

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**ELABORACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO
PREVENTIVO PARA MÁQUINAS DE INSPECCIÓN
AUTOMÁTICA DE ENVASES DE VIDRIO FPX2**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO MECATRÓNICO

PRESENTADA POR

Bach. José Yamil Melgar Meza

PROMOCION 2007 - I

LIMA-PERU

2014

DEDICATORIA

A mi Madre, por su gran amor y apoyo incondicional.

A miPadre, por ejemplo de profesionalismo a largo de mi vida.

CONTENIDO

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Objetivo General	4
1.3. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Justificación	5
1.5. Alcances	6
1.6. Recursos Empleados	6
CAPÍTULO II	
DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA DE INSPECCIÓN EN EL PROCESO PRODUCTIVO.....	7
2.1. Descripción del proceso de producción	7
2.2. Participación en el proceso productivo	12
2.2.1. Descripción de las partes de un envase de vidrio.....	13
2.2.2. Principales Defectos en los envases de vidrio.....	14
2.3. Descripción de la maquina inspección automática O-I	15
2.3.1. Historia.....	15
2.3.2. Descripción general de la FPX2.....	17
2.3.3. Especificaciones Técnicas.....	17
2.3.4. Equipos de inspección que soporta la FPX2.....	20
2.4. Configuración de las líneas de inspección automática.	37
2.4.1. Configuración 3 niveles (Tri-Level).....	37

2.4.2. Numero de Maquinas de Inspección en una línea de Producción39

2.4.3. Configuración Estándar de Lazo de Inspección con FPX2.....39

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO

DE LA HIPÓTESIS41

3.1. Identificación del Problema41

3.2. Determinación de la Hipótesis de Trabajo42

CAPÍTULO IV

FUNDAMENTO TEÓRICO43

4.1. Función del Mantenimiento43

4.2. Evolución del Mantenimiento.....43

4.3. Gestión del Mantenimiento.....44

4.3.1. Productividad y Competitividad.....46

4.3.2. Indicadores de Mantenimiento.....47

4.3.3. Selección de Equipos.....52

4.4. Mantenimiento Correctivo.....54

4.5. Mantenimiento Preventivo.....54

4.5.1. Ventajas de un programa de Mantenimiento Preventivo.....55

4.5.2. Limitaciones del Mantenimiento Preventivo.....56

4.5.3. Como establecer un Programa de Mantenimiento Preventivo57

4.5.4. Frecuencia y Duración de las actividades del P. M. P.....59

4.5.5. Personal Técnico Ejecutor del P. M. P.....60

4.6. Principio de Funcionamiento de Maquina de Inspección.....61

CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	66
5.1. Diagrama de medios fines.....	66
5.2. Elaboración del plan mantenimiento preventivo. en FPX2.....	68
5.2.1. Recolección Histórica de Fallas	68
5.2.2. Evaluación de Registro de Fallas.....	75
5.2.3. Selección y Evaluación de Partes	79
5.2.4. Selección de Partes para el Mantenimiento Preventivo	83
5.2.5. Determinación de Frecuencias de las actividades del M.P.....	85
5.3. Gestión Económica del Mantenimiento.....	86
5.3.1. Estimación de Costos de Producción y Ventas.....	86
5.3.2. Costos de repuestos usados.....	88
5.3.3. Costos de Mantenimiento Preventivo.....	90
CONCLUSIONES	91
RECOMENDACIONES	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94
APÉNDICE	95

INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.1: Mapa del proceso de fabricación de envases de vidrio.....	7
Figura 2.1.2: Remoción de receta.....	8
Figura 2.1.3: Forma de la receta en el horno.....	8
Figura 2.1.4: Forma de las gotas de vidrio.....	9
Figura 2.1.5: Envases de vidrio moldeados.....	9
Figura 2.1.6: Envases de vidrio acondicionados.....	10
Figura 2.1.7: Envases entrando a las máquinas de inspección.....	11
Figura 2.1.8: Brazo Robot paletizador a granel por pallets.....	11
Figura 2.2.1: Partes de un envase de vidrio O-I.....	13
Figura 2.2.2: Defectos Críticos.....	14
Figura 2.2.3: Defectos Funcionales.....	14
Figura 2.2.4: Defectos Visuales.....	15
Figura 2.3.1: Inspección visual año 1941.....	15
Figura 2.3.2: Cronología del desarrollo de los equipos de inspección O-I.....	16
Figura 2.3.3: Esquema de conexión Ethernet MCU – FPX2.....	19
Figura 2.3.4: Incidencia de luz sobre grietas en envases de vidrio.....	21
Figura 2.3.5: Juego de Detectores Digitales de Grietas.....	22
Figura 2.3.6: Código de 8 puntos O-I en el talón y su lectura en la FPX2.....	22
Figura 2.3.7: Configuración de Cabezal de lectura del CID4.....	23
Figura 2.3.8: Captura de imagen por el CID4.....	24
Figura 2.3.9: Cabezal de FTA sobre el terminado de un envase.....	25
Figura 2.3.10: Recorrido de haz de laser FTA sobre el terminado.....	25
Figura 2.3.11: Captura de imagen del FTA.....	26
Figura 2.3.12: Vista ampliada de un segmento del terminado con defecto.....	26
Figura 2.3.13: Grieta vertical en el cuerpo de envase.....	27

Figura 2.3.14: Recorrido de haz de Luz del SVC sobre el cuerpo.....	28
Figura 2.3.15: Montaje de cámara SWA	29
Figura 2.3.16: Captura de imagen del SWA.....	29
Figura 2.3.17: Defectos en el cuerpo.....	29
Figura 2.3.18: Configuración de cámara SSD.....	30
Figura 2.3.19: Piedra que genera luminosidad a través de los polarizadores.....	30
Figura 2.3.20: Montaje de partes del BHA.....	31
Figura 2.3.21: Captura de imagen del BHA.....	32
Figura 2.3.22: Montaje de cabezal WOF.....	33
Figura 2.3.23: Defectos en el terminado detectados por el WOF.....	33
Figura 2.3.24: Montaje de cabezal OLG.....	34
Figura 2.3.25: Recorrido de haz de laser OTG sobre el cuerpo.....	35
Figura 2.3.26: Montaje de sondas de OTG en 3 puntos del cuerpo.....	36
Figura 2.3.27: Montaje de Cabezal de OPG.....	37
Figura 2.4.1: Vista isométrica de una configuración Tri-Leve.....	38
Figura 2.4.2: Equipos de una lazo de inspección con FPX2.....	40
Figura 4.1.1: Trilogía del Mantenimiento.....	46
Figura 4.3.1: Curva de la bañera.....	48
Figura 4.3.2: Rangos de capacidad operativa	48
Figura 4.3.3: Rangos de Mantenibilidad	49
Figura 4.3.4: Rangos de Disponibilidad	50
Figura 4.6.1: Maquina de Inspección FPX2	61
Figura 4.6.2: Rueda-Estrella	62
Figura 4.6.3: Ensamblajes de tornillo sinfín alimentador y de descarga.....	62
Figura 4.6.4: Sistema de Rotación Lateral de Envases	63
Figura 4.6.5: Faja Serpentin y juego de poleas dentadas.....	63

Figura 4.6.6: Interface Hombre-Máquina	64
Figura 4.6.7: Configuración estándar para envases de boca angosta	65
Figura 5.1: Diagrama de Pareto de las principales fallas	76
Figura 5.2: Tiempo activo vs Días mes de enero del 2013	78

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Rango de Velocidades FPX2	18
Tabla 4.1: Clasificación de equipos Críticos	52
Tabla 4.2: Prioridades para evaluar los equipos.....	53
Tabla 5.1.1: Registro de fallas Línea 91 FPX2# 1.....	72
Tabla 5.1.2: Registro de fallas Línea 91 FPX2# 2.....	73
Tabla 5.1.3: Registro de fallas Línea 91 FPX2# 3.....	74
Tabla 5.1.4: Promedio de tiempo activo de la línea 91	75
Tabla 5.2.1: Importancia crítica de Equipo Variable	80
Tabla 5.2.2: Importancia crítica de Sistemas de Inspección	81
Tabla 5.2.3: Importancia crítica de Sistemas de Electromecánicos.....	82
Tabla 5.2.4: Importancia crítica de Sistemas de Electro neumáticos.	83
Tabla 5.2.5: Lista de partes que ingresaran al P.M	84
Tabla 5.2.6: Frecuencia de las actividades M.P.de Equipos Variables	85
Tabla 5.2.7: Frecuencia de las actividades M.P.de Sistemas de Inspección.....	85
Tabla 5.2.8: Frecuencia de las actividades M.P.de sistemas Electromecánico	86
Tabla 5.2.9: Frecuencia de las actividades M.P.de sistemas Electro-Neumático....	86
Tabla 5.3.1: Estimación de costos de producción y ventas.....	87
Tabla 5.3.2: Estimación de costos por paradas no programados.....	87
Tabla 5.3.3: Costos de repuestos de Equipo Variable.....	88
Tabla 5.3.4: Costos de repuestos de Electro-Neumáticos	88
Tabla 5.3.5: Costos de repuestos de Sistemas de Inspección	89
Tabla 5.3.6: Costos de repuestos de Electromecánicos	89
Tabla 5.3.7: Costos estimado de Mano de Obra e impacto de parada	90
Tabla 5.3.8: Costos estimado anual de Mantenimiento Preventivo	90

SIGLAS Y ACRONIMOS

- HMI Human Machine Interface (Interfase Hombre - Maquina)
- BPM Bottles Per Minute (Botellas Por Minuto)
- IPS Image Processing System (Sistema de Procesamiento de Imagenes)
- MCU Master Control Unit (Unidad de Control Maestro)
- IPU Image Processing Unit (Unidad de Procesamiento de Imagenes)
- IPU1 Image Processing Unit ver. 1 (Unidad de Procesamiento de Imágenes versión 1)
- IPU3 Image Processing Unit ver. 3 (Unidad de Procesamiento de Imágenes versión 3)
- FP Finished Products Inspection Machine (Maquina de Inspeccion de Productos Terminados)
- FPX Finished Products Inspection Machine eXtrem version (Maquina de Inspección de Productos Terminados versión Superior)
- FPX2 Finished Products Inspection Machine eXtrem versión 2 (Maquina de Inspección de Productos Terminados versión Superior 2)
- CLB Counter and Light Box (Caja de Luces y Conteos)
- QSS Quick Setup Screen (Pantalla de Ajuste Rapido)
- SWA Side Wall Analysis (Analisis de Pared)
- BHA Bottom & Heel Analysis (Analisis de Talon y Fondo)
- OTG Optical Thickness Gauge (Calibre Óptico de Espesor)
- OSD Optical Stress Detector (Detector Óptico de Esfuerzos)
- SSD Side wall Stress Detector (Detector Óptico de Esfuerzos en la Pared)
- BSA Bottom Stress Analysis (bottom part of OSD) (Detector Óptico de Esfuerzos en el Fondo)

- DCD Digital Check Detector (Detector de Grietas Digital)
- OPG Optical Plug Gauge (Calibre Cilindrico Optico)
- FTA Finish Top Analysis (Analisis de Terminado Superior)
- SVC Sidewall Vertical Check (Grieta Vertical en el Cuerpo)
- CID Cavity Identification Device (Dispositivo de Identificacion de Cavidad)
- SPG Servo Plug Gauge (Calibre –Cilindrico Servo)
- OLG Optical Leaner Gauge (Calibre Optico de Inclinado)
- WOF Warp and Off Level (Terminado Fuera de Nivel y Alabeo)
- ICK Impact Container Simulator (Simulador de Impacto de Botella)
- VU Vida Util
- PIC Production Information Computer (Informacion Computarizado de la Producción)

PRÓLOGO

El presente Informe muestra la elaboración del plan de mantenimiento preventivo para máquinas de inspección automática de envases de vidrio, utilizadas dentro del proceso de fabricación de envases de vidrio. Dicho plan permite mejorar la disponibilidad, reduciendo el número de fallas.

El informe consta de cinco capítulos y a continuación se mencionan los temas tratados.

El primer capítulo corresponde a la parte introductoria del informe donde se indican los antecedentes del proyecto, el objetivo general y los objetivos específicos, la justificación o el motivo del proyecto así como también los alcances y recursos empleados durante el desarrollo del mismo.

El segundo capítulo describe de manera resumida el proceso de fabricación de los envases de vidrio, desde sus inicios en la mezcla de los materiales, hasta que son empacados. Adicionalmente, se describe el rol de las máquinas de inspección automática dentro del proceso de la fabricación de envases de vidrio.

En el tercer capítulo se identifica, la necesidad de elaborar un plan de mantenimiento que mejor se ajuste a las máquinas de inspección, de forma que se genere un impacto positivo en la producción. Adicionalmente se plantea la hipótesis de trabajo del problema identificado.

En el cuarto capítulo se presentan los fundamentos teóricos que fueron necesarios para la solución del problema. También se describe el principio de funcionamiento de la máquina de inspección FPX2, indicando los componentes que conforman la misma.

El quinto capítulo corresponde a la elaboración del plan de mantenimiento para las máquinas de inspección automática FPX2 para envases de vidrio. Se explica la evaluación de los mantenimientos elegidos, y posteriormente se muestra los resultados del tipo de mantenimiento elegido según el sistema de funcionamiento de la máquina. Finalmente, se indican los costos de mantenimiento y la disponibilidad obtenida.

En resumen, el contenido del informe muestra la elaboración del plan de mantenimiento que mejor se adecua a las máquinas de inspección automática de rotación discreta para envases de vidrio, modelo FPX2, orientado a optimizar la disponibilidad de la máquina para la producción, dentro de los límites de seguridad.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

Desde la creación de las primeras máquinas de inspección en la industria de fabricación de envases de vidrio, estas han formado parte importante en el proceso de manufactura ayudando a verificar la calidad de los envases.

En el año 1903 Michael J. Owens, inventó una máquina automática de fabricación de botellas, que se convirtió en la base fundamental para la fabricación de envases de vidrio. La máquina Owens dio inicio a la formación de la empresa Owens Bottle – Machine Company. En 1929, la empresa Owens Bottle-Machine Company se fusionó con la empresa Illinois Glass Company y pasaron a formar Owens-Illinois Glass Company, ese mismo año se crea el centro de investigación y desarrollo de tecnologías para el vidrio en la ciudad de Perrysburg Ohio –USA. En 1958 la empresa inicia operaciones en América Latina. En 1965, el nombre legal de la empresa cambió a Owens-Illinois Inc.

En 2005, la marca comercial pasó a llamarse O-I siguiendo una misma estrategia en todas las divisiones mundiales. En la actualidad O-I posee 80 Plantas

de Envases de Vidrio en los cinco continentes y cuenta con aproximadamente 25,000 empleados.

A medida que la velocidad de producción de las máquinas de formación aumentan, las exigencias de calidad y control sobre los envases también se incrementan, debido a ello O-I creó el departamento de Tecnologías en Sistemas de Inspección dentro del centro de Investigación y Desarrollo (I+D) ubicado en el estado de Ohio USA. En el año 1950 se crean las primeras máquinas de inspección de envases de vidrio llamadas RIM por sus siglas en inglés: Rotary Inspection Machine y el año 1960 crean las FP por sus siglas en inglés: Finished Product Machine. Estas 2 versiones fueron máquinas electromecánicas con electrónica básica para lógica de inspección. Las FP continúa funcionando en varias plantas de O-I a nivel mundial con algunas mejoras electrónicas y mecánicas, ha permitido desarrollar un plan de mantenimiento correctivo y preventivo, en las versiones mencionadas

1.2. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo que se adecue a las máquinas de inspección automática de rotación discreta para envases de vidrio, modelo FPX2, orientado a optimizar la disponibilidad de la máquina para la producción, dentro de los límites de seguridad.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos a tratar en el presente informe desarrollado son los siguientes:

- Conocer el funcionamiento de la máquina de inspección automática FPX2 para envases de vidrio e identificar los parámetros de calibración y ajuste requeridos para su operación.
- Conocer los principales defectos que puedan aparecer en los envases de vidrio, en las diferentes etapas del proceso de fabricación.
- Elaborar el plan de mantenimiento que mejor se adecue a las máquinas de inspección automática de rotación discreta, modelo FPX2,
- Estimar los costos y tiempos necesarios para la elaboración del plan de mantenimiento.

1.4. JUSTIFICACIÓN

La justificación para la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo en máquinas de inspección FPX2 para envases de vidrio se explica por su aporte académico, tecnológico y productivo en el proceso de fabricación de envases de vidrio.

El aporte académico se basa en el desarrollo de forma ordenada y eficaz de la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo siguiendo el fundamento teórico del mismo.

El aporte tecnológico se basa en el uso de técnicas contemporáneas de mantenimiento para máquinas usando tecnología de última generación en los procesos industriales.

El aporte productivo se basa en incrementar la disponibilidad del funcionamiento de las máquinas de inspección FPX2, así como también garantizar las inspecciones en los envases de vidrio, que implica una reducción en los costos de producción referidos al mantenimiento.

1.5. ALCANCES

Los alcances del Informe son los siguientes:

- Conocer el funcionamiento de la máquina de inspección automática FPX2 para envases de vidrio e identificar los parámetros de calibración y ajuste requeridos para su operación.
- Conocer los principales defectos que puedan aparecer en los envases de vidrio, en las diferentes etapas del proceso de fabricación de envases de vidrio.
- Elaborar el plan de mantenimiento preventivo, siguiendo la metodología tradicional, que mejor se adecue a las máquinas de inspección automática de rotación discreta, modelo FPX2.
- Estimar los costos necesarios para la elaboración del plan de mantenimiento.

1.6. RECURSOS EMPLEADOS

Los recursos disponibles para el desarrollo este informe se listan a continuación:

- Coordinador de Mantenimiento Zona Fría
- Manuales de las máquinas de inspección FPX2, FPX y FP.
- Manuales de los equipos de inspección IPS
- Conocimiento y experiencia en la producción de envases de vidrio.
- Datos históricos de tiempos perdidos por mantenimiento en los equipos de inspección.
- Instalaciones de la empresa O-I GOSC Lurín – Perú.
- Equipo de seguridad.

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA DE INSPECCIÓN EN EL PROCESO PRODUCTIVO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

Los procesos de fabricación de los envases de vidrio que se siguen son presentados en el siguiente esquema de proceso de la figura 2.1.1:

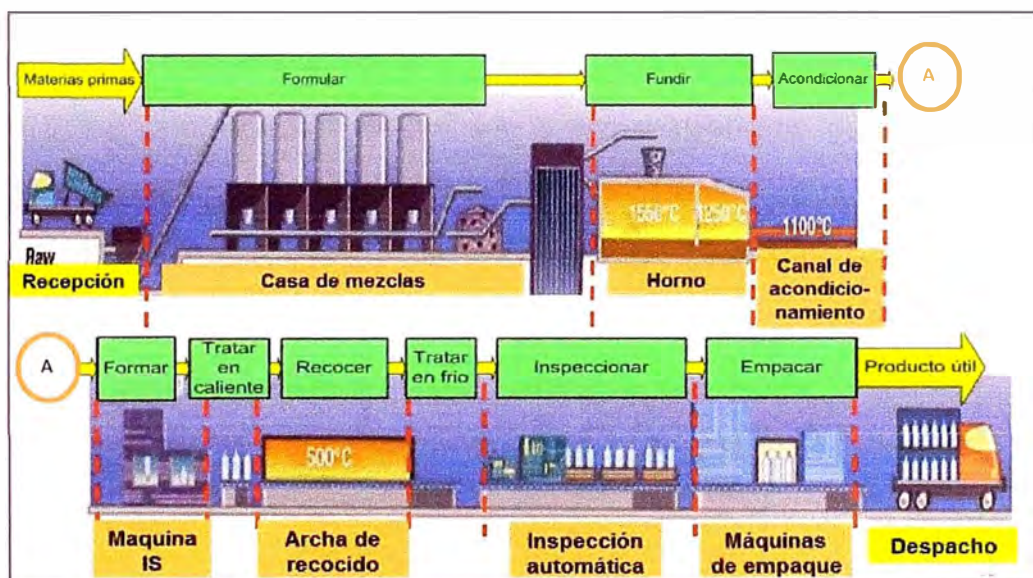


Figura 2.1.1: Mapa del proceso de fabricación de envases de vidrio

- **Proceso 1: Preparar la Materia Prima**

Se usa arena de sílice (SiO_2), piedra caliza (CaCO_3), carbonato de sodio (Na_2CO_3) y vidrio reciclado como materias primas para el vidrio. Luego, los

componentes mezclados se envían al horno para fundirse. En la figura 2.1.2 se muestra el resultado de la mezcla de componentes de la receta siendo removidas por un cargador frontal.



Figura 2.1.2: Remoción de receta

La contaminación que se pueda generar por ingreso de partículas que requieren mayor temperatura de fusión ($>1500\text{ }^{\circ}\text{C}$) como el vidrio pirex, metales pesados refractarios etc... generaran defectos en los envases tales como piedras o tensiones en las paredes de la botella.

- **Proceso 2: Fusionar la receta**

El horno calienta la mezcla por lote a aproximadamente a 1,565 grados Celsius (2,850 grados Fahrenheit), generando el vidrio fundido. Es importante tener el control de la temperatura, ya que grandes variaciones de temperatura pueden generar defectos de burbujas y piedras en los envases. La figura 2.1.3 muestra la forma de la mezcla fundiéndose en el horno.



Figura 2.1.3: Forma de la receta en el horno.

- **Proceso 3: Formación de la gota**

El vidrio fundido se retira del horno, se enfría hasta obtener una temperatura uniforme y se corta en “gotas”, a través de un mecanismo de servo tijeras, para moldear los envases de vidrio. La figura 2.1.4 muestra la forma de tres gotas de vidrio a ser moldeadas.

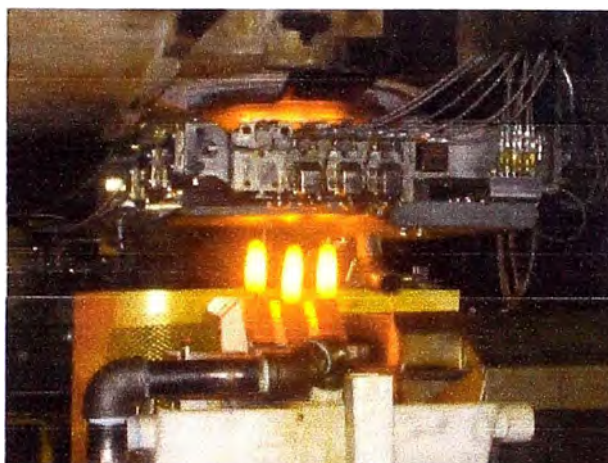


Figura 2.1.4: Forma de las gotas de vidrio.

