

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



INSTITUTO DE CIENCIAS MATEMÁTICAS

ESCUELA DE GRADUADOS

PROYECTO DE GRADUACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
“MAGÍSTER EN GESTIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD  
Y LA CALIDAD”

TEMA

DISEÑO Y LINEAMIENTOS DE UN PROGRAMA ANUAL INTEGRADO DE  
MANTENIMIENTO PREVENTIVO PREVIO A UNA FUTURA  
IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO TOTAL EN UNA  
PLANTA DE AGUA

AUTOR

ING. XAVIER JESÚS DESIDERIO CALDERÓN

Guayaquil- Ecuador

AÑO  
2008

## DEDICATORIA

A Dios, Sabiduría, Inspiración y Verdad.

A Carlos Desiderio H., mi padre, mi amigo, mi guía y mi apoyo.

A la memoria de mi madre, Jesús María Calderón de Desiderio, representación del amor eterno.

A Leocadio y Julia Desiderio de Muñoz, por su cariño, y apoyo.

A mis hermanos Carlos Newton, Sarita, Peter, Paolita y Carlos Alberto.

A mi familia.

## AGRADECIMIENTO

A las MAE Anita Cox y Jacqueline Mejía, por su ayuda y paciencia en la realización de este proyecto.

A los profesores de la Maestría por compartir sus experiencias, por su entrega, y por sus consejos.

A mis amigos.

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

La responsabilidad por los hechos y doctrinas expuestas en este Proyecto de Graduación, así como el Patrimonio Intelectual del mismo, corresponde exclusivamente al **ICM (Instituto de Ciencias Matemáticas)** de la Escuela Superior Politécnica del Litoral

**(Reglamento de graduación de la ESPOL)**



**Xavier Jesús Desiderio Calderón**

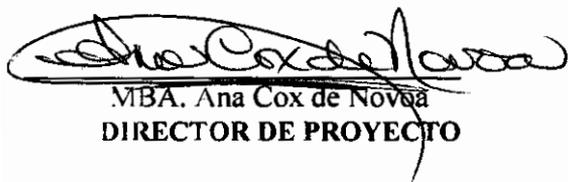
## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



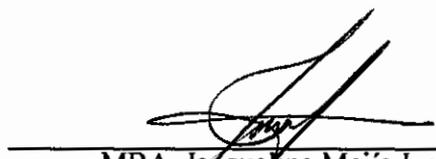
MSc. Washington Armas Cabrera  
**DIRECTOR ICM**



MSc. Francisco Torres Andrade  
**COORDINADOR MPC**



MBA. Ana Cox de Novoa  
**DIRECTOR DE PROYECTO**



MBA. Jacqueline Mejía Luna.  
**EVALUADOR DE PROYECTO**

## TABLA DE CONTENIDO

**Contenido de figuras**

**Contenido de tablas**

**Resumen**

### **CAPÍTULO 1**

#### **1. Diseño y Lineamientos de un Programa Anual Integrado de Mantenimiento Preventivo previo a una futura implementación del Mantenimiento Preventivo Total en una Planta de Agua.**

<b>Antecedentes.....</b>	<b>1</b>
<b>Diagnóstico de la situación problemática.....</b>	<b>2</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
<b>ANÁLISIS FODA PARA LA PLANTA DE AGUA.....</b>	<b>8</b>
<b>ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA.....</b>	<b>9</b>
<b>Formulación del problema.....</b>	<b>12</b>
<b>Oportunidades de mejora.....</b>	<b>13</b>
<b>Delimitaciones de la investigación.....</b>	<b>13</b>
<b>Objetivos de la investigación.....</b>	<b>14</b>
<b>Justificación de la investigación.....</b>	<b>15</b>

## **CAPÍTULO 2**

### **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROYECTO.**

<b>Marco de antecedentes.....</b>	<b>16</b>
<b>Marco teórico.....</b>	<b>18</b>
<b>Marco conceptual.....</b>	<b>21</b>
<b>Hipótesis.....</b>	<b>22</b>

## **CAPÍTULO 3**

### **3. DISEÑO METODOLÓGICO**

<b>Introducción.....</b>	<b>23</b>
<b>Enfoque de estudio.....</b>	<b>23</b>
<b>Descripción de la población y muestra.....</b>	<b>25</b>
<b>Descripción de variables y operacionalización.....</b>	<b>27</b>
<b>Fases de la investigación.....</b>	<b>42</b>
<b>Levantamiento de la información en base al Modelo para</b>	
<b>Mejorar Sistemas de producción industriales.....</b>	<b>45</b>
<b>Definición de los problemas del proceso.....</b>	<b>45</b>
<b>Identificar los problemas de proceso.....</b>	<b>50</b>
<b>Priorizar y seleccionar los problemas.....</b>	<b>51</b>
<b>Identificación de desperdicios. Preparación de la Entrevista.....</b>	<b>51</b>
<b>Analizar los Datos.....</b>	<b>53</b>
<b>Interpretar los resultados y clasificar los desperdicios.....</b>	<b>55</b>
<b>Identificación de Desperdicio de Proceso.....</b>	<b>57</b>
<b>Planear la Eliminación de Desperdicios.....</b>	<b>57</b>

<b>Herramientas para administrar la conservación.....</b>	<b>58</b>
<b>Índice ICGM simplificado ®.....</b>	<b>59</b>
<b>Análisis de Criticidad.....</b>	<b>61</b>
<b>Inventario jerarquizado de Conservación.....</b>	<b>61</b>
<b>Selección del grupo piloto de máquinas.....</b>	<b>63</b>
<b>Optimización de intervalos de conservación.....</b>	<b>64</b>
<b>El plan contingente.....</b>	<b>75</b>
<b>Programa Anual de Mantenimiento integrado.....</b>	<b>77</b>
<b>Cronograma de actividades.....</b>	<b>78</b>

## **CAPÍTULO 4**

### **4. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS**

<b>Presentación de los resultados obtenidos en la investigación.....</b>	<b>79</b>
<b>Aplicación de los resultados obtenidos en la investigación en la planta de agua.....</b>	<b>82</b>

## **CAPÍTULO 5**

### **5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

<b>Conclusiones.....</b>	<b>83</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>84</b>

### **6. ANEXOS.....86**

### **7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....108**

# **PROYECTO DE GRADUACIÓN**

---

**Ing. Xavier J. Desiderio Calderón**  
**AUTOR**

## Contenido de figuras

- Figura 1: Diagrama del proceso de producción de la planta de agua
- Figura 2: Diagrama del proceso de purificación
- Figura 3: Filtración y ozonización
- Figura 4: Microfiltración
- Figura 5: Envasado
- Figura 6: Modelo de las cinco fuerzas de Porter
- Figura 7: Productos con mayores ventas
- Figura 8: Mapeo de la cadena de valor Planta de Agua.
- Figura 9: Histograma de la distribución de recursos
- Figura 10: Costo mínimo de conservación
- Figura 11: Costos combinados, caso real

## Contenido de tablas

- Tabla 1: Variable Flujo de información
- Tabla 2: Variable balanceo de línea
- Tabla 3: Variable sobreproducción
- Tabla 4: Variable reproceso
- Tabla 5: Variable defecto
- Tabla 6: Variable paralización de la línea
- Tabla 7: Variable distancias
- Tabla 8: Variable atraso en la línea
- Tabla 9: Variable dificultad del trabajo
- Tabla 10: Variable Uso de herramientas
- Tabla 11: Variable Accidentes por herramientas
- Tabla 12: Variable Elevados tiempos de arranque
- Tabla 13: Variable Disponibilidad de máquina
- Tabla 14: Variable Problemas por mal uso de herramientas
- Tabla 15: Variable Frecuencia de accidentes
- Tabla 16: Variable Disponibilidad de implementos
- Tabla 17: Variable es supervisado
- Tabla 18: Variable Ausentismo del trabajador
- Tabla 19: Variable No uso de habilidades
- Tabla 20: Variable Entrenamiento cruzado
- Tabla 21: Variable Habilidades y nivel educacional

Tabla 22: Variable No hay partes disponibles para el trabajo

Tabla 23: Variable Registro de Datos

Tabla 24: Variable impacto

Tabla 25: Variable fallas por año

Tabla 26: Variable tiempo de operación

Tabla 27: Variable Reemplazo por piezas genéricas

Tabla 28: Variable Manual

Tabla 29: Variable Dificultad del mantenimiento

Tabla 30: Variable Tipo de mantenimiento

Tabla 31: Variable percepción

Tabla 32: Porcentaje de ventas

Tabla 33: Medidas de referencia

Tabla 34: Clasificación de problemas

Tabla 35: Priorización de problemas

Tabla 36: Agrupación de datos

Tabla 37: Identificación de desperdicios

Tabla 38: Grupo para cálculo índice ICGM

Tabla 39: Inventario Máquinas y equipos Planta de Agua

Tabla 40: Selección del grupo piloto de máquinas

Tabla 41: Costo de operación de un equipo

Tabla 42: Gastos de operación de un equipo

Tabla 43: Gastos de operación, caso real

Tabla 44: Resultado 1 - Identificación de desperdicios

Tabla 45: Resultado 2 - Jerarquización

Tabla 46: Resultado 5 - Plan Integrado de Mantenimiento

## Índice de Anexos

- Anexo A Entrevista para el jefe de la planta de agua
- Anexo B Encuesta para los trabajadores de la planta de agua
- Anexo B Formulario para el análisis de máquinas y equipos
- Anexo D Formato de toma de tiempos
- Anexo E Cuadro de toma de tiempos – botellas
- Anexo F Cuadro de toma de tiempos – garrafas
- Anexo G Clasificación e identificación de desperdicios planta de agua
- Anexo H Criterios para la elaboración del código de máquina o criticidad de equipos
- Anexo I Criterios para la elaboración del código trabajo
- Anexo J Apéndice criterios para la matriz de criticidad de máquinas y equipos
- Anexo K Matriz de criticidad
- Anexo L Índice ICGM
- Anexo M Matriz de jerarquización
- Anexo N Presupuesto del documento proyecto tesis
- Anexo O Cronograma para la implementación de la metodología planeación y control de la conservación y optimización de intervalos de mantenimiento

## RESUMEN

La Planta de Agua es un ente creado para satisfacer a sus propietarios e inversionistas (maximizando sus ganancias) y al cliente al proporcionar agua envasada (con y sin gas) en presentaciones en fundas de 300 cc, de botellas de 500 cc, garrafas, esta organización es parte de una multinacional que tiene filiales alrededor del mundo. Actualmente, la Planta de Agua, debe enfrentar grandes desafíos para satisfacer a sus clientes, para ello, es necesario cumplir con directrices, y normas internacionales de calidad en sus procesos, y eficiencia en la producción y distribución de sus productos si desea mantener competitividad y flexibilidad en el mercado ecuatoriano de bebidas refrescantes. La Planta tiene Sistema de Gestión Integral de la Calidad ISO y NSF. En estos días, se está promoviendo una cultura de Manufactura de Clase Mundial que involucra niveles óptimos de producción, mantenimiento autónomo, es decir, que el operador sea el “gerente” de su máquina, cuya meta continua sea cero averías y defectos, crear cultura de registros de los problemas y analizarlos, cuya base es el conocimiento, todo esto llevaría a la organización a ser flexible, competitiva y eficiente a través del Mantenimiento Productivo Total, sin embargo, en la parte operativa (de campo) se observa que, en el área de producción, uno de los mayores problemas que se presentan, son las deficiencias por paralizaciones no programadas de máquinas, mantenimientos “empíricos” y correctivos, no hay jerarquización de componentes ni equipos, no hay una cultura de registros de mantenimiento, no hay definidos controles óptimos, en conclusión no hay un Programa de Mantenimiento preventivo enfocado en una metodología científica, en el que se tenga como meta la reducción de los defectos, costos, tiempos de paralizaciones de máquinas, controles, entre otros.

# CAPÍTULO 1

## 1. DISEÑO Y LINEAMIENTOS DE UN PROGRAMA ANUAL INTEGRADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PREVIO A UNA FUTURA IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO TOTAL EN UNA PLANTA DE AGUA.

### 1.1 Antecedentes

Debido a los inconvenientes presentados, en el resumen de este estudio, sección anterior, es necesario contar con herramientas para la gestión y mejora en los procesos de la Planta de Agua. Para alcanzar los objetivos se deberá aplicar una metodología que permita definir los problemas e identificar los desperdicios, reducirlos y, en base al conocimiento científico, proporcionar las recomendaciones para el mejor funcionamiento

### 1.2 Diagnóstico de la situación problemática

La Planta de Agua, que es objeto de este estudio, está ubicada en la ciudad de Guayaquil, vía a Daule, y su existencia se debe a una multinacional que cree en nuestro país. Esta Planta se diseñó con moderna y automatizada

tecnología que asegura su proceso de purificación y envasado, dando como resultado un agua transparente, pura y de calidad. Cuenta con 13 colaboradores (trabajadores) de planta, con turnos rotativos de 8 horas, y con un Departamento de atención médica, para cuando los empleados lo requieran, además con camiones repartidores que son utilizados para distribuir sus productos tanto dentro como fuera de la ciudad.

### **1.2.1 Materiales para la producción y áreas que la componen**

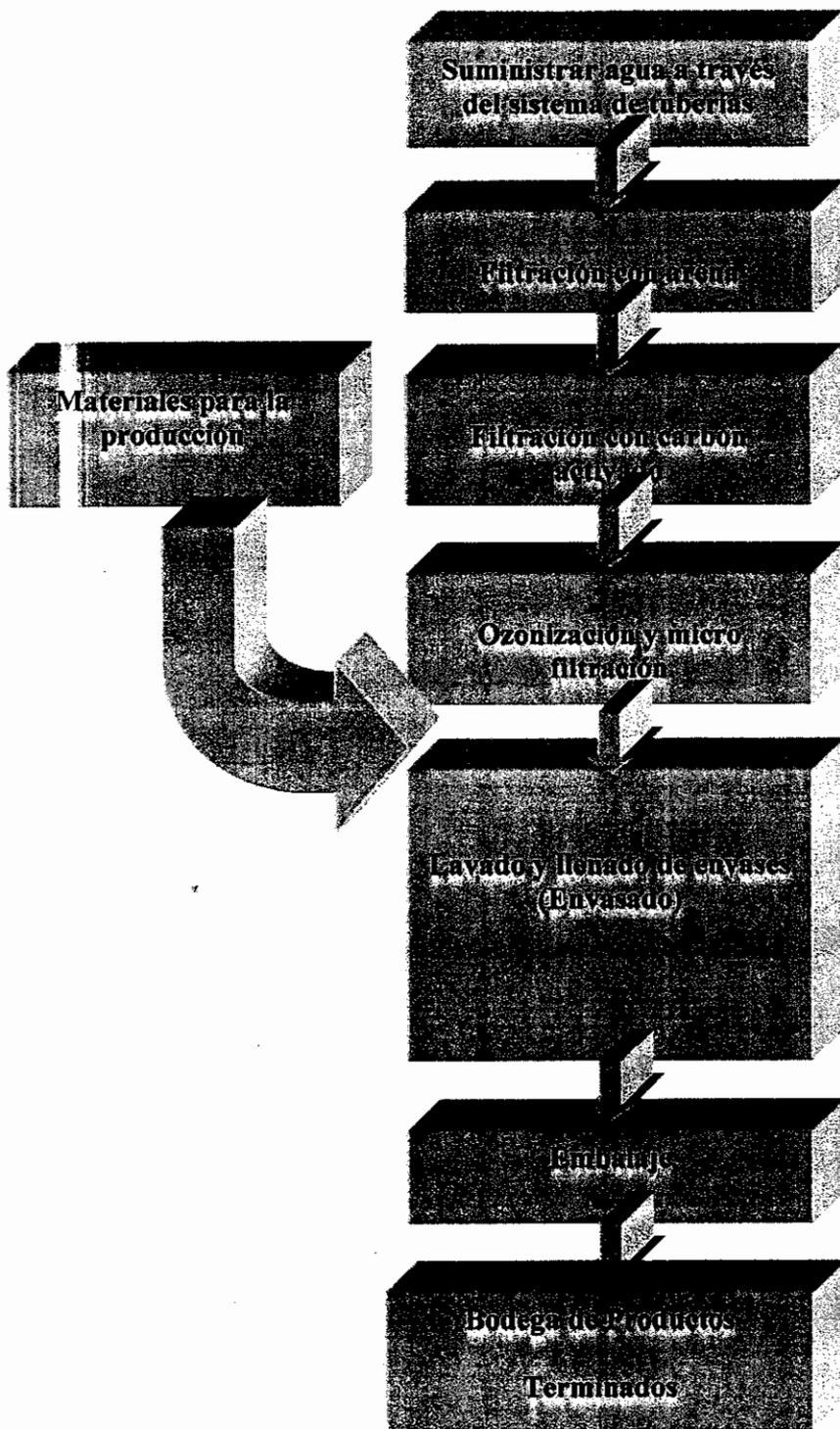
La materia prima es el agua. Los materiales que se utilizan como empaque secundario para el embotellado, seguridad y embalado cuentan con el respaldo de la FDA. A continuación una lista: Botellas pet 500 y garrafas, Fundas 300 cc, Tapas, Banda de seguridad, Fundas para el embalaje de garrafas y fundas de 300 cc., Térmicoencogible. Las áreas que componen la organización son:

**Galpón # 1:** En dicha área se realiza el proceso de purificación, llenado de Fundas 300 cc, botella pet 500 cc y garrafas y embalaje.

