

Diseño del Plan de Mantenimiento Programado de la Primera Etapa del Sistema de Producción Criogénica de una Planta de Separación de Gases del aire

Iván Acosta Lino
Ing. Cristian Arias
Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador
iacosta@espol.edu.ec
caarias@espol.edu.ec

Resumen

El principal objetivo que se expone en el presente trabajo de tesis, tiene que ver con la necesidad de mejorar las actividades de mantenimiento dentro de la industria en el área de mantenimiento general, con la finalidad de convertirlas en un argumento que tenga como prioridad potenciar la capacidad competitiva de la misma.

Además se realiza también una descripción de un programa informático de mantenimiento, el mismo que constituye un ejemplo, de los muchos que existen en la actualidad; y que pueden ser adaptados a las necesidades de la empresa.

La posibilidad de mantener relaciones comerciales con clientes de todo el mundo, hace que se requieran de empresas eficientes y que estén preparadas para el cambio; por lo tanto el adaptar innovaciones tecnológicas a las industrias de nuestro medio, es una necesidad que se torna impostergable.

Palabras Claves: *Sistema de mantenimiento, diseño de plan de mantenimiento, gestión de mantenimiento.*

Abstract

The main objective set out in this thesis has to do with the need to improve maintenance activities within the industry in the area of maintenance, with the aim of turning them into an argument with a priority boost competitiveness of it.

In addition it also carries a description of software maintenance is the same as one example of many that exist today and that can be tailored to the needs of the company.

The ability to maintain business relationships with customers worldwide, makes it require efficient firms that are ready for change, so adapt technological innovations in the industries of our environment is a necessity becomes urgent.

Keywords: *Maintenance system, maintenance plan design, maintenance management.*

1. Introducción

El proyecto que a continuación se presenta, se enfoca en la elaboración del Plan de Mantenimiento Programado para los Sistemas de: Captación, Compresión Principal, Refrigeración, Purificación, Rectificación de Aire y Producción de Argón; de la Planta de Separación de Gases del Aire de la empresa AGA del Ecuador, como implementación al proceso de unificación de procedimientos corporativo que es administrada la Gerencia de la Regional Norte Suramericana de Linde, AGA del Ecuador.

El objetivo del proyecto es optimizar el sistema de mantenimiento de la Planta de Producción, por medio de la implementación de un programa informático diseñado para satisfacer la necesidad requerida que almacenará los historiales de mantenimiento por equipo, obtenidos desde la implementación del proyecto, ya que al no poseer un departamento de mantenimiento no se ha controlado esta información.

Además, se proporciona una herramienta de apoyo a las actividades de mantenimiento, para que la misma operación tenga oportunidades de ejecutar actividades de mantenimiento autónomo (reapriete, limpieza haciendo sentir a la operación dueños de sus equipos de trabajos) adicionales a la de mantenimiento por especialidad, que hace que el recurso se vuelva más eficiente y competitivo. Esto conlleva a un mejor gerenciamiento y distribución de órdenes de servicios a ejecutar por el personal operativo y mantenimiento externo.

Para la realización del proyecto, se considera como base prioritaria los detalles principales del software de mantenimiento MP2, el mismo que está siendo implementado a nivel regional, con las modificaciones y consideraciones que en cada caso amerite, y los conocimientos y experiencia obtenidos en el periodo de pasantía en planta que complementados con la colaboración de personal se hace posible este proyecto.

2. Funciones y Objetivos del Mantenimiento

Las funciones del mantenimiento involucran un trabajo sistemático con el fin de planificar y a su vez seleccionar los objetivos que determinan las normas, programas y procedimientos que se van a usar para llevar a cabo los objetivos específicos seleccionados.

Las principales funciones del mantenimiento son:

- Planeación, desarrollo y ejecución de las políticas y los programas de mantenimiento para los equipos de la empresa.
- Selección, instalación, operación, conservación y modificación de los servicios de planta.
- Selección y control de lubricantes.

- Asesoría en selección y compra de equipos para reposición.
- Coordinación de los programas de mantenimiento, limpieza y orden de la fábrica.
- Selección del personal idóneo para las labores del mantenimiento.
- Interventoría y manejo de contratistas que requiera el desarrollo del programa de mantenimiento.
- Manejar el presupuesto asignado para los servicios de mantenimiento.