En este proceso se busca controlar el peso de la gota de acuerdo al envase, una variación de + ó - 2 gramos en el peso puede generar defectos en el envase, como pared delgada y también en el terminado como terminado sin llenar, azucarado y rebaba.

- **Proceso 4: Moldear la gota**

Las gotas de vidrio se derivan hacia la máquina de moldeo o la máquina IS, en la cual se forma los envases de vidrio. La figura 2.1.5 muestra la formación de los envases de vidrio en una sección. En este proceso existe la mayor cantidad de defectos que se puedan generar en los envases, debido a la gran cantidad de variables a controlar tales como temperatura presión sincronización de los mecanismos, estado de los moldes etc. Generando posibles defectos como grietas, envases inclinados y filamentos en el interior.



Figura 2.1.5: Formación de envase de vidrio

- **Proceso 5: Acondicionar los envases**

Los envases recién formados pasan a través del templador o archa, máquina que los vuelve a calentar y los enfría gradualmente para liberar las fuerzas de tensión y fortalecer el vidrio. Similar a los procesos se tiene un gran control de curva de temperatura del archa, ya que en caso de una gran variación de temperatura, se tendrá defectos de grietas. La figura 2.1.6 muestra a los envases de vidrio en acondicionamiento en el archa.



Figura 2.1.6: Envases de vidrio acondicionados.

- **Proceso 6: Inspeccionar los envases**

Al salir los envases de vidrio del archa, estos son llevados a través de los transportadores a las líneas de máquinas de inspección para verificar que se

cumplan con los requerimientos del cliente. Los envases con defectos son rechazados y recirculados por transportadores de cullet para ser reciclados y ser llevados a fundir. La figura 2.1.7 muestra envases entrando a las máquinas de inspección.



Figura 2.1.7: Envases entrando a las máquinas de inspección.

- **Proceso 7: Empacado**

Finalmente los envases que pasaron el control por las máquinas de inspección son transportados a las líneas de empaquetado para ser agrupadas y empaquetadas de acuerdo a las especificaciones del cliente. La figura 2.1.8 muestra envases empaquetados a granel por pallets.



Figura 2.1.8 Brazo Robot paletizador a granel por pallets

2.2. PARTICIPACIÓN EN EL PROCESO PRODUCTIVO

Los Sistemas de Inspección tiene 3 funciones principales:

- i. *Calidad:* Asegurar la más alta calidad en los productos que son enviados a las líneas de producción de los clientes. Rechazando los envases que presentan algún defecto generado en alguna de las diferentes etapas de fabricación, desde materias primas hasta el tratamiento superficial en frío, y Rechazando los recipientes que no cumplan con los estándares de calidad y especificaciones de los clientes. Los envases sin defectos continúan el flujo de producción hacia el proceso de empaquetado.
- ii. *Operación:* Proveer información en tiempo real al área de Zona Caliente o Formación de los defectos que se están presentando en los envases con la finalidad de tomar acciones correctivas en dichas áreas y mejorar el proceso con mayor eficiencia. Cada envase tiene un grabado en alto relieve que identifica la cavidad de formación del envase, esto es leído por las máquinas de inspección y este realiza una correlación entre defecto y cavidad de cada envase el cual es enviado al sistema de producción.
- iii. *Producción:* Contabilizar los envases inspeccionados y los envases rechazados durante el proceso de fabricación. Esta información es enviada al sistema de producción PIC por sus siglas en inglés, y monitoreado en los diferentes centros de proceso para el seguimiento de los indicadores de producción. Los envases rechazados por las máquinas de inspección son enviados a las fajas colectoras para su reciclaje.

2.2.1. Descripción de las partes de un envase de vidrio.

Todos los envases presentan partes comunes y otras son de acuerdo al fabricante, en el caso de Owens Illinois. La siguiente figura 2.2.1 describe las principales partes de una botella de vidrio fabricado por O-I.

Código de la Botella:

1. Identificación de Planta y Región de Fabricación.

Código de Regiones:

A Asia-Pacífico

E Europa

N Norte América

S Sudamérica

Ejemplo S05: Planta de Lurín: Sudamérica

2. Logo del Fabricante: O-I
3. Identificador de Cavidad: Código de puntos: 8 puntos y 9 puntos leído por el lector de cavidad para determinar el número de molde del envase.
4. Año de fabricación
5. Número de cavidad

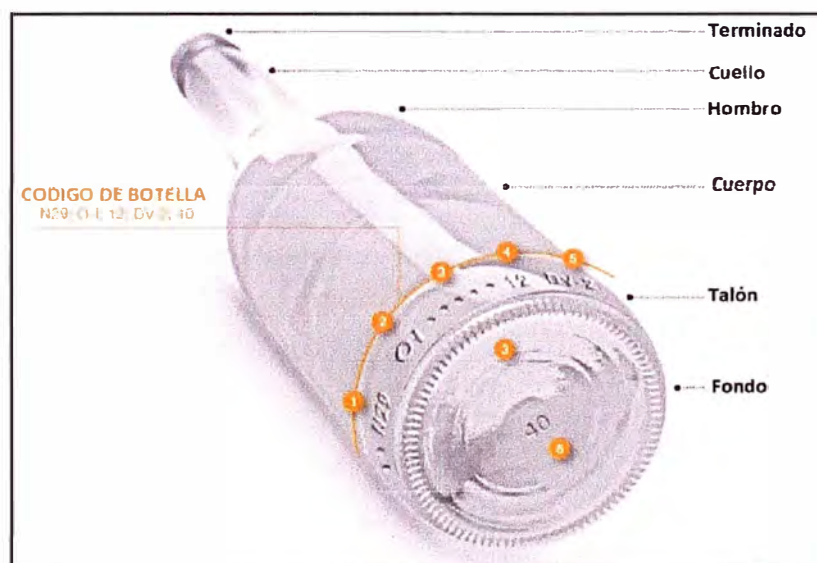


Figura 2.2.1: Partes de un envase de vidrio O-I

2.2.2. Principales Defectos en los envases de vidrio

El proceso de fabricación de envases de vidrio pasa por diferentes etapas y cada una con diferentes variables que al no ser controladas o al estar fuera de las especificaciones impacta en el producto final. Estos defectos se pueden clasificar en 3 tipos:

- *Defectos Críticos:* Son defectos que puedan causar alguna lesión al consumidor final. La figura 2.2.2 muestra algunos ejemplos: derecha Vidrio sobresaliente en el terminado, izquierda: Filamento de vidrio en las paredes (Cuerda de pájaro)

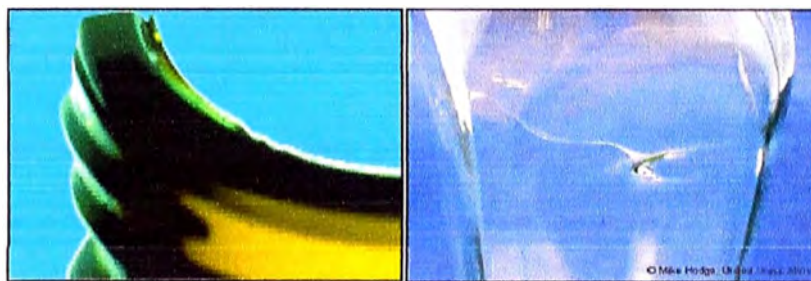


Figura 2.2.2 Defectos críticos

- *Defectos Funcionales:* Son defectos en los envases que impiden el normal desempeño del envase en el proceso productivo del cliente, por ejemplo la presión interna de los envases fuera de especificación o piedras en el cuerpo hacen los envases se quiebran en las líneas de llenado, la figura 2.2.3 muestra algunos ejemplos derecha: terminado sin llenar impide un mal sellado, izquierda: piedra en el cuerpo.



Figura 2.2.3: Defectos Funcionales

- *Defectos Visuales:* son defectos que atentan con la presentación y aspecto del envase sin tener consecuencias sobre la funcionalidad per se. Algunos ejemplos mostrados en la figura 2.2.3, Marcas en el cuerpo, burbujas en el terminado.



Figura 2.2.4: Defectos Visuales

2.3. DESCRIPCIÓN DE LA MAQUINA INSPECCIÓN AUTOMÁTICA O-I

2.3.1. Historia

Inicialmente en la industria de fabricación de los envases de vidrio, la inspección era realizado manualmente por personas que se encontraban a la salida del archa, este trabajo era realizado especialmente por mujeres a quienes se le consideraba ser más detallistas durante la inspección de los envases. Ver figura 2.3.1:



Figura 2.3.1: Inspección visual año 1941

A medida que las máquinas de formación de envases incrementaron su velocidad así como también las exigencias de calidad, muchos defectos no eran fácilmente detectados por las personas, razón por la cual Owens Illinois decidió crear el Área de Inspección dentro de su centro de Investigación y Desarrollo (R&D). Tal es así que Owens Illinois, Brockway Glass crea prácticamente la primera máquina de inspección semi-automática el año 1950, siendo los pioneros en la fabricación de máquinas de inspección. La figura 2.3.2 muestra una cronología de la evolución de los equipos de inspección creados por O-I hasta el día de hoy.

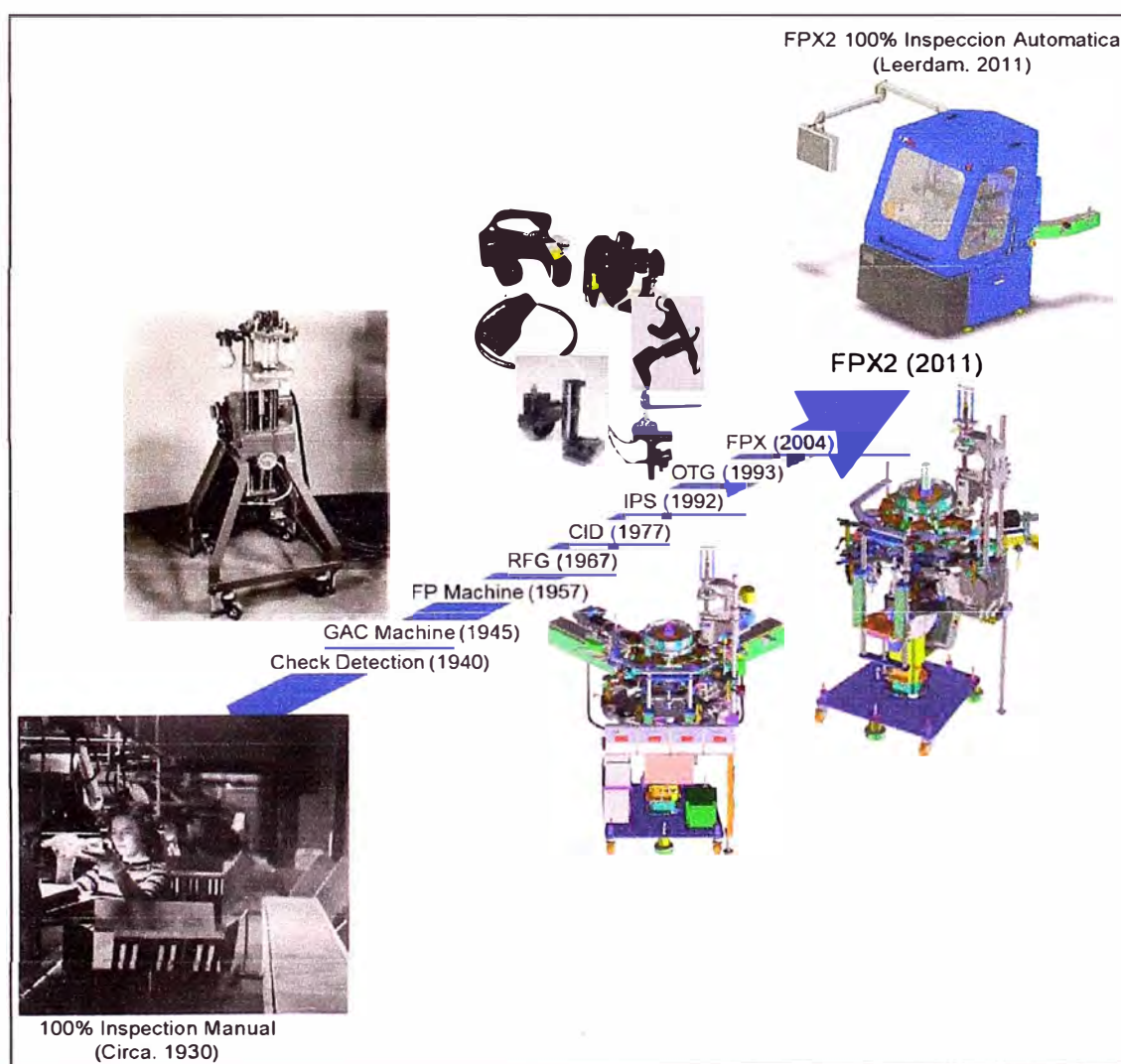


Figura 2.3.2 – Cronología del desarrollo de los equipos de inspección O-I

2.3.2. Descripción general de la FPX2

La FPX2 (Finish ProducteXtremeVersion 2) es una máquina indexadora rotativa de ocho estaciones y alta velocidad que funciona como una plataforma de inspección tanto para los envases de boca ancha como los de cuello angosto. Está diseñada como reemplazo de las máquinas FP y FPX.

Hay cinco estaciones que pueden equiparse con dispositivos de inspección IPS. Las estaciones restantes se utilizan para ingreso y salida de los envases de vidrio.

El mecanismo de transmisión principal de la FPX2 está compuesto por un servomotor conectado a una caja de reducción planetaria de 16:1, llamado caja Indexador. El indexador se conecta mecánicamente al eje de transmisión que hace girar la rueda-estrella que transporta los envases de una estación a otra dentro de la plataforma de inspección.

Los envases ingresan y salen de la FPX2 por medio del tomillo sin fin alimentador y de descarga. El diámetro del envase se programa a través de la pantalla HMI Setup (Configuración de HMI). El software de HMI calcula la velocidad necesaria de la transmisión de rotación lateral para proporcionar, de manera sistemática, rotaciones de 1-1/2 durante el ciclo de Inspección para el diámetro de envase determinado.

La FPX2 está equipada con botones de parada de emergencia (E-STOPS) en la alimentación y descarga y en la parte delantera de la máquina en la HMI. Al presionar un botón de parada de emergencia, se produce el corte de energía de la máquina.

2.3.3. Especificaciones Técnicas:

2.3.3.1. Tamaño del envase a inspeccionar

- Rango de diámetro: 1-1/2 a 6-1/2 pulgadas (38 a 165 mm).
- Altura máxima: 14-1/4 pulgadas (362 mm).
- Altura mínima: 2-1/8 pulgadas (54 mm).

2.3.3.2. Pautas de velocidad de funcionamiento

Rango del envase (diámetro)	Velocidad máxima (CPM) Envases por minuto	Velocidad típica de la FPX2
1.375 – 3.000	250	160 – 210
3.000 – 4.000	185	120 – 155
4.000 – 5.000	150	95 – 125
5.000 – 6.500	115	75 – 95

Tabla 2.1: Rango de Velocidades FPX2

Notas sobre la velocidad:

Los resultados reales de velocidad típica se basarán en el tamaño, la forma, el peso, el tratamiento de superficie, las funciones y las características de manipulación de los envases y el manejo alrededor del lazo de inspección.

2.3.3.3. Interfacede Comunicación

Se requiere una Unidad de Control Maestro (MCU) por cada línea de producción para respaldar el funcionamiento de los dispositivos de inspección IPS instalados en cada máquina, así como también es el servidor de supervisión y registro de los sistemas de inspección. Todo esto a través de una red privada local LAN entre el servidor MCU y las computadoras IPU3. La interface de comunicación es usado para que el servidor MCU envíe información en tiempo real acerca de los defectos encontrados a los sistemas de producción que cuenta la planta (PIC) a través de una red pública de la planta WAN. El enlace de datos entre las FPX2 y el MCU se realiza a través de la conexión Ethernet utilizando cable UTP CAT5 o

CAT6, la Figura 2.3.2 muestra un esquema de conexión de una línea de producción con 3 máquinas FPX2

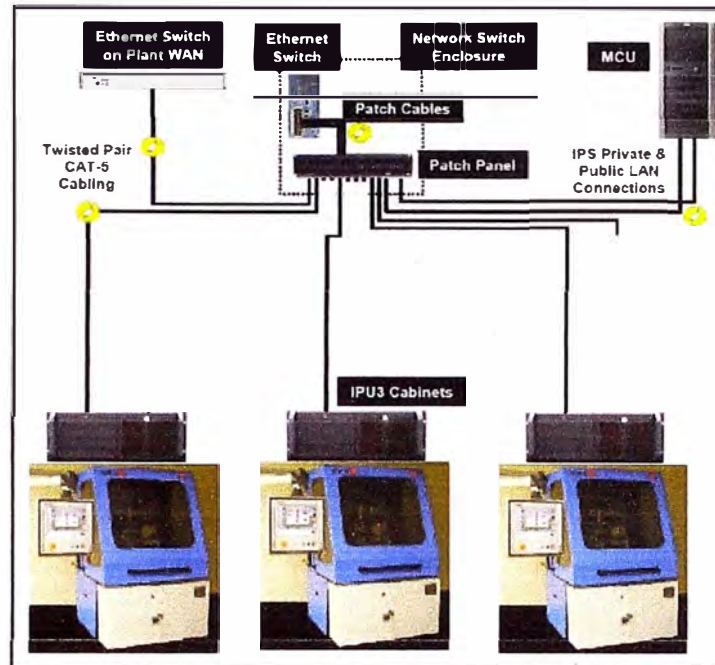


Figura 2.3.3: Esquema de conexión Ethernet MCU – FPX2

2.3.3.4. Presión de aire

Se requiere un suministro de aire mínimo de 1 LPS (litro por segundos) o 2CFM (pies cúbicos por minuto) a 70 PSI (6,45 bar) para operar numerosos mecanismos en cada FPX2. La línea de presión de aire alimenta el panel neumático principal, el cual es configurado a 60PSI (5,17 bar), los cilindros de tensión de la correa en 20 PSI (1,72 bar) y el cuchillo hidráulico de selección auxiliar en 40 PSI (3,44 bar). El límite de falla de presión de aire bajo se debe configurar en 50 PSI (4,3 bar).

2.3.3.5. Peso

Aproximadamente 2500 libras (1134 kg).

2.3.3.6. Alimentación Eléctrica:

- Voltaje: 380 V a 480 V, trifásico

- Frecuencia: 50 a 60 Hz a
- Corriente 20 Amp.

2.3.3.7. Temperatura ambiente máxima:

- 50 grados Celsius, 122 Fahrenheit.

2.3.3.8. Especificaciones de tamaño de la FPX2:

La máquina FPX2 requiere una distancia entre el piso y el techo de aproximadamente 10 pies (3 metros) para que se pueda abrir la cubierta de seguridad durante su instalación en la máxima elevación posible.

Con la cubierta de seguridad cerrada, la FPX2 tiene unos 5 pies (1,5 metros) de ancho por 6 pies (1,8 metros) de largo por 7 pies (2,1 metros) de alto.

2.3.3.9. Requerimientos de transportador:

La FPX2 requiere una altura del transportador de 38 a 45 pulgadas (965 a 1143 mm). El transportador de entrada requerirá el estilo de "transmisión centrada" para la ubicación de la transmisión.

2.3.4. Equipos de inspección que soporta la FPX2

Hay cinco estaciones que pueden equiparse con dispositivos de inspección por Sistemas de Procesamiento de Imágenes o llamado por sus siglas en Inglés IPS (Image Processing Systems).

- Detectores Digitales de Grietas: DCD / *Digital Check Detectors*
- Dispositivo de Identificación de Cavidad versión 4 CID4 (*Cavity Identification Device*)
- Análisis del Terminado Superior FTA / *Finish Top Analysis*
- Grieta Vertical Lateral de cuerpo SVC (*Sidewall Vertical Check*)
- Análisis Lateral de Cuerpo SWA (*Sidewall Analysis*)
- Detector de Tensión Lateral de Cuerpo SSD (*Sidewall Stress Detector*)

- Análisis del Fondo y Talón BHA (*Bottom and Heel Analysis*)
- Análisis de Tensión en el Fondo BSA (*Bottom Stress Analysis*)
- Calibre de Terminado fuera de nivel y alabeo WOF (*Warp & Off-Level Finish*)
- Calibre Óptico de Inclinación OLG (*Optical Leaner Gauge*)
- Calibre Óptico de Espesor OTG (*Optical Thickness Gauge*)
- Detector Óptico de Hundido y Sopaldo OBS (*Optical Bulge and Sunk*)

A continuación se hará una breve descripción de cada uno de los sistemas

2.3.4.1. DCD (Detectores digitales de grietas)

Los detectores digitales de grietas (DCD) de la FPX2 son dispositivos de inspección que utilizan fuentes de luz dirigidas y lectores electro-ópticos para detectar grietas en diferentes superficies de envases. La presencia de una grieta hará que la luz se refleje en el amplificador del lector, en donde se convierte en una señal eléctrica de bajo nivel. Si esta señal excede el umbral establecido, se emitirá una señal de rechazo. La figura 2.3.4 muestra algunos ejemplos de incidencia de luz sobre grietas en diferentes partes del envase.