**Galpón # 2:** Es el área de producto terminado y es la bodega que utiliza toda la empresa.

### **1.2.2 Maquinaria**

La Planta de Agua cuenta con: **Tratamiento del agua:** Filtro de arena, carbón, ozonización, Microfiltradores; **lavado y llenado de envases; embalaje de los productos**



**Figura 1: Diagrama del proceso de producción de la planta de agua**

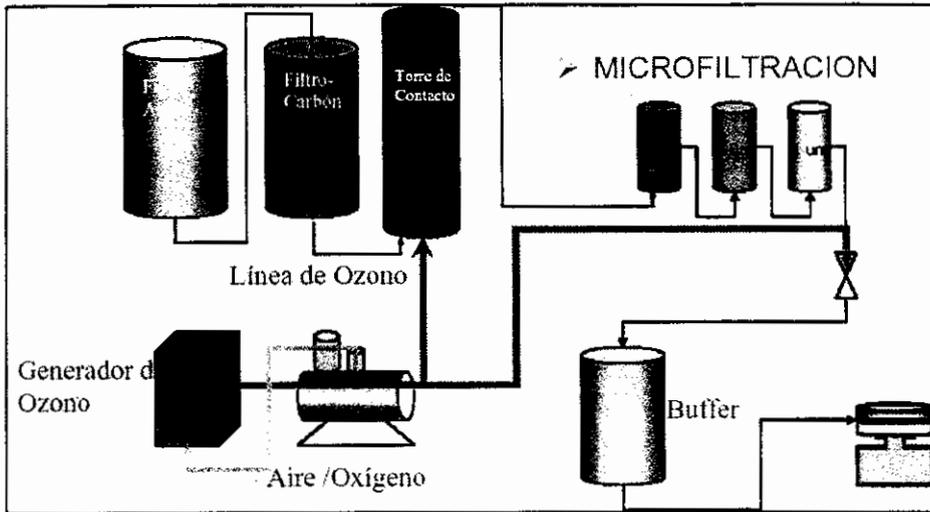
**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

**Purificación del agua.** -El agua, pasa primero a través de un **filtro de arena**, que retiene sólidos en suspensión o material insoluble con tamaño aproximadamente mayor a 25 micras que pueda traer el agua, este efluente luego pasa por un **filtro de carbón activado**, el cual posee un alto poder de absorción, elimina compuestos orgánicos volátiles, cloro, sabores, colores y olores extraños.

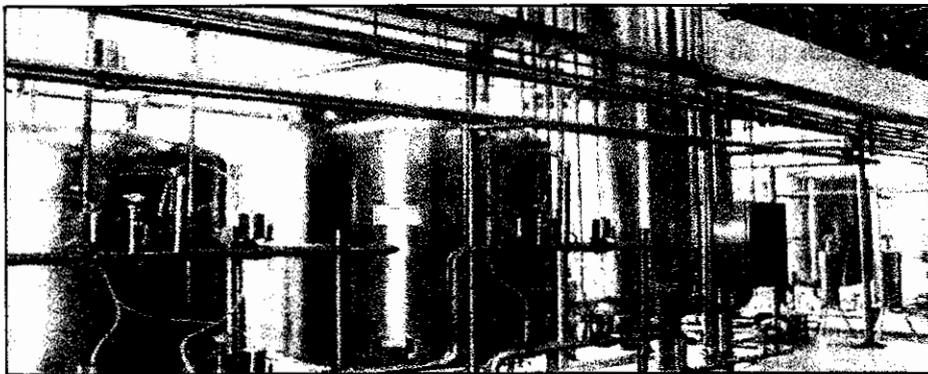
En el proceso posterior que es la **ozonización** se adiciona una cantidad adecuada de ozono cuya misión es el tratamiento del agua por oxidación química (destrucción de gérmenes patógenos, eliminación del color causado por el hierro, el manganeso o la materia carbonosa, y los sabores y olores debido a la materia orgánica) para lo cual el agua permanece un tiempo suficiente en contacto con el ozono. Ya que es necesario que el agua tenga una apariencia completamente translúcida, brillante, libre de cualquier partícula en suspensión, se completa el proceso del tratamiento con una etapa de "pulimento", o sea, que se obliga a que fluya por una serie de **microfiltros**, cada vez más finos, para que se retengan partículas microscópicas.



**Figura 2: Diagrama del proceso de purificación**

**Fuente: Web de la planta de agua**

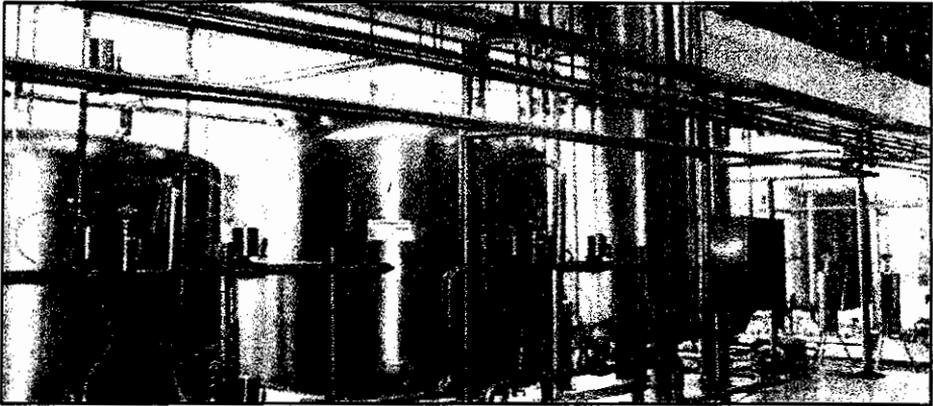
**Elaborado por: Webmaster planta de agua**



**Figura 3: Filtración y ozonización**

**Fuente: Web de la planta de agua**

**Elaborado por: Webmaster planta de agua**



**Figura 4: Microfiltración**

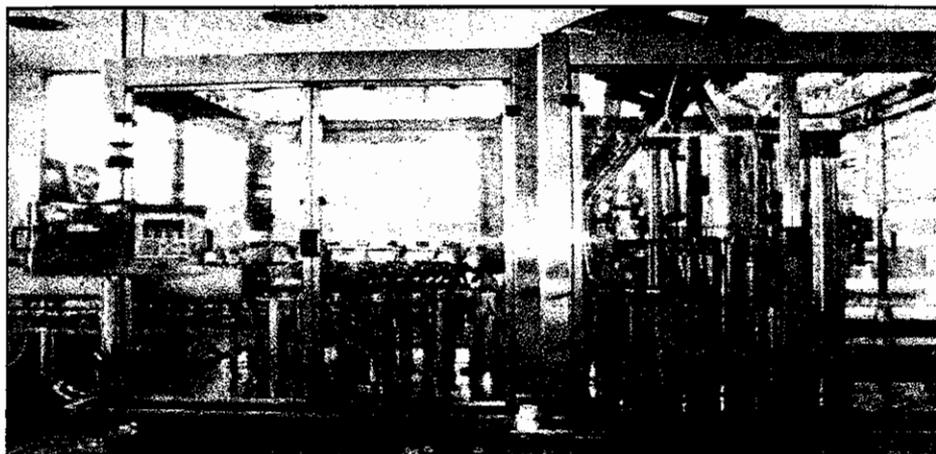
**Fuente: Web de la planta de agua**

**Elaborado por: Webmaster planta de agua**

**Etapa de envasado.-** Para las distintas presentaciones consiste en:

**Botella PET 500cc:** Equipos completamente automatizados manejan el lavado, llenado, tapado y empaclado de las botellas. Las botellas de PET se lavan con suficiente agua ozonizada, de la misma calidad de la que se va a envasar, con el fin de retirar partículas, en el proceso de envasado existen lámpara de luz UV que evitan presencia de microorganismos.

Posterior al lavado, se llenan las botellas con el producto, cumpliendo con los estándares de llenado y de aseguramiento de la calidad. Para proteger el producto de cualquier adulteración, después de tapado se coloca la fecha de producción y una banda de seguridad termoencogible que garantiza al consumidor que la botella no a sido destapada y que el producto aún sigue vigente para el consumo. Con un equipo especial, se forman bandejas de 12 y 24 unidades protegidas con plástico termoencogible.



**Figura 5: Envasado**

**Fuente: Web de la planta de agua**

**Elaborado por: Webmaster planta de agua**

**Fundas de 300cc:** Equipos automatizados forman las fundas. Estos equipos tienen controles para garantizar el volumen de agua envasada y el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos para esta presentación. El equipo tiene una lámpara germicida de luz UV para esterilizar la lámina plástica, se utiliza una lámina plástica que no confiere sabor a plástico objetable al agua y tiene tres capas que proporcionan una alta barrera para evitar la contaminación del agua durante su almacenamiento en anaqueles y neveras. También se coloca la fecha de producción con un período de vigencia. Se utiliza un empaque secundario para proteger las fundas hasta el momento en que llegan al consumidor final. Y finalmente cajas plásticas para su transporte y almacenamiento.

**3. Garrafas Plásticas de 5.000cc:** Con equipos automáticos especiales las garrafas se lavan con suficiente agua ozonizada, de la misma calidad de la que se va a envasar, con el fin de retirar partículas y esterilizar el envase. Posteriormente se llenan y se tapan. Este equipo cuenta con todos los controles para garantizar el volumen envasado y el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos para esta presentación. También se coloca la fecha de producción. Se utiliza un empaque secundario para proteger las garrafas hasta el momento en que llegan al consumidor final, así como también se utilizan las cajas plásticas para su transporte y empaque.

#### 1.4 ANÁLISIS FODA PARA LA PLANTA DE AGUA

##### **Fortalezas**

- La Planta de Agua tiene una marca que está respaldada por una empresa líder en producción y comercialización de bebidas.
- Cuenta con una planta de tratamiento de agua que permite cubrir la demanda actual
- Utilizan la cadena de distribución para la venta del producto
- Agua Manantial posee certificación NSF (Avalada por la FDA)
- Implementación de Buenas Prácticas y HACCP
- Posee personal capacitado, comprometido y motivado
- Cumplimiento de objetivos organizacionales a través del cumplimiento de metas individuales

**Oportunidades**

- Nuevos mercados orientados al consumo de productos saludables y naturales.
- Nuevas canales de distribución del agua.

**Debilidades**

- No se tiene la información necesaria que identifique las características requeridas por las industrias con respecto a este producto.
- Falta de direccionamiento de la publicidad hacia un mercado específico.
- Reducida eficiencia operacional de los equipos.
- Canales de comunicación externo poco eficientes.
- Limitada innovación tecnológica.

**Amenazas**

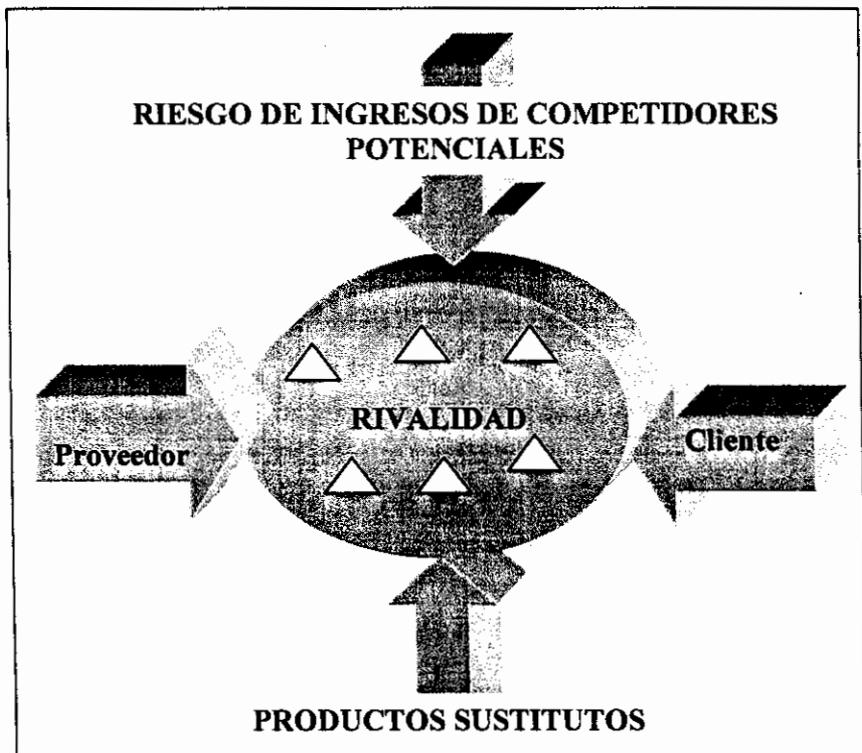
- Gran cantidad de competidores en la industria de agua embotellada.
- Producto poco diferenciable
- Los competidores están ofreciendo nuevos productos derivados del agua.
- Incremento en el costo de los insumos por la alta variabilidad del precio del petróleo.

**1.4.1 ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA**

Una industria es un conjunto formado por empresas de productos y/o servicios parecidos que satisfacen las mismas necesidades de manera similar (sustitutos). El grado de competitividad que existe en una

industria se ha determinado mediante cinco fuerzas fundamentales que determinan además la rentabilidad de las empresas que están inmersas en una determinada industria. El análisis de estas fuerzas es conocido como el Modelo de las Cinco Fuerzas de Porter y son:

1. Riesgo de ingresos de competidores potenciales.
2. Poder de negociación de los compradores.
3. Amenazas de productos sustitutos.
4. Poder de negociación de los proveedores.
5. La rivalidad entre firmas establecidas.



**Figura 6: Modelo de las cinco fuerzas de Porter**

**Fuente: Michael Porter, La Riqueza de las Naciones**

**Elaborado por: Autor de esta tesis, adaptación.**

Ahora en el contexto de La Planta de Agua, el tratamiento de las fuerzas que forman el modelo de las cinco fuerzas proporciona el siguiente análisis:

**Riesgo de ingreso de competidores potenciales.** Pese al alto nivel de inversión que representa el instalar una empresa en el negocio del agua, no es un factor completamente decisivo para que otras organizaciones no consideren entrar en esta industria, pues existen grandes consorcios que probablemente estarían dispuestos a invertir en este sector del país. Aunque en este aspecto también influyen factores como: Que tan atractivo es el país para invertir, cuál sería la rentabilidad, infraestructura, estabilidad, etc. Por lo expuesto se tiene que esta fuerza (el riesgo de ingresos de competidores potenciales), es de una magnitud ALTA.

**La rivalidad de la competencia.** Muy fuerte en relación con quienes integran el mercado. La rivalidad se considera alta por las bondades que ofrece el sector (agua en funda, botella, garrafas, entre otras)

**Presión de productos sustitutos.** En la industria del agua existen muchos productos sustitutos (agua mineral, agua con sabores, etc.) por lo tanto, esta fuerza también perjudica al sector.

**El poder de negociación de los compradores.** Al ser un producto de consumo masivo se considera que en ese caso esta fuerza sería reducida, sin embargo, el canal por el que se distribuye es al nivel de intermediarios (distribuidores) y de alguna manera se debe satisfacer con ciertos requerimientos. Fuerza mediana.

**El poder de negociación de los proveedores.** La materia prima es el agua, que se toma de la vía a Daule, y no representa ningún problema, sólo en caso de emergencias por cortes del suministro debido al mantenimiento. El inconveniente está en los pocos proveedores existentes y debido a la alta volatilidad del precio del petróleo que influye para que los proveedores exijan hacer contratos por cantidades proyectadas de requerimientos de materiales, y todo lo que no se incluye en la lista inicial aumenta de precio.

#### **1.4.2 Formulación del problema**

El estudio del Diseño y Lineamientos de un Programa Anual Integrado de Mantenimiento Preventivo previo a una futura implementación del Mantenimiento Preventivo Total en la Planta de Agua, involucra la aplicación de la metodología científica de Planificación y Control de la Conservación [1], y optimización de intervalos de manutención, lo cual, da como beneficios:

- Optimización de intervalos de manutención.

- Creación de la cultura de registro de datos y análisis de la información, base para la aplicación de modelos de mejora continua, y creación de controles.
- Reducir paralizaciones de máquinas y equipos por mantenimientos no programados.
- Reducción de costos debido a los controles establecidos, optimización de intervalos y definición clara de las actividades de Mantenimiento.
- Interfaz gráfica del Programa Anual de Mantenimiento integrado.
- Sentar una de las bases en la cual se pueda sustentar un Mantenimiento Productivo Total que permite buenas prácticas de manufactura.

### **1.4.3 Oportunidades de mejora**

Las oportunidades de mejora permiten la utilización eficiente de los recursos dentro de los respectivos procesos. Con la utilización de la metodología científica la planta de agua podrá aprovechar recursos y recibir recomendaciones para una gestión adecuada de sus actividades.

## **1.5 Delimitaciones de la investigación**

### **1.5.1 Limitaciones de la investigación**

El alcance de este estudio está dado para la planta de agua en Guayaquil y sus respectivos colaboradores, así como un grupo piloto de equipos y máquinas.

## **1.6 Objetivos de la investigación**

### **1.6.1 Objetivo general**

Desarrollar el diseño y los lineamientos de un Programa Anual Integrado de Mantenimiento Preventivo, previo a una futura implementación del Mantenimiento Preventivo Total en una Planta de Agua, para reducir paralizaciones (paras) de máquinas y costos, optimizar intervalos de manutención, e integrar el Plan de Mantenimiento anual, para obtener un proceso de mantenimiento flexible ante las necesidades de producción de la empresa.

### **1.6.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos son:

- Jerarquizar el inventario de máquinas, equipos e instalaciones seleccionadas en el piloto, para identificar recursos vitales para la organización.
- Optimizar los intervalos de mantenimiento de máquinas y equipos pilotos.
- Desarrollar el Plan de Mantenimiento anual integrado de máquinas, equipos e instalaciones seleccionados con sus respectivos controles.

## 1.7 Justificación de la investigación

La Planta de Agua tiene una amplia gama de productos que cumplen con estándares internacionales, además cuenta con un Sistema Integrado de la Calidad (ISO 9001, 14001 y 18001) que permite tener procesos estandarizados y responsabilidad social. Todo esto hace que la empresa deba entregar productos de calidad, en el tiempo que el cliente lo requiere, para satisfacer sus necesidades. En algunas ocasiones, no lo ha podido hacer debido a la no disponibilidad de productos, y en la mayoría de los casos, por paralizaciones (paras) en máquinas por la falta de un mantenimiento adecuado lo que origina el incumplimiento del plan de producción y esto tiene como efecto que no se tenga producto para la venta de acuerdo a las políticas establecidas. En esta Planta de Agua se realiza mantenimiento correctivo, sin base en la metodología científica y de una manera empírica. Por lo tanto, el siguiente estudio está enfocado en solucionar los problemas descritos en los párrafos anteriores, con la ayuda de la metodología científica de Planificación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de manutención, lo que originará: Reducir paralizaciones de máquinas y equipos por mantenimientos no programados, reducción de costos debido a los controles establecidos, optimización de intervalos y definición clara de las actividades de Mantenimiento, interfaz gráfica del Programa Anual de Mantenimiento integrado, sentar una de las bases en la cual se pueda sustentar un Mantenimiento Productivo Total que permite buenas prácticas de manufactura.

