trabajar bajo un esquema de productividad, haciéndoles ver que cada uno de ellos forma parte importante de esta labor y que el bienestar de la empresa es el suyo propio.
- ✓ Realizar un estudio acerca del nivel de desempeño del personal, de manera de establecer la incidencia de este factor en la productividad del proceso.
- ✓ Capacitar a los mecánicos de Sala de Máquinas en la operación de las máquinas de fabricación, con el fin de eliminar el cargo de operario de máquina. Esto se traduce en reducción de personal incidiendo en el abaratamiento de los costos.
- ✓ Para el proceso de fabricación de Solución de Gel, en caso de utilizar Gel Granulado de otro proveedor, se recomienda revisar nuevamente la validez de la relación entre el agua y el Gel Granulado puesto que la capacidad viscosante de esta nueva materia prima podría afectar la cantidad de agua requerida para la fundición.
- ✓ Se recomienda realizar evaluaciones periódicas sobre el proceso productivo que permitan determinar su capacidad real de operación e identificar las causas que produzcan bajos rendimientos en el proceso.
- ✓ Se debe evaluar con detenimiento los proyectos a realizar, tomando en cuenta factores como: niveles de producción demandados, monto de la inversión, período de recuperación de la inversión, entre otras, para evitar llevar a cabo proyectos que lejos de incrementar la productividad, la disminuyan y además originen problemas secundarios antes no contemplados.
- ✓ Este Trabajo Especial de Grado es un pequeño aporte para la productividad de la empresa. Sin embargo ésta debe realizar continuos proyectos de mejoras y estar dispuesta a emprender el esfuerzo a pesar de los problemas imprevistos que puedan surgir, recalcando lo positivo y considerando los problemas como oportunidades de mejora.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Bain, D. *Productividad. La Solución a los Problemas de la Empresa.* México: Mc. Graw Hill.

- Ebert, R., Everette, A.(1998). *Administración de la Producción y las Operaciones.* México: Editorial Prentice Hall Hispanoamericana

- Gutiérrez, H. (1997). *Calidad Total y Productividad.* México: Mc. Graw Hill.

- Hodson, W. (1998). *Maynard Manual del Ingeniero Industrial.* México: Mc. Graw Hill.

- Kaoru, I. (1994). *¿Qué es el Control Total de la Calidad?. La modalidad Japonesa.* Bogotá: Grupo Editorial Norma.

- Niebel, B. (1996). *Ingeniería Industrial Métodos, Tiempos y Movimientos.* México: Editorial Alfaomega.

- Riggs, J. (1998). *Sistemas de Producción, Planeación, Análisis y Control.* México: Editorial Limusa.

- Singh, S. (1997). *Control de Calidad Total.* México: Mc. Graw Hill.

- *http: //www.arrakis.es/vito/capsula.htm*