Figura 2.3.4: Incidencia de luz sobre grietas en envases de vidrio

Los detectores de grietas y las fuentes de luz se pueden instalar en las estaciones con cualquiera de las inspecciones disponibles instaladas en la estación. Los detectores digitales de grietas de la FPX2 están encadenados en una serie de detectores de grietas de base del cuello, detectores de grietas de fondo, detectores

de grietas verticales y detectores de grietas horizontales. La cadena se conecta a la IPU a través de un solo cable para suministro y comunicación. Ver Figura 2.3.4:

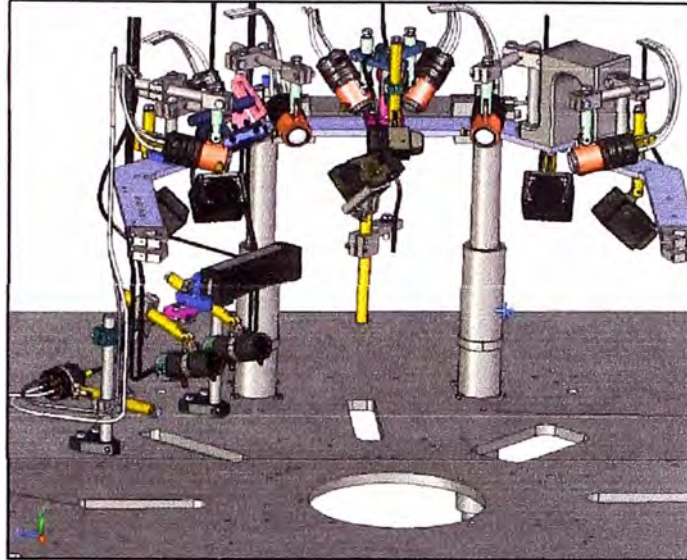


Figura 2.3.5: Juego de Detectores Digitales de Grietas

2.3.4.2. Dispositivo de identificación de cavidad (CID4)

El dispositivo de identificación de cavidad (CID4) detecta los siguientes códigos de punto en las bases de los envases cilíndricos: O-I estándar 8 puntos o 9 puntos, BSN y Saint-Gobain.

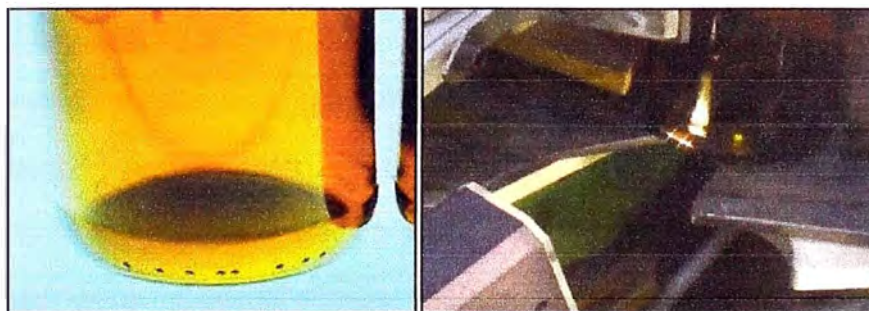


Figura 2.3.6: Código de 8 puntos O-I en el talón y su lectura en la FPX2

El CID4 utiliza un ensamblaje de cabezal montado por debajo de la placa secundaria que contiene una fuente de luz dirigida, componentes ópticos y un cabezal de cámara. La fuente de luz ilumina una pequeña región del talón del

envase desde una apertura en la mitad inferior del ensamblaje de cabezal. La apertura en la mitad superior del ensamblaje le permite a la cámara visualizar el centro de la región iluminada. El CID4 está montado en la estación N° 1 y se puede configurar como una inspección sensible a la oscuridad (campo brillante) o sensible a la luz (campo oscuro) según el ángulo de visión del ensamblaje de cabezal ver figura 2.3.7.



Figura 2.3.7: Configuración de Cabezal de lectura del CID4

En el modo de campo brillante, la superficie del envase se ilumina intensamente. Las áreas pendiente que rodean los puntos luminosos centrales de cada punto se podrán ver ya que aparecen oscuros contra el fondo luminoso. En el modo de campo oscuro, la reflexión de la superficie del envase se ve profundamente reducida en intensidad. Un área de cada punto se podrá ver como un punto luminoso (es decir, luz reflejada) contra el fondo más oscuro.

El software crea una imagen de campo oscuro o brillante del talón a medida que el envase gira y analiza estas áreas de oscuridad/luminosidad para detectar los puntos de código de cavidade interpretar el código, ver figura 2.3.8. Se puede utilizar en productos de boca ancha y cuello angosto.

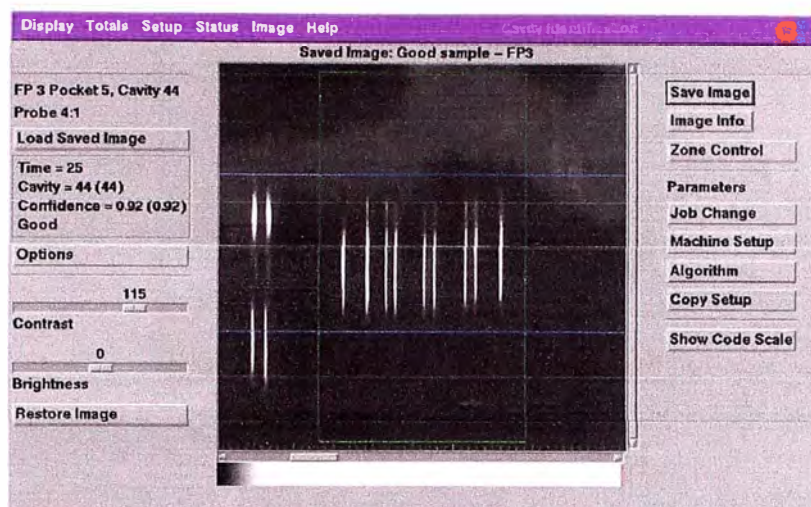


Figura 2.3.8: Captura de imagen por el CID4

2.3.4.3. FTA (Análisis del Terminado superior)

El FTA inspecciona el terminado superior (o superficie de sellado) de un envase mediante el empleo de numerosos métodos de inspección. El FTA utiliza un ensamblaje de cabezal montado en la parte de arriba de la placa superior que contiene (5) fuentes de luz LED infrarrojas, un láser, componentes ópticos y una cámara de área. La luz que suministran los LED es infrarroja, por lo que no será visible, ver figura 2.3.9 La cámara de área adquiere una secuencia de imágenes instantáneas completas de la superficie de sellado a medida que el envase gira. Los LED de la superficie de sellado (4 en total) iluminan una porción del terminado superior, de manera tal que las imágenes de campo luminosas de la superficie desellado y las áreas rebajadas puedan capturarse por medio de la cámara de área. Los defectos potenciales son detectables ya que aparecen más oscuros (por ejemplo, los terminados sin rellenar) o más brillantes (por ejemplo, burbujas) que la imagen que se muestra de la superficie de sellado. El LED ilumina una porción del terminado superior, de manera tal que las imágenes de campo luminosas de la superficie de sellado y las áreas rebajadas puedan capturarse por medio de la cámara de área.

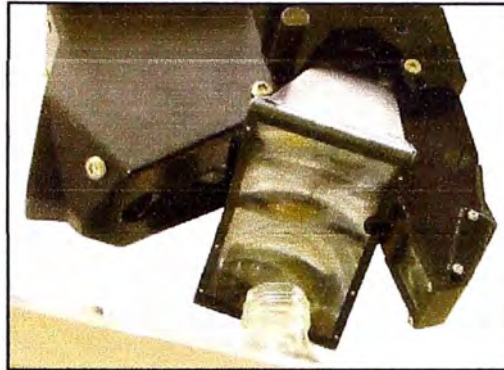


Figura 2.3.9: Cabezal de FTA sobre el terminado de un envase

La luz proyectada del LED se encuentra en un ángulo extremo. Si se encuentra un defecto con una calidad reflectiva (por ejemplo, craqueladura, terminado sucio), reflejará parte de esta luz en el área de la cámara. Los defectos potenciales son detectables porque aparecen luminosos contra el fondo oscuro. El software analiza estas áreas de luminosidad y efectúa una determinación de aprobados/rechazos según las configuraciones del parámetro de sensibilidad. El láser de filo proyecta una línea de luz sobre el terminado superior de manera tal que las imágenes de campo oscuro de las reflexiones del láser de la superficie de sellado y las áreas rebajadas puedan capturarse a través de la cámara de área, ver figura 2.3.10.

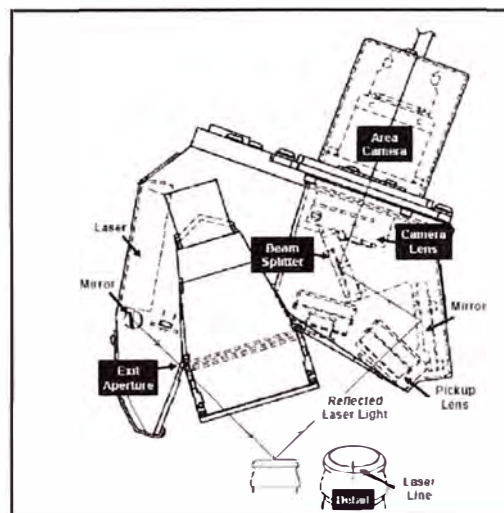


Figura 2.3.10: Recorrido de haz de laser FTA sobre el terminado.

El software analiza estas áreas de oscuridad/luminosidad y efectúa una determinación de aprobados/rechazos según las configuraciones del parámetro de sensibilidad. De manera simultánea el software analiza estas imágenes durante la rotación del envase para determinar la superficie de sellado y las alturas de las áreas rebajadas. Estos datos se utilizan para calcular los valores de desnivel, la altura por encima/por debajo del límite y la altura del filo, que luego se comparan con los umbrales de rechazo correspondientes para determinar el estado de rechazo, ver figura 2.3.11.



Figura 2.3.11: Captura de imagen del FTA.

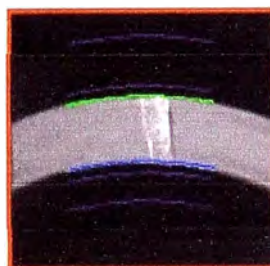


Figura 2.3.12: Vista ampliada de un segmento del terminado con defecto.

Se puede utilizar en productos de boca ancha y cuello angosto para detectar, ver figura 2.2.3

- Terminados sin rellenar.

- Terminados rolados.
- Terminados con hilos o marcas.
- Burbujas.
- Terminado con craqueladuras.
- Terminados sucios

2.3.4.4. SVC (Grieta vertical lateral de cuerpo)

La grieta vertical lateral de cuerpo (SVC) es una inspección adicional del sistema de procesamiento de imágenes (IPS). Está diseñada para detectar las grietas con orientación vertical en los laterales de los envases.

La SVC inspecciona los laterales de los envases en busca de grietas verticales, ver figura 2.3.14.



Figura 2.3.13 – Grieta vertical en el cuerpo de envase.

Esta inspección utiliza una fuente de luz dirigida montada en la placa superior o placa secundaria para iluminar una región estrecha y extensa en el lateral del envase. Si se encuentran grietas, reflejarán la luz en una cámara posicionada para visualizar el centro de la región iluminada desde un ensamblaje de montaje, ver figura 2.3.13. Los defectos potenciales son detectables porque aparecen luminosos contra el fondo oscuro.

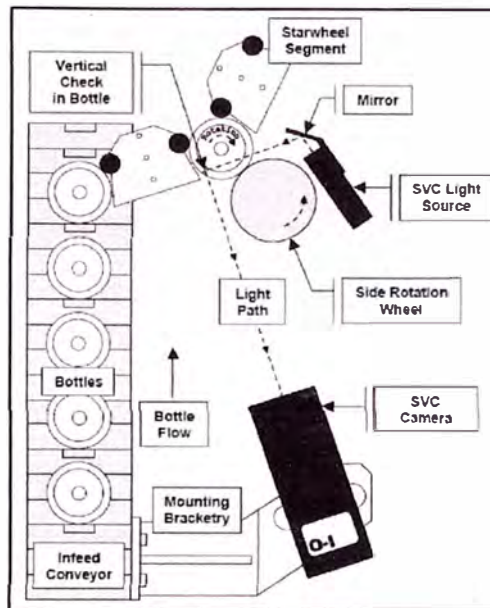


Figura 2.3.14: Recorrido de haz de Luz del SVC sobre el cuerpo.

El software construye una imagen de campo oscuro del lateral a medida que el envase gira y analiza estas áreas de luminosidad para efectuar una determinación de aprobados/rechazos según las configuraciones del parámetro de sensibilidad. Se puede utilizar en productos de boca ancha y cuello angosto.

2.3.4.5. Análisis Lateral de Cuerpo (SWA)

El SWA detecta variaciones opacas y de refracción en el cuerpo de los envases. Esta inspección utiliza una fuente de luz difusa montada dentro de la rueda de estrella para iluminar el lateral del envase. La cámara está posicionada en un ensamblaje de montaje para visualizar el centro de la región iluminada. Los defectos potenciales son detectables porque aparecen oscuros contra el fondo luminoso, ver figura 2.3.15.

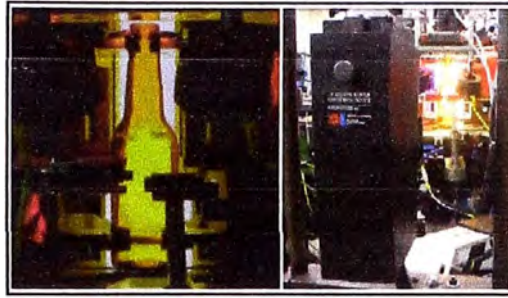


Figura 2.3.15: Montaje de cámara SWA

El software construye una imagen de campobrillante del lateral a medida que el envase gira y analiza estas áreas de oscuridad para efectuar una determinación de aprobados/rechazos según las configuraciones del parámetro de sensibilidad.

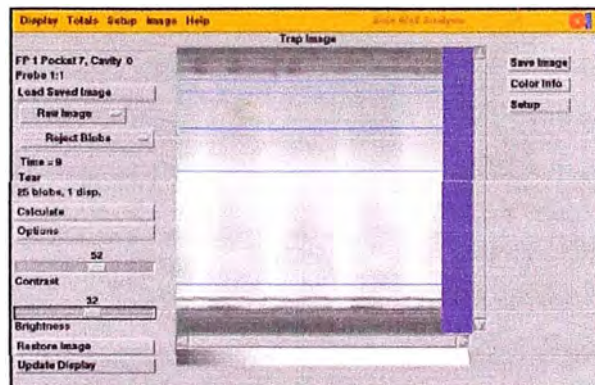


Figura 2.3.16: Captura de imagen del SWA.

Se puede utilizar en productos de boca ancha y cuello angosto para detectar:

- Piedras.
- Rasgaduras en tiras.
- Burbujas.
- Vidrio pegado o suelto.

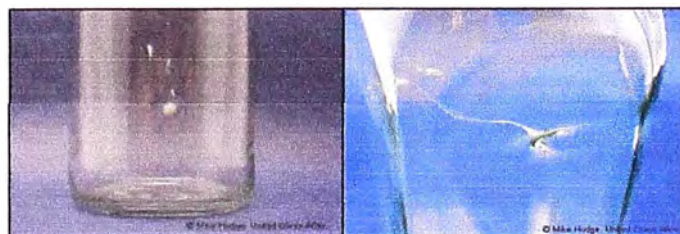


Figura 2.3.17: Defectos en el cuerpo

2.3.4.6. Detector de tensión lateral (SSD)

El detector de tensión lateral detecta áreas de tensión en el cuerpo de los envases causadas por variaciones tales como pequeñas piedras y nudos viscosos. El SSD complementa a la inspección SWA al detectar áreas de tensión. El SSD utiliza la misma fuente de luz que el SWA. Si no se encuentran áreas de tensión en el envase, los filtros de polarización impedirán que las ondas de luz ingresen a la cámara del SSD, lo cual generará una imagen oscura, ver figura 2.3.18.

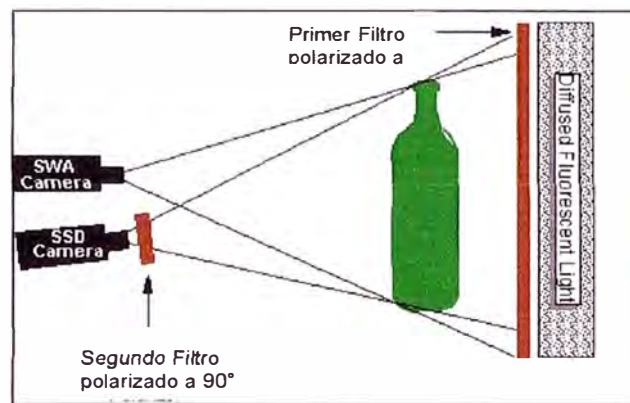


Figura 2.3.18: Configuración de cámara SSD.

Si se encuentran áreas de tensión, las ondas de luz resultantes podrán atravesar los filtros de polarización hacia la cámara. Las áreas en tensión son detectables porque aparecen luminosas contra el fondo oscuro. El software construye una imagen de campo oscuro del lateral a medida que el envase gira y analiza estas áreas de luminosidad para efectuar una determinación de aprobados/rechazos según las configuraciones del parámetro de sensibilidad.

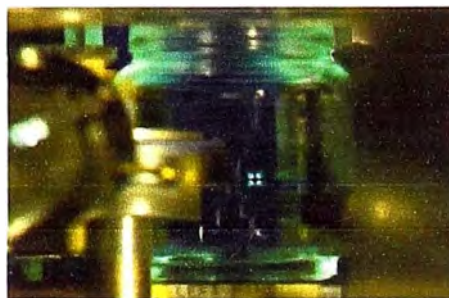


Figura 2.3.19: Piedra que genera luminosidad a través de los polarizadores

2.3.4.7. Análisis del fondo y talón (BHA)

El análisis del fondo y del talón detecta variaciones opacas y de refracción en el fondo y en el talón de los envases. Esta inspección utiliza una fuente de luz difusa montada por debajo de la placa secundaria de la estación N° 2 para iluminar el fondo y el talón del envase. La cámara está ubicada en la placa superior para visualizar el centro de la región iluminada a través de la apertura en el terminado del envase. Los defectos potenciales son detectables porque aparecen oscuros contra el fondo luminoso.

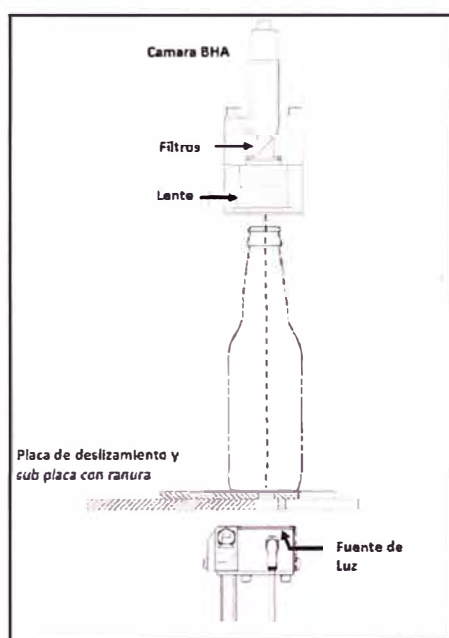


Figura 2.3.20: Montaje de partes del BHA

El software construye una imagen de campo brillante del fondo y del talón a medida que el envase gira y analiza estas áreas de oscuridad para efectuar una determinación de aprobados/rechazos según las configuraciones del parámetro de sensibilidad, ver figura 2.3.21.

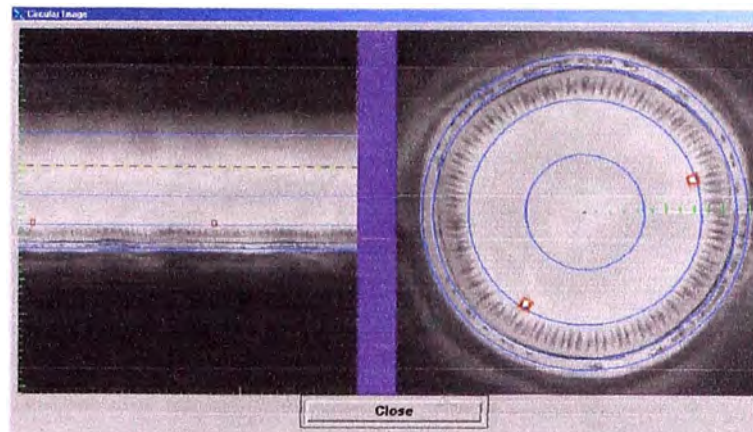


Figura 2.3.21: Captura de imagen del BHA

El BHA se puede utilizar en productos de boca ancha y cuello angosto para detectar:

- Piedras.
- Rasgaduras en tiras.
- Burbujas.
- Vidrio pegado o suelto.

2.3.4.8. TerminadoFuera de Nivel y Alabeo (WOF)

La inspección de terminado fuera de nivel y alabeo busca que no haya variaciones de altura en las superficies de sellado de los envases. La inspección WOF utiliza (4) sondas montadas en la parte de arriba de la placa superior para dirigir líneas de luz láser hacia la superficie desellado en puntos a una distancia de 90 grados, ver figura 2.3.23. La luz reflejada desde los puntos de impacto de la superficie de sellado se convierte en imagen en el cabezal de la cámara de cada una de las sondas correspondientes.

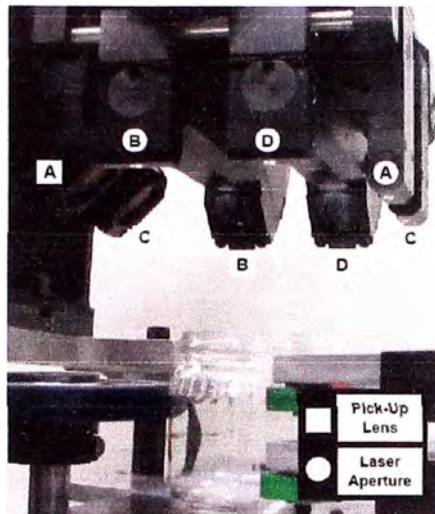


Figura 2.3.22: Montaje de cabezal WOF.

El software analiza las señales de retorno durante la rotación del envase para calcular los valores de alabeo/inclinación, desnivel y de altura por encima/por debajo del límite, que luego se comparan con los umbrales de rechazo correspondientes para determinar el estado de rechazo. WOF es un reemplazo de IPS del detector dual de alabeo e inclinación y de la función de alabeo de aire del calibre cilíndrico y de alabeo de aire.

Se puede utilizar en productos de boca ancha y cuello angosto para detectar:

- Terminados deformados, derecha de la figura 2.3.24
- Terminados sin rellenar (o inclinados).
- Terminados desnivelados (o desalineados) izquierda de la figura 2.3.24
- Altura por encima/por debajo del límite.