## CAPÍTULO 2

### 2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL PROYECTO

#### 2.1 Marco de antecedentes

Para proporcionar un marco apropiado de antecedentes, para el presente estudio, es necesario destacar las investigaciones y resultados de los siguientes autores:

##### **Barcia Villacreses Kleber, Ph. D**

Profesor de Producción Esbelta Carrera de Ingeniería y Administración de la Producción Industrial ESPOL y de Maestría, en su Modelo para Mejorar Sistemas de Producción Industriales incluye un manual con cuatro pasos metodológicos que identifica y elimina desperdicios en los procesos de producción. Última actualización octubre 2003.

##### **Dounce Villanueva Enrique [1]**

Ingeniero en Transmisiones, Miembro fundador de la Asociación Mexicana de Mantenimiento, en su libro La Productividad en el Mantenimiento Industrial, Compañía Editorial Continental, S.A. de CV. Segunda

reimpresión, México, año 2000, en la sección 1.3.1 Producto = servicio indica: "...la calidad de un servicio puede definirse como el grado de satisfacción que se logra dar a una necesidad humana. Con esta información podemos deducir que la conservación industrial (preservación y mantenimiento) es la función más importante para conseguir que nuestro producto final sea de alta calidad, ya que atiende el recurso en forma integral, por un lado su parte física (preservación), cuidando el costo de su ciclo de vida; por otro mantiene el servicio que proporciona el recurso dentro de la calidad esperada, con el fin de que el cliente lo reciba de acuerdo con sus expectativas".

**Souza Azevedo Edgard, Ing., Martins Garcia Carlos, Ing [2]**

Mencionan en su libro Optimización de los intervalos de manutención (PETROBRAS. Petróleos Brasileños Padrao Triel. Brazil) "Es interesante el pensamiento del Sr. Kart Doll, publicado en un artículo de la revista "Stell Magazine" (Julio / 1966): La manutención es la principal variable en la rentabilidad de una empresa. Después que el proceso fue definido las instalaciones fueron ejecutadas...las materias primas fueron seleccionadas con criterios... los equipos de ventas están trabajando...la gran variable es la manutención. Delante de los argumentos presentados, se forma plenamente justificable preocuparse con la optimización de los intervalos de manutención. En este (estudio) son presentados criterios para que cualquier industria pueda definir los intervalos óptimos de manutención preventiva...permitiendo, sustituir los métodos empíricos que, generalmente, son utilizados para esa finalidad".

## 2.2 Marco teórico

**Conservación industrial.** La conservación trata de obtener la protección del recurso y, al mismo tiempo, la calidad deseada del servicio que proporciona éste. Por ello que los dos objetivos generales de la conservación son:

Mantener la calidad y cantidad de servicio que entrega un recurso o sistema de recursos, dentro de los parámetros esperados, durante su tiempo programado de funcionamiento, y, preservar, dentro de límites económicos establecidos, el costo del ciclo de vida de los recursos de la organización.

Por lo tanto, la Conservación es toda acción humana que, mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos, contribuye al óptimo aprovechamiento de los recursos existentes en el hábitat humano y propicia con ello, el desarrollo integral del hombre y de la sociedad. La conservación se divide en dos grandes ramas: una de ellas es la preservación, la cual atiende las necesidades de los recursos físicos, así una máquina puede estar sujeta a trabajos de limpieza y lubricación, reparación o pintura, estas labores evitan que la máquina sea atacada por agentes nocivos; la otra es el mantenimiento, que se encarga de cuidar el servicio (intangibles) que proporcionan los recursos dentro de una calidad estipulada. Es decir, mientras la preservación se enfoca al cuidado del recurso, el mantenimiento se enfoca al cuidado del servicio que proporciona dicho recurso. Con esto, además de obtener lo que deseamos en primer término (entregar a nuestros clientes productos adecuados en calidad, cantidad y tiempo esperados), también minimizamos los costos de mantenimiento y el costo de ciclo de vida de nuestros recursos y maximizamos la disponibilidad de éstos [1]

### 2.2.1 Historia de la Conservación Industrial [1]

Desde los inicios de la humanidad hasta fines del siglo XVII, las máquinas que se utilizaban para la elaboración del producto o servicio que vendía a sus clientes, no tuvieron gran desarrollo debido a la menor importancia que tenía la máquina con respecto a la mano de obra que se utilizaba, pues hasta 1880 se consideraba que el trabajo humano intervenía en un 90% para hacer un producto y el restante 10% era para la máquina, por lo tanto, la Conservación (Preservación y Mantenimiento) que se prestaba a los recursos de las empresas era hasta ese momento de conservación correctiva, debido a que las máquinas sólo se reparaban en caso de paro o falla importante, únicamente se proporcionaban acciones correctivas teniendo en mente el arreglo de la máquina y no se pensaba en el servicio que esta suministraba.

Conforme la industria fue evolucionando, debido a la exigencia del público de mayores volúmenes, diversidad y calidad de productos, las máquinas fueron cada vez más numerosas y complejas, por lo que su importancia aumento con respecto a la mano de obra. En esta forma nació el mantenimiento preventivo, el cual, en la década de los veinte (siglo pasado) se aceptó prácticamente como una labor que resultaba necesaria. Este procedimiento seguía guardando un enfoque máquina y las reparaciones que se hacían eran con el criterio de que si la máquina funcionaba bien, ésta daría el producto o servicio

adecuado. A partir de 1950 y por el desarrollo de los estudios de factibilidad, la mente humana recapacitó y determinó que a una máquina en servicio siempre la integraban dos factores: la máquina propiamente dicha y el servicio que esta proporciona, por el ejemplo, el caso del foco (latón, vidrio o tungsteno) este es el recurso que hay que limpiarlo, protegerlo, es decir preservarlo, y el servicio que presta “cuando se usa el foco” (la luz) debemos mantenerlo, es decir, cuidarlo para que esté el lumen dentro de los parámetros de calidad estipulada. De esto se desprende el siguiente principio: **“El servicio se mantiene y el recurso se preserva”**. Más adelante se realizaron estudios profundos en fiabilidad y mantenibilidad, con objeto de que los usuarios de las máquinas tuvieran menos problemas en la preservación de estas y que las labores de mantenimiento se minimizaran y fueran productivas (Mantenimiento productivo = PM) y no un gasto obligado, es decir un mantenimiento preventivo (Mantenimiento preventivo = MP).

Es así que en 1970 y a raíz del nuevo pensamiento de mantenimiento productivo (PM), el japonés Seichi Nakajima desarrolló el sistema TPM (Mantenimiento Productivo Total), el cual, hace énfasis en la importancia que tiene en involucrar al personal de producción y al de mantenimiento en labores de mantenimiento productivo (PM); pues, esto ha dado buenos resultados, sobre todo, en industrias de punta.

### 2.2.2 Beneficios de la aplicación de la Metodología propuesta [1]

Los beneficios que se esperan con la aplicación de la metodología son:

- Optimización de intervalos de manutención.
- Creación de la cultura de registro de datos y análisis de la información, base para la aplicación de modelos de mejora continua, y creación de controles.
- Reducir paras de máquinas y equipos por mantenimientos no programados y costos debido a los controles establecidos, optimización de intervalos y definición clara de las actividades de Mantenimiento.
- Interfaz gráfica del Programa Anual de Mantenimiento integrado.
- Sentar una de las bases en la cual se pueda sustentar un Mantenimiento Productivo Total que permite buenas prácticas de manufactura.

### 2.3 Marco conceptual

El objetivo es: “Desarrollar el diseño y los lineamientos de un Programa Anual Integrado de Mantenimiento Preventivo, previo a una futura implementación del Mantenimiento Preventivo Total en una Planta de Agua, para reducir paras de máquinas y costos, optimizar intervalos de

manutención, e integrar el Plan de Mantenimiento anual, para obtener un proceso de mantenimiento flexible ante las necesidades de producción de la empresa”, para poder cumplir con estos requerimientos es necesario describir las variables sobre las cuales se sustentará el presente estudio y aplicar el análisis estadístico para realizar las respectivas inferencias y proporcionar información y las respectivas recomendaciones. Para obtener las variables se utilizaron los siguientes instrumentos:

Encuesta sobre procesos, mantenimiento y cultura a los trabajadores de la Planta de Agua, y Formulario de Análisis de Criticidad de Máquinas y equipos de la Planta de Agua.

## 2.4 Hipótesis

### 2.4.1 Planteamiento de la hipótesis

#### Hipótesis

“Entregar productos confiables, en el tiempo establecido y de calidad, aplicando metodología científica de *Planificación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de manutención*, genera mejores resultados a nivel de productividad, que sólo trabajar en base a los métodos no científicos tradicionales”.

## CAPÍTULO 3

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1 Introducción

El diseño metodológico permite conocer cómo se realizará la investigación, describiendo la población, muestreo, la hipótesis, la forma de recolectar la información con sus respectivos instrumentos, el análisis de los datos y las actividades de gestión de los recursos necesarios para ejecutar el plan de investigación [3].

#### 3.2 Enfoque de estudio

El tipo de investigación es de carácter cuantitativo. De acuerdo a la metodología de Planificación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de manutención [1] se procederá a jerarquizar el inventario de máquinas y equipos, sobre la base del índice ICGM y análisis de Criticidad de máquinas (hasta esa fase ya se posee información de tiempos de reparación,

periodicidad, tiempos promedios de producción desde el tratamiento de agua, lavado, llenado hasta embalaje). Una vez jerarquizados los equipos y máquinas se procederá a seleccionar un grupo piloto de máquinas y equipos de la Planta de Agua, y en base al Análisis de Conservación (fundamentado en el Principio de Pareto) se establecerán recursos (máquinas y equipos) vitales, importantes y triviales a los cuales se aplicará el modelo de Optimización de intervalos de manutención (costo mínimo de mantenimiento / conservación), plan contingente para el caso de los vitales, Planes de conservación individual para los recursos vitales o importantes, finalmente estos planes se integrarán en una hoja de Excel ®. Al aplicar la metodología, en base al conocimiento científico, se busca obtener los siguientes beneficios:

- Optimización de intervalos de manutención.
- Creación de la cultura de registro de datos y análisis de la información, base para la aplicación de modelos de mejora continua, y creación de controles.
- Reducir paras de máquinas y equipos por mantenimientos no programados.
- Reducción de costos debido a los controles establecidos, optimización de intervalos y definición clara de las actividades de Mantenimiento.
- Interfaz gráfica del Programa Anual de Mantenimiento integrado.
- Sentar una de las bases en la cual se pueda sustentar un Mantenimiento Productivo Total que permite buenas prácticas de manufactura.

### 3.3 Descripción de la población y muestra

#### 3.3.1 Población.

La población, en la cual, se realizará el análisis técnico y estadístico está dada por:

##### **Recursos humanos:**

Jefe de Planta de Agua, y trabajadores de la Planta de Agua (producción y mantenimiento)

##### **Máquinas y equipos que intervienen:**

Tratamiento del agua (desde los filtros de arena, carbón, ozonización hasta los microfiltradores), lavado y llenado de envases (fundas, botellas y garrafas), y embalaje de los productos.

#### 3.3.2 Muestra

En base a la población se tomará el siguiente número de colaboradores:

- 1.- Jefe de Planta de Agua ( 1 )
- 2.- Trabajadores (producción y mantenimiento) ( 10 )

Para este caso se procederá a aplicar una encuesta (previamente diseñada) en la que se medirá el **grado de conocimiento** con respecto al Proceso de producción, tecnología, y cultura. Las encuestas se realizarán durante el primer turno de la jornada de trabajo (que según los datos proporcionados por Jefe de la Planta, es el turno que se utiliza generalmente, salvo en casos excepcionales se dobla el turno). Esta información permitirá identificar el grado de conocimiento que los individuos de la Planta de Agua tienen con respecto al proceso de producción, mantenimiento y cultura organizacional de riesgos, lo que se correlacionará, en la medida de lo factible, con la segunda parte del muestreo de equipos para analizar comportamientos, encontrar desperdicios y acciones de mejora con el fin de hacer recomendaciones que beneficien a la organización.

### **Muestras de Máquinas y equipos**

Para el caso de máquinas y equipos se seleccionará una muestra que consistirá en:

#### **1.- Tratamiento del agua:**

Filtro de arena	(1)
Carbón	(1)
Ozonización	(1)
Microfiltradores	(1)

**2.-Lavado y llenado de envases (1)**

**3.- Embalaje de los productos (2)**

A estas máquinas y equipos se les aplicará el Formulario de Análisis de Criticidad para obtener información para el análisis estadístico y aplicación de la metodología propuesta así como sentar las bases para futuras acciones de mejora.

**Técnicas a utilizar:** Muestreo aleatorio simple, encuestas, formulario, observación directa, información secundaria, en base a históricos.

### **3.4 Descripción de variables y operacionalización**

En la fase inicial del proyecto se indicó que el objetivo es: “Desarrollar el diseño y los lineamientos de un Programa Anual Integrado de Mantenimiento Preventivo, previo a una futura implementación del Mantenimiento Preventivo Total en una Planta de Agua, para reducir paros de máquinas y costos, optimizar intervalos de manutención, e integrar el Plan de Mantenimiento anual, para obtener un proceso de mantenimiento flexible ante las necesidades de producción de la empresa”, para poder cumplir con estos requerimientos es necesario describir las variables sobre las cuales se sustentará el presente estudio y aplicar el análisis estadístico para realizar las respectivas inferencias y proporcionar información y las respectivas recomendaciones.

Para obtener las variables se utilizaron los siguientes instrumentos [3]:

**Encuesta** sobre procesos, mantenimiento y cultura a los trabajadores de la Planta de Agua, y **Formulario** de Análisis de Criticidad de Máquinas y equipos de la Planta de Agua.

### **CASO 1:**

**Encuesta sobre procesos, tecnología y cultura a los trabajadores de la Planta de Agua.**

### **SECCIÓN 1: PROCESOS:**

Se diseñó una encuesta en la que se toman en cuenta las percepciones de los trabajadores con los factores relacionados con la producción, como flujo de información, re - procesos, productos defectuosos, etc.

1. Cómo fluye la información a través del área de producción - Variable nominal

**Tabla 1: Variable Flujo de información**

<b>Código</b>	<b>Flujo de información</b>
1	Todos
2	J Planta Superv
3	J. Planta – Operador
4	Sup – Oper

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

2. Está balanceado el trabajo entre los compañeros - Variable ordinal

**Tabla 2: Variable balanceo de línea**

<b>Código</b>	<b>Balanceo</b>
1	Excelente
2	Muy bueno
3	Bueno
4	Regular
5	Maló

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

3. Exceso de productos en proceso - Variable ordinal

**Tabla 3: Variable sobreproducción**

<b>Código</b>	<b>Sobreproducción</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

4. Producto en reproceso - Variable ordinal

**Tabla 4: Variable reproceso**

<b>Código</b>	<b>Reproceso</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

## 5. Producto con defecto - Variable ordinal

**Tabla 5: Variable defecto**

<b>Código</b>	<b>Defecto</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua****Elaborado por: Autor de esta tesis**

## 6. Paralización de línea por exceso de producto - Variable ordinal

**Tabla 6: Variable paralización de la línea**

<b>Código</b>	<b>Paralización de la línea</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua****Elaborado por: Autor de esta tesis**

## 7. Distancia de utensilios de trabajo - Variable ordinal

**Tabla 7: Variable distancias**

<b>Código</b>	<b>Distancias</b>
1	Muy cerca
2	Más o menos lejos
3	Lejos

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua****Elaborado por: Autor de esta tesis**

8. Frecuencia de atraso de la línea al iniciar la producción - Variable ordinal

**Tabla 8: Variable atraso en la línea**

<b>Código</b>	<b>Atraso en la línea</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

9. Dificultad del trabajo del operador en la línea - Variable ordinal

**Tabla 9: Variable dificultad del trabajo**

<b>Código</b>	<b>Dificultad del trabajo</b>
1	Fácil
2	Puede mejorar
3	Muy difícil
4	Imposible

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

**SECCIÓN 2: TECNOLOGÍA:** en esta encuesta se abordan temas como problemas con la producción porque no están disponibles las máquinas, accidentes, fallas en el funcionamiento, etc.

1. Uso de herramientas según estándares - Variable nominal

**Tabla 10: Variable Uso de herramientas**

<b>Código</b>	<b>Uso de herramientas</b>
1	Sí
2	No

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

2. Accidentes por uso de herramientas - Variable ordinal

**Tabla 11: Variable Accidentes por herramientas**

<b>Código</b>	<b>Accidentes por herramientas</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

## 3. Tiempo de arranque de máquinas elevado - Variable nominal

**Tabla 12: Variable Elevados tiempos de arranque**

Código	Elevados tiempos de arranque
1	si
2	No

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua

**Elaborado por:** Autor de esta tesis

## 4. Disponibilidad de máquina - Variable ordinal

**Tabla 13: Variable Disponibilidad de máquina**

Código	Disponibilidad de máquina
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua

**Elaborado por:** Autor de esta tesis

## 5. Problemas con el uso de herramientas - Variable ordinal

**Tabla 14: Variable Problemas por mal uso de herramientas**

Código	Problemas por mal uso de herramientas
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua

**Elaborado por:** Autor de esta tesis

**SECCIÓN 3: CULTURA:** percepciones con respecto a la comunicación entre el personal de la planta, supervisión, ausentismo, entrenamiento cruzado, habilidades para desempeñar el cargo.