Se puede concluir que el principal objetivo del mantenimiento es: “Mantener y conservar todas las máquinas, equipos, edificios y servicios, reduciendo al mínimo las fallas imprevistas para que se incremente la productividad y se disminuyan los costos, en un ambiente seguro para los operarios y así poder contribuir con el mejoramiento de la eficiencia de la empresa.”

2.1 Planeación del Mantenimiento

Se puede definir como un conjunto de técnicas y procedimientos que permiten la optimización de las relaciones entre medios y objetivos, al tiempo que facilitan la toma de decisiones en una forma sistemática para la ejecución coordinada.

La planeación es una función de la administración del mantenimiento que busca detectar las necesidades con el fin de seleccionar los objetivos y en base a ellos determinar las normas, programas y procedimientos que han de usarse para la consecución de los objetivos seleccionados.

Además de la determinación de las actividades a realizar, en la planeación del mantenimiento están involucrados entre otros aspectos como: manejo y desarrollo de los recursos humanos, físicos y de capital, y manejo de los repuestos con el objeto de tener mayor disponibilidad orientada hacia la producción. Maximizar la utilización de tiempos y recursos. Mejorar planes y control de los trabajos y reducir costos.

2.2 Sistema de Planeación del Mantenimiento.

Para planificar las actividades del mantenimiento de una empresa, es necesario el apoyo de otros elementos de la organización, con el fin de obtener información que le permita al departamento identificar las necesidades de la empresa y con base en ellas distribuir, dirigir y controlar el trabajo y los recursos que están bajo su dirección. Estos sistemas de apoyo a la planeación del mantenimiento son:

Gerencial: Este sistema tiene como fin establecer un programa de control de costos como informes de tiempo, nómina, operación, etc. El sistema gerencial está directamente relacionado con las políticas administrativas, ya que éstas permiten determinar la eficiencia del control que se realiza.

Administrativo: Está orientado al control de equipos, trabajos, materiales y en general los costos que están relacionados con la falla de un equipo.

Logístico: Permite al mantenimiento tener un buen control de los materiales y repuestos requeridos, orientado a establecer un buen equilibrio entre:

- El costo al hacer las compras en el momento oportuno.
- El costo de almacenamiento; y,
- El costo de los paros ocasionados por la falta de existencias.

Técnico: El sistema de apoyo técnico busca minimizar el costo total del ciclo de vida de un equipo, partiendo de detalles constructivos y posteriormente aspectos de mantenibilidad y asesorías necesarias.

2.3. Control y Evaluación del Mantenimiento

El control de las actividades del mantenimiento tiene como fin evaluar el cumplimiento de los planes para identificar las fallas de operación y realizar las correcciones pertinentes que permitan obtener buenos resultados.

Para realizar una adecuada evaluación, se requiere que el gerente de mantenimiento tenga orientación de resultados, esto es, algún criterio de medición

3. Generalidades de la Planta para el desarrollo del proyecto

En el desarrollo de este proyecto, es importante considerar el Proceso de Producción que realiza la Planta Industrial de Separación de Gases del Aire “Galápagos” de la empresa AGA, en donde se realiza la separación Criogénica de los componentes de mayor abundancia en el Aire. Por lo tanto se describen los aspectos más importantes, involucrados en el proceso de producción.

3.1. Descripción del Proceso de Separación de Gases del Aire

Como se sabe, el aire es una mezcla de diferentes tipos de gases, de los cuales los más importantes son los que se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Componentes principales del aire

Nitrógeno	78%	N ₂
Oxígeno	21%	O ₂
Argón	1%	Ar

La mayoría de las plantas de separación de aire producen estos tres gases en forma líquida y ésta es una de esas plantas que tiene AGA S.A. cuya finalidad es la obtención de estos con la pureza deseada y al menor costo posible en estado líquido.

Además del Nitrógeno, Oxígeno y Argón, el aire contiene:

- Impurezas sólidas (polvo).
- Vapor de H₂O.
- Anhídrido carbónico (CO₂, 0.03%).
- Varios hidrocarburos, entre ellos acetileno.
- Gases raros (Helio, Neón, Criptón y Freón en total más o menos el 0.002%)

La mayoría de estos componentes ejercen una influencia negativa en la producción de Oxígeno, Nitrógeno y Argón (Tabla I). Por lo tanto es necesario eliminarlos durante el proceso de producción, por lo que es indispensable pasar por diferentes procesos para que se dé con eficiencia la producción de estos componentes.