Figura 2.3.23: Defectos en el terminado detectados por el WOF

2.3.4.9. Calibre Óptico de Inclinación (OLG)

El OLG inspecciona condiciones de inclinación cuando el perfil vertical de un envase parado no está perpendicular al fondo del envase. El OLG utiliza (2) sondas montadas por debajo de la placa secundaria para dirigir líneas de luz láser hacia la superficie de rodamiento en puntos a una distancia de 180 grados. La luz reflejada desde los puntos de impacto de la superficie de rodamiento se convierte en imagen en el cabezal de la cámara de cada una de las sondas correspondientes.

El software analiza las señales de retorno durante la rotación del envase para calcular el grado de inclinación del fondo, mediante el cual se puede determinar la cantidad de inclinación presente en la parte superior del envase. Este valor se compara con el umbral de rechazo para determinar el estado de rechazo.

Se utiliza en productos de cuello angosto para detectar:

- Botellas inclinadas
- Fondo desparejo (balanceado)



Figura 2.3.24: Montaje de cabezal OLG.

2.3.4.10. Calibre óptico de espesor (OTG)

El calibre óptico de espesor verifica el espesor en los laterales, el hombro, el cuello y el fondo del envase y busca excentricidades en los laterales. El OTG utiliza una sonda montada en la placa superior o placa secundaria para dirigir una línea de luz láser hacia el envase y convertir en imagen la luz reflejada de las superficies de vidrio internas y externas en el cabezal de la cámara, ver figura 2.3.26.

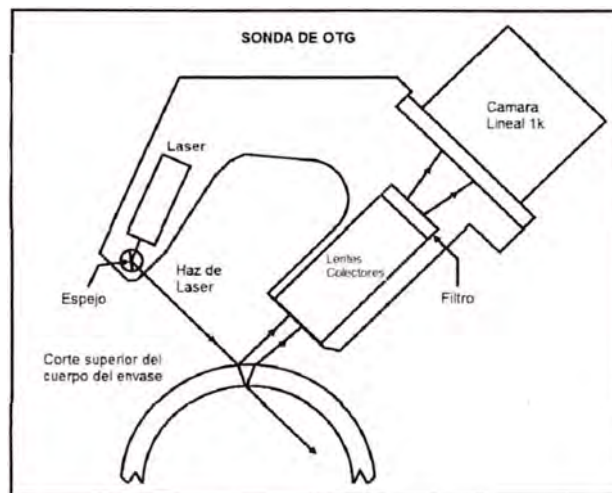


Figura 2.3.25: Recorrido de haz de laser OTG sobre el cuerpo.

El software analiza las señales de retorno durante la rotación del envase para calcular los valores de espesor mínimo y de excentricidad, que luego se comparan con los umbrales de rechazo correspondientes para determinar el estado de rechazo.

Se puede utilizar en envases de boca anchay cuello angosto para detectar:

- Vidrio delgado
- Distribución despareja de vidrio
- Soplados
- Cuerpo ovalado



Figura 2.3.26: Montaje de sondas de OTG en 3 puntos del cuerpo.

2.3.4.11. Calibre Cilíndrico Óptico (OPG)

El calibre cilíndrico óptico (OPG) es un reemplazo del calibre cilíndrico mecánico. El OPG busca restricciones que limitan el tamaño del diámetro interno del terminado que aparece ante el OPG como áreas oscuras en el diámetro de inspección. El OPG se puede instalar en la estación 5 de cualquier máquina FP, FPX o FPX2 o en la estación 4 de las máquinas FPX2 instaladas en la estación 5 para los envases no redondos. El OPG ofrece las ventajas de ser un dispositivo sin contacto que es mucho más fácil de configurar y mantener. Las máquinas FPX2 están construidas para aceptar un OPG. El OPG funciona al proyectar luz de una fuente de luz LED segmentada a través del diámetro de un envase, a través de un filtro segmentado y luego hacia la cámara GigE Vision.

La fuente de luz LED selecciona un impulso para crear la intensidad de luz necesaria para capturar una imagen de acción detenida de calidad de un envase que está rotando, ver figura 2.3.28.

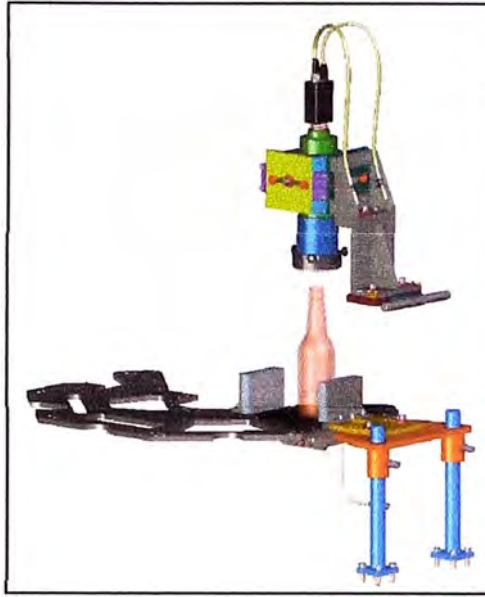


Figura 2.3.27: Montaje de Cabezal de OPG

2.4. CONFIGURACION DE LAS LINEAS INSPECCIÓN AUTOMÁTICA

Al ser las máquinas de inspección O-I de menor velocidad que la máquina de formación de botellas, se colocan más de 2 máquinas de inspección sobre una misma línea de producción. La configuración estándar es la configuración de 3 niveles (Tri-level Layout).

2.4.1. Configuración 3 niveles (Tri-Level)

Luego que los envases pasan por el tratamiento superficial en frío a la salida del archa, estos llegan a un arreglo lineal de transportadores de descarga que llevan en masa a los envases hacia una mesa transportadora (Serving Table), dichos transportadores están ubicados en el nivel 1 (86 cm. [34"] - 91 cm. [36"]), donde los envases son distribuidos a transportadores dispuestos en forma de lazos, llamado lazo de inspección (Inspection Loop), cada lazo es montado uno al lado de otro y las máquinas de inspección son montados a los extremos de cada lazo, ver

figura 2.4.1. Los envases ingresan a cada lazo por rebose y guiados a través de rieles montados sobre la mesa de transporte. Una vez que ingresan los envases al transportador de entrada del lazo estos son alineados y continúan su recorrido subiendo por el transportador que tiene una ligera pendiente pasando antes por la máquina de inspección destructiva ICK, el cual ejerce presión en el cuerpo de la botella simulando una presión radial sobre el cuerpo; las botellas que no cumplen con las especificaciones de presión son quebradas. Los envases que cumplen con las especificaciones de presión continúan su recorrido hacia la máquina de inspección ubicado en el nivel 2 (110 cm. [43"] a 117 cm [46"]), comenzando la inspección del envase, los envases con defectos son rechazados y echados a los transportadores de casco de vidrio ubicado debajo de los transportadores de entrada. Los envases que no presentan defectos continúan el flujo subiendo por el transportador de salida de cada lazo hasta llegar a una mesa transportadora colectora ubicada en el nivel 3 (136 cm. [53.5"] a 142 cm [56"]), de altura colectora de envases donde se vuelven a juntar para continuar su recorrido a las líneas de empaque, ver figura 2.4.1

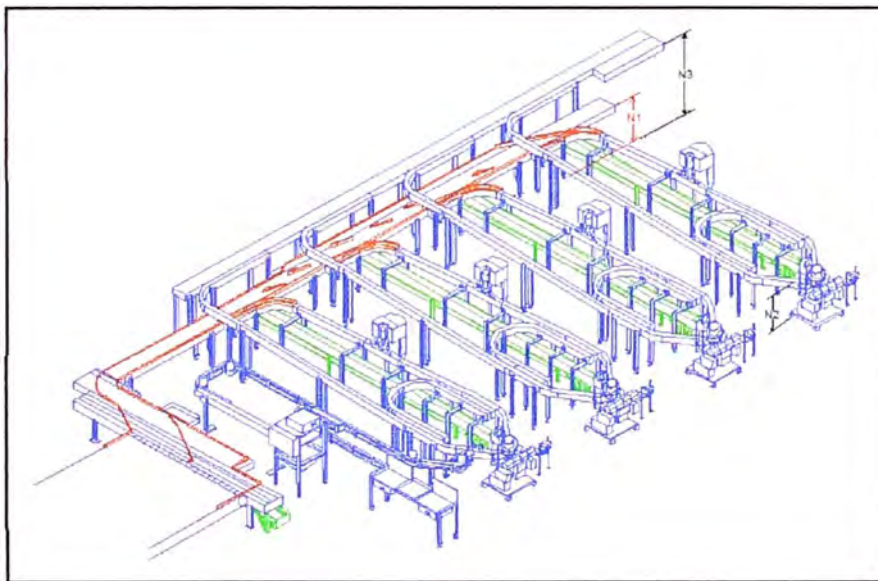


Figura 2.4.1: Vista isométrica de una configuración Tri-Level

2.4.2. Numero de Maquinas de Inspección en una línea de Producción

El número de máquinas de inspección (NMI) va depender de la velocidad de la línea de producción promedio (VPP) y la velocidad máxima de cada máquina de inspección (VMImax).

$$NMI = \frac{VPP + 10\% + VPP}{VMImax} + 1 \dots (1)$$

Nótese que en la ecuación (1) se le suma una máquina de inspección debido que en condiciones de operación normal de producción las máquinas de inspección se para aproximadamente 1 hora al día para el paso muestras de envases con defectos y poder verificar las calibraciones de los equipos de inspección. De esta forma las paradas de operación no impactan en el flujo continuo de envases, además la máquina adicional se tiene como respaldo para realizar trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo.

En el caso de una línea de producción promedio a 440 BPM reemplazamos los valores en la ecuación 1 según:

Con máquinas FP donde VMImax = 120 BPM, el NMI = 5.02, redondeando el valor se tiene 5, con lo que se instalarían 5 lazos.

Con máquinas FPX donde VMImax = 150 BPM, el NMI = 4.22 con lo que se tendría 4 lazos de inspección.

Con máquinas FPX2 donde VMImax = 220 BPM, el NMI = 3.2 con lo que se tendría 3 lazos de inspección.

2.4.3. Configuración Estándar de Lazo de Inspección con FPX2

Los nuevos lazos de inspección donde son montados la FPX2 cuenta con nuevos dispositivos en lazo para un mejor manejo de los envases durante su transporte y garantizar la entrega sostenida de envases para su inspección.

La figura 2.4.2 muestra los dispositivos adicionales alrededor del lazo de inspección que incluye la máquina de inspección en el extremo:

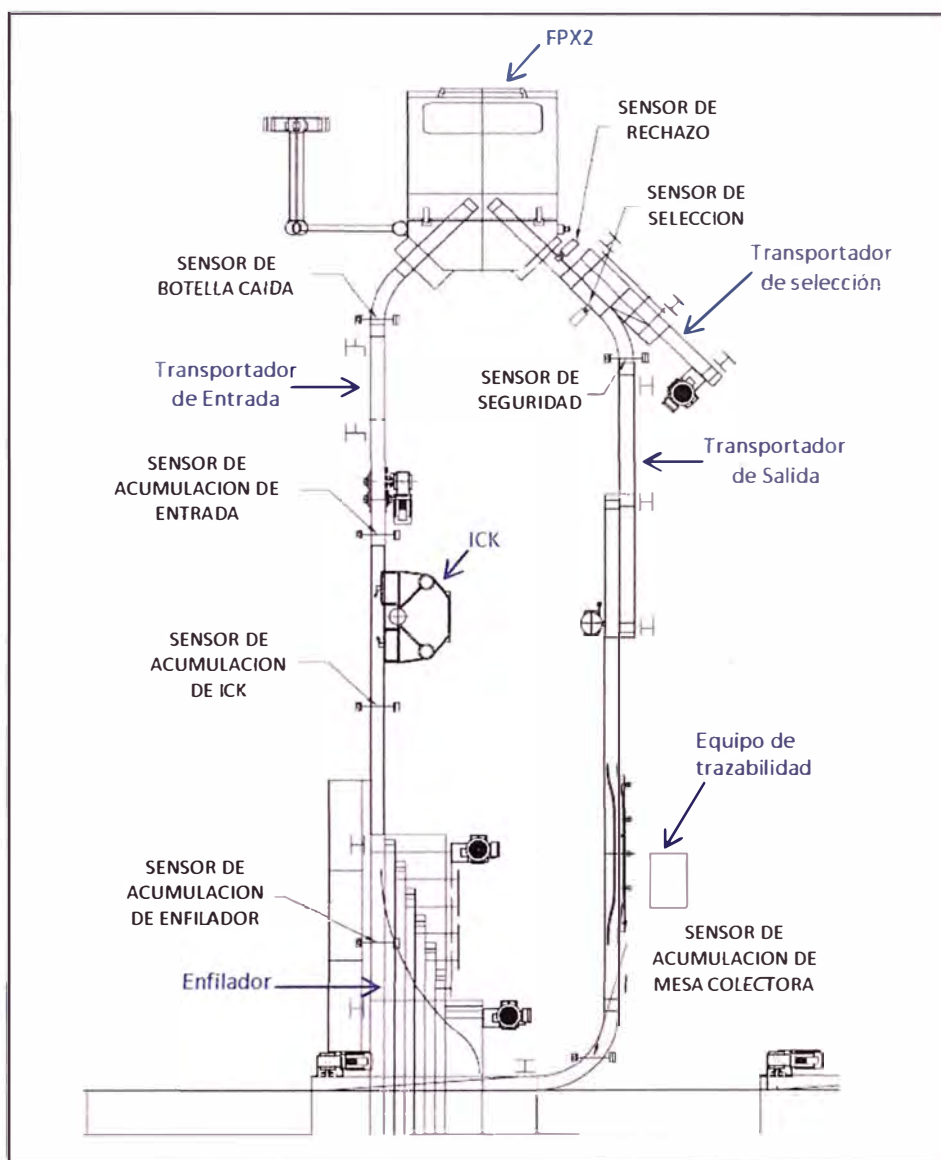


Figura 2.4.2 – Equipos de una lazo de inspección con FPX2

CAPÍTULO III

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

3.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Las primeras 4 máquinas de inspección FPX2 fueron fabricados e instalados el año 2011, para una línea de producción de envases de vidrio de la planta de O-I en Leerdam – Alemania. Operando a velocidades promedio de 130 BPM y con un plan de mantenimiento recomendado por los diseñadores y fabricantes del área de Tecnologías de Inspección de O-I, que consistían en actividades elementales, gran parte basado en las versiones de las máquinas anteriores: FP y FPX, que funcionan a velocidades promedio de 120 BPM. Por lo que las máquinas FPX2 a las velocidades de 130 BPM, no presentaron problemas de operación que pudiesen haber impactado en la producción de la línea.

El año 2012, se instalaron 3 nuevas líneas de producción en la planta de O-I Rio de Janeiro - Brasil, en cada línea se instalaron 3 máquinas FPX2 diseñados para operar a las velocidades en el rango de 180 BPM a 220 BPM, de acuerdo a la ecuación (1) indicado en la sección 2.4.2. Al operar a estas velocidades originaron desgastes prematuros en partes y piezas mecánicas, causando grandes tiempos de

paradas. La parada de una FPX2 de una línea de 3 FPX2 representa el 33% de botellas que dejan de pasar por el flujo total de inspección en comparación a una línea con 5 máquinas modelo FP, donde la parada de una máquina representa el 20% de botellas que dejan de pasar por el flujo total de inspección. Lo que generó gran acumulación en las líneas de transporte impactando considerablemente en la producción y calidad de inspección.

Lo que exigió replantear el plan de mantenimiento propuesto por el fabricante, con la finalidad de optimizar la disponibilidad de la máquina en beneficio de la línea de producción.

3.2. DETERMINACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE TRABAJO

Considerando que es posible realizar lo siguiente:

- 1°. Conocer el funcionamiento de la máquina de Inspección de envases de vidrio FPX2 e identificar los parámetros de calibración y ajuste requeridos para la inspección y manejo de los envases.
- 2°. Registrar los tiempos de parada de acuerdo al tipo de falla que presenta la FPX2.
- 3°. Registrar las causas que originan las paradas en las FPX2.
- 4°. Estimar los costos y el tiempo del mantenimiento

Se plantea la siguiente hipótesis:

Elaborar un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de inspección automática de rotación discreta para envases de vidrio, modelo FPX2, orientado a optimizar la disponibilidad de la máquina para la producción, dentro de los límites de seguridad.

CAPÍTULO IV

FUNDAMENTO TEÓRICO

4.1. FUNCION DE MANTENIMIENTO

En toda instalación, equipo y maquinaria sufre deterioro por su uso normal, operación inadecuada, defectos en su montaje, especificaciones técnicas mal concebidas e inclusive su no utilización.

Este proceso obliga a tomar acciones encaminadas a restablecer las condiciones normales de funcionamiento. Teniendo en cuenta que las empresas deben cumplir con la función social de aportar bienestar a la comunidad, la gestión del mantenimiento es un instrumento que permite conjugar los anteriores conceptos, mediante la aplicación de técnicas de ingeniería y estrategias que otorgan un margen de contribución a las utilidades de cada empresa.

4.2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO

Desde el inicio de la vida humana las herramientas y máquinas fabricadas por el hombre se han perfeccionado a través del tiempo, debido a que éstas le permiten satisfacer sus necesidades físicas, sociales y culturales. Durante la Primera Revolución Industrial, se consideró que para fabricar un producto cualquiera, era

necesario emplear 90% de mano de obra y el resto lo proporcionaban las máquinas. Conforme el tiempo pasó y a través de los esfuerzos por mejorar su función haciendo las máquinas más rápidas y precisas, en la actualidad se consigue obtener un producto o servicio con máquinas que se encargan de elaborar más de 90% de éste, lo cual ha sido posible por la dedicación que la humanidad le ha puesto al desarrollo de las labores de cuidado a sus recursos físicos, materia a la que desde sus inicios se llamó mantenimiento.

Desde 1950 (Tercera Revolución Industrial) la máquina sólo constituye el medio para obtener un fin, que es el satisfactorio (producto más servicio), el cual es su razón de ser, por lo cual debemos considerar que una instalación industrial está constituida por el sistema equipo/satisfactorio.

Cronología del mantenimiento

- 1780 Mantenimiento Correctivo (CM)
- 1798 Uso de partes intercambiables en las máquinas
- 1903 Producción Industrial Masiva
- 1910 Formación de cuadrillas de Mantenimiento Correctivo
- 1914 Mantenimiento Preventivo (MP)
- 1916 Inicio del Proceso Administrativo
- 1927 Uso de la estadística en producción
- 1931 Control Económico de la Calidad del producto Manufacturado
- 1937 Conocimiento del Principio de W. Pareto
- 1939 Se controlan los trabajos de Mantenimiento Preventivo con estadística.
- 1946 Se mejora el Control Estadístico de Calidad (SQC)
- 1950 En Japón se establece el Control Estadístico de Calidad

- 1950 En Estados Unidos de América se desarrolla el Mantenimiento Productivo (PM)
- 1951 Se da a conocer el “Análisis de Weibull”
- 1960 Se desarrolla el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (M.C.C.) o RCM por sus siglas en Inglés
- 1961 Se inicia el Poka-Yoke
- 1962 Se desarrollan los Círculos de Calidad (QC)
- 1965 Se desarrolla el análisis- Causa- Raíz (RCA)
- 1968 Se presenta la Guía MSG-1 conocida como el RCM mejorado.
- 1970 Difusión del uso de la computadora para la administración de Activos (CMMS)
- 1971 Se desarrolla el Mantenimiento Productivo Total (TPM)
- 1978 Se presenta la Guía MSG-3 para mejorar el mantenimiento en naves aéreas.
- 1980 Se desarrolla la Optimización del Mantenimiento Planificado (PMO)
- 1980 Se aplica el RCM-2 en toda clase de industrias.
- 1995 Se desarrolla el proceso de los 5 Pilars of the Visual Workplace (5S's)
- 2005 Se estudia la filosofía de la Conservación Industrial (IC)

4.3. GESTION DEL MANTENIMIENTO

De acuerdo a los conceptos de Gestión, el mantenimiento está dirigida no solo a la máquina sino a toda la institución, entendida como el conjunto integral de la organización, administración e infraestructura, enfocando la calidad con que presta

su servicio y evaluando el cumplimiento de su objetivo de mantener los sistemas productivos no sólo con EFICACIA (lograr la meta) sino también con EFICIENCIA (utilizando óptimamente los recursos asignados).

La Gestión de Mantenimiento, puede fijarse metas de ahorro, contribuir a la productividad de la empresa, pero para lograr esto es necesario realizar un Plan Estratégico del área de Mantenimiento, teniendo como base 3 pilares fundamentales: Administración, Equipamiento y Recursos Humanos que interactúan entre sí llamado Trilogía del Mantenimiento como se muestra en la figura 4.1.1.