- 1. Frecuencia que el operador sufre un accidente o malestar en el trabajo -  
Variable ordinal

**Tabla 15: Variable Frecuencia de accidentes**

<b>Código</b>	<b>Frecuencia de accidentes</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

- 2. Disponibilidad de implementos para el trabajo - Variable ordinal

**Tabla 16: Variable Disponibilidad de implementos**

<b>Código</b>	<b>Disponibilidad de implementos</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

3. Es Supervisado para realizar su trabajo - Variable ordinal

**Tabla 17: Variable es supervisado**

<b>Código</b>	<b>Es supervisado</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

4. Ausentismo del lugar de trabajo - Variable ordinal

**Tabla 18: Variable Ausentismo del trabajador**

<b>Código</b>	<b>Ausentismo del trabajador</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

5. Frecuencia en que sus habilidades no son utilizadas - Variable ordinal

**Tabla 19: Variable No uso de habilidades**

<b>Código</b>	<b>No uso de habilidades</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

## 6. Entrenamiento cruzado - Variable ordinal

**Tabla 20: Variable Entrenamiento cruzado**

<b>Código</b>	<b>Entrenamiento cruzado</b>
1	Todos
2	Alguno
3	Ninguno

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

## 7. Tiene el trabajador las correctas habilidades y el nivel educacional para realizar las actividades requeridas - Variable ordinal

**Tabla 21: Variable Habilidades y nivel educacional**

<b>Código</b>	<b>Habilidades y nivel educacional</b>
1	Todos
2	Alguno
3	Ninguno

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

8. Frecuencia en la que no tiene partes disponibles para realizar un trabajo continuo en el proceso - Variable ordinal

**Tabla 22: Variable No hay partes disponibles para el trabajo**

<b>Código</b>	<b>No hay partes disponibles para el trabajo</b>
1	Nunca
2	A veces
3	Generalmente
4	Siempre

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

9. Hay cultura de registro de datos - Variable nominal

**Tabla 23: Variable Registro de Datos**

<b>Código</b>	<b>Registro de Datos</b>
1	sí
2	No

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

**CASO II**

- **Formulario de Análisis de Criticidad de Máquinas y equipos de la Planta de Agua.** Para este caso se tomarán del formulario, sólo las variables que sean necesarias en el estudio:

**SECCIÓN 4: IMPACTO DEL FALLO:** a quién o quienes afecta el fallo del recurso (máquina o equipo) - Variable nominal

**Tabla 24: Variable impacto**

<b>Código</b>	<b>Impacta a</b>
1	Servicio al cliente
2	Seguridad de los clientes
3	Seguridad del personal
4	Funcionamiento de otros equipos
5	Funcionamiento de otros procesos
6	Instalaciones físicas
7	Medioambiente

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

**SECCIÓN 5: FALLAS POR AÑO:** número de fallas por año que tiene el equipo - Variable ordinal

**Tabla 25: Variable fallas por año**

<b>Código</b>	<b>Fallas por año</b>
1	0
2	1
3	(2 - 5)
4	(6 - 10)
5	mayor a 10

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

**SECCIÓN 6: TIEMPOS DE OPERACIÓN:** tiempo de trabajo del recurso - Variable ordinal

**Tabla 26: Variable tiempo de operación**

<b>Código</b>	<b>Tiempo de operación (hora)</b>
1	menos de 1
2	2 a 500
3	501 a 1000
4	10001 a 5000
5	mayor a 5000

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua

**Elaborado por:** Autor de esta tesis

**SECCIÓN 7: PIEZAS DEL EQUIPO:** Reemplazos que se le puedan hacer al recurso con piezas genéricas, y/o que permitan adaptaciones locales o modificaciones - Variable ordinal

**Tabla 27: Variable Reemplazo por piezas genéricas**

<b>Código</b>	<b>Reemplazo por piezas genéricas</b>
1	menos del 25%
2	Entre el 25 y 50%
3	entre el 51 y 75%
4	mayor al 75%

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua

**Elaborado por:** Autor de esta tesis

**SECCIÓN 8: MANUALES:** posee o no manuales el recurso - Variable nominal

**Tabla 28: Variable Manual**

<b>Código</b>	<b>Manual</b>
1	Del fabricante
2	De un equipo similar
3	Creado por mantenimiento
4	No cuenta

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua

**Elaborado por:** Autor de esta tesis

**SECCIÓN 9: DIFICULTAD DEL MANTENIMIENTO:** según el criterio del que provee el mantenimiento - Variable nominal

**Tabla 29: Variable Dificultad del mantenimiento**

<b>Código</b>	<b>Dificultad del mantenimiento</b>
1	Muy baja
2	baja
3	normal
4	alta

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua

**Elaborado por:** Autor de esta tesis

**SECCIÓN 10: TIPO DE MANTENIMIENTO:** clase de mantenimiento.

Variable nominal

**Tabla 30: Variable Tipo de mantenimiento**

Código	Tipo de mantenimiento
1	Inspección
2	General
3	Limpieza
4	Especializado

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua**Elaborado por:** Autor de esta tesis

**SECCIÓN 11: COMPETENCIA:** hay otras organizaciones en el medio que posean este equipo - Variable nominal

**Tabla 31: Variable percepción**

Código	Percepción
1	sí
2	No

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua**Elaborado por:** Autor de esta tesis

### 3.5 Fases de la investigación

#### **Metodología de la Planeación y Control de la Conservación, y Optimización de Intervalos de Manutención**

La Metodología de la Planeación y Control de la Conservación, y optimización de los intervalos de manutención, consiste en:

1.- Identificación de las causas del problema (Modelo para mejorar sistemas de producción industriales).

2.- Recolección de datos y levantamiento de la información:

Encuestas

Observación directa

Estudios preliminares.

3.- Herramientas para administrar la conservación:

Índice ICGM simplificado

Inventario jerarquizado de Conservación

Selección del grupo piloto de máquinas

Optimización de los intervalos de manutención.

El Plan Contingente

Programa Anual Integrado de Mantenimiento.

Resultados

Con lo anterior se procederá a jerarquizar el inventario de máquinas y equipos, sobre la base del índice ICGM y análisis de Criticidad de máquinas (hasta esa fase ya se posee información de tiempos de reparación, periodicidad, tiempos promedios de producción desde el tratamiento de agua, lavado, llenado hasta embalaje). Una vez jerarquizados los equipos y máquinas se procederá a seleccionar un grupo piloto de máquinas y equipos de la Planta de Agua, y en base al Análisis de Conservación (fundamentado en el Principio de Pareto) se establecerán recursos (máquinas y equipos) vitales, importantes y triviales a los cuales se aplicará el modelo de Optimización de intervalos de manutención (costo mínimo de mantenimiento / conservación), plan contingente para el caso de los vitales, Planes de conservación individual para los recursos vitales o importantes, finalmente estos planes se integrarán en una hoja de excel.

Al aplicar esta metodología, en base al conocimiento científico, se busca obtener los siguientes beneficios:

Optimización de intervalos de manutención.

Creación de la cultura de registro de datos y análisis de la información, base para la aplicación de modelos de mejora continua, y creación de controles.

Reducir paras de máquinas y equipos por mantenimientos no programados.

Reducción de costos debido a los controles establecidos, optimización de intervalos y definición clara de las actividades de Mantenimiento.

Interfaz gráfica del Programa Anual de Mantenimiento integrado.

Sentar una de las bases en la cual se pueda sustentar un Mantenimiento Productivo Total que permite buenas prácticas de manufactura

### **3.5.1 Identificación de las causas del problema (Modelo para mejorar sistemas de producción industriales)**

La Planta de Agua, debe satisfacer a sus clientes, para ello, es necesario cumplir con estándares y normas internacionales de calidad en sus procesos y eficiencia en la producción y distribución de sus productos. La Planta de Agua tiene certificaciones como Sistema de Gestión Integral de la Calidad ISO y NSF, en estos días, se está promoviendo una cultura de Manufactura de Clase Mundial que involucra niveles óptimos de producción, mantenimiento autónomo, es decir, que el operador sea el “gerente” de su máquina, cuya meta continua sea cero averías y defectos, crear cultura de registros de los problemas y analizarlos, cuya base es el conocimiento, todo esto llevaría a la organización a ser flexible, competitiva y eficiente a través del Mantenimiento Productivo Total, sin embargo, en la parte operativa (de campo) se observa que, en el área de producción, uno de los mayores problemas que se presentan, son las deficiencias por paralizaciones no programadas de máquinas, mantenimientos “empíricos” y correctivos, no hay jerarquización de componentes ni equipos, no hay una cultura de registros de mantenimiento, no hay definidos controles óptimos, en conclusión no hay un Programa de Mantenimiento preventivo enfocado en una metodología científica, en el que se tenga como meta la reducción de los defectos, costos, tiempos de paralizaciones de máquinas, controles, entre otros.

### **3.6 Levantamiento de la información en base al Modelo para Mejorar Sistemas de producción industriales**

Ante los problemas presentados es necesario, en base al conocimiento científico, identificar las causas de los problemas principales para en la medida de lo posible reducirlos y/o eliminarlos para ello se tiene el Modelo Para Mejorar Sistemas De Producción Industriales (Ph. D. Kléber Barcia) y que se desarrolla a continuación:

#### **3.6.1 Definición de los problemas del proceso.**

##### **Conversar con el Jefe de Producción de la Planta de Agua.**

El sábado 21 junio 2008, se preparó la primera entrevista con la Jefa de producción, con el objetivo de captar toda la información referente al conocimiento y desarrollo del proceso productivo de la empresa, logrando obtener información referente a los primeros indicios de generación de desperdicio y de qué tipos de preguntas debíamos realizar a los trabajadores de la empresa, con ello se validaron las variables a considerar en el estudio. En el anexo A consta la entrevista realizada Jefe de producción de la Planta de Agua

##### **Realizar medidas de referencia.**

En esta etapa se considerarán los productos que mayores ventas representan a la empresa:

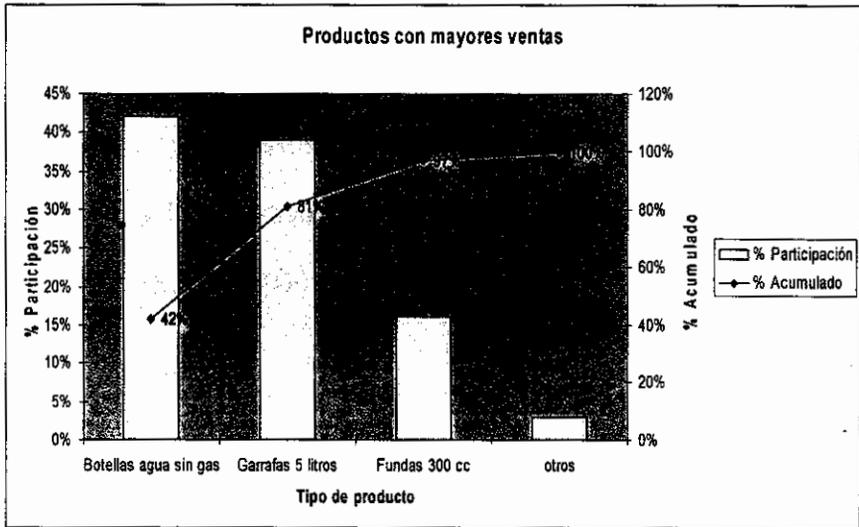
**Tabla 32: Porcentaje de ventas**

Producto	% Participación	% Acumulado
Botellas agua sin gas	42%	42%
Garrafas 5 litros	39%	81%
Fundas 300 cc	16%	97%
otros	3%	100%
<b>Total</b>	<b>100%</b>	

**Fuente: Planeación de Materiales, Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

Al realizar un Análisis de Pareto se obtiene la siguiente gráfica:



**Figura 7: Productos con mayores ventas**

**Fuente: Planeación de Materiales, Planta de Agua**

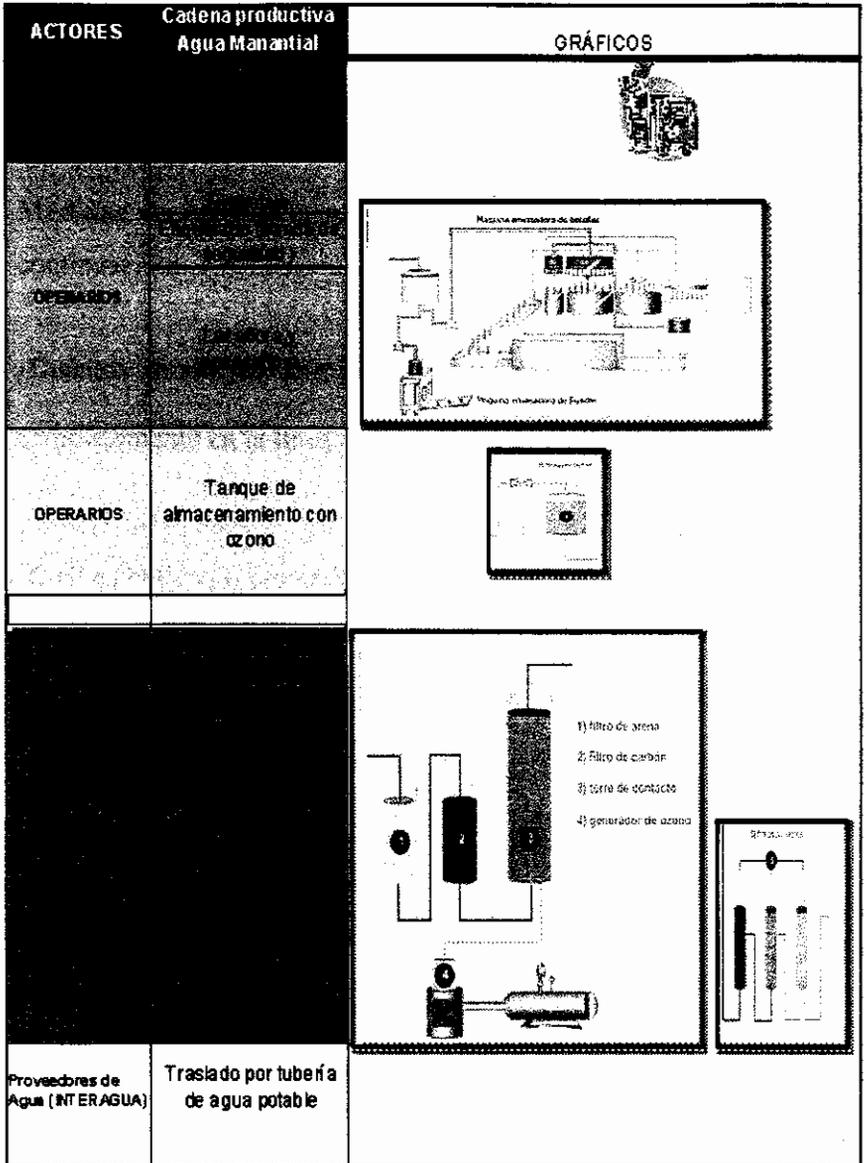
**Elaborado por: Autor de esta tesis**

En la figura 7, la venta de botellas y garrafas representan aproximadamente el 81% de las ventas totales de la organización, sin embargo, en los últimos días, debido a la baja de rentabilidad, en el caso de las garrafas hay alta probabilidad que este producto salga del mercado y éste sea absorbido entre un 80% y 90% por las botellas y el resto en las otras presentaciones, por lo tanto, nos enfocaremos en las botellas de agua sin gas 500 cc para los respectivos análisis.

### **Datos históricos de estudio de tiempos**

En esta sección del proyecto, con los datos de tiempos (envasadoras), se tuvo como objetivo conocer el tiempo de ciclo de producción y encontrar si existía algún problema por el no cumplimiento de la demanda, sin embargo, no se evidenció que el tiempo del ciclo fuera muy largo para no satisfacer la demanda actual del mercado. En los anexos E y F se podrán apreciar los ciclos de producción de botellas pet 500 y garrafas 5 000 cc.

**Mapeo de la Cadena de Valor**



**Figura 8: Mapeo de la cadena de valor Planta de Agua.**

**Fuente: Planeación de Materiales, Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

En el mapeo de valor se identifican las actividades involucradas en el proceso productivo, iniciando por el aprovisionamiento de materia prima (agua) hasta la repartición de las botellas de agua. Luego se

presenta la cadena productiva desde los proveedores pasando por los procesos productivos y finalizando con la identificación y solución de problemas.

**Medidas de referencia** se obtuvieron de preguntas que se detallan a continuación:

¿Cuántos productos terminados por día de trabajo son procesados completamente en la línea de producción?

¿Cuál es el tiempo promedio para procesar un producto terminado?

¿Cuántos productos quedan en la línea de proceso después de un día de trabajo?

¿Cuántos productos por día son procesados incorrectamente?

¿Cuán fiable son los equipos de la planta? ¿Cuál es la cadena de valor?

Luego de realizarle estas preguntas a la Jefa de la Planta y levantar la respectiva información (toma de tiempos, mapeo de la cadena de valor y layout de la planta), se procedió a completar la siguiente tabla que muestra los datos concernientes a la capacidad de producción, capacidad del ciclo y el trabajo en proceso que existe antes de la mejora y lo que se espera si fuese aplicada la metodología en estudio::

**Tabla 33: Medidas de referencia**

Botellas pet 500 cc		
MEDIDAS	ANTES DE MEJORAS	EXPECTATIVAS
Producción (und/h)	7 000	Incrementar 7 500
Tiempo de ciclo (seg)	0,51	Reducir 0,5
Trabajo en proceso	>5%	<1%
Calidad	>95%	>99%

**Fuente: Jefatura de Planta de Agua**

**Fuente: Planeación de Materiales, Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

### 3.6.2 Identificar los problemas de proceso

Se debe mencionar que en el MODELO PARA MEJORAR SISTEMAS DE PRODUCCION INDUSTRIALES los problemas en los procesos de producción son clasificados de la siguiente manera: Problemas de Cultura, Problemas de Proceso, y Problemas de Tecnología. En base a la información obtenida dentro de la entrevista con la Jefa de Planta (Anexo A) y de las medidas de referencia, se llenó la siguiente tabla, para clasificar los tipos de problemas identificados.

**Tabla 34: Clasificación de problemas**

Respuestas de la Jefa de Planta	Clasificación de los problemas
La Jefa es la única que toma las decisiones	Problema de cultura
Existen partes a ser procesadas en la línea de producción	Problemas de proceso / problemas de tecnología
Existen productos terminados con defectos	Problemas de cultura / problemas de tecnología
Se demoran 30 min en poner en operación las máquinas	Problemas de proceso / problemas de tecnología
Paradas de máquinas	Problema de proceso / tecnología / Cultura

**Fuente: Jefa de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

### 3.6.3 Priorizar y seleccionar los problemas.

En base a los resultados obtenidos de la tabla anterior, se contabilizan los problemas y se determinan su porcentaje de frecuencia:

**Tabla 35: Priorización de problemas**

CLASIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
PROBLEMAS DE CULTURA	3	30%
PROBLEMAS DE PROCESO	3	30%
PROBLEMAS DE TECNOLOGIA	4	40%

**Fuente: Planeación de Materiales, Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

### 3.6.4 Identificación de desperdicios. Preparación de la Entrevista.

Para concretar este paso, se observa el proceso que posteriormente será mejorado, de esta manera se adquiere conocimientos de las operaciones del proceso y se formulan las preguntas que se usarán en las encuestas. Mediante las preguntas seleccionadas (apéndice A) se logra mantener el flujo de información desde la Jefa de Planta hacia los involucrados en el estudio.