Es una característica del proceso criogénico el que los líquidos estén muy cercanos a su punto de ebullición y que el calor se recupere.

En esta Planta, se produce Oxígeno y Nitrógeno en forma líquida; la producción de Argón está en etapa de implementación, por lo que en la actualidad se importa el producto para satisfacer las necesidades locales.

3.2. Concepto de Rectificación

Al proceso de separar una mezcla de dos o más elementos para obtener por separado sus componentes se llama **Rectificación**.

La Rectificación, se basa en el principio físico de que los líquidos con un punto de ebullición más bajo, se evaporan más fácilmente que los líquidos con un punto de ebullición más alto.

En forma rápida se puede explicar los principios de la instalación de la siguiente manera:

- ✓ Se necesita un compresor que aspire el aire del ambiente y lo comprima dentro de la instalación.

- ✓ Se tiene que enfriar el aire y en parte licuarlo.
- ✓ Este aire se descompone en una unidad de rectificación.
- ✓ Los gases fríos que salen de la unidad de rectificación se emplean para enfriar el aire entrante (intercambio de calor).
- ✓ Los componentes que salen de la unidad en forma líquida contienen una gran cantidad de frío. También debido a la imposibilidad de un aislamiento perfecto, va entrando a la instalación cierta cantidad de calor. Por esta razón se irá perdiendo constantemente cierta cantidad “frío” y por lo tanto se necesita una unidad adicional para producir “frío”.
- ✓ Luego de producir “frío” para mantener nivelada la temperatura de los productos de la rectificación, estos son transferidos a través de tuberías aisladas a los tanques para su posterior distribución.

3.3. Sistemas a considerar para el proyecto

Los Sistemas que intervienen en el Proceso de Separación del Aire son:

- 1) Sistema de Captación de Aire
- 2) Sistema de Compresión Principal del Aire
- 3) Sistema de Refrigeración de Aire: Separador de Agua (R2401-2)
- 4) Sistema de Purificación de Aire (A2601-2)
- 5) Sistema de Rectificación de Aire: La Doble columna Linde
- 6) Sistema de Producción de Argón
- 7) Sistema de Reciclo de Aire
- 8) Sistema de Producción de Frío
- 9) Sistema de Enfriamiento de Agua de Proceso
- 10) Sistema de Generación Eléctrica
- 11) Sistema de Control: Instrumentación
- 12) Sistema de Almacenamiento de Productos

En el presente proyecto se van a considerar los Primeros Seis Sistemas por lo que el resto está siendo desarrollado en formar conjunta y contigua a la misma.

3.4. Sistema de Captación de Aire

El aire atmosférico ingresa por un túnel o torre, el mismo que pasa por tres filtros, los dos primeros tienen granos gruesos el cual purifica partículas grandes del aire y el tercero y más importante es el filtro de paño, el cual esta humedecido de aceite y sirve para filtrar totalmente el polvo que contiene el aire, lo que significa que el polvo se acumula en el

filtro el cual es rotativo para evitar su bloqueo, y se controla su suciedad por un medidor de presión diferencial (medidor resistencial), si el diferencial de presión es demasiado grande, por lo general 60 mm de columna de agua o sea aproximadamente 6 mbar; quiere decir que el filtro está demasiado contaminado, lo cual reduce la cantidad de aire para el compresor por lo que se debe cambiar.

3.5. Sistema de Compresión Principal de Aire

El aire filtrado entra al Compresor Principal de aire de tres etapas, por la tubería de succión del Compresor. El mismo que es comprimido por este desde 1 Bar, hasta una presión aproximada de 6 Bares absolutos, es decir que el volumen final es aproximadamente 1/6 del volumen original, lo que significa que una cantidad grande de agua debe condensarse y eliminarse. Se tiene 2 inter-coolers para retirar el calor generado por cada etapa del compresor aumentando la eficiencia del proceso. En esta etapa el aire por medio del aumento de presión y por consiguiente temperatura en cada etapa, tiene a condensar poca cantidad de vapor de agua para luego dirigirse a la descarga.