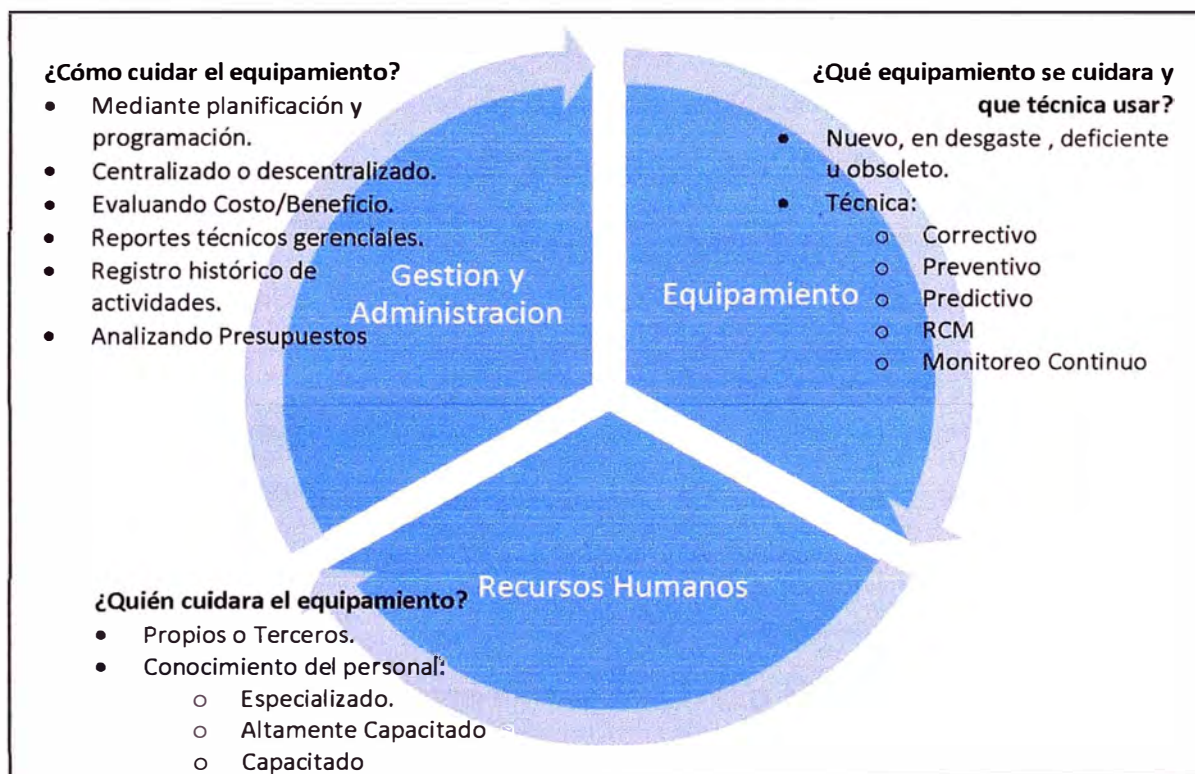


Figura 4.1.1 – Trilogía del Mantenimiento

4.3.1. Productividad y Competitividad

La gestión del mantenimiento está sustituyendo viejos valores por paradigmas de excelencia de mayor nivel, tales como:

- La práctica de la ingeniería de confiabilidad, cumplir con la actividad para la cual fue diseñado el equipo.
- La gestión de activos, evaluación de adquisición de recambios de equipos.
- La medición de indicadores de mantenimiento, evaluación del comportamiento operacional de las instalaciones.
- La gestión de la Disponibilidad del equipo durante periodo requerido.
- La reducción de costos de mantenimiento

4.3.2. Indicadores del Mantenimiento

El inicio de todo procesos de mejora y/o verificación exige como primera etapa definir los objetivos a alcanzar y los medios para ello. Una vez iniciado el proceso es necesario monitorearlo, esto es a través de observación y comparación a lo largo del tiempo de los parámetros que definan el grado de calidad de desempeño.

Los indicadores de mantenimiento permiten evaluar el comportamiento operacional de las instalaciones y equipos, de esta manera será posible implementar un plan de mantenimiento orientado a perfeccionar la labor de mantenimiento.

Existen muchos índices para monitorear el desempeño de las actividades de mantenimiento, a continuación se menciona los indicadores más importantes:

4.3.2.1. Fiabilidad

Es la probabilidad de que un componente de una máquina o producto funcione adecuadamente durante un período de tiempo dado. Ver figura

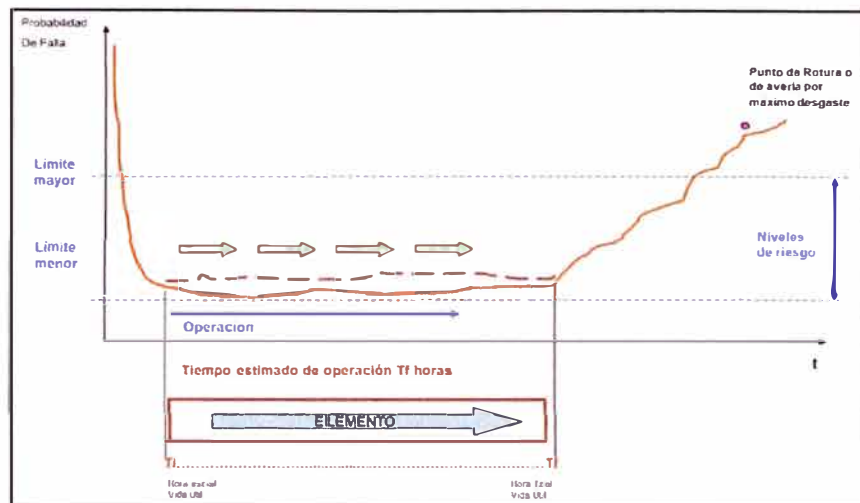


Figura 4.3.1: Curva de la bañera

4.3.2.2. Capacidad Operativa

Es la probabilidad de proveer condiciones operativas a un equipo un determinado tiempo sin interrupciones.

Se tiene como indicador el Tiempo Promedio para Fallar o MTTF por sus siglas en ingles (Mean Time To Fall) el cual es tiempo promedio que es capaz de operar el equipo a Capacidad sin interrupciones dentro del periodo considerado Constituye un indicador indirecto de la Confiabilidad del equipo o sistema. Ver figura 4.3.2.

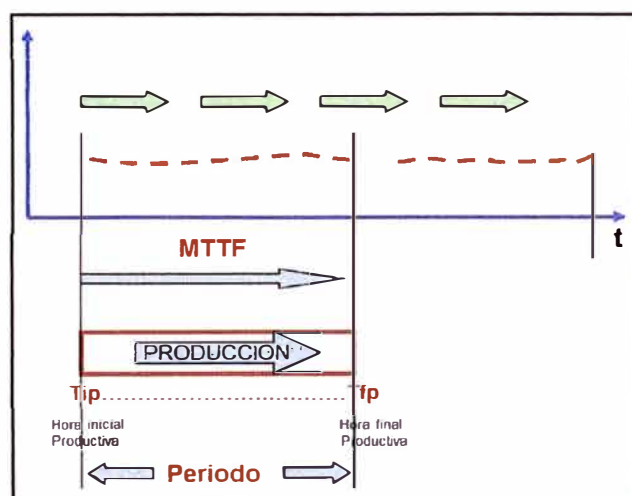


Figura 4.3.2: Rangos de capacidad operativa

De donde:

$$MTTF = T_{fp} - T_{ip} \quad \dots(2)$$

4.3.2.3. Mantenibilidad

Es la probabilidad de devolver el equipo a condiciones operativas en un cierto tiempo utilizando procedimientos prescritos. Este indicador mide la efectividad en restituir la unidad a condiciones óptimas de operación una vez que la unidad se encuentra fuera de servicio por un fallo, dentro de un período de tiempo determinado. Llamado también Tiempo Promedio para Reparar o MTTR por sus siglas en inglés (Mean Time To Repair)

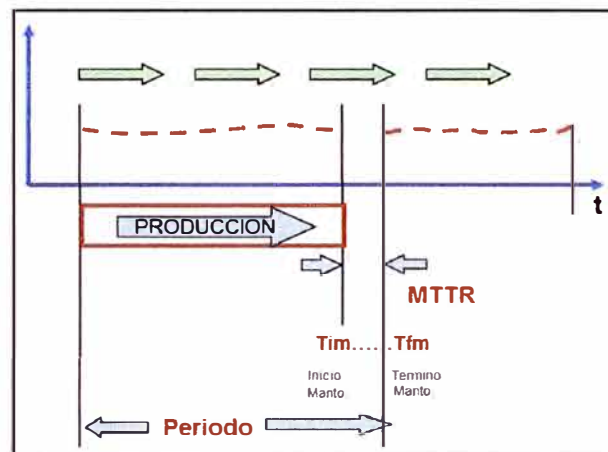


Figura 4.3.3 – Rangos de Mantenibilidad

De donde:

$$MTTR = T_{im} - T_{fm} \quad \dots(3)$$

4.3.2.4. Disponibilidad

Función que permite estimar en forma global el porcentaje de tiempo total en que se puede esperar que un equipo esté disponible para cumplir la función para la cual fue destinado.

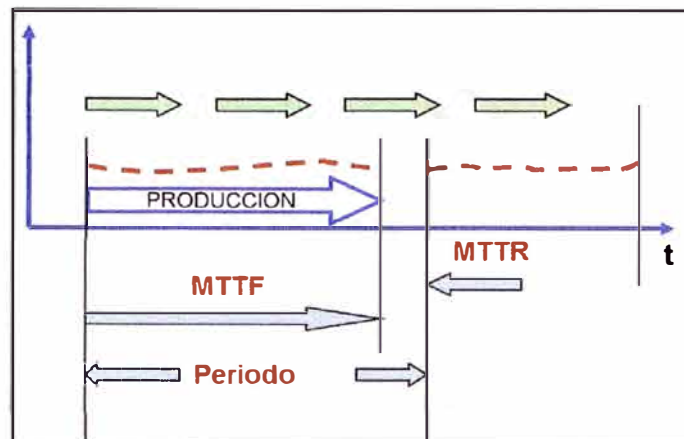


Figura 4.3.4 – Rangos de Disponibilidad

$$Disponibilidad = \frac{MTTF}{MTTF+MTTR} * 100... (4)$$

4.3.2.5. Confiabilidad Operacional

Es un aspecto directamente afectado por la Eficacia del Mantenimiento. Por lo tanto debe ser capaz de asegurar la máxima DISPONIBILIDAD para la operación o producción, mediante una menor Tasa de Intervenciones posibles en el proceso operativo / productivo.

Para minimizar el tiempo y costo de estas intervenciones, es necesario que ellas sean antes que nada, en tanto sea posible, planificadas.

❖ *Intervenciones Correctivas*

Donde:

HO = Horas de operación Productiva

HC = Horas de parada por intervenciones Correctivas

HP = Horas de intervenciones Preventivas (planificadas)

Índice de Interferencia Correctiva: IMC

$$IMC = \frac{HC}{HO+HC+HP} * 100 \quad ... (5)$$

Intervenciones Preventivas

Índice de de interferencia Preventiva (Planificadas): IMP

$$IMP = \frac{HP}{HO+HC+HP} * 100 \dots (6)$$

❖ *Índice de Confiabilidad Operacional : ICO*

$$ICO = \frac{HO}{HO+HC+HP} * 100 \quad \dots (7)$$

4.3.2.6. Costo de Mantenimiento: ICM

CM = Costo de Mantenimiento en el Período de análisis*

CR = Costo de reposición del equipamiento, del Sistemas, de la instalación o la Planta que se está analizando.

$$ICM = \frac{CM}{CR} * 100 \quad \dots (8)$$

4.3.2.7. Capacidad Productiva: ICP

Aspecto que debe ser considerado con mucha precisión, debido a que si un equipamiento NO desempeña su plena capacidad, esto puede generar en problemas mucho mayores que pérdidas de producción.

En el campo medio ambiental hay muchos problemas que resolver.

Este índice se expresa en la siguiente forma :

CPR = Capacidad Productiva efectuada en el Período de análisis

CPN = Capacidad Productiva nominal en el periodo del análisis

ICP = Índice de Capacidad Productiva

$$ICP = \frac{CPR}{CPN} * 100 \quad \dots (9)$$

*Costo de Mantenimiento Correctivo + Preventivo + Costo de indisponibilidad productiva por mantenimiento.

4.3.3. Selección de Equipos

Se considera a los equipos más críticos del proceso y que presenten más fallas, los cuales al parar pueden impactar considerablemente gran parte el proceso. También se debe considerar una implementación realista por parte del área de mantenimiento.

La selección será clasificado por:

4.3.3.1. Nivel de antigüedad en función de su vida útil.

A: Nuevos: representa hasta 5% de su VU o 6 meses (de 1500 hs a 5000 hs.)

B: En desgaste: a partir del 5% al 85% de VU o 5 años (de 15 000 hs a 40 000 hs.)

C: Obsoletos: superior al 85% de su VU o 20 años (de 60 000 hs a 150 000 hs.)

4.3.3.2. Nivel de Criticidad en función de la productividad

Para implementar un mantenimiento preventivo a algún equipo, este se deberá ser clasificado según el nivel de criticidad (ver tabla 4.1), esto quiere decir que el equipo será identificado y se determinara en qué grado afectaría a la producción la avería del mismo

Clase	Tipo	Descripción
1	Esencial	Maquinas o equipos que deben estar funcionando y en linea para continuar todos los procesos. La perdida de la maquinaria afectaria considerablemente la productividad y las ganancias. En esta clase se incluyen las maquinas con altos costos de reparacion o que requieren de mucho tiempo para obtener piezas de repuesto Son los que su posible averia pueden generar altos riesgos en la seguridad del personal o Las instalaciones
2	Critico	Maquinaria o equipo , que limitaria la produccion de una linea importante , asi como también equipos con altos costos iniciales o de repuesto y tambien con problemas crónicos de mantenimiento.
3	Importante	Maquinaria o equipo que no son criticos para la produccion de la planta, pero que requieren vigilancia para asegurar un rendimiento aceptable a la misma.
4	Uso general	Maquinaria o equipo de alta velocidad o de mucha carga proclive a sufrir fallas prematuras como resultado de su exigente modo de funcionamiento pero que no se considera critica para el funcionamiento del proceso productivo.
5	Auxillares	Maquinarias o equipos complementarios a la produccion o que actuan como equipos en Stand by , apoyando equipos principales.

Tabla 4.1: Clasificación de equipos Críticos

Para una evaluación más confiable de la criticidad se utilizara la hoja llamada TABLA DE PRIORIDADES PARA EVALUAR LOS EQUIPO (ver tabla 4.2) que involucra algunos parámetros de gran importancia en el ámbito técnico, económico y logístico.

ITEM	VARIABLES	CONCEPTO	PONDERACION	OBSERVACIONES
1	EFFECTO SOBRE EL SERVICIO A OPERACIONES			
		Para	4	
		Reduce	2	
		No Para	0	
2	VALOR TECNICO ECONOMICO			
	Considerar el costo de Adquisición, Operación y Mantenimiento	Alto	3	Mas de US\$ 5 000
		Medio	2	
		Bajo	1	Menos de US\$ 1 000
3	LA FALLA AFECTA			
	a. Al equipo en Sí	Si	1	¿Deteriora otros componentes?
		No	0	
	b. Al servicio Si	Si	1	¿Origina Problemas a la calidad de inspeccion?
		No	0	
	c. A la Seguridad en General	Riesgo	1	¿Posibilidad de accidente a otras personas u otros equipos cercanos?
		Sin Riesgo	0	
4	PROBABILIDAD DE FALLA (CONFIABILIDAD)			
		Alta	2	¿Se puede asegurar que el equipo va a trabajar correctamente cuando se le necesite?
		Media	1	
		Baja	0	
5	FLEXIBILIDAD DEL EQUIPO EN EL SISTEMA			
		Unico	2	No existe otro igual o similar
		By Pass	1	El sistema puede seguir funcionando
		Stand By	0	Existe otro igual o similar no instalado
6	DEPENDENCIA LOGISTICA			
		Extranjero	2	Repuesto se tienen que importar fuera de la Region
		Regional	1	Repuestos se compran regionalmente
		Local	0	Repuestos se compran localmente
7	DEPENDENCIA DE LA MANO DE OBRA			
		Extranjero	2	El mantenimiento requiere personal especializado fuera de la region
		Regional	1	El mantenimiento requiere personal especializado dentro de la region
		Local	0	El mantenimiento se realiza con personal propio
8	FACILIDAD DE REPARACION (MANTENIBILIDAD)			
		Baja	1	Mantenimiento Dificil
		Alta	0	Mantenimiento Facil
ESCALA DE REFERENCIA				
A	CRITICA	18 a 20		
B	IMPORTANTE	13 a 17		
C	REGULAR	08 a 12		
D	OPCIONAL	00 a 07		

Tabla 4.2: Prioridades para evaluar los equipos

En el presente informe se aplicara un modelo de evaluación de la criticidad de 4 niveles según nuestra tabla 4.2, sin considerar la clase 1 o ESENCIAL ya que ello sería tratado con otras técnicas superiores de mantenimiento que no están en el marco de este informe.

4.4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Actividad que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial, dada la simplicidad de las máquinas, equipamientos e instalaciones de la época. El mantenimiento era sinónimo de reparar aquello que estaba averiado.

Este mantenimiento que se realiza luego que ocurra una falla o avería en el equipo que por su naturaleza no pueden planificarse en el tiempo, presenta costos por reparación y repuestos no presupuestadas, pues implica el cambio de algunas piezas del equipo.

4.5. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

En las operaciones de mantenimiento, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

El primer objetivo del mantenimiento es evitar o mitigar las consecuencias de los fallos del equipo, logrando prevenir las incidencias antes de que estas ocurran.

Las tareas de mantenimiento preventivo incluyen acciones como cambio de piezas desgastadas, cambios de aceites y lubricantes, etc. El mantenimiento preventivo debe evitar los fallos en el equipo antes de que estos ocurran.

Algunos de los métodos más habituales para determinar que procesos de mantenimiento preventivo deben llevarse a cabo son las recomendaciones de los fabricantes, la legislación vigente, las recomendaciones de expertos y las acciones llevadas a cabo sobre activos similares.

4.5.1. Ventajas de un Programa de Mantenimiento Preventivo

- i. Con el tiempo se disminuyen los paros imprevistos de equipos ocurridos en un escenario de Mantenimiento Reactivo y / o Correctivo, los que son reemplazados por paros programados.
- ii. Se mejora notoriamente la Eficiencia de los equipos y por lo tanto de la producción.
- iii. Mejora notablemente la imagen del Departamento de Mantenimiento, al entregar reparaciones más confiables.
- iv. Después del tiempo de estabilización del Programa, se obtiene una reducción real de costos:
 - a. Por disminuir las fallas repetitivas.
 - b. Por disminución de duplicación de reparaciones: una para desmontar el equipo y otra para repararlo adecuadamente.
 - c. Por disminución de grandes reparaciones, al programar oportunamente las fallas incipientes.
 - d. Por un mejor control del trabajo debido a la utilización de programas y procedimientos adecuados.

- e. Por menores costos de producción, al tener menor cantidad de productos defectuosos, debido a la correcta graduación de los equipos.
- f. Por disminución de los pagos por tiempo extra al disminuir los paros intempestivos.
- g. Por disminución de accidentes durante la ejecución de mantenimientos, debido al trabajo programado según procedimientos escritos y no trabajos de emergencia bajo alta presión, para entregar el equipo lo más pronto posible.

4.5.2. Limitaciones del Mantenimiento Preventivo

- v. Inicialmente pueden aumentarse aparentemente los costos de mantenimiento debido a que se deben seguir programas de frecuencias y fechas calendario que antes no se llevaban a cabo, sino que se trabajaba, hasta que el equipo se dañara. Igualmente los costos de lubricantes y otros insumos posiblemente aumenten, ya que anteriormente no se gastaban con la frecuencia requerida para lograr el correcto funcionamiento del equipo.
- vi. Se generan costos administrativos por diseño de formatos, registro de equipos, búsqueda de información consignación de datos, programación., etc. Posiblemente se requiera personal adicional para encargarse de esas labores.
- vii. Cuando se requieran operarios para desarrollar trabajos de Mantenimiento Correctivo, al comienzo del Programa de Mantenimiento Preventivo, éstos pueden estar ocupados en trabajos programados preventivos.

- viii. Posiblemente se debe parar más veces la producción que antes, al menos inicialmente, para cumplir los programas de inspecciones, lubricación etc. Sin embargo estos paros serán programados, permitiendo a producción adecuar sus propios programas con la debida anticipación.
- ix. Como no todos los equipos se pueden incluir inicialmente en un Programa de Mantenimiento Preventivo, cuando fallen algunos y se deba realizar Mantenimiento Correctivo, se pueden generar críticas destructivas del programa.
- x. Si no se respetan las fechas y frecuencias programadas, el programa no funcionará eficazmente.
- xi. El líder de un Programa de Mantenimiento Preventivo debe tener una excelente comunicación y relaciones con todos los departamentos de la empresa, si no se cumple ésta condición será muy difícil sacar adelante el programa.
- xii. No se pueden esperar resultados importantes hasta después de 1 año de implementación de un Programa de Mantenimiento Preventivo.

4.5.3. Como establecer un Programa de Mantenimiento Preventivo

Para establecer con éxito un Programa de Mantenimiento Preventivo, se deberán tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- i. Recoger toda la información histórica posible de tiempo de paro de las máquinas. Para poder establecer bases contra las que se puedan comparar los beneficios del programa preventivo a desarrollar.
- ii. Realizar un examen detallado de todos los equipos para determinar:

- a. Que equipos requieren tanto Mantenimiento Correctivo programado, que justifiquen más bien su reemplazo u obsolescencia.
 - b. Que equipos formarán parte del Programa inicial de Mantenimiento Preventivo
 - c. Que trabajos se deben efectuar
 - d. Cuál sería el costo del Mantenimiento Correctivo programado para los, equipos seleccionados.
 - e. Cuál sería el tiempo y las necesidades de personal para realizar el correctivo, programado y el Programa de Mantenimiento Preventivo programado
- iii. Realizar mantenimiento correctivo programado inicial, a los equipos seleccionados, para que una vez iniciado el Programa de Mantenimiento Preventivo, no empiecen a fallar intempestivamente y alteren totalmente las frecuencias y fechas programadas de trabajos.
 - iv. Establecer Costos separados del programa de actualización de equipos o mantenimiento correctivo programado inicial.
 - v. Realizar la Codificación o sea, dar un número de identificación a todos los equipos de la planta, de acuerdo a normas previamente establecidas, de preferencia en concordancia con el Sistema Nacional Contable, que apertura códigos o pre fijos a los activos de las empresas productivas.
 - vi. Seleccionar los equipos que entrarán en el Programa de Mantenimiento Preventivo, dejando el resto de equipos, con la forma tradicional de mantenimiento que se esté llevando hasta ese momento.
 - vii. Diseñar los formatos de Ficha Técnica - Ordenes de Trabajo – Registro Histórico - Formato de Inspección - Programación de Inspecciones -

Programación de Lubricación - Programación de Operaciones – Parada y Renovación – Programa de Calibraciones.

- viii. Estructurar un programa inicial de Frecuencias y Fechas Calendario para las actividades repetitivas de Mantenimiento Preventivo, para los equipos seleccionados, de 1 a 6 meses de duración, al final de los cuales se evaluarán los resultados del programa contra el histórico de paros de los equipos, para introducir los ajustes correctivos necesarios (Ajuste de Programa Preventivo), o para incluir nuevos equipos.