### 3.6.4.1 Cálculo del tamaño de muestra para el número de colaboradores a encuestar [4]

La población es finita, es decir, conocemos el total de la población (que es el número de colaboradores en la Planta de Agua y equivale a  $N=13$ ) y se desea saber cuántos del total se tendrán que encuestar, según el modelo estadístico será:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

donde:

$N$  = Total de la población (Definida como nuestros colaboradores)

$Z_{\alpha/2} = 1.962$  (si la seguridad es del 95%)

$p$  = proporción esperada (en este caso 50% = 0.50)

$q = 1 - p$  (en este caso  $1 - 0.5 = 0.50$ )

$d$  = error (en este caso deseamos un 4%, por análisis previos e investigaciones realizadas).

Este estudio se basa en los datos que proporcionó la encuesta piloto. Un tamaño ( $N$ ) = 13, de información primaria y secundaria. Ahora ¿a cuántos “colaboradores” tendría que encuestar de una población potencial de 13 para cumplir los objetivos de la encuesta?. Nivel de confianza ( la seguridad con la que se puede inferir ) = 95%;

Precisión (con cuánto está dispuesto a “alejarse” de los valores obtenidos en la encuesta = 10%)

$$n = \frac{13 * 1.962 * 0.5 * 0.5}{(0.1)^2 (13 - 1) + 1.962 * 0.5 * 0.5}$$

$$n = 12.4852 / (0.12 + 0.9604)$$

$$n = 12.4852 / 1.0804$$

$$n \approx 11, \text{ pero por economía se seleccionaron } 10.$$

Por lo tanto, se realizarán encuestas a 10 de los colaboradores de la Planta de Agua.

#### **3.6.4.2 Entrevistar a los Empleados del Área de Producción**

Mediante este paso se recogió información del proceso de producción, el cual ayudó a identificar las causas de desperdicios existentes en el proceso. Se utilizó las preguntas formuladas en la encuesta del apéndice B, se definió el objetivo de la encuesta y se mantuvo el flujo de información realizando las preguntas continuamente.

#### **3.6.5 Analizar los Datos**

Finalizada la encuesta a los colaboradores y con la información recolectada se pudo identificar los desperdicios del proceso. En este paso se analizan los datos para poder obtener resultados que permitan

identificar las actividades que no agregan valor. Primero se revisan y completan datos inmediatamente después de la encuesta para evitar olvidar u obviar información importante obtenida, segundo se clasifican los datos. La tabla 5 es un resumen de datos de la Planta de Agua, en la cual se encuestaron a 10 trabajadores, cada uno de ellos contestó 9 preguntas relacionadas con problemas de cultura, 9 preguntas relacionadas con problemas de proceso y 5 preguntas relacionadas con problemas de tecnología. A continuación se muestra la Tabla de Agrupación de Datos que nace de la del anexo G Clasificación de desperdicios.

**Tabla 36: Agrupación de datos**

DESPERDICIO	ENTREVISTADOS										TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>CULTURA</b>											
RRHH	0	2	3	1	3	3	1	1	2	1	9
MOVIMIENTO	1	0	1	0	0	2	1	0	0	1	2
<b>PROCESO</b>											
ESPERA	2	3	1	3	4	1	2	3	4	2	13
PROCESO	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
DEFECTO	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
MOVIMIENTO	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
RRHH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TECNOLOGIA</b>											
RRHH	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
ESPERA	3	0	2	2	2	0	2	3	1	0	9

**Fuente: Encuesta a colaboradores**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

Esta tabla indica por ejemplo que en la categoría de desperdicio CULTURA – Recurso humano fue identificado nueve veces en base a las respuestas a la entrevista que dieron los colaboradores de la planta. Este resultado fue obtenido sumando todos los desperdicios de recursos

humanos que fueron identificados en el área de problemas de cultura. De igual manera, la segunda fila nos dice que la categoría de desperdicio en CULTURA – Movimiento fue identificada dos veces en base a las respuestas que dieron los participantes de la entrevista, y así sucesivamente.

### 3.6.6 Interpretar los resultados y clasificar los desperdicios

En este paso se toma una regla simple que ayuda a interpretar los resultados (tomada del Modelo en el que se fundamenta esta sección, autor Ph. D. Kléber Barcia). Se clasifican los resultados en dos grupos: desperdicio de alta prioridad y desperdicio de baja prioridad para ser eliminado.

**Regla:** Si el porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio es mayor o igual al 50% de la presencia del desperdicio, entonces se dice que es importante y esta categoría de desperdicio tendrá alta prioridad para ser eliminada. Si el porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio es menor al 50% de la presencia del desperdicio, entonces se dice que no es importante y esta categoría de desperdicio tendrá baja prioridad para ser eliminada. El porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio puede ser calculado usando la siguiente formula:

$$\frac{(TOTAL)}{(PARTICIPANTES)(RESPUESTAS)} * 100$$

Donde:

TOTAL – Número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio en cultura, proceso y tecnología.

PARTICIPANTES – Número de entrevistados.

RESPUESTAS – Número de respuestas que identifican una categoría de desperdicio en cultura, proceso y tecnología.

Los detalles se pueden observar en el anexo G

Por ejemplo: El desperdicio CULTURA-Recurso Humano tiene el siguiente porcentaje del total de número de veces que ha sido identificada esta categoría:

$$((17) / (10 X 7))X100\% = 24.29\%$$

En base a este criterio se procede a llenar la siguiente tabla:

**Tabla 37: Identificación de desperdicios**

DESPERDICIO	TOTAL	%	PRIORIDAD
<b>CULTURA</b>			
RRHH	17	24,29%	BAJA PRIORIDAD
MOVIMIENTO	6	8,57%	BAJA PRIORIDAD
<b>PROCESO</b>			
ESPERA	25	50,00%	ALTA PRIORIDAD
PROCESO	3	6,00%	BAJA PRIORIDAD
DEFECTO	3	6,00%	BAJA PRIORIDAD
MOVIMIENTO	2	4,00%	BAJA PRIORIDAD
RRHH	0	0,00%	BAJA PRIORIDAD
<b>TECNOLOGIA</b>			
RRHH	2	4,00%	BAJA PRIORIDAD
ESPERA	15	50,00%	ALTA PRIORIDAD

Fuente: Encuesta a los colaboradores Planta de Agua

Elaborado por: Autor de esta tesis

### **3.6.7 Identificación de Desperdicio de Proceso**

El desperdicio de proceso en un ambiente de producción es el esfuerzo que no agrega valores al producto o servicio durante su producción. De acuerdo al estudio realizado la categoría de desperdicio de proceso que tienen alta prioridad para ser eliminada es:

#### **Desperdicio de PROCESO-Espera**

La categoría de desperdicio en proceso que tuvo baja prioridad para la eliminación fueron las restantes.

#### **Identificación de Desperdicio de tecnología**

El desperdicio de tecnología en un ambiente de producción es la aplicación inadecuada de conocimientos en la realización de una actividad. La categoría de desperdicio de tecnología que tuvo alta prioridad de eliminación es:

#### **Desperdicio de TECNOLOGIA -Espera**

La categoría de desperdicio en tecnología tuvo baja prioridad para la eliminación fueron las restantes.

### **3.6.8 Planear la Eliminación de Desperdicios**

Una vez identificados los principales desperdicios, se observa que el problema de la espera afecta a las categorías proceso y tecnología, por esta razón se utilizará, en la siguiente sección, la segunda parte de la

metodología científica de Planificación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de manutención, lo que originará: Reducir paralizaciones de máquinas y equipos por mantenimientos no programados, reducción de costos debido a los controles establecidos, optimización de intervalos y definición clara de las actividades de Mantenimiento, interfaz gráfica del Programa Anual de Mantenimiento integrado, sentar una de las bases en la cual se pueda sustentar un Mantenimiento Productivo Total que permite buenas prácticas de manufactura.

### **3.7 Herramientas para administrar la conservación [1]**

Las herramientas de la metodología de Planificación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de manutención conforman esta sección de la metodología general. Estas herramientas, se basan en el método científico y son necesarias para administrar el mantenimiento y llegar justificadamente a los planes individuales y programa anual de conservación integrado. Así se tiene:

- Índice ICGM simplificado
- Inventario jerarquizado de Conservación
- Selección del grupo piloto de máquinas
- Optimización de los intervalos de manutención.
- El Plan Contingente
- Programa Anual Integrado de Mantenimiento.

### 3.7.1 Índice ICGM simplificado ®

El índice ICGM simplificado es una herramienta que permite clasificar los gastos de conservación con la clase o tipo de trabajo por desarrollar en ellos, sobre la base de una lista previamente seleccionada y analizada.

Para cumplir con este requisito es necesario conformar un grupo que tenga conocimiento técnico y de los costos asociados al proceso de producción.

Para cumplir con este punto se debe crear un equipo de trabajo integrado por:

**Tabla 38: Grupo para cálculo índice ICGM**

<b>Grupo para cálculo índice ICGM</b>
-Jefe de la Planta de Agua
-Los responsables del mantenimiento de las máquinas
-Operadores de las máquinas.
-Ascensor.

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

**Levantar un inventario de máquinas y equipos.**

Se tomó la información de los inventarios de los equipos proporcionados por la Planta de Agua:

**Tabla 39: Inventario Máquinas y equipos Planta de Agua**

<b>MÁQUINAS</b>
<b>Tratamiento del agua:</b> Filtro de arena Carbón Ozonización Microfiltradores
<b>Lavado y llenado de envases</b> Envasadora botellas Envasadora garrafas Envasadora fundas
<b>Etiquetado</b> Etiquetado de botellas
<b>Embalaje de los productos</b> Empaquetadora (presentaciones 6, 12, 24)
<b>EQUIPOS</b>
Balanza electrónica Balanza mecánica Estufa Incubadora Olla de esterilización Microscopios Taladro eléctrico de pedestal

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

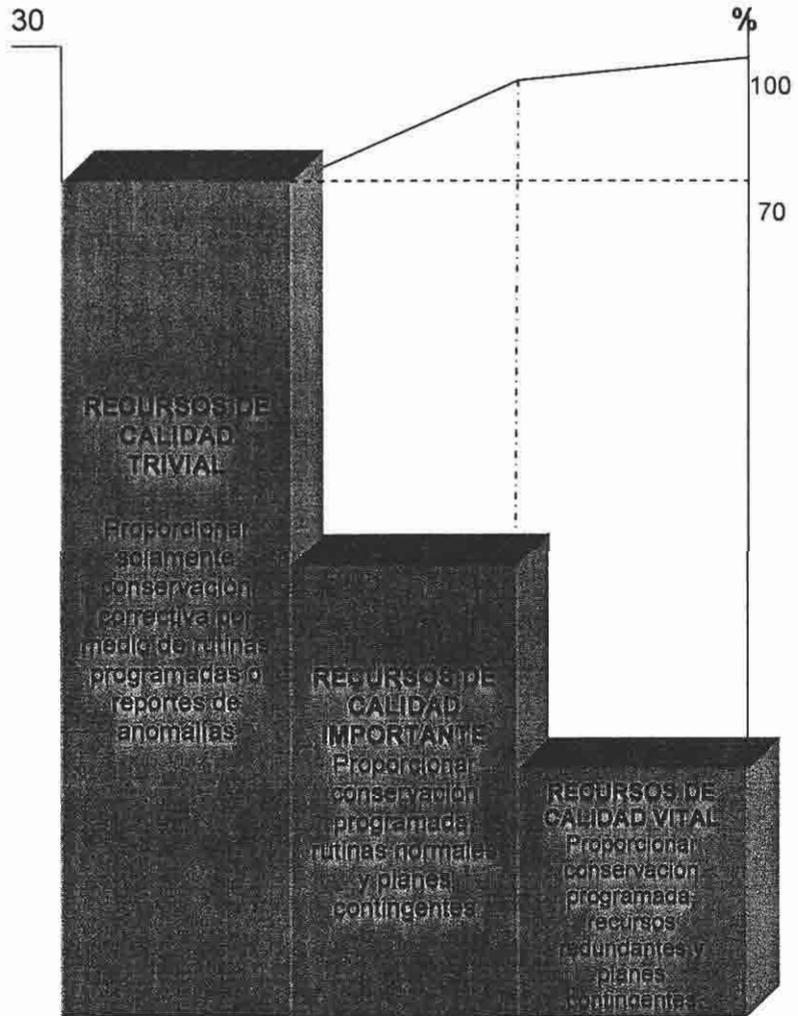
### **3.7.1.1 Análisis de Criticidad**

Es la herramienta que permite establecer niveles jerárquicos en máquinas y equipos en función del impacto global que generan –incluida la calidad–, con el objetivo de facilitar la toma de decisiones. Establece un orden de prioridades sobre una serie de máquinas y equipos, otorgando un valor numérico o estatus, en función de una matriz que combina la condición actual del equipo, el nivel de producción de cada equipo o instalación, el impacto ambiental y de seguridad, y la producción. El Análisis de Criticidad se lo realizó definiendo el alcance y objetivo para el estudio y estableciendo criterios de importancia, con la ayuda de los criterios del código máquina (anexo H) y de criticidad (anexo I). Además se utiliza un método de evaluación que permita jerarquizar los sistemas objeto de estudio (Pareto).

### **3.7.2 Inventario jerarquizado de Conservación**

Una vez definido el inventario de máquinas y equipos se procede a utilizar el código de máquina (el cual se apoyará, para el siguiente estudio, en una encuesta de criticidad de equipos, ver anexo B) y combinándolo con el principio de Pareto, y los códigos de máquina y/o criticidad, código trabajo se obtendrá el inventario jerarquizado de conservación; vital, importante y trivial Todos los recursos calificados

con código 10 y algunos con código 9 se considerarán como vitales; todos los calificados con 8 se consideran como importantes, y por último, los restantes se consideran triviales.



**Figura 9** Histograma de la distribución de recursos

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua

**Elaborado por:** Autor de esta tesis

### 3.7.3 Selección del grupo piloto de máquinas [5]

Luego de las reuniones sostenidas con la Jefa de la Planta de Agua y por la facilidad de la información, se nos indicó que era conveniente trabajar con las siguientes máquinas y equipos:

Los equipos seleccionados por la Ingeniera fueron:

**Tabla 40: Selección del grupo piloto de máquinas**

<b>MÁQUINAS</b>
<b>Lavado y llenado de envases</b> Envasadora botellas
<b>Etiquetado</b> Etiquetado de botellas
<b>EQUIPOS</b>
Balanza electrónica Balanza mecánica Estufa Incubadora Microscopio óptico Olla de esterilización Microscopios Taladro eléctrico de pedestal

**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

### 3.7.4 Optimización de intervalos de conservación [2]

El optimizar los intervalos de conservación (preservación / mantenimiento) permite encontrar los costos mínimos en los cuales la planta deberá incurrir para gestionar mejor sus recursos. Previo a ello es necesario definir ciertos conceptos para al final comprender mejor el modelo.

Se llama costos de conservación a todos los ocasionados por el material que se usarán en los planes y la mano de obra utilizados en el cuidado de los recursos, para permitir que estén adecuadamente preservados y proporcionen el nivel de servicio estipulado.

Se llaman costos de tiempo de paros a los incurridos por un funcionamiento fuera de la calidad estipulada de un equipo. En ellos se tiene en cuenta los siguientes puntos:

**Producción perdida:** los costos asociados (como costos detención de la mano de obra, etc.) que se dejaron de recibir por haber quedado el recurso fuera de la calidad estipulada.

**Desperdicio:** el costo, cuando se debe realizar nuevamente el trabajo asignado, por fallas en el recurso.



Cuando esta razón sea igual a la unidad, estaremos en el punto de equilibrio, por lo que nuestra labor debe ser conseguir dicho punto, mediante los trabajos de conservación.

Los costos iniciales para optimizar cualquier programa de conservación pueden ser entendidos como una inversión de elevado retorno; los dividendos serán: mayor confiabilidad para los equipos, mejor rendimiento y satisfacción al cliente. Todo esto asociado a costos menores de la propia manutención.

La solución simple de adición de intervalos de conservación (manutención) más cortos, no sería ciertamente la solución ideal para los problemas de prevención de fallas en los equipos. Lo que se propone, basado en el estudio de la PETROBRAS (Empresa de petróleos de Brasil) es la "optimización de los intervalos de manutención"[2] y que consiste en el abandono del empirismo en favor de un sistema de obtención de períodos óptimos de conservación preventiva, basado en la minimización del factor económico que es el costo. Es importante resaltar que las fórmulas para el cálculo de los intervalos óptimos, se fundamentan en costos anuales mínimos y como se trata de optimización, la revisión periódica de los cálculos conducirá a un proceso iterativo que tenderá realmente a minimizar los costos totales necesarios para mantener los equipos operando en condiciones adecuadas y seguras.

La fórmula para el cálculo del intervalo óptimo de manutención es extraída del concepto de que el costo de las fallas o paros asociados al recurso o equipo disminuyen a medida que los costos de conservación aumentan; con la combinación de estos costos se obtiene la curva del costo total anual (CTA), de la que se obtendrá el costo mínimo, para un intervalo, sección o punto único y que fuera de esos límites, el aumento o disminución de uno u otro factor no garantiza el cumplimiento de este supuesto. A través del cálculo diferencial se ha determinado el punto mínimo de esta curva del costo total mínimo, que dará el período de tiempo que corresponderá al buscado período óptimo de conservación preventiva del equipo. La fórmula para el cálculo del intervalo óptimo de manutención, obtenida del cálculo diferencial es:

$$P \equiv \sqrt[3]{\frac{M \times Q \times Pp^2}{2 F \times N}}$$

Siendo:

$$M = H_m \times OH \times W$$

$$F = (H_f \times OH \times W) + C$$

Donde

P=intervalo óptimo de manutención preventiva del equipo

**H<sub>m</sub>**=“total de hombres por hora” necesarios para mantener en operación una unidad de equipos, incluyendo los tiempos necesarios para requisición de material, herramientas y otros, como cambio de operadores (relación directa con la manutención preventiva)...**hombres por hora / unidad**

**OH**= relación entre las sumatorias de los costos de la supervisión y los costos de los ejecutantes + 1; si la relación fuera 90% "OH" será igual a 1,90.

**W**= **tasa de salario medio**, incluyendo horas extras; ella deberá ser ajustada para incluir los casos en que diferentes categorías de personal sean usadas en la localización y eliminación de las fallas...\$ / hora

**Hf**= **Total medio de "hombres por hora"** necesarios para reparar una única falla del equipo, incluyendo tiempo de traslado y otras actividades relacionadas (relación directa con la manutención correctiva) . Hf y H<sub>m</sub> son acumulados de todo el personal envuelto en la actividad de manutención... **hombres por hora / unidad**

**N**=**Número medio de fallas por año**, para el grupo de equipos similares en servicio...**fallas / año**

**Q**=**Cantidad de equipos del mismo tipo en servicio.**

**C**=**Costo asociado a las horas no trabajadas debido a la falla ocurrida...\$ / unidad**; es formado por la suma de los siguientes costos:

Pérdida de facturación por equipo que se encuentra dañado.