3.6 Sistema de Refrigeración de Aire: Separador de Agua (R2401-2)

Luego de conducirse hacia la descarga pasa por un After-coolers, el cual ayuda a bajar la temperatura del aire a 6 °C por medio del agua de enfriamiento. Aquí se debe extraer el vapor de agua existente en el aire incluso si la cantidad es tan pequeña como 1 ppm. Ya que este es un **Proceso Criogénico** significa que el vapor de agua alcanza su punto de congelación, por lo que es imposible que el agua o vapor del mismo esté presente en el proceso de separación.

Para este propósito de sacar el vapor de agua existente, el aire pasa por un sistema de Refrigeración R2201-2, el cual es un Sistema que sirve para enfriar el aire y obtener mayor cantidad de vapor de agua, el mismo que es extraído con un equipo llamado **Separador de Agua de Condensación**,

El **Separador de Agua**, es un recipiente que tiene un diámetro mayor que el de la tubería a la que está conectado. Este gran diámetro hace que la velocidad del flujo del aire se reduzca, de tal forma que las gotas de agua no se dispersen sino que caigan por gravedad al fondo. El agua se extrae a través de una válvula diseñada exclusivamente para el paso del agua.

Para asegurar la separación de las pequeñas gotas de agua y la niebla de vapor, el recipiente se llena con mallas metálicas muy ajustadas entre ellas. Las pequeñas gotas se adhieren a la malla para formar gotas más grandes, que caen y se separan. Es importante sacar toda el agua del aire porque si las gotas de agua llegan a los secadores estos sufrirán una

sobrecarga, por lo tanto es importante que el separador esté en buen estado.

3.7. Sistema de Purificación de Aire (A2601-2): Tamices Moleculares

En el sistema de Purificación del Aire se desarrolla específicamente el secado del aire el mismo que actualmente se realiza por medio de **Tamices Moleculares**. Estos se fabrican con Mineral de Silicato de Aluminio llamado Zeolita. Está compuesto de cristales que ligan grandes cantidades de agua a su estructura molecular. Cuando la Zeolita se calienta, el agua se evapora mientras que las moléculas de silicato permanecen muy juntas y se forman orificios porosos que son del mismo tamaño. La zeolita está ahora preparada para el secado del aire. Las moléculas de agua se unen fuertemente a la superficie de los poros, a esto se le conoce con el nombre de **Absorción**.

Debido a esta estructura molecular especial con los poros, los Tamices moleculares recogen otros contaminantes, tales como Dióxido de Carbono CO₂, Acetileno C₂H₂ y la mayoría de los hidrocarburos.

La mayoría de los tamices moleculares fabricados a partir de cristales de zeolita se unen a un material cerámico y forman perlas o bolas de unos 5 mm de diámetro. Estas se colocan dentro de un recipiente cilíndrico como un lecho sobre una placa con pequeños orificios. Existen recipientes verticales y horizontales. El aire se alimenta por el fondo del recipiente, pasa a través del tamiz molecular y sale por la parte superior. En dirección opuesta se alimenta Nitrógeno Impuro caliente para extraer el agua, a esto se conoce como **Regeneración**. Por lo tanto se tiene dos recipientes, uno para el secado y el otro para la regeneración.

Con el fin de evitar recipientes grandes y costosos, y además grandes calentadores eléctricos para la regeneración, se reduce la cantidad de vapor del aire antes de que entre al Tamiz molecular. Esto se consigue enfriando el aire a + 5 °C en una máquina de refrigeración, del sistema de Refrigeración.

La mayoría de los Tamices Moleculares son muy sensibles a las gotas de agua. Cuando el agua se fija, se libera energía y cuando aparecen las gotas de agua, el aumento de temperatura es muy grande el riesgo de que las “perlas o bolas” de los tamices moleculares se dividan. Por lo tanto en el fondo de los tamices moleculares, por donde entra el aire, existe una capa de **Alumina Gel**, que es un medio de secado muy común fabricado de Óxido de Aluminio.

3.8. Sistema de Rectificación de Aire: La Doble Columna Linde

Una vez el aire purificado y seco en los sistemas anteriores, ingresa a la etapa de Rectificación llamada

también de Destilación, que como ya se había mencionado el aire se separa en sus componentes principales debido a un principio físico fundamental: **“Los líquidos con un punto de ebullición más bajo, se evaporan más fácilmente que los líquidos con un punto de ebullición más alto”**.