4.5.4. Frecuencia y Duración de las actividades del P. M. P.

La realización del servicio de mantenimiento preventivo deberá programarse según frecuencia y duración de dichos servicios, los mismos que se realizaran según el tipo de actividad para cada equipo. Esto quiere decir que las tareas de mantenimiento pueden realizarse con el equipo parado, en operación o fuera de servicio (renovación).

4.5.4.1. Operación.

Actividades de la más alta intensidad de ejecución (por turnos, diarias, semanales o por equivalentes horas) caracterizadas por ser básicamente de inspección y control, no interrumpen la producción y su tiempo de ejecución es el más corto de realizar (duración de 1 a 20 minutos)

4.5.4.2. Parada.

Actividades de mediana intensidad de ejecución (quincenal, mensual, bimensual trimestral, semestral o por equivalentes horas) se caracteriza por ser de revisiones o cambios de materiales o partes no estructurales, pueden o no interrumpir la

producción y su tiempo de ejecución es de mediana duración relativa (30 minutos a 2 horas o más)

4.5.4.3. Renovación

Actividades de más baja intensidad de ejecución (anual, bianual o por equivalentes horas) caracterizadas por ser de recambio de partes y piezas estructurales, si interrumpen la producción y su tiempo de ejecución es el máximo (no tiene escala o parámetro de referencia) su duración será establecida por el tipo de equipo y complejidad de su estructura.

4.5.5. Personal Técnico Ejecutor del P. M. P.

Es el personal asignado a realizar las tareas programadas, el que se selecciona dentro del personal técnicamente muy bien calificado y con predisposición a emprender actividades que impliquen orden, limpieza y puntualidad con capacidad de administrar un reporte de sus actividades (si no existe se debe de capacitar intemamente)

Se deberá consignar la clasificación del tipo de labor a realizar por el personal especialista que ejecuta dichas labores en las maquinas o equipos.

En principio se debe valorizar solo el costo directo del personal (realmente para fines de costeo ABC es necesario consignar el valor directo + indirecto sin embargo para sus inicios no es necesario efectuar ello).

Colocar el tiempo utilizado en cada tarea consignando el tiempo que demora para ejecutar dicho trabajo adicionando de ser necesario tiempos de traslados o esperas necesarios de ejecutar.

Cada trabajo a efectuarse en el programa deberá ser separado por su tipo de frecuencia y duración

Luego se acumulan en forma mensual hasta reunir el reporte Anualizado.

4.6. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE MAQUINA DE INSPECCION

La FPX2 (Finished Product Xtreme versios 2) es una máquina indexadora rotativa de ocho estaciones y alta velocidad que funciona como una plataforma de inspección tanto para los envases de boca ancha como los de cuello angosto. Está diseñada como reemplazo de las máquinas FP y FPX.

Hay cinco estaciones que pueden equiparse con dispositivos de inspección IPS. Las estaciones restantes se utilizan para ingreso y salida de los envases de vidrio.



Figura 4.6.1: Máquina de Inspección FPX2

El mecanismo de transmisión principal de la FPX2 está compuesto por un servomotor conectado a una caja de reducción planetaria de 16:1, llamado caja Indexador. El indexador se conecta mecánicamente al eje de transmisión que hace girar la rueda-estrella que transporta los envases de una estación a otra dentro de la plataforma de inspección.

Las piernas se sujetan a la rueda-estrella para crear ocho bolsillos de transferencia de envases. Cada pierna tiene segmentos con rodamientos de

plástico para que el terminado y el talón del envase se apoye al girar en cada estación, ver figura 4.6.2.

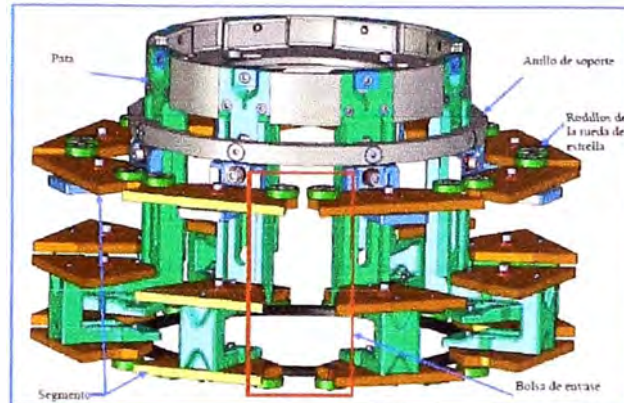


Figura 4.6.2: Rueda-Estrella

Los envases ingresan y salen de la FPX2 por medio del tornillo sinfín alimentador y de descarga y los rieles de guía. El riel guía de alimentación está equipado con un sensor bloqueador para señalar la parada de la máquina en caso de detectar un atascamiento de botellas, ver figura 4.6.3.

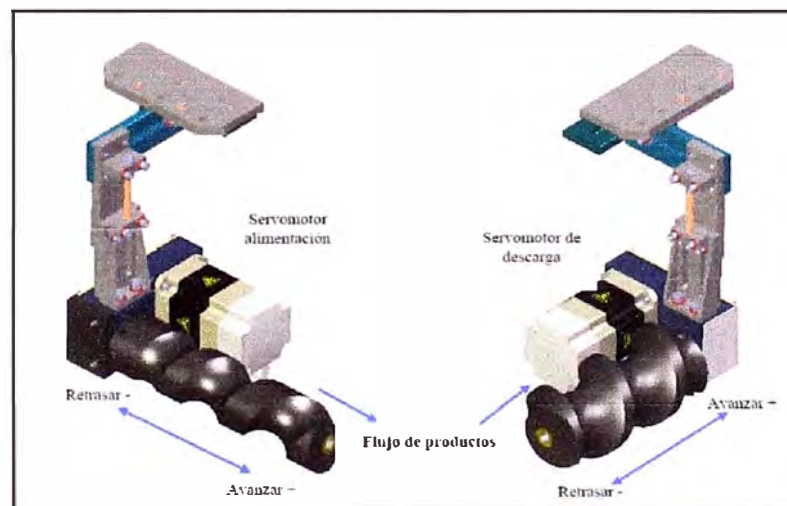


Figura 4.6.3: Ensamblajes de tornillo sinfín alimentador y de descarga.

Los rieles guía regulables internos mantienen los envases en su lugar durante la transferencia de una estación a otra. El mecanismo de rotación lateral utiliza un solo servo-motor simplificado y un juego de poleas dentadas y una faja

serpentín para impulsar todas las 5 estaciones (Ver figura 4.6.4. y figura 4.6.5) . Hay un ajuste rápido para los cambios de altura y de diámetro de las botellas y la estación N. ° 2 es convertible para acomodar a los envases que no son redondos con cambios menores. Un beneficio principal de este diseño es el hecho de que no es necesario cambiar las configuraciones de la correa durante los cambios de trabajo.

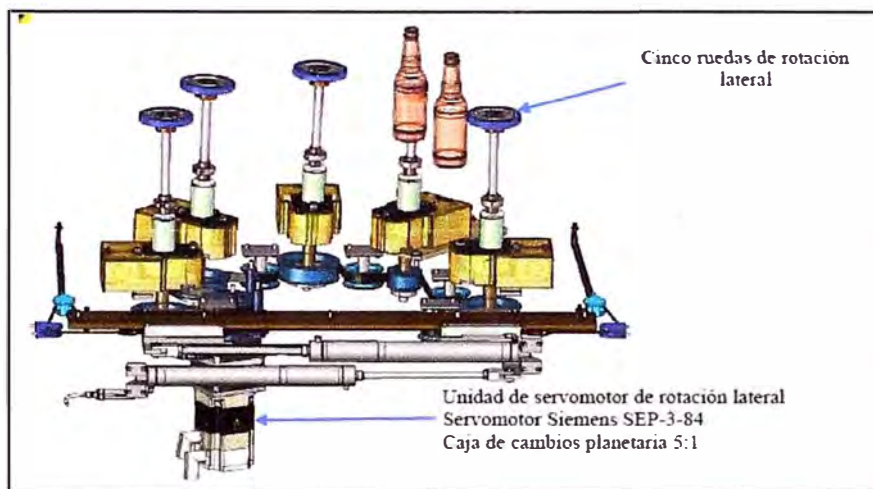


Figura 4.6.4: Sistema de Rotación Lateral de Envases

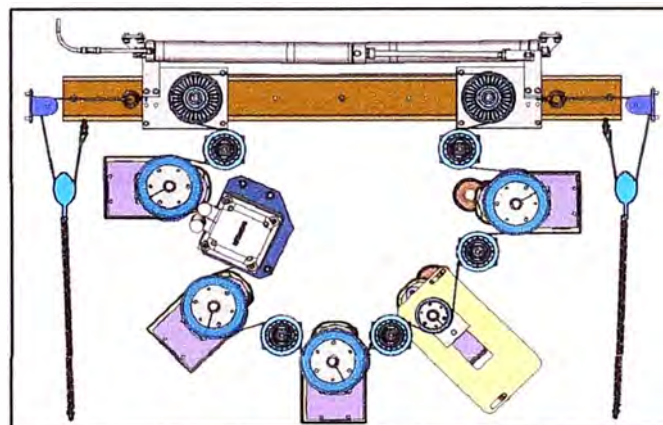


Figura 4.6.5: Faja Serpentín y juego de poleas dentadas

El diámetro del envase se programa a través de la pantalla HMI Setup (Configuración de HMI). Donde se ingresan las características del envase: Diámetro del cuerpo y peso del envase, además el diámetro de la rueda lateral y el paso del sinfín de salida. El software de HMI calcula la velocidad necesaria de la transmisión de rotación lateral para proporcionar, de manera sistemática, rotaciones de 1-1/2 durante el ciclo de Inspección para el diámetro de envase determinado, ver figura 4.6.6.



Figura 4.6.6 – Interface Hombre-Maquina.

La FPX2 está equipada con botones de parada de emergencia (E-STOPS) al lado de la carcasa de la alimentación y descarga, además en la parte delantera del HMI brazo abatible. Al presionar un botón de parada de emergencia, se produce el corte de energía de la máquina y corte de aire en los sistemas neumáticos.

A través de los transportadores los envases son llevados a la entrada de la máquina, apoyados en el riel guía de entrada estos son separados por el tomillo sinfín de entrada para que entre de forma sincronizada, uno por uno, a la rueda – estrella. Una vez el envase se posiciona en el primer bolsillo de la rueda estrella

este gira 45 ° haciendo que el envase sea trasladado a la primera estación de inspección donde la rueda de giro lateral giran el envase 1 -1/2 vuelta para que durante este tiempo las cámaras lineales de inspección capturen la revolución de la imagen de la parte del envase a inspeccionar. Este proceso se repite trasladando el envase a la siguiente estación de inspección. La máquina cuenta en total con 5 estaciones de inspección en cada una de ellas se instalan los diferentes módulos de inspección descritos en el capítulo 2.3.4 de acuerdo a la siguiente configuración según el tipo de terminado: Envase de boca angosta (diámetro del terminado menor a 38 mm) – Figura 4.6.7 y envases de boca ancha (Diámetro de terminado mayor a 38 mm) Figura 4.6.8

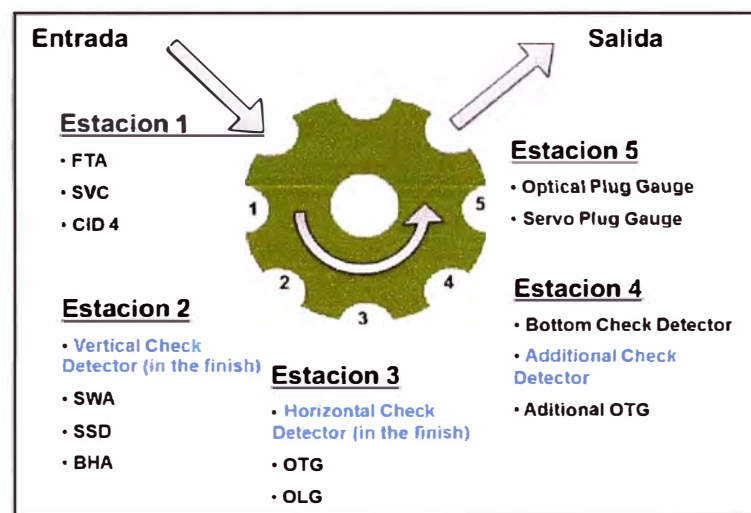


Figura 4.6.7: Configuración estándar para envases de boca angosta

Una vez que los envase son inspeccionados en cada estación el sistema de procesamiento de imágenes IPS por sus siglas en inglés, determina si el envase tiene defecto o no en la estación número 5, continuando el envase su recorrido por el tornillo sinfin de descarga donde es rechazado por un pistón neumático en caso se tenga defecto.

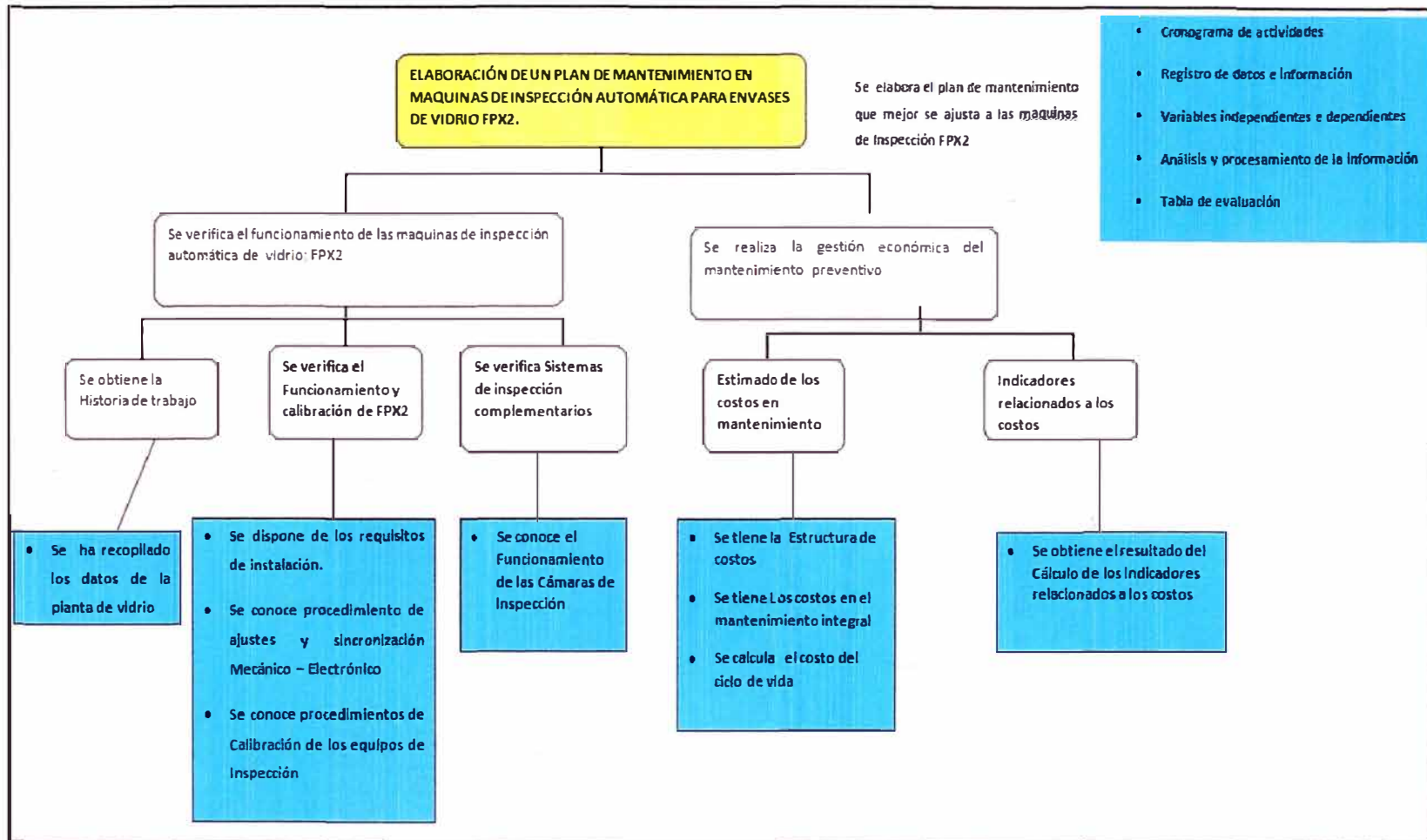
CAPÍTULO V

DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA

5.1. DIAGRAMA DE MEDIOS FINES

El desarrollo de la solución del problema debe contemplar 4 puntos específicos los cuales son:

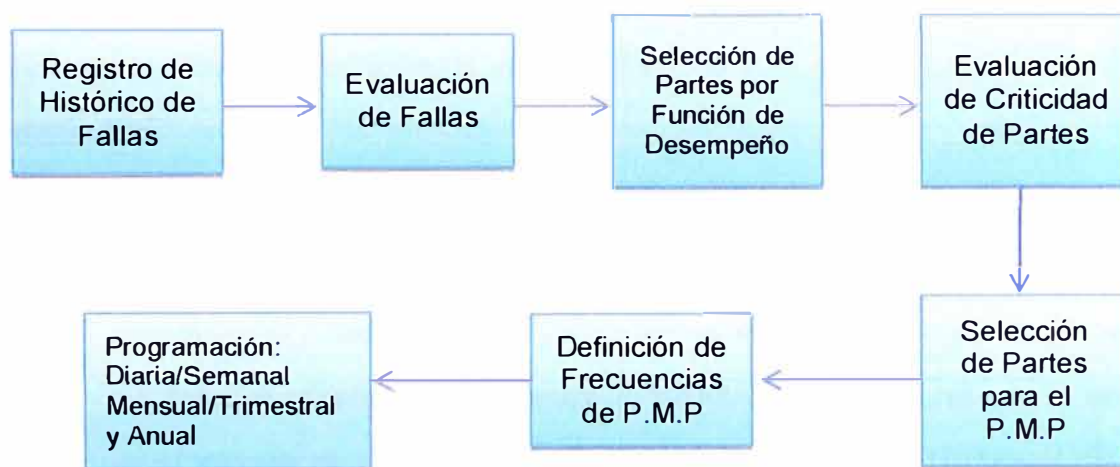
- Conocer el funcionamiento de la Maquina de Inspección FPX2 e identificar los parámetros de calibración y ajuste requerido para su operación.
- Conocer los principales defectos que puedan aparecer en los envases de vidrio, en las diferentes etapas del proceso de fabricación de envases de vidrio.
- Elaborar el plan de mantenimiento que mejor se adecue a las máquinas de inspección automática de rotación discreta, modelo FPX2,
- Estimar los costos y el tiempo necesarios para la elaboración del plan de mantenimiento.



5.2. ELABORACION DE PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El estudio y análisis realizado para la elaboración de plan de mantenimiento preventivo fue hecho en base a la experiencia obtenida en la planta de Owens Illinois - Rio de Janeiro CISPER, ubicado en el distrito de Jacare, Rio de Janeiro - Brazil. Donde se instalaron 3 nuevas líneas de producción con una capacidad promedio de cada línea de 360 BPM, llegando a alcanzar velocidades hasta de 440 BPM. En cada nueva línea de producción se instalaron 3 lazos de inspección con un total de 9 FPX2 siendo estas las primeras instaladas en la región con altas exigencias de velocidad, flexibilidad y calidad. En el Anexo 2 se puede ver la vista planta de las líneas del Horno 9

En la siguiente figura se muestra un diagrama de bloques que indica la secuencia que se va a seguir para realizar la elaboración de P.M.P.



5.2.1. Recolección Histórica de Fallas.

Para realizar la recolección de datos de los tiempos de parada por falla en la FPX2, fue necesario solicitar al grupo de R&D en EE UU realizar una actualización en el software de IPS que registre los tiempos de funcionamiento. Fue así que se actualizó la versión de 9.1 R0 a 9.3 R3, el cual contemplaba esta

característica para registrar los tiempos activos, el número de fallas los últimos 15 días de cada máquina de inspección así como la razón de la falla.

El servidor MCU automáticamente crea y llena la información de diagnóstico de la FPX2 e IPS, a modo sólo lectura en páginas web HTML. Las páginas web se pueden ver en una PC con acceso a la intranet de OI utilizando un navegador de Internet. Proporcionan un medio eficaz y sencillo de acceder a la información que existe actualmente desde diferentes lugares.

El MCU leerá periódicamente los parámetros, y demás información para crear copias actualizadas de las páginas. La actualización se producen cada 10 minutos. Para acceder a dicha información se escribe la dirección IP estático asignado al MCU que está conectado a la WAN de la planta en la barra de direcciones del navegador de Internet (por ejemplo, <http://10.179.17.80>).

Una página de índice se mostrará que incluye el nombre de la planta / Line, la hora de la última actualización, la ruta del directorio y un menú subdirectorío del disponible.

La descripción de la información que muestra cada columna de tabla se muestra a continuación:

- *File*: Indica el número de FPX2 con la que se está trabajando y la fecha de los datos registrados con el nombre FP##/AAAAMMDD.eng, el cual FP##: es el número de FP, AAAA: es el año, MM: es el mes y DD: es el día. ejemplo FP2/20130129.eng.
- *# Starts*: Indica el número de veces que se dio marcha a la FPX2 durante la fecha correspondiente.
- *# Total Fault*: El número de fallas totales correspondientes a ese día.
- *Uptime %*: Porcentaje de tiempo acumulado que la maquina ha estado funcionando durante ese día. Ejemplo 80, es el 80% de 24 horas es decir

19.2 horas ha estado inspeccionando, luego las 4.8 horas restantes estuvo parado por alguna falla.