Costo medio de los repuestos de la parte que falló y de las otras partes necesarias.

Todos los otros costos asociados con la falla, tales como: seguridad, equipos colocados fuera de operación debido a las fallas, etc.

**Pp**=**Período actual o intervalo anual de manutención del equipo en referencia, asociado con el tiempo sobre el cual los datos del histórico de**

falla fueron colectados. Años. Fuera de esto, a medida que el banco de datos propio del usuario vaya siendo estructurado, las iteraciones de cálculo ciertamente conducirán al proceso a mejores resultados aplicando la mejora continua.

**Caso ejemplo.** La Planta de Agua debe contar con los costos de paro de las máquinas vitales y de algunas importantes. Aquí se reunirán: Jefa de la Planta de Agua, los responsables del mantenimiento de las máquinas, asesor. Contadores para determinar el costo por paro de equipos, el cual, se registrará en el plan de conservación para el equipo vital o importante que se esté analizando y que incluirá la siguiente tabla:

**Tabla 42 Gastos de operación de un equipo**

<b>COSTO</b>		
<b>Paros</b>	<b>Conservación</b>	<b>Total</b>

**Fuente:** Jefatura de la Planta de Agua

**Elaborado por:** Autor de esta tesis

La cual, alimentará al archivo Banco de Datos optimización intervalos.xls. En la misma reunión se tratará el costo de conservación aplicado para disminuir dichos costos por paros de los recursos. Estableciendo los criterios técnicos de cómo evaluar el costo de tiempo de paro y costo de conservación, este documento será actualizado según se considere por el área de contabilidad y/o políticas de la planta. El jefe informará cada vez que se suscite un paro en cualquiera de los equipos,

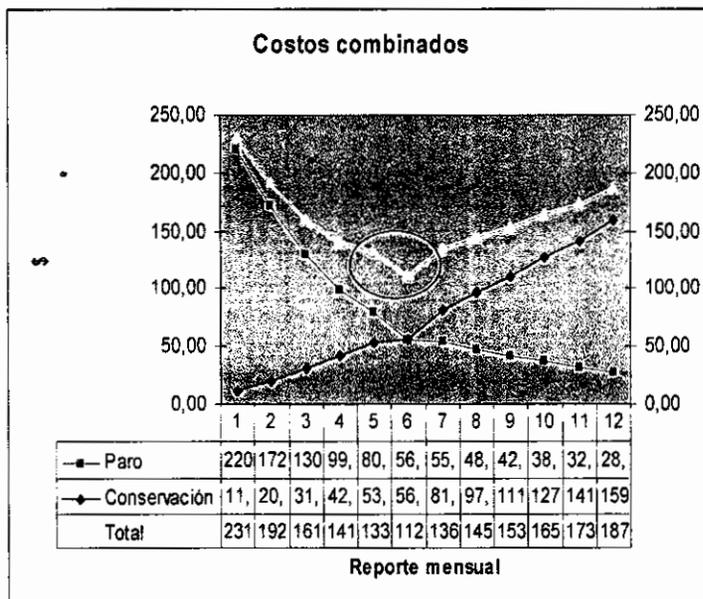
en el que se indicará el tiempo que se empleó para la atención de dicho recurso. Entonces, Contabilidad enviará un informe mensual detallando los gastos de conservación del período, al jefe y a las personas involucradas, con el fin de que sean analizados y comparados. Considerado los factores mencionados, se construirá la gráfica que orienta sobre cuál es la cantidad óptima de conservación que se deberá suministrar a los recursos, y con ello conocer los trabajos de conservación que hace el departamento. En la siguiente tabla, se obtendrá un caso, de los muchos que existen sobre la conservación de los procesos, en la columna “Paro” se indican los costos asociados al paro de los equipos, y en “Conservación” los costos que se le aplica al equipo para disminuir dichos paros. La suma de los costos de paro de equipo más el del costo de conservación que se proporciona es igual al costo total o combinado, cuyo objetivo es el de hallar el óptimo; el cual está representado en la siguiente tabla:

**Tabla 43 Gastos de operación, caso real**

<b>Gastos de operación Equipo CC-XYZ</b>			
<b>Reporte</b>	<b>Costo por</b>		
	<b>Paro</b>	<b>Conservación</b>	<b>Total</b>
1	220,00	11,00	231,00
2	172,00	20,00	192,00
3	130,00	31,00	161,00
4	99,00	42,00	141,00
5	80,00	53,00	133,00
6	59,00	59,00	118,00
7	55,00	81,00	136,00
8	48,00	97,00	145,00
9	42,00	111,00	153,00
10	38,00	127,00	165,00
11	32,00	141,00	173,00
12	28,00	159,00	187,00

*Fuente: Dounce Villanueva Enrique, México  
La Productividad en el Mantenimiento Industrial. pp, 131*

Al analizar la tabla 43 se nota que en los primeros meses existe una disminución en los costos asociados al paro del equipo como consecuencia del aumento de los costos de conservación al mismo recurso, lo cual, a su vez disminuye el costo total o combinado, esto acontece hasta el mes sexto (reporte 6) en donde se muestra un costo por paro de \$56,00 y de conservación suministrado \$56,00, y un costo total combinado de \$112,00, en donde se observa que a partir de ese momento, a pesar del aumento de los costos de conservación, los costos asociados al paro del equipo ya no disminuyen considerablemente, en la misma proporción que antes, de tal forma que justifique esta inversión; el costo total combinado incluso aumenta, por lo que no se obtendrá ningún otro costo total óptimo. Si graficamos los datos se tiene lo siguiente:



**Figura 11 Costos combinados, caso real**

**Fuente: Libro de Dounce Villanueva**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

El valor que nos muestra la cantidad encerrada en el círculo rojo es un costo total de \$112.00, y que antes o después no se observa un costo óptimo, al menos en el corto plazo. Si se desea tener un nivel óptimo de conservación, el departamento responsable debe estar atento de proporcionar al equipo cuidados cuyo costo no baje del costo mínimo de conservación o de una zona óptima definida por la alta dirección, es decir, invirtiendo aproximadamente \$56,00 podría obtener un costo de paro asociado de tal manera que no me perjudicará tanto como si invirtiera menos o más de la cantidad expresada (\$56,00) pero teniendo cuidado de no llegar al punto de hiperpreservación. Es conveniente aclarar que el punto que denota el costo mínimo de conservación debe ser manejado por la empresa como una zona óptima de costos.

Aunque la conservación preventiva periódica beneficiará a la planta, el abuso de ella, sin considerar su impacto, es contraproducente para los resultados, pues, no sólo se aumentan los costos de conservación en forma impresionante (como se mostró en el párrafo anterior), sino también ocasiona el demérito del equipo o recurso por atender. Es importante recordar que cada recurso por conservar tiene su punto óptimo de conservación y que después de éste, los costos aumentan en desproporción con respecto a la fiabilidad obtenida, lo cual sólo se justifica si el servicio que proporciona el recurso es de una importancia absolutamente vital o si se trata de resguardar vidas humanas

**Caso real de cálculo de intervalo de optimización.**

Para mostrar cómo se realiza el cálculo para la optimización de los intervalos de conservación, se empezó tomando un equipo, del archivo “Banco de datos optimización intervalos. xls” y se lo comparó con la Matriz de criticidad (anexo K), para efectos de explicación se escogió un equipo “importante”, denominado Estufa universal a cargo de la Jefa de la Planta que se ubica en la posición 4, con respecto al archivo B de banco de datos y en la posición 4 de la Matriz de Criticidad. Para el cálculo de intervalos óptimos, P es el valor del intervalo óptimo de periodicidad de la preservación de equipos, y aparece en la columna del cálculo de P, (véase archivo B “Banco de datos optimización intervalos.xls”). En el archivo B se observa, en las diferentes columnas, los valores numéricos de los símbolos de la ecuación de optimización (P). Para poner en práctica esta herramienta, se explica con el siguiente caso: El valor de M se subdivide en  $H_m \times OH \times W$ , el valor de  $H_m = 2$  (número de trabajadores que en promedio mantienen en operación al equipo);  $OH = 3.19$  (el cociente entre el costo de la supervisión –en este caso el sueldo por hora que el supervisor o encargado del control gana para “cuidar” a los equipos- y la ejecución de los trabajos –el sueldo por hora que gana el técnico que atiende a los equipos, en este caso un determinado colaborador-, a todo esto se le sumó 1);  $w =$  el sueldo promedio de los involucrados en la eliminación de la falla (se realizó un promedio de lo que ganan por hora los involucrados en la eliminación de fallas);  $Q = 1$  (el número de equipos de esta clase que prestan el

servicio);  $C = \$ 44.43$  (este dato lo proporcionó la jefa de la planta); para el cálculo del intervalo o periodicidad actual de preservación del equipo se busca en el Plan de mantenimiento anual (actual) de los equipos, y ahí se observa que para este equipo el intervalo es cada 12 meses, con lo cual se anotó en la Banco de datos para  $P_p=0.5$  (para mayor comodidad), al lado aparece el valor en días, es decir, 360. Una vez obtenidos los datos se procede, con la ayuda de la fórmula, a calcular el valor del intervalo óptimo de conservación, cuyo valor es de  $P = 0.20$  años  $\approx 2.38$  meses  $\approx 71.40 \approx 90$  días. Inicialmente se tiene un intervalo de doce meses, pero, ¿por qué se reduce a tres? Esto se debe a que el modelo matemático aplicado “busca” un costo mínimo combinado total, en donde se reduzcan los costos conforme se aumentan los esfuerzos (costos) de la preservación preventiva, pero hasta un “límite ideal”, porque a partir de ese punto por más costos que invierta en la preservación del equipo las disminuciones de las fallas serán muy reducidas y he aquí que el modelo busca para cada iteración que la suma de ambos costos (costos de conservación y de fallas) sea el mínimo, y asegura que no habrá otra región en donde la combinación de los costos sea mínima. La estufa ha tenido una falla real, y lo que en la práctica explica el modelo es que busca eliminar esa “frecuencia” de falla, si el número hubiese sido mayor el intervalo se hubiese reducido más para evitar la repetición de las fallas, pero siempre tomando en cuenta los costos de las fallas y los de conservación.

### 3.7.5 El plan contingente.

Este plan es necesario para las labores de mantenimiento contingente (MC) en recursos vitales, deberán ser atendidas por técnicos capacitados, con habilidad para el diagnóstico y rehabilitación del servicio; en general, se emplea personal con habilidad manual en la especialidad, ya que estas labores se desarrollan cuando el recurso no está en servicio o cuando el servicio que ésta presta no tiene gran importancia y, por lo tanto, el trabajo se puede hacer con el personal más indicado, en el lugar y momento más adecuados y con los recursos necesarios, ya que esta labor obedece a una planeación previa. Sin embargo, a pesar de todo, puede suscitarse una falla inesperada por causas que humanamente no pudieron preverse, independientemente de la planeación cuidadosa. Esta falla que puede suceder o no, es a lo que se llama contingencia, y nos recuerda la ley de Murphy: “si algo puede fallar, fallará”, por tanto, es necesario revisar una y otra vez el plan de conservación a los recursos vitales para decidir en primer lugar, qué es lo que puede fallar, poniendo atención a las causas de fallas más comunes en los recursos, que se mencionan a continuación:

**Ambiente circundante:** agentes agresivos y factores de operación riesgosos.

**Ampliaciones:** por deficiencia en la mano de obra, mala interpretación de los planos, o no tener en cuenta la mantenibilidad del recurso.

**Daños por terceros**

**Envejecimiento**

**Operación**, debido a la ignorancia o mala voluntad del usuario del recurso

**Transporte**, por golpes, almacenaje deficiente.

Como complemento a las causas de fallas más comunes, el analista debe considerar los factores de riesgo que a continuación se mencionan:

Cuando no se tiene un margen en la calidad de funcionamiento del equipo o en el tiempo.

Cuando hay un desconocimiento del equipo o de alguna de sus partes.

Cuando existe baja fiabilidad en el equipo o en algunas de sus partes.

Cuando se depende de terceros para la conservación.

Cuando existen dos o más responsables en las labores de conservación.

Cuando los buenos resultados de la conservación no pueden detectarse fácilmente.

Analizando las anteriores consideraciones, se puede saber de antemano lo que puede fallar y, en muchos casos, hacer algo con anticipación para evitar la falla; pero en todos los casos es posible decidir también con anticipación “lo que debe hacerse” si, a pesar de todo, algo falla; el plan contingente, aminora la gravedad del probable problema y permite rehabilitar en el menor tiempo posible la calidad de servicio perdida. Para el desarrollo del PLAN CONTINGENTE, se tiene en cuenta los siguientes aspectos:

- Nombre del plan.
- Recursos humanos que integran el plan. Nombre tanto del responsable del plan como de las personas que queden a sus órdenes durante la contingencia.
- Problemática o información general del porqué es necesario el plan contingente, así como de todo aquello que se considere útil para entender a fondo los problemas que puedan suscitarse y su solución.
- Objetivo inmediato (del plan)
- Políticas que se observarán durante el desarrollo de plan
- Procedimiento general de acción.

### **Programa Anual de Mantenimiento integrado**

Se presentaron todos los puntos de la metodología de Planificación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de manutención.

En esta sección el objetivo es integrarlos en un Programa que ayude a su aplicación y mejor gestión en la Planta de Agua.

Para ello se tendrán los siguientes componentes:

**Puntos de la Metodología propuesta en este estudio** (metodología científica de Planificación y Control de la Conservación, y

optimización de intervalos de manutención) Aplicación, mediante formatos y hoja de Excel.

**Planes individuales de conservación** (Preservación / Mantenimiento) de equipos: Vitales, Importantes, y Triviales

### **Órdenes de trabajo**

### **Controles**

Este plan contendrá cada punto de la metodología propuesta así como los intervalos óptimos a considerar para el respectivo mantenimiento, además contará con herramientas para la mejor gestión desde la planta de agua.

### **Cronograma de actividades**

Este cronograma se lo encontrará en el anexo O y tiene como objetivo mostrar la secuencia de las actividades que serán necesarias para implementar la metodología propuesta. Este documento será analizado en la siguiente sección.

# CAPÍTULO 4

## 4. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS

### Presentación de los resultados obtenidos en la investigación

En esta sección se presentan los resultados que se esperan luego de implementar la metodología en estudio. Cabe destacar que estos resultados fueron previamente calculados en base a los modelos expuestos. A continuación se adjuntan cada uno de los resultados y el modelo o herramienta en el cual se sustenta:

a) En base al Modelo PARA MEJORAR SISTEMAS DE PRODUCCION INDUSTRIALES, se identificaron los siguientes desperdicios:

Tabla 44: Resultado 1 - Identificación de desperdicios

DESPERDICIO	TOTAL	%	PRIORIDAD
<b>CULTURA</b>			
RRHH	17	24,29%	BAJA PRIORIDAD
MOVIMIENTO	3	30,00%	BAJA PRIORIDAD
<b>PROCESO</b>			
ESPERA	25	50,00%	ALTA PRIORIDAD
PROCESO	3	30,00%	BAJA PRIORIDAD
DEFECTO	3	30,00%	BAJA PRIORIDAD
MOVIMIENTO	2	20,00%	BAJA PRIORIDAD
RRHH	10	100,00%	BAJA PRIORIDAD
<b>TECNOLOGIA</b>			
RRHH	2	10,00%	BAJA PRIORIDAD
ESPERA	15	50,00%	ALTA PRIORIDAD

Fuente: Jefatura de la Planta de Agua

Elaborado por: Autor de esta tesis

**b) Jerarquización de máquinas y equipos de la Planta de Agua, en base al impacto de su criticidad y al análisis Pareto:**

**Tabla 45: Resultado 2 - Jerarquización**

PLANTA DE AGUA																			
JERARQUIZACIÓN POR CÓDIGO MÁQUINA Y/O CRITICIDAD																			
No.	EQUIPOS Y CONSTRUCCIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL	#	CRITICIDAD	CÓDIGO MÁQUINA	% ACUM	CLASIFICACIÓN
1	Envasadora de botellas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	5	10	2 / 10	VITALES
2	Envasadora de garrafas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	5	10	20,00%	
3	Envasadora de fundas	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10	1	4	8	3 / 10	
4	Estufa universal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	4	8	=	IMPORTANTES
5	Incubadora microbiológica	1	1	1	1	1							1	8	1	3	7	30,00%	
6	Olla de esterilización		1	1	1	1	1	1					1	7	1	3	6		
7	Balanza electrónica		1	1	1								1	5	1	2	4	5 / 10	
8	Taladro de pedestal	1		1	1				1	1				5	1	2	4	=	TRIVIALES
9	Balanza mecánica			1					1					2	1	1	2	50,00%	
10	Microscopios			1	1									2	1	1	2		
	<b>TOTAL MÁQUINAS Y EQUIPOS</b>														<b>10</b>				

Fuente: Jefatura de la Planta de Agua

Elaborado por: Autor de esta tesis

**c) Optimización de intervalos de manutención.**

A través del cálculo diferencial se ha determinado el punto mínimo de esta curva del costo total mínimo, que dará el período de tiempo que corresponderá al buscado período óptimo de conservación preventiva del equipo. La fórmula para el cálculo del intervalo óptimo de manutención, obtenida del cálculo diferencial es:

$$P \equiv \sqrt[3]{\frac{M \times Q \times Pp^2}{2F \times N}}$$

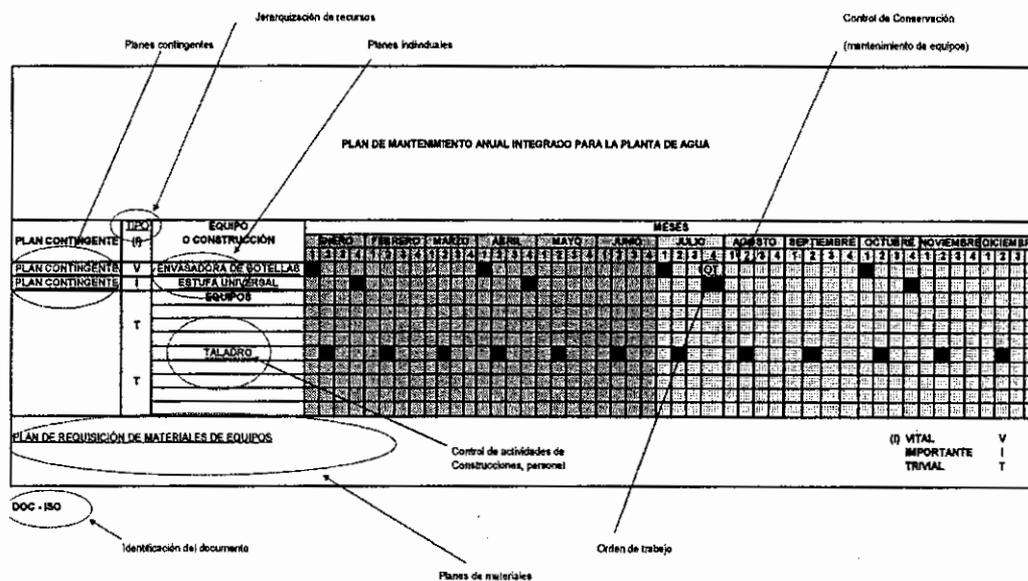
Para referencia, favor dirigirse al archivo Banco de datos Planta de Agua.xls.