En esto se desenvuelve este Sistema siendo el Equipo Principal la llamada **Doble Columna Linde** (columna de destilación, Linde por el creador de la misma)

4. Diseño del plan de mantenimiento programado

El desarrollo de este Plan de Mantenimiento Programado se lo fórmula exclusivamente en la necesidad que tiene AGA del Ecuador en su Planta de Producción de Gases del Aire, como es la Producción a más bajo costo y con mejor rendimiento de todo sus Equipos y Componentes.

Es por ello que el estudio de todos los Equipos y componentes principales de los sistemas basándose en criterios de Selección se presenta como prioridad y muy importante.

4.1. Codificaciones

Para la creación del diseño, se realizó la selección de Equipos críticos según la tabla 2.

Tabla 2. Selección de Equipos Críticos: Criterios

Importancia con relación a la Producción (25)	Afectación a la Calidad del Producto Final (30)	Probabilidad de Falla (22)
Tiempo de Operatividad (15)	Valor Económico (20)	Susceptibilidad a falla catastrófica (18)

Una vez seleccionado los equipos se procedió a codificar equipos y componentes según tablas de codificación:

Tabla 3. Codificación de Equipos/Componentes

CODIFICACIÓN de equipos y componentes					
Estructura de Numeración combinada con caracteres alfabéticos					
XX	XX	XX	XX	XX	XX
PAIS	LOCALIDAD	CENTRO DE COSTO	SISTEMA	SUBSISTEMA	CODIGO TAG

Tabla 4. Codificación de Tareas

CODIFICACIÓN de tareas			
Tareas adecuadas a la necesidad de cada equipo			
XX	XX	XX	XX
Tipo de Mantenimiento	Frecuencia	Sistema	Nº Consecutivo

Tabla 5. Codificación de Instructivos

CODIFICACIÓN de instructivos			
Instrucciones para ejecutar tareas planteadas			
XX	XX	XX	XX
Tipo de Mantenimiento	Tipo de Trabajo	Tipo de Equipo	Nº Consecutivo

Tabla 6. Codificación de Personal

CODIFICACIÓN del personal	
Personal de operación y mantenimiento	
Nombre	Código
Ing. Edgar Miguez	EM-01
Ing. Angel Ullauri	AU-01
Ing. Jorge Romero	JR-01
Ing. René Arias	RA-01

Tabla 7. Codificación de Fabricantes

CODIFICACIÓN de fabricantes	
Numeración consecutiva en orden alfabético	
Nombre	Código
Atlas Copco	F-001
Siemens	F-003
Airco	F-014
Fisher Control	F-020

Tabla 8. Codificación de Proveedores

CODIFICACIÓN de proveedores	
Ejecución de mantenimiento, servicios especializados y suministro	
PROVEEDOR	CÓDIGO
Ingetron Scales	P-010
La Llave	P-015
ABB	P-038

Tabla 9. Codificación de Prioridades

CODIFICACIÓN de prioridades	
Niveles de importancia o prioridad a ser considerados	
PRIORIDAD	CÓDIGO
Alta	1
Media	2
Baja	3

4.2. Descripción y desarrollo del Programa

La implementación del programa tiene información ya almacenada para la correcta operación del **Sistema Control de Equipos o Componentes**. Cabe destacar que el sistema se adapta rápidamente a los requerimientos y necesidades de la AGA Planta Galápagos. No obstante es de mucha importancia saber cómo está estructurado el programa para su operación óptima.

El programa ha sido desarrollado en Visual Basic 6.0 bajo Windows, y la base de datos en formato Access 2000, la cual brinda una interfaz gráfica agradable para el operador.

Cabe recalcar que en la actualidad AGA del Ecuador, posee un manual que he proporcionado y diseñado para que el Operador tenga fácil manejo del mismo.

El programa cubre diferentes características, las mismas que posee desde ingreso a sistema con la información debidamente ingresada hasta una auditoría según figuras adjuntas:



Figura 1. Pantalla de acceso al programa



Figura 2. Pantalla principal del programa



Figura 3. Pantalla de mantenimiento de Equipo

Esta pantalla me sirve para ingresar equipos y/o componentes nuevos al sistema.

Existen varias pantallas más de las cuales se pueden resaltar en las siguientes figuras:

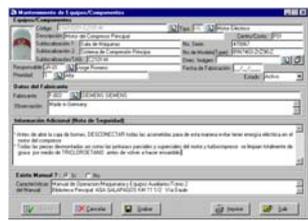


Figura 4. Pantalla de datos referentes a Equipo/Componentes



Figura 10. Historial de Equipos y/o Componentes



Figura 5. Pantalla de Instructivo o Procedimiento de Equipo y/o Componente.