- *Avg Run*: Tiempo promedio en que la maquina estuvo funcionando de manera continua sin que fuese interrumpido ante alguna falla, el formato es hh:mm:ss.
- *Max Run*: Tiempo máximo que la maquina estuvo funcionando de forma continua sin fallas durante ese día, con el formato: hh:mm:ss.
- *# Infeed Worm Jam*: Indica el número de fallas debido a algún atasco en el tomillo de entrada, al lado está el porcentaje respecto al total de fallas (*# Total Fault*).
- *# Outfeed Worm Jam*: Indica el número de fallas debido a algún atasco en el tomillo de salida, al lado esta el porcentaje (%) respecto al total de fallas (*# Total Fault*).
- *# Indexer Jam*: Indica el número de fallas debido a algún atasco en rueda-Estrella, al lado está el porcentaje respecto al total de fallas (*# Total Fault*).
- *# Reject Rate*: Indica el número de fallas debido a un exceso de envases rechazados de acuerdo a los parámetros asignados en el HMI.
- *# Infeed Rail Detent*: Indica el número de fallas debido a la activación del sensor de proximidad ubicado en la guía de entrada por algún problema en el ingreso de envases.
- *# Outfeed Sensor Jam*: Indica el número de fallas debido a la acumulación de envases a la salida de la FPX2, al lado muestra el porcentaje que representa del total de fallas de ese día.
- *# Reject Missed*: Indica el número de fallas debido a la pérdida del registro de los envases al momento de rechazar y que por seguridad detiene la marcha de la máquina para evitar el paso de posibles envases con defectos.

- # *Down Bottle*: Indica el número de veces que una botella caída se encuentra en el transportador de entrada de la maquina FPX2.
- # *Low Air Pressure*: Indica cuando existe pérdida de presión de aire en el sistema neumático: menor de 50 psi.

Cuando los valores de las fallas descritas superan el 10% están son resaltados con color rojo. La última fila de cada tabla muestra el promedio total de los últimos 15 días registrados de cada columna.

En la tabla a continuación se muestra los resultados del mes de enero 2013 donde se implementó el software.

Tabla 5.1.2: Registro de fallas Línea 91 FPX2#2

File	# Starts	# Tot Fndk	Uptime %	Avg Rtn	Max Rtn	# Infrd Worms Jan.	%	# Outfdr Worms Jan.	%	# Indexer Jan.	%	# Reject Rate	%	# Infrd Rail Det.	%	# Outfdr Sensor Jan.	%	# Reject Missed	%	# Down Bottle	%	# Bottle Det.	%
FP2-20130128.eng	269	246	79.5	00:04:50	00:46:56	0	0.0%	31	12.5%	0	0.0%	0	0.0%	60	23.4%	48	39.5%	84	34.1%	23	9.3%	0	0.0%
FP2-20130130.eng	175	161	85.4	00:07:23	02:16:23	0	0.0%	31	17.2%	0	0.0%	0	0.0%	15	9.3%	33	20.5%	74	46.0%	21	22.0%	0	0.0%
FP2-20130130.eng	128	128	92.1	00:10:21	01:18:08	1	0.8%	10	7.8%	0	0.0%	0	0.0%	18	14.1%	41	32.0%	28	21.9%	30	23.4%	0	0.0%
FP2-20130131.eng	197	172	85.2	00:07:29	01:07:34	2	1.2%	11	6.4%	0	0.0%	0	0.0%	36	20.9%	58	47.7%	51	26.4%	14	8.1%	0	0.0%
FP2-20130201.eng	304	241	80	00:04:47	00:52:19	1	0.4%	17	7.1%	0	0.0%	0	0.0%	62	18.7%	55	22.1%	73	41.7%	33	11.7%	0	0.0%
FP2-20130202.eng	28	27	95.8	00:05:18	01:06:36	1	3.7%	4	14.5%	0	0.0%	0	0.0%	5	17.5%	2	7.4%	13	48.3%	2	1.4%	0	0.0%
FP2-20130203.eng	203	154	45.3	00:06:54	02:09:52	0	0.0%	8	5.2%	0	0.0%	0	0.0%	40	38.6%	48	39.2%	51	35.4%	7	4.5%	0	0.0%
FP2-20130204.eng	129	101	86.2	00:10:19	01:42:03	1	0.8%	14	11.2%	0	0.0%	0	0.0%	19	18.1%	36	34.3%	29	27.5%	6	5.7%	0	0.0%
FP2-20130205.eng	176	176	86.8	00:07:12	01:57:39	2	1.1%	3	1.7%	0	0.0%	0	0.0%	32	18.2%	35	39.9%	62	35.2%	42	23.9%	0	0.0%
FP2-20130206.eng	232	119	84.8	00:05:48	01:40:20	0	0.0%	5	2.3%	0	0.0%	0	0.0%	25	22.7%	27	32.2%	51	42.9%	45	39.6%	0	0.0%
FP2-20130208.eng	149	135	91.3	00:09:18	02:04:58	0	0.0%	1	0.7%	0	0.0%	0	0.0%	28	26.4%	10	7.4%	29	21.5%	13	9.6%	0	0.0%
FP2-20130209.eng	191	191	88.5	00:08:00	00:18:00	2	2.2%	2	1.2%	0	0.0%	0	0.0%	102	53.4%	8	5.0%	32	16.9%	15	9.3%	0	0.0%
FP2-20130210.eng	189	189	84.8	01:11:10	01:59:00	2	1.1%	1	0.5%	0	0.0%	0	0.0%	41	21.9%	5	2.6%	33	17.5%	14	7.4%	0	0.0%
FP2-20130211.eng	651	841	128	01:11:20	01:59:00	1	0.2%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	26	2.7%	61	30.3%	29	10.3%	10	8.8%	0	0.0%
FP2-20130212.eng	452	452	84.2	01:10:00	01:59:00	0	0.0%	4	1.6%	0	0.0%	0	0.0%	69	15.3%	7	2.7%	64	24.1%	17	17.9%	0	0.0%
FP2-20130213.eng	121	111	90.9	01:10:00	02:10:49	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	6	5.2%	15	12.5%	59	25.8%	22	20.3%	0	0.0%
FP2-20130214.eng	513	482	93.9	01:11:00	02:31:14	91	18.1%	143	5.9%	0	0.0%	0	0.0%	800	15.6%	47	18.7%	880	71.2%	334	12.2%	1	0.0%

Tabla 5.1.3: Registro de fallas Línea 91 FPX2# 3

File	# Starts	# Tot Fails	Uptime %	Avg Run	Max Run	# Infeed Worm Jan	%	# Outfeed Worm Jan	%	# Indexer Jan	%	# Reject Rate	%	# Infeed Roll Det	%	# Outfeed Splice Jan	%	# Reject Mixed	%	# Down Bottle	%	# Bottle Dest	%
FPX20130128 eng	162	115	73.1	00:07:16	01:24:35	0	0.0%	3	1.8%	0	0.0%	0	0.0%	21	12.9%	15	9.3%	9	5.6%	64	39.5%	3	1.8%
FPX20130129 eng	144	132	87.9	00:09:19	00:48:08	0	0.0%	10	7.0%	0	0.0%	0	0.0%	23	16.0%	18	12.5%	8	5.6%	71	49.3%	2	1.4%
FPX20130130 eng	137	135	88.3	00:09:34	01:35:35	3	2.2%	5	3.7%	0	0.0%	0	0.0%	37	27.2%	8	5.9%	7	5.2%	73	52.5%	2	1.5%
FPX20130131 eng	262	202	67.9	00:04:44	02:59:05	6	2.3%	1	0.4%	1	0.4%	0	0.0%	99	40.0%	34	13.0%	16	6.1%	43	16.4%	2	0.8%
FPX20130201 eng	223	179	81.2	00:06:17	01:25:16	0	0.0%	5	2.2%	1	0.4%	0	0.0%	21	11.7%	44	20.0%	24	13.2%	83	37.2%	1	0.4%
FPX20130202 eng	297	250	82.1	00:04:59	00:51:10	2	0.7%	4	1.6%	0	0.0%	0	0.0%	69	27.2%	31	12.4%	63	24.6%	50	19.9%	1	0.4%
FPX20130203 eng	140	111	85.6	00:09:56	02:10:46	0	0.0%	2	1.4%	0	0.0%	0	0.0%	38	27.2%	19	13.5%	6	4.3%	40	28.6%	6	4.3%
FPX20130204 eng	107	91	90.8	00:12:00	01:25:10	1	1.1%	3	3.3%	0	0.0%	0	0.0%	14	15.5%	17	18.7%	4	4.7%	50	46.7%	2	2.2%
FPX20130205 eng	128	120	91.8	00:10:44	01:12:06	0	0.0%	2	1.6%	0	0.0%	0	0.0%	48	40.0%	18	14.8%	6	5.0%	44	34.4%	2	1.7%
FPX20130206 eng	113	79	88.8	00:12:07	01:18:31	0	0.0%	1	0.9%	0	0.0%	0	0.0%	44	40.0%	11	11.5%	4	3.5%	36	31.8%	1	0.9%
FPX20130207 eng	144	116	83.3	00:08:52	01:38:38	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	16	11.1%	15	10.4%	12	8.3%	72	50.0%	1	0.7%
FPX20130208 eng	91	61	89.9	00:15:39	03:26:16	0	0.0%	1	1.1%	0	0.0%	0	0.0%	15	24.2%	8	13.1%	5	8.2%	29	31.9%	3	3.3%
FPX20130209 eng	50	43	93.1	00:26:40	02:42:45	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	5	11.6%	10	20.0%	3	6.9%	15	30.0%	1	2.0%
FPX20130210 eng	69	13	96.5	00:35:31	03:08:55	0	0.0%	1	1.5%	0	0.0%	0	0.0%	3	23.1%	9	67.3%	2	15.4%	14	100.0%	2	15.4%
FPX20130211 eng	94	53	96.6	00:31:00	03:10:10	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	38	70.2%	5	9.4%	2	3.8%	7	13.2%	1	1.9%
FPX20130212 eng	53	47	98.2	00:20:39	01:24:15	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	29	61.7%	1	2.1%	1	2.1%	51	96.2%	1	2.1%
FPX20130213 eng	23	22	98.2	00:20:39	01:24:15	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	8	34.8%	5	21.7%	0	0.0%	7	30.4%	2	8.7%
FPX20130214 eng	99	74	96.1	00:17:00	01:21:00	11	11.1%	8	8.0%	2	2.0%	0	0.0%	85	85.9%	38	38.4%	12	12.1%	57	57.6%	33	33.3%

5.2.2. Evaluación de Registro de Fallas

De acuerdo al descrito en la sección anterior la última versión de IPS solo registra la información de los últimos 15 días, dicha información se llevó quincenalmente a una tabla excel para guardar la información durante los meses de evaluación y poder graficar el comportamiento de las máquinas por línea de producción: La tabla 5.4 muestra los porcentajes de tiempo activo promedio de cada máquina en la línea 91 de la planta de Rio de Janeiro correspondientes al mes de enero del 2013.

Dia	Uptime Of	91-1	91-2	91-3	#91
01	95.0	97.0	87.2	12.2	65.5
02	95.0	96.1	88.0	50.1	78.1
03	95.0	97.2	85.4	76.8	86.5
04	95.0	97.6	93.8	63.8	85.1
05	95.0	71.3	72.6	71.2	71.7
06	95.0	91.4	96.6	93.3	83.8
07	95.0	83.8	85.2	88.1	85.7
08	95.0	77.4	77.6	78.6	77.9
09	95.0	87.1	81.4	79.8	82.8
10	95.0	75.8	69.0	78.8	74.5
11	95.0	92.9	46.1	51.0	63.3
12	95.0	93.3	32.6	88.6	71.5
13	95.0	90.2	58.2	60.7	69.7
14	95.0	87.1	85.0	74.9	82.3
15	95.0	97.4	94.6	69.9	87.3
16	95.0	87.1	82.5	87.4	80.7
17	95.0	82.8	79.6	79.2	80.5
18	95.0	95.6	89.2	62.5	82.4
19	95.0	87.1	82.0	71.6	80.2
20	95.0	97.2	40.5	91.1	76.3
21	95.0	86.6	71.0	83.8	80.5
22	95.0	89.4	67.7	85.0	80.7
23	95.0	82.7	85.5	78.6	82.3
24	95.0	96.2	77.2	65.8	79.7
25	95.0	97.7	92.3	70.3	86.8
26	95.0	86.5	84.5	86.5	85.8
27	95.0	85.4	78.1	86.2	83.2
28	95.0	87.7	80.4	79.7	82.6
29	95.0	92.1	93.3	76.4	87.3
30	95.0	86.2	80.9	79.4	82.2

Tabla 5.1.4: Promedio de tiempo activo de la línea 91

Dicha información también fue graficada para una mejor visualización del comportamiento de la línea, ver figura 5.2.

De la información obtenida se obtuvo el promedio de tiempo activo del mes de enero siendo 79.9%, cerca 15 puntos porcentuales menor al objetivo de funcionamiento en condiciones de operación estable: 95%, lo que exige que se debe tener un plan de Mantenimiento Preventivo.

De las 10 Fallas listadas en el registros de fallas se procedió a realizar un diagrama de Pareto para priorizar las principales fallas que se presentaban en la máquina.

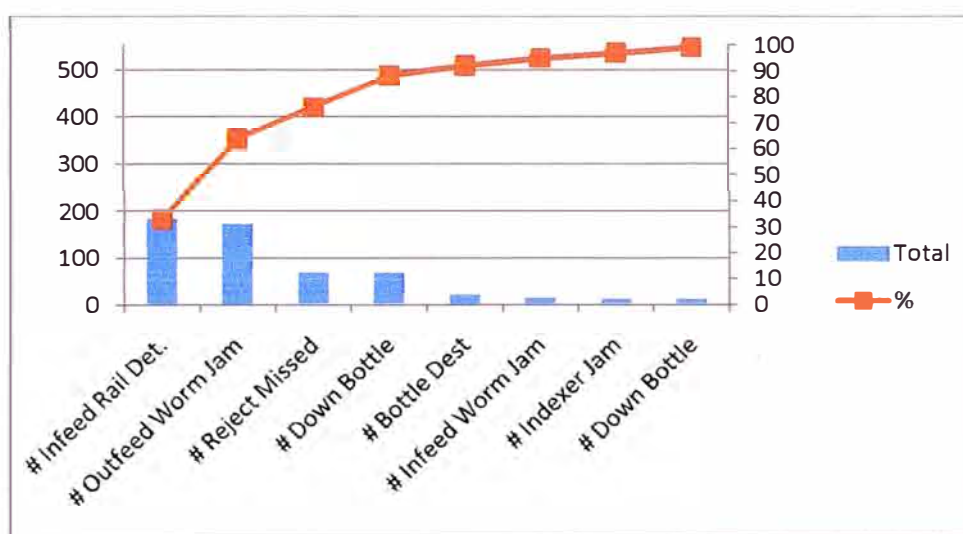


Figura 5.1: Diagrama de Pareto de las principales fallas

#Infeed Rail Detent

El Sensor de guía de entrada se activa

Posibles causas/Solución:

- Problemas en el ajuste de la entrada (Revisar distancia entre la guía y el gusano, alturas,)
- Calibración del sensor de calibración, muy sensibles

#Outfeed Sensor Jam:

Esto se debe a obstrucciones en los sensores de salida: Reject, Selector Fail Safe

Posibles causas/Solución:

- Botellas caídas a la salida de la maquina (Revisar manejo a la salida:)
- Obstrucción de partículas de vidrio roto a las salida (Revisar presión en las ruedas lateras y ajuste de guías para reducir el número de botellas quebradas dentro de la máquina.)

Reject Missed

Perdida de información en la trazabilidad de las botellas para ser rechazadas.

Posible Causas / Solucion

- Como consecuencia de Outfeed Sensor Jam.
- Problema del Software (TDSE Group esta trabajando en mejorarlo)

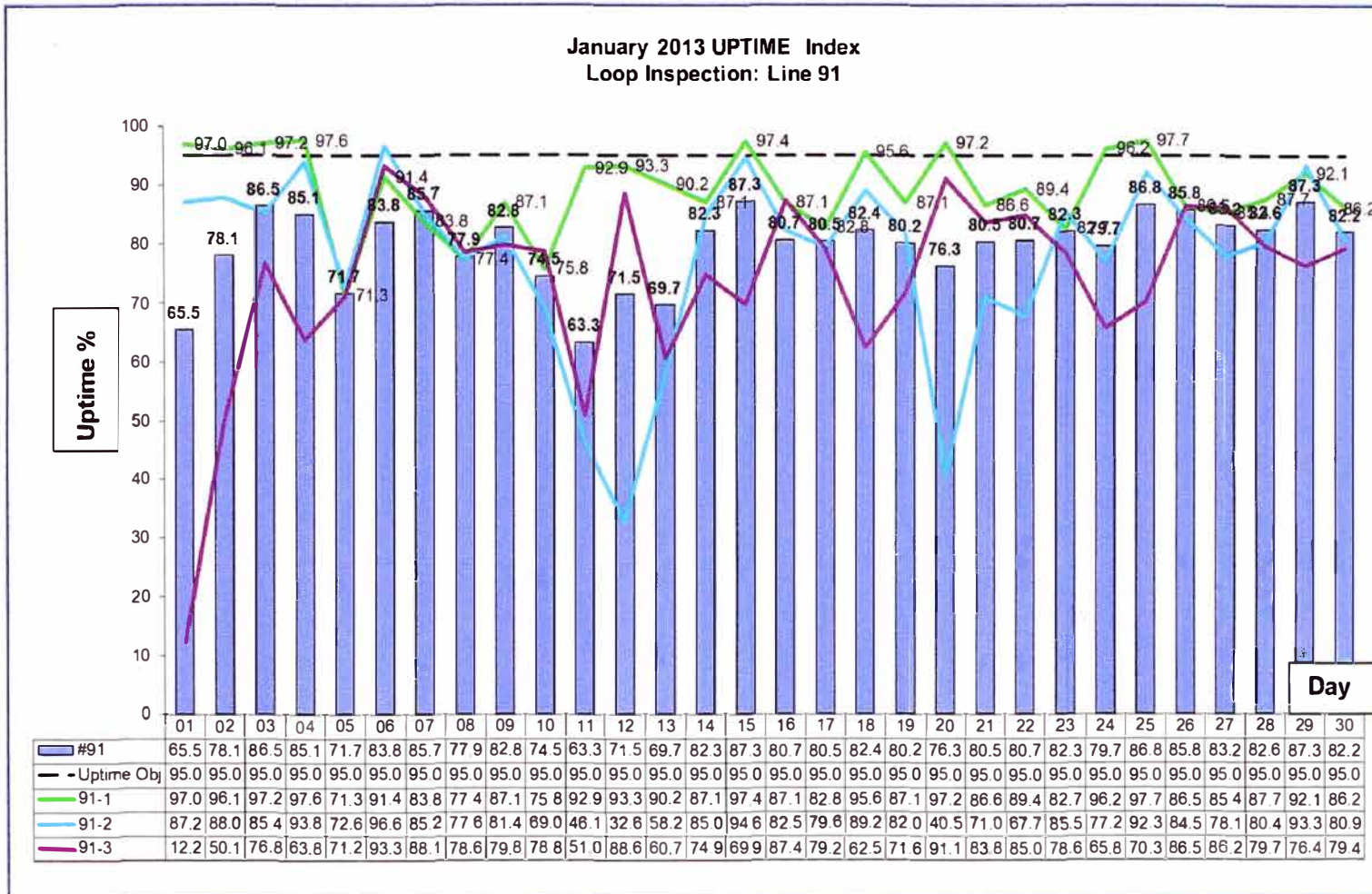


Figura 5.2: Tiempo activo vs Dias mes de enero del 2013

5.2.3. Selección y Evaluación de Partes

Se considera las recomendaciones técnicas del fabricante en manual de operaciones, estas incluyen información de versiones anteriores como FP y FPX, ya que algunos componentes se mantienen en la última versión FPX2, especialmente las relacionados al Equipo Variable (EV).

Se considera los registros de Mantenimiento Correctivo, en el Anexo 1 se muestran 2 fichas de reparaciones registrados.

Se trabaja junto la experiencia del personal especializado en operación de estas máquinas recolectando información de los elementos de falla en la primera planta que fue instalado estas máquinas 2011, en este caso Leerdam -Alemania

La clasificación y agrupación de partes de FPX2 fue realizado *Por Función que desempeñan*.

5.2.3.1. Equipo Variable EV:

Estas partes corresponden a las usadas de acuerdo a la referencia (envase) que va andar sobre la maquina ya que sus dimensiones geométricas varían según el tamaño y forma del envase, así como también sobre las áreas del envase a inspeccionar para garantizar un buen manejo sobre la máquina a altas velocidades: 160 – 180 BPM.

Las partes de equipo variable está en contacto directo sobre los envases y son las que presentan mayor desgaste y rotación debido a las características abrasivas del vidrio.

A continuación el listado de las partes, codificación y evaluación de partes de EV según la ponderación de criticidad de acuerdo a la tabla 4.1.