**d) Planes contingentes.**

Se puede suscitar una falla inesperada por causas que humanamente no pudieron preverse, independientemente de la planeación cuidadosa. Esta falla que puede suceder o no, es a lo que se llama contingencia, y recuerda a la ley de Murphy: “si algo puede fallar, fallará”, por tanto, es necesario revisar una y otra vez el plan de conservación a los recursos vitales para decidir en primer lugar, qué es lo que puede fallar; poniendo atención a las causas de fallas más comunes en los recursos

**e) Plan de Mantenimiento Anual Integrado para la planta de agua**

**Tabla 46: Resultado 5 - Plan Integrado de Mantenimiento**



**Fuente: Jefatura de la Planta de Agua**

**Elaborado por: Autor de esta tesis**

Este Plan integra todos los conceptos tratados en este proyecto, desde aquí se puede tener un control de toda la parte de Conservación / Mantenimiento de la Planta de Agua. Este Plan se adjunta con esta tesis con el nombre: Programación Anual de Conservación propuesto.xls

### **Aplicación de los resultados obtenidos en la investigación en la planta de agua**

Luego de realizada la investigación y obtener los resultados es necesario desarrollar un cronograma de las actividades proyectadas para poder aplicar en la organización la metodología de la Planeación y Control de la Conservación (ver Anexo O). En el anexo se observa que primero se debe tener un compromiso de la Alta Gerencia sobre la implementación de la metodología propuesta, para ello se aconseja la difusión, informativos, paneles, en el primer punto. En el siguiente paso, es necesario desarrollar talleres y curso de capacitación sobre la nueva metodología. Los colaboradores deben conocer acerca de cada herramienta y su importancia para la aplicación en el trabajo.

Una vez que se proporciona el conocimiento a los trabajadores se programan reuniones para conocer la forma de llevar a la práctica la metodología propuesta, con la ayuda de un asesor y grupo conocedor del tema. A continuación, se definen actividades y responsables, y se realiza la respectiva asignación. Se continúa con la implementación de la metodología y finalmente, se toman las mediciones y evaluaciones respectivas los tiempos proyectados se observan en el cronograma propuesto del anexo O.

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Desarrollado el presente estudio se concluye que:

1.- La hipótesis: “Entregar productos confiables, en el tiempo establecido y de calidad, aplicando metodología científica de *Planificación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de manutención*, genera mejores resultados a nivel de productividad, que sólo trabajar en base a los métodos no científicos tradicionales” no se puede rechazar, y se ha comprobado que el conocimiento científico permite mejorar actividades y/o procesos, así como la calidad y los tiempos de entrega.

2.- La optimización de intervalos de manutención está relacionada con los costos, tiempo de fallas de los equipos, cuidado del bien y que existe un fundamento científico para alcanzar este objetivo.

3.- Al crearse un plan de mantenimiento integrado, sobre la base del conocimiento científico y con la ayuda de herramientas de la metodología expuesta a lo largo del estudio es posible:

Tener una visión del área de manutención.

Generar reportes para incentivar la cultura del registro y en el corto plazo se puedan implementar normas como la ISO y TPM.

Crear programas de mantenimiento preventivo individual para concentrarse a reducir las paralizaciones de máquinas y equipos.

Establecer controles para la reducción de costos por manutención.

4.- Todo lo expuesto en este estudio sienta las bases para el Mantenimiento preventivo total que se fundamenta en:

-Crear una cultura de calidad.

-Tendencia a reducir las paralizaciones de las máquinas y equipos.

-Reducción de los costos

-Gestión en el buen manejo de los equipos.

## Recomendaciones

En base a todo lo expuesto en el presente estudio se recomienda:

1.- Mostrar la validez de la hipótesis propuesta: “Entregar productos confiables, en el tiempo establecido y de calidad, aplicando metodología científica de *Planificación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de manutención*, genera mejores resultados a nivel de

productividad, que sólo trabajar en base a los métodos no científicos tradicionales”

2.- Adoptar la metodología de Planificación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de manutención, pues, como se evidencia es flexible para ser incorporada a las actividades y procesos de la planta de Agua., esto permitirá cumplir con los objetivos de reducciones en costos y tiempos de paradas de máquinas, planes de mantenimiento integrado, jerarquización de equipos, entre otros beneficios.

3.- Basarse en el cronograma propuesto (a un año) para la futura implementación de la metodología.

## 6. ANEXOS

### ANEXO A

#### ENTREVISTA PARA EL JEFE DE LA PLANTA DE AGUA

**Objetivo:** obtener información referente a los primeros indicios de generación de desperdicio y qué tipos de preguntas se deben realizar a los trabajadores de la empresa

##### 1.-) ¿Cómo es el proceso de producción?

El agua, pasa primero a través de un **filtro de arena**, que retiene sólidos en suspensión o material insoluble con tamaño aproximadamente mayor a 25 micras que pueda traer el agua, este efluente luego pasa por un **filtro de carbón activado**, el cual posee un alto poder de absorción, elimina compuestos orgánicos volátiles, cloro, sabores, colores y olores extraños.

En el proceso posterior que es la **ozonización** se adiciona una cantidad adecuada de ozono cuya misión es el tratamiento del agua por oxidación química (destrucción de gérmenes patógenos, eliminación del color causado por el hierro, el manganeso o la materia carbonosa, y los sabores y olores debido a la materia orgánica) para lo cual el agua permanece un tiempo suficiente en contacto con el ozono. Ya que es necesario que el agua tenga una apariencia completamente traslucida, brillante, libre de cualquier partícula en suspensión, se completa el proceso del tratamiento con una etapa de "pulimiento", o sea, que se obliga a que fluya por una serie de microfiltros, cada vez más finos, para que se retengan partículas microscópicas.

**Etapas de envasado.-** Para las distintas presentaciones consiste en:

1. **Botella PET 500cc:** Equipos completamente automatizados manejan el lavado, llenado, tapado y empaquetado de las botellas. Las botellas de PET se lavan con suficiente agua ozonizada, de la misma calidad de la que se va a envasar, con el fin

de retirar partículas, en el proceso de envasado existen lámpara de luz UV que evitan presencia de microorganismos.

Posterior al lavado, se llenan las botellas con el producto, cumpliendo con los estándares de llenado y de aseguramiento de la calidad. Para proteger el producto de cualquier adulteración, después de tapado se coloca la fecha de producción y una banda de seguridad termoencogible que garantiza al consumidor que la botella no a sido destapada y que el producto aún sigue vigente para el consumo. Con un equipo especial, se forman bandejas de 12 y 24 unidades protegidas con plástico termoencogible.

**2. Fundas de 300cc:** Equipos automatizados forman las fundas. Estos equipos tienen controles para garantizar el volumen de agua envasada y el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos para esta presentación. El equipo tiene una lámpara germicida de luz UV para esterilizar la lámina plástica, se utiliza una lámina plástica que no confiere sabor a plástico objetable al agua y tiene tres capas que proporcionan una alta barrera para evitar la contaminación del agua durante su almacenamiento en anaqueles y neveras.

También se coloca la fecha de producción con un período de vigencia. Se utiliza un empaque secundario para proteger las fundas hasta el momento en que llegan al consumidor final. Y finalmente cajas plásticas para su transporte y almacenamiento.

**3. Garrafas Plásticas de 5.000cc:** Con equipos automáticos especiales las garrafas se lavan con suficiente agua ozonizada, de la misma calidad de la que se va a envasar, con el fin de retirar partículas y esterilizar el envase. Posteriormente se llenan y se tapan. Este equipo cuenta con todos los controles para garantizar el

volumen envasado y el cumplimiento de los estándares de calidad requeridos para esta presentación.

También se coloca la fecha de producción. Se utiliza un empaque secundario para proteger las garrafas hasta el momento en que llegan al consumidor final, así como también se utilizan las cajas plásticas para su transporte y empaque.

## **2.- ¿Quién toma la decisión en el proceso de producción?**

Soy yo quien toma las decisiones y asigno todas las responsabilidades a cada uno de los colaboradores.

## **3.- ¿Existe flujo de información en el ambiente de trabajo?**

Sí, del Jefe hasta los trabajadores.

## **4.- ¿Están siendo correctamente utilizados los trabajadores de planta?**

Se busca la optimización del recurso humano, previamente se han realizado análisis sobre las cargas de trabajos y se podría decir que hay un balance en la carga de trabajo de los colaboradores

## **5.- ¿Tiene algún problema con la obtención o el uso de las herramientas de trabajo?**

No es un problema, porque las herramientas de trabajo que utilizamos mayormente son llaves, calibradores, etc.

## **6.- ¿Que tan bien balanceada esta la línea de producción?**

Si, la línea esta bien balanceada.

## **7.- ¿Existen partes esperando a ser procesadas en la línea de producción?**

Cuando ocurre interrupciones en las máquinas.

**8.-¿Existen productos defectuosos?**

Por lo general a problemas de las máquinas.

**9.-¿Cree que el tiempo de puesta a punto de las maquinas es un problema?**

No, porque sólo toman 30 minutos.

**10.-¿La parada de maquinas es un problema?**

En la selladora del termoencogible, pues, actualmente es nuestro cuello de botella.

**11.- ¿Todo el personal usa las mismas políticas de producción?**

Si, todos las usan.

**12.-¿Tienen suficiente espacio para el inventario de partes y materia prima?**

No.

**ANEXO B****ENCUESTA PARA LOS TRABAJADORES DE LA PLANTA DE AGUA**

**Objetivo:** Obtener el grado de conocimiento que los trabajadores de la planta de Agua tienen con respecto a los procesos, tecnología y cultura, y utilizar esta información para proponer acciones de mejora

**SECCIÓN 1: PROCESO**

1.-Flujo de la información a través del área de producción?

Todos\_\_ J. Planta-Superv \_\_ J Planta-operario\_\_ Superv- operario \_\_

2.-Balanceo del trabajo en la línea con respecto al personal

Excelente[>95%] Muy bueno[95%-80%] bueno[79%-60%] regular[59%-50%] malo[<50%]

3.-¿Están los productos esperando a ser procesados entre las operaciones?

Siempre [>75%] generalmente [75-50%] a veces [50-25%] nunca [<25%]

4.-¿Hay producto en la línea que necesita reproceso?

Siempre [>75%] generalmente [75-50%] a veces [50-25%] nunca [<25%]

5.-¿Hay producto defectuoso en el proceso?

Siempre [>75%] generalmente [75-50%] a veces [50-25%] nunca [<25%]

6.-¿Con qué frecuencia se para la línea por exceso de producto en el túnel?

Siempre [>75%] generalmente [75-50%] a veces [50-25%] nunca [<25%]

7.-¿Qué tan lejos se encuentran los utensilios de trabajo del puesto de operación?

Muy lejos (> 2 m) más o menos lejos ( entre 1 y 2 m) muy cerca (< 1 m)

8.-¿Con qué frecuencia se atrasan al comenzar la producción?

Siempre [>75%] generalmente [75-50%] a veces [50-25%] nunca [<25%]

9.-¿Cuán difícil considera ud que es su trabajo en esta línea de producción?

Fácil\_\_ puede mejorar\_\_ muy difícil\_\_ imposible\_\_

**SECCIÓN 2: TECNOLOGÍA**

1.- Se utilizan las herramientas según los estándares suministrados para su trabajo?

2.- Con qué frecuencia las herramientas que utiliza le han provocado accidentes  
 Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
 Siempre \_\_\_\_\_ generalmente \_\_\_\_\_ a veces \_\_\_\_\_ nunca \_\_\_\_\_

3.- El tiempo de arranque de las máquinas es muy elevado  
 Sí \_\_\_\_\_ No, \_\_\_\_\_  
 Qué máquina \_\_\_\_\_

4.- Con qué frecuencia la máquina no está disponible debido a fallas de funcionamiento  
 Siempre \_\_\_\_\_ generalmente \_\_\_\_\_ a veces \_\_\_\_\_ nunca \_\_\_\_\_

5.- Tiene problemas con las herramientas al utilizarlas? (desgaste , óxido, mala calidad, etc)  
 Siempre \_\_\_\_\_ generalmente \_\_\_\_\_ a veces \_\_\_\_\_ nunca \_\_\_\_\_

**SECCIÓN 3: CULTURA**

1.- Con qué frecuencia sufre usted accidentes / malestares en su lugar de trabajo  
 Siempre \_\_\_\_\_ generalmente \_\_\_\_\_ a veces \_\_\_\_\_ nunca \_\_\_\_\_

2.- Dispone usted de los implementos necesarios para llevar a cabo sus actividades  
 Siempre \_\_\_\_\_ generalmente \_\_\_\_\_ a veces \_\_\_\_\_ nunca \_\_\_\_\_

3. Está supervisado o tiene órdenes exactas para hacer el trabajo en el proceso de producción  
 Siempre \_\_\_\_\_ generalmente \_\_\_\_\_ a veces \_\_\_\_\_ nunca \_\_\_\_\_

4.-Con qué frecuencia se ausenta ud de su lugar de trabajo por falta de implementos / herramientas de trabajo  
 Siempre \_\_\_\_\_ generalmente \_\_\_\_\_ a veces \_\_\_\_\_ nunca \_\_\_\_\_

5.- Con qué frecuencia sus habilidades no son utilizadas  
 Siempre \_\_\_\_\_ generalmente \_\_\_\_\_ a veces \_\_\_\_\_ nunca \_\_\_\_\_

6.-Tienen los trabajadores de planta entrenamiento cruzado  
 Ninguno (0%)                      Algunos                      Todos (>95%)

7.- Tienen los trabajadores las correctas habilidades y el nivel educacional para realizar las actividades requeridas  
 Ninguno (0%)                      Algunos                      Todos (>95%)

8.-Con qué frecuencia usted no tiene las partes disponibles para realizar un trabajo continuo en el proceso?  
 Siempre \_\_\_\_\_ generalmente \_\_\_\_\_ a veces \_\_\_\_\_ nunca \_\_\_\_\_

9.-Considera que hay cultura de registro en las diferentes actividades en la planta  
 Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_  
 Qué técnicas \_\_\_\_\_

ANEXO C

FORMULARIO PARA EL ANÁLISIS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS

FORMULARIO PARA EL ANALISIS DE MAQUINAS Y EQUIPOS			
Objetivo: Realizar levantamiento de información de máquinas y equipos de la Planta de Agua para su respectivo Análisis de Criticidad, análisis estadístico y uso en el modelo de optimización de intervalos de Manutención :			
Identificación	Nombre del Equipo:		
	Marca:		
	Modelo:		
	Magnitud Relevante:		
	Código de Inventario:		
Impacto de Fallo	Una falla en este equipo afecta a:		
	Servicio al Cliente	<input type="text"/>	Funcionamiento de Otros Equipos <input type="text"/>
	Seguridad de los clientes	<input type="text"/>	Funcionamiento de Otros Procesos <input type="text"/>
	Seguridad del Personal	<input type="text"/>	Instalaciones Físicas <input type="text"/>
Número de fallas	El número de fallas / año - equipo es:		
	cero	<input type="text"/>	una <input type="text"/>
	Entre 2 y 5	<input type="text"/>	entre 6 y 10 <input type="text"/>
	Mayor a 10	<input type="text"/>	
Tiempos del equipo	Tiempo de Operación (horas)		
	Menor a 1	<input type="text"/>	De 2 a 500 <input type="text"/>
	De 501 a 1000	<input type="text"/>	De 1001 a 5000 <input type="text"/>
Cambios, Controles y Respaldo	¿Llegó el equipo al límite de su vida útil?		
	SI	<input type="text"/>	NO <input type="text"/>
	El equipo ha tenido algún tipo de:		
Proveedores	Desarrollo	<input type="text"/>	Modificación <input type="text"/>
	No ha cambiado		
	¿Necesita Control Preventivo?		¿Cuenta con un Equipo de Respaldo?
	SI	<input type="text"/>	SI <input type="text"/>
	NO <input type="text"/>	NO <input type="text"/>	
Proveedores	Número de proveedores con servicio técnico		
	Número de proveedores de repuestos		
	Número de proveedores con mantenimiento de respaldo		
	Tiempo de respuesta del representante autorizado		
	Muy Rápido	<input type="text"/>	Lento <input type="text"/>
	Rápido	<input type="text"/>	Muy Lento <input type="text"/>

**ANEXO C**

**FORMULARIO PARA EL ANÁLISIS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS**

Piezas del Equipo	Qué porcentaje de piezas del equipo pueden ser reemplazadas por piezas genéricas?	
	Menos del 25% <input type="text"/>	Entre el 50 y 75% <input type="text"/>
	Entre 25 y 50% <input type="text"/>	Más del 75% <input type="text"/>
	Qué porcentaje de piezas del equipo permiten adaptaciones locales o modificaciones?	
	Menos del 25% <input type="text"/>	Entre el 50 y 75% <input type="text"/>
	Entre 25 y 50% <input type="text"/>	Más del 75% <input type="text"/>
Manuales	¿El equipo cuenta con un manual?	
	Del Fabricante <input type="text"/>	Creado por Mantenimiento <input type="text"/>
	De un Equipo Similar <input type="text"/>	No cuenta <input type="text"/>
	La dificultad para llevar a cabo el mantenimiento del equipo es:	
Mantenimiento	Alta <input type="text"/>	Baja <input type="text"/>
	Normal <input type="text"/>	Muy Baja <input type="text"/>
Tipo de manteni	Tipo de Mantenimiento:	
	Inspección <input type="text"/>	Preventivo <input type="text"/>
	Limpieza <input type="text"/>	Correctivo <input type="text"/>
	Valores	Tiempo para realizar la reparación (horas)
Costo de la reparación ( hora )		<input type="text"/>
Tiempo por equipo para realizar Mantenimiento preventivo		<input type="text"/>
Costo del Mantenimiento preventivo		<input type="text"/>
Costo del Mantenimiento correctivo (hora)		<input type="text"/>
Cantidad de hombres para reparar la máquina o equipo		<input type="text"/>
Cantidad de hombres para mantenerlo en funcionamiento		<input type="text"/>
Competencia	¿Hay organizaciones externas que posean el mismo equipo?	
	SI <input type="text"/>	NO <input type="text"/>
Máquina	Cantidad teórica de productos que salen por hora	<input type="text"/>
	Cantidad práctica de productos que salen por hora	<input type="text"/>
	Tumos en los que opera la máquina	<input type="text"/>