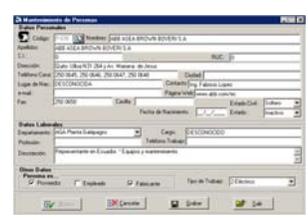


Figura 6. Datos de Operador, Proveedor y Fabricante



Figura 7. Módulo de Solicitudes, órdenes de trabajo

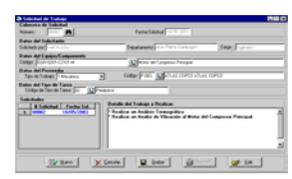


Figura 8. Proceso de Solicitudes de trabajo

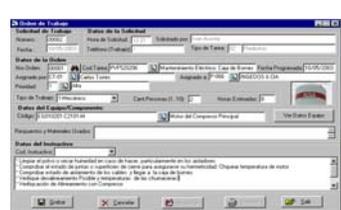


Figura 9. Proceso de Ordenes de trabajo

5. Análisis de Costos

En la realización de este proyecto, es necesario considerar varios aspectos de orden económico; ya que todo proyecto demanda de un costo operativo y tiene como finalidad, obtener un beneficio de este tipo. Es por ello, que se realiza un análisis de las principales consideraciones económicas, de los costos derivados del proyecto:

5.1. Costo de Materiales

En lo que tiene que ver con materiales utilizados para el desarrollo de este trabajo, se incluyen: útiles de oficina, suministros, libros, folletos, catálogos, y demás información bibliográfica.

Los útiles de oficina incluyen: plumas, cuadernos, tinta, etc. que son indispensables en cualquier proyecto de este tipo; y que han sido adquiridos externamente.

En la categoría de suministros, se incluye a todos aquellos materiales, provistos por la compañía.

La bibliografía que se utiliza como fuente de consulta, en su mayoría se encuentra disponible en la biblioteca de la planta ASU; sin embargo se requieren adquirir externamente ciertos textos que han sido necesarios para complementar el soporte teórico del proyecto. Además se tiene la necesidad de acceder a información publicada en Red Global de Información, Internet.

Tabla 11. Costos de Materiales

RUBRO	VALOR (\$)
Útiles Oficina	30
Suministros	150
Bibliografía	70
Total	250

5.2. Costos de Mano de Obra.

El trabajo de levantamiento de información y estructuración del programa se lo realiza con la participación de dos personas. La asesoría técnica

del proyecto la realiza el responsable de la planta de producción.

El tiempo de duración del proyecto es de ocho meses. Para determinar el costo de mano de obra se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

El sueldo de las personas involucradas consta de: Sueldo básico + Seguro Social + Compensación Salarial + Alimentación.

Se asigna una participación, en tiempo y sueldo, de un 5 % de la persona encargada de la supervisión del proyecto.

Se consideran 6 personas adicionales, que tienen relación directa o indirecta en el desarrollo de este trabajo. Para cada una de ellas se asigna un 2% de participación.

Tabla 11. Costos de Mano de Obra

Personal	Sueldo (\$/mes)	Sueldo Total Proyecto (\$/8 meses)
Pasante 1	184.22	1473.76
Pasante 2	184.22	1473.76
Supervisor	60.16	481.28
Otros	84.00	672.00
TOTAL (\$)	512.60	4100.8

5.3. Costo de Operación

Durante la ejecución del proyecto, se asigna un cubículo equipado con un computador marca Toshiba Satellite.

Se dispone también de una impresora marca Hewlett Packard, modelo Deskjet 610, la misma que utiliza cartuchos de inyección de tinta; y que se la usa para imprimir toda la documentación de: toma de datos, elaboración de tablas, cuadros, resúmenes, informes, etc.

Se adquiere también una cámara digital marca Panasonic, modelo XT21, la misma que es utilizada para documentar gráficamente cada equipo de planta con sus respectivos componentes.

Se dispone de una copiadora, marca Xerox; la misma que es usada para la reproducción de las hojas de registro para los diferentes equipos que se contemplan en este trabajo, y para el fotocopiado de otros documentos varios.

Se cuenta también con accesorios de seguridad, para poder ingresar a la sala de máquinas: Casco, orejeras, gafas de protección, botas.