# CUADRO DE TOMA DE TIEMPOS - BOTELLAS

CUADRO DE OBSERVACION DE ESTUDIOS DE TIEMPO - PLANTA DE AGUA																	
<b>Identificación de la operación:</b>	Producción de botellas pet 500 cc sin gas										Fecha:	18-Jun-08					
	Máquina										Aprobación						
Descripción de elementos	Ciclos															Resumen (seg)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Σ T	Prom (T)
1 Lavado	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03						0,33	0,03
2 llenado	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05						0,52	0,05
3 Puesta de la banda de seguridad	0,20	0,21	0,20	0,20	0,21	0,22	0,22	0,21	0,22	0,23						2,12	0,21
4 Poner termoencogible (x24)	0,23	0,24	0,24	0,29	0,28	0,22	0,22	0,25	0,24	0,22						2,43	0,24
																Total →	0,54

REALIZADO POR: Xavier Desiderio

NOTA: Tiempo de ciclo normal:

**ANEXO F**

**CUADRO DE TOMA DE TIEMPOS - GARRAFAS**

<b>CUADRO DE OBSERVACION DE ESTUDIOS DE TIEMPO - PLANTA DE AGUA</b>																	
<b>Identificación de la operación:</b>	Producción de garrafas 5 000 cc										<b>Fecha:</b> 18-Jun-08						
	<b>Máquina</b>										<b>Aprobación</b>						
	<b>Ciclos</b>																
<b>Descripción de elementos</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	<b>Resumen (seg)</b>	
																<b>Σ T</b>	<b>Prom (T)</b>
1 Lavado		1,13	1,18	1,17	1,19	1,14	1,19	1,16	1,17	1,19	1,14					11,64	1,16
2 Espera		1,05	1,15	1,06	1,05	1,15	1,05	1,15	1,05	1,05	6,9/6					9,77	1,09
4 llenado		2,50	1,98	2,05	1,98	1,97	1,98	1,98	2,05	2,05	2,05					20,57	2,06
																<b>Total --&gt;</b>	<b>4,31</b>

REALIZADO POR: Xavier Desiderio

NOTA: Tiempo de ciclo normal:

# CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS PLANTA DE AGUA

TABLA DE CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE DATOS DE DESPERDICIO DE LA PLANTA DE AGUA															
PREGUNTA	RESPUESTAS	DESPERDICIO	ENTREVISTADOS												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
<b>CULTURA</b>															
1	Sufren accidentes / malestares en su lugar de trabajo	RRHH	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0
2	Disponen de los implementos necesarios para llevar a cabo sus actividades	RRHH	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
3	Los trabajadores no tienen órdenes exactas y son supervisados	RRHH	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
9	Hay cultura de registro en las diferentes actividades en la planta	RRHH	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	Sus habilidades son utilizadas	RRHH	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0
6	Pueden trabajar en procesos diferentes	RRHH	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0
7	Tienen los trabajadores las correctas habilidades y el nivel educacional para realizar las actividades requeridas	RRHH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	Tiene las partes disponibles para realizar un trabajo continuo en el proceso	MOVIMIENTO	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
4	Se ausenta ud de su lugar de trabajo por falta de implementos / herramientas de trabajo	MOVIMIENTO	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
<b>PROCESOS</b>															
2	Hay balanceo del trabajo en la línea con respecto al personal	ESPERA	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
8	Se atrasan al comenzar la producción	ESPERA	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	5
4	Hay producto en la línea que necesita reproceso	ESPERA	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	5
6	Se para la línea por exceso de producto en el túnel	ESPERA	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	6
3	Están los productos esperando a ser procesados entre las operaciones	ESPERA	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	6
1	No hay comunicación entre todos los miembros de la planta	PROCESO	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	3
5	Hay producto defectuoso en el proceso	DEFECTO	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
7	Están lejos los utensilios de trabajo del puesto de operación	MOVIMIENTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
9	Considera ud que es su trabajo difícil en esta línea de producción	RRHH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TECNOLOGIA</b>															
1	No se utilizan las herramientas, según los estándares suministrados, para su trabajo	RRHH	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	Las herramientas que utiliza le han provocado accidentes	RRHH	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	2
3	El tiempo de arranque de las máquinas no es muy elevado	ESPERA	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2
4	La máquina no está disponible debido a fallas de funcionamiento	ESPERA	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	7
5	No tiene problemas con las herramientas al utilizarlas? (desgaste, óxido, mala calidad, etc)	ESPERA	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	6

## ANEXO H

**CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CÓDIGO DE MÁQUINA O  
CRITICIDAD DE EQUIPOS**

<b>Código máquina</b>	<b>Concepto</b>
10	<b>RECURSOS VITALES.</b> Aquellos que influyen en más de un proceso, o cuya falla originan un problema de tal magnitud que la alta dirección de la empresa no está dispuesta a correr riesgos. Por ejemplo, líneas de distribución de vapor, gas, aire, calderas, hornos.
9	<b>RECURSOS IMPORTANTES.</b> Aquellos que, aunque están en la línea de producción, su función no es vital, pero sin ellos no puede operar adecuadamente el equipo vital y, además no existen máquinas redundantes o de reserva, como montacargas, grúas, frigoríficos, transportadores de material hacia las líneas de producción, etc.
8	<b>RECURSOS DUPLICADOS SITUADOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN.</b> Similares a los anteriores [7]. Pero de los cuales existe reserva.
7	<b>RECURSOS QUE INTERVIENEN EN FORMA DIRECTA EN LA PRODUCCIÓN.</b> Como dispositivos de medición para control de calidad, equipos de prueba, equipos para manejo de materiales y máquinas de

	inspección, entre otros.
6	<b>RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN SIN REMPLAZO.</b> Tales como: equipo de aire acondicionado para el área de pruebas, equipos móviles, equipo para surtimiento de materiales en almacén
5	<b>RECURSOS AUXILIARES DE PRODUCCIÓN CON REMPLAZO.</b> Similares al punto anterior, pero que sí tienen replazo
4	<b>RECURSOS DE EMBALAJE Y PINTURA.</b> Como: compresoras. Inyectores de aire, máquina de pintura de acabado final, y todo aquello que no sea imprescindible para la producción y de lo que, además, se tenga replazo.
3	<b>EQUIPOS GENERALES.</b> Unidades de transporte de materiales o productos, camionetas de carga, unidad refrigeradora, equipos de recuperación de desperdicios, etc.
2	<b>EDIFICIOS PARA LA PRODUCCIÓN Y SISTEMAS DE SEGURIDAD.</b> Alarmas, pasillos, almacenes, calles o estacionamientos.
1	<b>EDIFICIOS E INSTALACIONES ESTÉTICAS.</b> Todo aquello que no participa directamente en la producción: jardines, campos deportivos, sanitarios, fuentes, entre otros.

## ANEXO I

## CRITERIOS PARA LA ELABORACIÓN DEL CÓDIGO TRABAJO

<b>CÓDIGO TRABAJO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS</b>
10	<b>PAROS.</b> Todo aquello que se ejecuta para atender las causas de pérdida del servicio de la calidad esperada, proporcionado por las máquinas, instalaciones y construcciones, vitales e importantes; o aquellos trabajos de seguridad hechos para evitar pérdidas de vidas humanas o afectaciones a la integridad física de los individuos.
9	<b>ACCIONES PREVENTIVAS URGENTES.</b> Todo trabajo tendente a eliminar los paros o conceptos discutidos en el punto anterior (10), que pudieran seguir en inspecciones, pruebas, avisos de alarma, etc..
8	<b>TRABAJOS DE AUXILIO A PRODUCCIÓN.</b> Modificaciones tendentes a optimizar la producción o surgidas por cambio de producto o para mejorar al mismo.
7	<b>ACCIONES PREVENTIVAS NO URGENTES.</b> Todo trabajo tendente a eliminar a largo plazo los paros o conceptos analizados en el punto (10); lubricación atención de desviaciones con consecuencias a largo plazo, trabajos para eliminar o reducir la labor repetitiva, entre otros.
6	<b>ACCIONES PREVENTIVAS GENERALES.</b> Todo trabajo tendente a

	eliminar paros, acciones preventivas urgentes, acciones preventivas no urgentes y donde no se hayan visualizado posibles fallas.
5	<b>ACCIONES RUTINARIAS.</b> Trabajos en máquinas o equipos de repuesto, en herramientas de conservación y en rutinas de seguridad.
4	<b>ACCIONES PARA MEJORÍA DE LA CALIDAD.</b> Todo trabajo tendente a mejorar los resultados de producción y conservación.
3	<b>ACCIONES PARA LA DISMINUCIÓN DEL COSTO.</b> Todo trabajo tendente a minimizar los costos de producción y conservación que no esté considerado en ninguna de las anteriores categorías (mejora del factor potencia eléctrica en la fábrica, disminuir la temperatura de la caldera de suministro de agua caliente en el verano, etcétera)
2	<b>ACCIONES DE SEGURIDAD Y ESTÁTICA.</b> Todo trabajo tendente a asegurar la salubridad y conservación de muebles e inmuebles donde el personal de limpieza no puede intervenir, debido a los riesgos o delicadeza del equipo por atender (pintura, aseo, desinfección de lugares como subestación eléctrica y salas de computación, entre otros).
1	<b>ACCIONES DE ASEO Y ORDEN.</b> Trabajos de distribución de herramientas y aseo de instalaciones del departamento de conservación.

## ANEXO J

**APÉNDICE CRITERIOS PARA LA MATRIZ DE CRITICIDAD DE  
MÁQUINAS Y EQUIPOS**

<b>CRITERIOS DE CRITICIDAD</b>	
<b>Horas de operación en relación con fallas y reparación</b>	<b>1</b>
<b>Falla o mal estado produce detenciones</b>	<b>2</b>
<b>Servicio al cliente</b>	<b>3</b>
<b>Equipo de alto Costo</b>	<b>4</b>
<b>Fallo o mal estado afecta seguridad usuarios</b>	<b>5</b>
<b>Fallo o mal estado produce daños a otros equipos</b>	<b>6</b>
<b>Fallo o mal estado produce mal func. a otros eq.</b>	<b>7</b>
<b>Afecta instalaciones físicas o medio ambiente</b>	<b>8</b>
<b>Posee equipo de emergencia</b>	<b>9</b>
<b>Componentes no disp. en mercado directo</b>	<b>10</b>
<b>No adaptables respuestos no originales</b>	<b>11</b>
<b>Dificultad para llevar el mantenimiento</b>	<b>12</b>

ANEXO K

MATRIZ DE CRITICIDAD

MATRIZ DE CRITICIDAD MÁQUINAS Y EQUIPOS PLANTA DE AGUA															
#	EQUIPOS FIMCP	CRITERIOS DE CRITICIDAD										TOTAL	CANTIDAD CRITICIDAD	METODOLOGIA VALORACIÓN SOBRE 10	
		Falla o mal estado produce detenciones	Equipo de alto Costo	Servicio al cliente	Fallo o mal estado afecta seguridad usuarios	Fallo o mal estado produce daños a otros equipos	Fallo o mal estado produce mal func. a otros eq.	Afecta instalaciones físicas o medio ambiente	Posee equipo de emergencia	Componentes no disp. en mercado directo	No adaptables respuestos no originales				Dificultad para llevar el mantenimiento
1	Envasadora de botellas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	5	10
2	Envasadora de garrafas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	5	10
3	Envasadora de fundas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	5	10
4	Estufa universal	1		1	1	1	1	1		1		1	9	4	8
5	Incubadora microbiológica	1	1	1	1	1				1	1	1	8	3	7
6	Olla de esterilización	1		1	1	1	1	1		1			7	3	6
7	Balanza electrónica	1	1	1						1	1		5	2	4
8	Taladro de pedestal				1	1				1		1	5	2	4
9	Balanza mecánica			1						1			2	1	2
10	Microscopios			1	1								2	1	2

Nivel	Situación	VALORES DE CRITICIDAD
1	No criticidad	
2	Poca criticidad	
3	Criticidad Media	
4	Criticidad Considerable	
> 5	Alta criticidad	

**ANEXO L**

**ÍNDICE ICGM**

PLANTA DE AGUA																			
ÍNDICE ICGM																			
No.	EQUIPOS Y MÁQUINAS	CRITERIOS DE CRITICIDAD												TOTAL	CANTIDAD CRITICIDAD	CÓDIGO MÁQUINA	CÓDIGO TRABAJO	ÍNDICE ICGM	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
1	Envasadora de botellas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	5	10	10	100
2	Envasadora de garrafas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	5	10	10	100
3	Envasadora de fundas	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	10	4	8	10	83
4	Estufa universal	1	1		1	1	1	1	1	1			1		9	4	8	8	60
5	Incubadora microbiológica	1	1	1	1	1	1					1	1	8	3	7	7	47	
6	Olla de esterilización		1		1	1	1	1	1			1		7	3	6	6	35	
7	Balanza electrónica		1	1	1							1	1	5	2	4	4	17	
8	Taladro de pedestal	1			1	1				1		1		5	2	4	4	17	
9	Balanza mecánica				1					1				2	1	2	2	3	
10	Microscopios				1	1								2	1	2	2	3	

**ANEXO M**

**MATRIZ DE JERARQUIZACIÓN**

PLANTA DE AGUA																			
JERARQUIZACIÓN POR CÓDIGO MÁQUINA Y/O CRITICIDAD																			
No.	EQUIPOS Y CONSTRUCCIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	TOTAL	#	CRITICIDAD	CÓDIGO MÁQUINA	% ACUM	CLASIFICACIÓN
1	Envasadora de botellas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	5	10	2 / 10	VITALES
2	Envasadora de garrafas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1	5	10	20,00%	
3	Envasadora de fundas	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	10	1	4	8	3 / 10	IMPORTANTES
4	Estufa universal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	4	8	=	
5	Incubadora microbiológica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	8	1	3	7	30,00%	TRIVIALES
6	Olla de esterilización	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	7	1	3	6	5 / 10	
7	Balanza electrónica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	2	4	=	
8	Taladro de pedestal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	2	4	50,00%	
9	Balanza mecánica	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2		
10	Microscopios	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	2		
TOTAL MÁQUINAS Y EQUIPOS															10				

## ANEXO N

## PRESUPUESTO DEL DOCUMENTO PROYECTO TESIS

## PRESUPUESTO PARA EL PROYECTO TESIS DE MAESTRIA DE GESTION DE LA CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD

Concepto	Tiempo (meses)	Sueldo/mes (USD)	Costo (USD)
<b>1, Personal investigador</b>			
Investigador principal	7,00	324,00 (*)	2.268,00
<b>Subtotal 1</b>			<b>2.268,00</b>
<b>2, Material fungible</b>			
	Unidades	Costo unitario (USD)	Costo (USD)
Resma de papel (500 hojas = 1 und)	2,00	4,95	9,90
Cartuchos de cinta recargables	3,00	5,00	15,00
Libro Metodología de la investigación	1,00	18,20	18,20
<b>Subtotal 2</b>			<b>43,10</b>
<b>3, Gastos varios por servicio</b>			
Fotocopias	600,00	0,04	24,00
Transporte			300,00
Documento final			400,00
<b>Subtotal 3</b>			<b>724,00</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 3.035,10</b>

Nota (\*) tres horas diarias por tres días por cuatro semanas, modalidad Servicios Prestados \$ 9,00 / hora, enfoque al resultado

**CRONOGRAMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PLANEACIÓN Y CONTROL DE LA  
CONSERVACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE INTERVALOS DE MANUTENCIÓN**

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PROYECTADAS PARA IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA													
#	ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7	MES 8	MES 9	MES 10	MES 11	MES 12
1	Comunicado a la Planta de Agua (Jefe) sobre la introducción a la metodología de Planeación y Control de la Conservación, y optimización de intervalos de mantenimiento como paso previo a la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM)	■											
2	Realización de talleres y cursos sobre la nueva filosofía a aplicar	■											
3	Nociones estadísticas básicas	■											
4	Explicación de la Metodología de la Planeación y Control de la Conservación, y optimización de los intervalos de mantenimiento		■	■	■								
5	Identificación de causas		■	■	■								
6	Recolección de datos y levantamiento de la información		■	■	■								
7	Herramientas para administrar la Conservación		■	■	■								
8	Reuniones para integrar los conocimientos adquiridos					■	■	■					
9	Definir responsabilidades y actividades a los miembros de la planta					■	■	■					
10	Asignar actividades					■	■	■					
11	Implementación de la metodología					■	■	■					
12	Realizar mediciones y evaluaciones de la metodología aplicada					■	■	■					

## 7. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

1. Dounce Villanueva Enrique. La Productividad en el Mantenimiento Industrial. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. Segunda reimpresión México, 2000.
2. Sousa Azevedo Edgard, Ing., Martins García Carlos, Ing. Optimización de los intervalos de manutención. PETROBRAS. Petróleos Brasileños. Padrao Triel. Brasil.
3. Lerma Héctor. Metodología de la Investigación: Propuesta, Anteproyecto y Proyecto, 3a. ed., Colombia: Ecoe Ediciones, 2004. ISBN 958-64-8372-X
4. Niebel Benjamín, Ingeniería Industrial, Métodos, tiempos y Movimientos, 9 ed., Alfaomega, IL., Richard D. Irwin, 1993.
5. Shirose Kunio, Título en español: TPM para mandos intermedios de fábrica. Segunda edición. Productivity Press. España, 2000. ISBN 84-87022-11-1
6. Spiegel Murray R. Estadística. Segunda Edición. McGraw-Hill. USA, 1991.