El consumo de energía eléctrica para la operación de estos equipos: computador, impresora, carga de cámara digital, copiadora; se considera despreciable, con respecto al consumo total de energía de la planta ASU. Como se indica en el siguiente punto de esta tesis, el consumo de electricidad es uno de los rubros

más elevados en el proceso de producción de los gases del aire.

El costo de utilización de cada uno de los equipos mencionados anteriormente, se calcula en base al valor del equipo al momento de iniciar el proyecto, y proyectando una depreciación del mismo a 2 años.

Tabla 12. Costos de Operación durante del proyecto

Equipo	Marca	Modelo	Valor (\$)	Costo (\$/mes)	Costo Total (\$/8 meses)
Computador	Toshiba	Satélite	1800	75	600
Impresora	HP	DJ 610	300	12.5	100
Cámara	Panasonic	XT21	250	10.4	83.2
Copiadora	Xerox	X100	1200	50	400
Total (\$)					1183.2

5.4. Costos totales de operación

Los costos totales de operación durante el proyecto, están dados por la suma de: Costo de Materiales + Costo de mano de Obra + Costos de Operación.

Tabla 13. Costos Total de Operación

Rubro	Valor (\$)
Materiales	250.0
Mano de Obra	4100.8
Operación	1183.2
Total (\$)	5534.0

5.5. Valores de venta de producción en planta

En el mercado nacional, la participación de esta compañía se ubica dentro de las de mayor presencia.

Es por esto que el contar con un eficiente plan de mantenimiento de sus instalaciones, garantiza el poder mantener un alto nivel de confiabilidad ante sus clientes.

En la tabla siguiente se pueden observar valores referenciales, acerca del precio promedio de los gases en el mercado de Guayaquil.

Tabla 14. Precio Referencial del Mercado

GAS	Valor (\$/m ³)
Oxígeno	1.2
Nitrógeno	2.5
Argón	15

5.6. Costo Horario Falla

Como se mencionó en los puntos anteriores, todo proyecto tiene como finalidad, obtener un beneficio; en este caso el objetivo final es tener un programa de mantenimiento para la maquinaria de producción de gases del aire, que permita reducir el número de paradas imprevistas al menor costo posible.

Tomando como referencia nuevamente el mercado de Guayaquil, en este caso el de Oxígeno, y conociendo que el consumo promedio diario de este producto; en el área industrial, como en la medicinal, es de aproximadamente 5000 m³, se puede realizar un cálculo del costo que ocasionaría una hora de paralización de la planta por una falla imprevista en la maquinaria.

Por lo que se muestra en las siguientes tablas los gastos de utilidades y horario falla:

$$\begin{aligned} \text{Utilidad} &= \text{Costo de Venta} - \text{Costo Producción} \\ \text{Utilidad} &= (1.2 * 5000 / 24 - 0.3 * 750) \\ \text{Utilidad} &= 25 \text{ USD / h.} \end{aligned}$$

Tomando como referencia nuevamente el mercado de Guayaquil, en este caso el de Oxígeno, y conociendo que el consumo promedio diario de este producto; en el área industrial, como en la medicinal, es de aproximadamente 5000 m³, se puede realizar un cálculo del costo que ocasionaría una hora de paralización de la planta por una falla imprevista en la maquinaria.

$$\begin{aligned} C_f &= (V_h - CV_h), \text{ de donde:} \\ C_f &= \text{Costo horario de falla} \\ V_h &= \text{Ingreso por venta.} \\ CV_h &= \text{Costo variable horario.} \end{aligned}$$

Para el caso que se analiza:

$$\begin{aligned} V_h &= \text{Precio de mercado de Oxígeno} * \text{Volumen de} \\ &\text{venta por hora} \\ CV_h &= \text{Costo de producción} + \text{Costos Operativos} \end{aligned}$$

En costos operativos se asigna un valor de 0.05 USD, aquí se incluyen los costos correspondientes a transporte, almacenamiento y llenado de cilindros.

$$\begin{aligned} C_f &= (V_h - CV_h) \\ C_f &= ((1.2 * 5000 / 24) - ((0.3 + 0.05) * 5000 / 24)) \\ C_f &= 183.98 \text{ USD} \end{aligned}$$

5.7. Costo de Implementación vs. Costo de Operación del Plan

Por lo determinado, que la inversión en este proyecto es de 5534 USD. Calculando la inversión total por hora, se obtiene:

$$\begin{aligned} I_h &= 5534 / (8 * 30 * 24) \\ I_h &= 0.96 \text{ USD} \end{aligned}$$

De lo anterior se concluye que:

El valor en USD que dejaría de percibir la empresa, por una parada imprevista de la planta; solamente tomando como referencia al Oxígeno, es de 183.98 USD.

El costo horario de inversión, para la realización del proyecto de desarrollo del programa de mantenimiento es de 0.96 USD.

La inversión a realizarse en este tipo de trabajo es altamente recuperable para la empresa, y se justifica plenamente el desarrollo del programa de mantenimiento para los equipos de producción de gases del aire de la planta ASU

5.8. Recomendaciones

- Debido a la imposibilidad de contar con personal dedicado exclusivamente a tareas de mantenimiento, el programa aplicable a la Planta de Separación de Gases del Aire ASU, de la compañía AGA S.A. de la ciudad de Guayaquil; debe tener como base un software informático, con el fin de optimizar las acciones de registro, almacenamiento de datos y control de su ejecución.
- Atendiendo a las disposiciones gerenciales, el paquete informático a utilizarse, una vez que se hayan concluido todas las acciones de levantamiento, ordenamiento y elaboración integral del plan de mantenimiento; es el software denominado MP2, y comercializado por la firma Datastream.
- Para garantizar el desempeño más óptimo posible, del programa de mantenimiento, es necesario designar a uno ó más supervisores, que sean responsables de la administración del mismo. En el caso de esta empresa, se puede sugerir como administrador al responsable de producción y como usuarios directos, a cada uno de los operadores de planta.
- Una vez que se haya establecido y consolidado en su totalidad todo el programa, es necesario que se amplíe su implementación al resto de segmentos de la cadena de producción, antes de llegar al cliente, como son: transporte, sistema de llenado y almacenamiento, departamento de mantenimiento de cilindros, departamento de mantenimiento de instalaciones criogénicas en clientes.
- Un mismo programa informático de mantenimiento, no puede ser aplicado; utilizando los mismos criterios para su conformación global: asignación de tareas, rutas de inspección, de lubricación, etc. en dos diferentes instalaciones

industriales; ya que cada una de ellas tiene características propias, a las que el programa a implementar, tiene que ser adaptado.

- El trabajo realizado en la empresa AGA S.A., y que se expone en esta tesis de grado; desde el punto de vista económico se justifica plenamente, ya que representa una inversión inferior al 1% en relación lo que representaría cada hora de parada imprevista de planta, al no contar con un programa establecido de mantenimiento.
- A partir de la realización de este trabajo, es posible llevar a cabo acciones de optimización y mejoras, para la adaptación de otras versiones de paquetes informáticos o de otras formas de manejar la administración del mantenimiento de los equipos de la planta ASU; tomando en cuenta que se tiene una base de datos clasificada y ordenada, que anteriormente no existía.
- Los computadores que se vayan a utilizar para manejar y almacenar la información, deben tener una capacidad operativa que esté acorde con la cantidad de datos que se vayan a generar diariamente, y deben contar periódicamente con el soporte técnico del departamento de sistemas; a fin de evitar problemas con los registros de la base de datos.

6. Bibliografía

- [1] AGA, *Handbook Specialty Gases*, (Sweden, 1984).
- [2] F.J. González Fernández, *Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*, (Editorial Rústica, España, 1986).
- [3] KELLY A HARRIS, *Gestión del Mantenimiento Industrial*, (Fundación Repsol, 1998).
- [4] L. Navarro Pastor, A. C. Mugubarú, *Gestión Integral de mantenimiento*, (Editorial Marcombo, 1997)
- [5] Datastream, MP2, <http://datastream/mp2%PDF>.
- [6] AGA, Tanque LIN. Instrucciones de Uso.
- [7] ALWEILLER, Operation Maintenance and Repair Manual/P1600 and P1700 Series. Single cylinder, positive displacement pumps.
- [8] GONZÁLEZ FERNÁNDEZ FRANCISCO J, *Auditoría del Mantenimiento e Indicadores de Gestión*, Editorial Rústica, España, 1986

Ing. Cristian Arias Ulloa
Director de Tesis

Guayaquil, 26/Enero/2010