Item	Parte	Codificación	Descripción	Ponderación								Escala de Referencia			
				1	2	3.a	3.b	3.c	4	5	6		7	8	Total
1	EV	FP20-17-1049-0	Tornillo sin fin de entrada LH max 1 5/8"	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	5	Opcional
2	EV	FP20-17-1059-0	Tornillo sin fin de Salida LH 1 3/8" - 2"	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	5	Opcional
3	EV	FP20-17-1051-0	Tornillo sin fin de entrada LH: 1 5/8" - 2 3/8"	2	2	0	0	0	1	2	0	0	0	7	Opcional
4	EV	FP20-17-1061-0	Tornillo sin fin de Salida LH max 2 1/2"	2	2	0	0	0	1	2	0	0	0	7	Opcional
5	EV	FP20-17-1053-0	Tornillo sin fin de entrada LH: 2 3/8" - 3 1/4"	2	2	0	0	0	1	2	0	0	0	7	Opcional
6	EV	FP20-17-1063-0	Tornillo sin fin de Salida LH: 2" - 3"	2	2	0	0	0	1	2	0	0	0	7	Opcional
7	EV	FP20-17-1055-0	Tornillo sin fin de entrada LH: 3 1/4" - 4 1/8"	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	5	Opcional
8	EV	FP20-17-1065-0	Tornillo sin fin de Salida LH: 3" - 4"	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	5	Opcional
9	EV	FPX2-2-125	Guía Riel de Entrada	4	2	1	0	0	2	2	0	0	1	12	Regular
10	EV	FPX2-2-126	Guía Riel de Salida	2	1	1	0	0	1	2	0	0	1	8	Regular
11	EV	FPX2-2-73	BUSHING, SIDE PLATE	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	3	Opcional
12	EV	FPX2-2-74	Placa de deslizamiento estacion 1	4	1	0	1	0	2	2	1	0	0	11	Regular
13	EV	FPX2-2-75	Placa de deslizamiento estacion 2	4	1	0	1	0	1	1	1	0	0	9	Regular
14	EV	FPX2-2-76	Placa de deslizamiento estacion 3	4	1	0	1	0	2	1	1	0	0	10	Regular
15	EV	FPX2-2-77	Placa de deslizamiento estacion 4	2	1	0	0	0	0	1	1	0	0	5	Opcional
16	EV	FPX2-2-78	Placa de deslizamiento estacion 5	2	1	0	0	0	0	2	1	0	0	6	Opcional
17	EV	FPX2-2-85	Guía Riel Estacion 1, 3 y 6	0	1	1	0	0	2	1	1	0	1	7	Opcional
18	EV	FPX2-2-86	Guía Riel Estacion 4 y 5	0	1	1	0	0	2	1	1	0	1	7	Opcional
19	EV	FPX2-2-87	Guía Riel Estacion 2	2	1	1	1	0	1	2	1	0	1	10	Regular
20	EV	FPX2-2-67-0	Rueda de Rotacion lateral 4"	4	2	1	1	0	2	2	2	0	1	15	Importante
21	EV	FP20-17-710	Rueda de Rotacion lateral 2"	4	1	1	1	0	1	2	2	0	1	13	Importante
22	EV	SID-2-028-GR28	Rueda Estrella altura max 9"	4	2	1	1	0	1	1	2	0	1	13	Importante
23	EV	FP20-17-046-GR01	Brazo empujador Estandar	4	2	0	0	0	2	2	2	0	1	13	Importante
24	EV	SID-2-028-GR29	Rueda Estrella altura max 4"	2	1	0	1	0	1	2	2	0	1	10	Regular
25	EV	FP20-17-046-GR03	Brazo empujador de corto alcance	2	1	0	0	0	0	1	2	0	1	7	Opcional
26	EV	SID-2-268-100	Segmento superior 1"	2	2	1	1	0	2	1	0	0	1	10	Regular
27	EV	SID-2-268-102	Segmento superior 1 1/64"	2	2	1	1	0	2	1	0	0	1	10	Regular
28	EV	SID-2-268-114	Segmento superior 1 9/64"	2	1	0	0	1	0	2	1	0	0	8	Regular
29	EV	SID-2-268-173	Segmento superior 1 47/64"	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	Opcional
30	EV	SID-2-268-181	Segmento superior 1 13/16"	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	Opcional
31	EV	SID-2-214-205	Segmento Estabilizador 2 3/64"	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	5	Opcional
32	EV	SID-2-214-209	Segmento Estabilizador 2 3/32"	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	5	Opcional
33	EV	SID-2-214-289	Segmento Estabilizador 2 57/64"	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	5	Opcional
34	EV	SID-2-214-331	Segmento Estabilizador 3 5/16"	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	Opcional
35	EV	SID-2-214-339	Segmento Estabilizador 3 25/64"	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	Opcional
36	EV	SID-2-214-344	Segmento Estabilizador 3 7/16"	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	Opcional
37	EV	SID-2-214-369	Segmento Estabilizador 3 11/16"	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	Opcional
38	EV	SID-2-215-220	Segmento del cuerpo 2 13/64"	2	2	1	1	0	2	1	0	0	1	10	Regular
39	EV	SID-2-215-222	Segmento del cuerpo 2 7/32"	2	2	1	1	0	2	1	0	0	1	10	Regular
40	EV	SID-2-215-289	Segmento del cuerpo 2 57/64"	2	1	1	1	0	1	1	0	0	1	8	Regular
41	EV	SID-2-215-291	Segmento del cuerpo 2 29/32"	2	1	0	1	0	1	1	0	0	1	7	Opcional
42	EV	SID-2-215-339	Segmento del cuerpo 3 25/64"	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	4	Opcional
43	EV	SID-2-215-341	Segmento del cuerpo 3 13/32"	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	4	Opcional
44	EV	SID-2-215-344	Segmento del cuerpo 3 7/16"	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	4	Opcional
45	EV	SID-2-215-347	Segmento del cuerpo 3 15/32"	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	4	Opcional
46	EV	SID-2-215-369	Segmento del cuerpo 3 11/16"	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	3	Opcional

Tabla 5.2.1: Importancia crítica de Equipo Variable

5.2.3.2. Sistemas de Inspección SI

Está compuesto por todos los dispositivos de inspección montados en las 5 estaciones de inspección de la maquina FPX2, el cual tienen como función principal

garantizar la calidad de los envases, detectando los defectos de los envases y sin rechazar envases comerciales, de acuerdo a las especificaciones del cliente.

A continuación el listado de las partes, codificación y evaluación de partes de SI según la ponderación de criticidad de acuerdo a la tabla 4.1.

Item	Parte	Codificación	Descripción	Ponderación								Total	Escala de Referencia		
				1	2	3.a	3.b	3.c	4	5	6			7	8
47	SI	IPS-3-03-GR19	MCU LINUX SERVER	4	2	0	1	0	0	2	2	1	0	12	Regular
48	SI	IPU3-3-02-GR02	IPU3 CABINET ASSEMBLY	4	2	1	1	0	1	2	2	1	1	15	Importante
49	SI	IPU3-3-09-GR01	MACHINE I/O INTERFACE ASSY	4	1	0	1	0	0	2	2	0	1	11	Regular
50	SI	IPU-4-31-0	RIGEL CAMERA CONT. W/LABEL	2	2	1	1	0	0	1	2	0	0	9	Regular
51	SI	IPU3-3-07-GR01	PRIMARY CAMERA ADAPTER ASSY	2	2	1	1	0	2	1	2	0	1	12	Regular
52	SI	IPU3-3-08-GR01	SECONDARY CAMERA ADAPTER ASSY	2	1	0	1	0	1	1	2	0	1	9	Regular
53	SI	IPU-4-020-GR01	IPS IK CAMERA ASSY	2	2	1	1	0	1	1	2	0	1	11	Regular
54	SI	IPU3-4-011-GR01	CABLE, EX. DAUGHTERCARD	2	1	1	1	0	0	1	2	0	0	8	Regular
55	SI	IPU3-4-012-GR01	CABLE, EXP. DAUGHTERBOARD	2	1	1	1	0	0	1	2	0	0	8	Regular
56	SI	BHA-2-112	DIFFUSER	2	1	0	1	0	0	1	2	0	0	7	Opcional
57	SI	BHA-2-02-GR10	BHA LIGHT ASSY, NX GR14 USE	2	1	0	1	0	0	1	2	0	1	8	Regular
58	SI	SM-2-56-A	BHA LENS, NX -B USE -A FIRST	2	1	0	1	0	0	0	2	0	0	6	Opcional
59	SI	BSA-2-9-A	POLARIZER, L.E.D. LIGHT	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	4	Opcional
60	SI	FTA-2-02-GR12	FTA MAIN HEAD ASSY	4	3	0	1	0	1	2	2	0	1	14	Importante
61	SI	SSD-2-07-GR05	LED BACKLIGHT ASY, TALL FP/FPX	4	2	0	1	0	1	2	2	0	1	13	Importante
62	SI	SSD-2-27-A	LIGHT POLARIZER-LG	0	1	0	1	0	0	1	2	0	0	5	Opcional
63	SI	SSD-2-29	DIFFUSER LENS - STANDARD	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	4	Opcional
64	SI	CID4-2-03-GR03	LED LENS ASSY W / K2 DIODE	4	2	1	1	0	1	1	2	0	0	12	Regular
65	SI	CID4-2-02-GR01	CID4 PICK-UP ASSEMBLY	2	2	0	1	0	0	2	2	0	1	10	Regular
66	SI	IPU3-3-01-GR12	IPU LAMP POWER CARD	4	1	1	1	0	0	2	2	0	1	12	Regular
67	SI	OPG-2-01-GR01	OPG MAIN MECHANICAL, RH	4	3	0	1	0	0	2	2	0	1	13	Importante
68	SI	DCD-1-01-GR03	DIGITAL CHECK DETECTION NN	4	3	1	1	0	1	2	2	0	1	15	Importante

Tabla 5.2.2: Importancia crítica de Sistemas de Inspección

5.2.3.3. Sistemas de Electro-Mecánicos EM

Dichos componentes tienen como función principal realizar la transferencia sobre los envases desde la entrada, zona de inspección y salida, generando movimientos de translación y rotación de forma sincronizado sobre cada envase que ingresa. Está compuesto principalmente por 4 servomotores con sus respectivos módulos de control y las partes mecánicas que completamente esta acción tales como caja reductoras, poleas dentadas, fajas dentadas, etc.

A continuación el listado de las partes, codificación y evaluación de partes de EM según la ponderación de criticidad de acuerdo a la tabla 4.1.

Item	Parte	Codificacion	Descripcion	Ponderacion								Escala de Referencia			
				1	2	3.a	3.b	3.c	4	5	6		7	8	Total
69	EM	FPX2-2-30	GEARHEAD, ULTRA-TRUE	4	2	1	0	1	0	2	1	2	1	14	Importante
70	EM	XA-1227	NEEDLE BEARING	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0	6	Opcional
71	EM	XA-1228	INNER RACE (Pista interior de Rodamiento)	2	1	1	0	1	0	1	0	0	0	6	Opcional
72	EM	XRR-158	RING, RETAINING 5100-196	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	5	Opcional
73	EM	XRR-60	INT. RET. RING 2.835 HOUSING	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	Opcional
74	EM	FPX2-2-66	GEARBOX	4	1	1	0	0	0	2	2	2	1	13	Importante
75	EM	XMC-181	IDLER PULLEY (Polea loco)	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	Opcional
76	EM	XMC-182	IDLER PULLEY, 17MM BORE (Polea loco)	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	Opcional
77	EM	FPX2-2-63	LANYARD, TENSION	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3	Opcional
78	EM	FPX2-2-98	CLAMP, HEADPLATE	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	3	Opcional
79	EM	XA-962	ROLLER BEARING	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	Opcional
80	EM	XTB-180XL037	TIMING BELT HEADPLATE	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Opcional
81	EM	XA-456	BEARING	2	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5	Opcional
82	EM	XA-1082	BALL BEARING	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	Opcional
83	EM	XA-1267	BEARING, DBL ROW BALL	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	3	Opcional
84	EM	XRR-140	EXT. RET. RING .984 SHAFT DIA	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	Opcional
85	EM	XRR-492	RING, INTERNAL RETAINING	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	3	Opcional
86	EM	XRR-614	RETAINING RING	2	1	1	0	0	0	1	0	0	1	6	Opcional
87	EM	XTB-165L075	TIMING BELT WORM	4	1	0	0	0	0	1	0	0	1	7	Opcional
88	EM	SEP-3-80	PROGRAMMABLE CONTROLLER	4	2	0	0	1	0	2	0	2	0	11	Regular
89	EM	SEP-3-81	MODULE, S120 SMART LINE	4	1	0	0	1	0	2	1	2	1	12	Regular
90	EM	SEP-3-32	SINAMICS SGL MOTOR MODULE 18A	4	2	0	0	1	0	2	1	2	1	13	Importante
91	EM	SEP-3-33	MODULE, SINGLE MOTOR DRIVE 3A	4	1	0	0	1	1	2	1	2	1	13	Importante
92	EM	SEP-3-47	DBL MOTOR DRIVE MODULE, 3A	4	1	1	0	1	0	2	1	2	1	13	Importante
93	EM	FPX2-3-20-0	PROGRAMMED MEMORY CARD	2	2	0	0	1	0	2	1	2	1	11	Regular
94	EM	SEP-3-29	TM41 MODULE	4	1	0	0	0	0	2	2	1	1	11	Regular
95	EM	SEP-3-83	MOTOR, SERVO, 3000RPM	4	2	1	0	0	1	2	2	1	1	14	Importante
96	EM	SEP-3-84	MOTOR, SERVO, 6000RPM	4	1	1	0	0	0	2	2	1	1	12	Regular
97	EM	SEP-3-94	ENCODER, 34 BIT W/ DRIVE	4	1	0	0	0	0	2	1	1	1	10	Regular
98	EM	SEP-3-96	CABLE, DRIVE-CLIQ, 10M	4	1	0	0	0	0	2	1	1	0	9	Regular
99	EM	SEP-3-97	CABLE, DRIVE-CLIQ, 2.6M	4	1	0	0	0	0	2	1	1	0	9	Regular
100	EM	SEP-3-98	F-CPU INTERFACE, 128MB MEMORY	2	1	0	0	0	0	2	1	1	0	7	Opcional
101	EM	SEP-3-99	MODULE, POWER, 24VDC	4	1	1	0	0	0	2	1	1	0	10	Regular
102	EM	SEP-3-12	STANDARD OUTPUT MODULE	4	1	1	0	0	0	1	1	1	0	9	Regular
103	EM	SEP-3-436	1 HP MOTOR	4	2	1	0	0	1	0	2	0	1	11	Regular

Tabla 5.2.3: Importancia crítica de Sistemas de Electromecánicos

5.2.3.4. Sistemas de Electro-Neumáticos EN

Dichos componentes tienen como función principal controlar los actuadores neumáticos encargados del rechazo y selección de envases de forma sincronizado a la salida de la FPX2. Los actuadores responden a condiciones lógicas de señales entradas y salidas a través de sensores ubicados a la entrada y salida de la máquina y conectados a un módulo MIOTB de Entradas y Salidas 24 VDC marca Siemens modelo ET 200S.

A continuación el listado de las partes, codificación y evaluación de partes de EN según la ponderación de criticidad de acuerdo a la tabla 4.1.

Item	Parte	Codificación	Descripción	Ponderación								Total	Escala de Referencia		
				1	2	3.a	3.b	3.c	4	5	6			7	8
104	EN	SEP-3-100	MODULE, TERMINAL, POWER	4	1	1	0	0	0	2	1	1	1	11	Regular
105	EN	SEP-3-401	TERMINAL, UNIVERSAL	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	3	Opcional
106	EN	SEP-3-402	MODULE, TERMINAL	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	5	Opcional
107	EN	SEP-3-403	MODULE, 24VDC	4	1	0	0	0	0	0	1	0	1	7	Opcional
108	EN	FPX2-3-23-0	MEMORY CARD, PROG	4	1	0	0	0	0	0	1	0	0	6	Opcional
109	EN	SEP-3-36	HIGH FEATURE PROFIBUS MODULE	4	1	1	0	0	0	0	1	0	0	7	Opcional
110	EN	SEP-3-13	POWER MODULE, PM-E, 24VDC	4	1	1	0	1	0	0	1	0	0	8	Regular
111	EN	SEP-3-11	STANDARD INPUT MODULE	4	1	1	0	0	0	0	1	0	0	7	Opcional
112	EN	SEP-3-38	HI-FEATURE INPUT MOD.,24-48VDC	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	6	Opcional
113	EN	SEP-3-39	HI-FEATURE OUTPUT MOD,24V/0.SA	2	1	1	0	1	0	0	1	0	0	6	Opcional
114	EN	SEP-3-15	RELAY MODULE	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	4	Opcional
115	EN	SEP-3-123	ANALOG OUTPUT MODULE-S MODULE	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	5	Opcional
116	EN	SEP-3-405	MODULE, ANALOG INPUT	2	1	1	0	0	1	0	0	0	0	5	Opcional
117	EN	SEP-3-407	VALVE 5 PORT	2	1	1	1	0	1	1	0	0	1	8	Regular
118	EN	SEP-3-408	VALVE 5 PORT	2	1	0	0	0	0	0	0	2	1	6	Opcional
119	EN	SEP-3-410	CABLE, FEMALE	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	Opcional
120	EN	FPX2-4-028-GR02	SENSOR ASSY, CLEAR-OBJECT	2	1	0	1	1	0	0	1	0	0	6	Opcional
121	EN	SEP-3-404	MONITOR, LCD TOUCH	4	1	0	1	0	0	0	2	1	1	10	Regular
122	EN	SEP-3-413	OPTO ISOLATOR	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	Opcional
123	EN	SEP-3-414	OPTO ISOLATOR	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	Opcional
124	EN	SEP-3-411	CABLE, 12-PIN, 2M LENGTH	4	1	1	0	0	0	0	1	0	1	8	Regular
125	EN	SEP-3-412	MULTIBOX 4 PORT PNP	2	1	1	0	0	0	0	1	0	0	5	Opcional
126	EN	FPX2-4-01-GR01	10FT CABLE, HMI VIDEO	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Opcional
127	EN	FPX2-4-02-GR01	3M, INTERNAL, HMI USB CABLE	2	1	0	0	0	0	0	0	0	1	4	Opcional

Tabla 5.2.4: Importancia crítica de Sistemas de Electro neumáticos.

5.2.4. Selección de Partes para el Mantenimiento Preventivo

Del resultado de ponderación de la tabla de clasificación de criticidad se determina que las partes que entrarían al plan de mantenimiento serán todas las partes con un resultado mayor a 7, es decir que este en la escala de referencia de Regular a Importante. La tabla 5.2.5 muestra la lista de las diferentes partes agrupadas por sección seleccionados para el mantenimiento preventivo.

Item	Part	Codificacion	Descripcion	Ponderacion										Escala de Referencia	Se incluye en P.M.	
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
9	EV	FPX2-2-125	Guia Riel de Entrada	4	2	1	0	0	2	2	0	0	1	12	Regular	Si
10	EV	FPX2-2-126	Guia Riel de Salida	2	1	1	0	0	1	2	0	0	1	8	Regular	Si
12	EV	FPX2-2-74	Placa de deslizamiento estacion 1	4	1	0	1	0	2	2	1	0	0	11	Regular	Si
13	EV	FPX2-2-75	Placa de deslizamiento estacion 2	4	1	0	1	0	1	1	1	0	0	9	Regular	Si
14	EV	FPX2-2-76	Placa de deslizamiento estacion 3	4	1	0	1	0	2	1	1	0	0	10	Regular	Si
19	EV	FPX2-2-87	Guia Riel Estacion 2	2	1	1	1	0	1	2	1	0	1	10	Regular	Si
20	EV	FPX2-2-67-0	Rueda de Rotacion lateral 4"	4	2	1	1	0	2	2	2	0	1	15	Importante	Si
21	EV	FP20-17-710	Rueda de Rotacion lateral 2"	4	1	1	1	0	1	2	2	0	1	13	Importante	Si
22	EV	SID-2-02B-GR28	Rueda Estrella altura max 9"	4	2	1	1	0	1	1	2	0	1	13	Importante	Si
23	EV	FP20-17-046-GR01	Brazo empujador Estandar	4	2	0	0	0	2	2	2	0	1	13	Importante	Si
24	EV	SID-2-02B-GR29	Rueda Estrella altura max 4"	2	1	0	1	0	1	2	2	0	1	10	Regular	Si
26	EV	SID-2-268-100	Segmento superior 1"	2	2	1	1	0	2	1	0	0	1	10	Regular	Si
27	EV	SID-2-268-102	Segmento superior 1 1/64"	2	2	1	1	0	2	1	0	0	1	10	Regular	Si
28	EV	SID-2-268-114	Segmento superior 1 9/64"	2	1	0	1	0	2	1	0	0	1	8	Regular	Si
38	EV	SID-2-215-220	Segmento del cuerpo 2 13/64"	2	2	1	1	0	2	1	0	0	1	10	Regular	Si
39	EV	SID-2-215-222	Segmento del cuerpo 2 7/32"	2	2	1	1	0	2	1	0	0	1	10	Regular	Si
40	EV	SID-2-215-289	Segmento del cuerpo 2 57/64"	2	1	1	1	0	1	1	0	0	1	8	Regular	Si
47	SI	IPS-3-03-GR19	MCU LINUX SERVER	4	2	0	1	0	0	2	2	1	0	12	Regular	Si
48	SI	IPU3-3-02-GR02	IPU3 CABINET ASSEMBLY	4	2	1	1	0	1	2	2	1	1	15	Importante	Si
49	SI	IPU3-3-09-GR01	MACHINE I/O INTERFACE ASSY	4	1	0	1	0	0	2	2	0	1	11	Regular	Si
50	SI	IPU-4-31-0	RIGEL CAMERA CONT.W/LABEL	2	2	1	1	0	0	1	2	0	0	9	Regular	Si
51	SI	IPU3-3-07-GR01	PRIMARY CAMERA ADAPTER ASSY	2	2	1	1	0	2	1	2	0	1	12	Regular	Si
52	SI	IPU3-3-08-GR01	SECONDARY CAMERA ADAPTER ASSY	2	1	0	1	0	1	1	2	0	1	9	Regular	Si
53	SI	IPU-4-020-GR01	IPS IK CAMERA ASSY	2	2	1	1	0	1	1	2	0	1	11	Regular	Si
54	SI	IPU3-4-011-GR01	CABLE, EX. DAUGHTERCARD	2	1	1	1	0	0	1	2	0	0	8	Regular	Si
55	SI	IPU3-4-012-GR01	CABLE, EXP. DAUGHTERBOARD	2	1	1	1	0	0	1	2	0	0	8	Regular	Si
57	SI	BHA-2-02-GR10	BHA LIGHT ASSY, NX GR14 USE	2	1	0	1	0	0	1	2	0	1	8	Regular	Si
60	SI	FTA-2-02-GR12	FTA MAIN HEAD ASSY	4	3	0	1	0	1	2	2	0	1	14	Importante	Si
61	SI	SSD-2-07-GR05	LED BACKLIGHT ASSY, TALL FP/FPX	4	2	0	1	0	1	2	2	0	1	13	Importante	Si
64	SI	CID4-2-03-GR03	LED LENS ASSY W / K2 DIODE	4	2	1	1	0	1	1	2	0	0	12	Regular	Si
65	SI	CID4-2-02-GR01	CID4 PICK-UP ASSEMBLY	2	2	0	1	0	0	2	2	0	1	10	Regular	Si
66	SI	IPU3-3-01-GR12	IPU LAMP POWER CARD	4	1	1	1	0	0	2	2	0	1	12	Regular	Si
67	SI	OPG-2-01-GR01	OPG MAIN MECHANICAL, RH	4	3	0	1	0	0	2	2	0	1	13	Importante	Si
68	SI	DCD-1-01-GR03	DIGITAL CHECK DETECTION NN	4	3	1	1	0	1	2	2	0	1	15	Importante	Si
69	EM	FPX2-2-30	GEARHEAD, ULTRA-TRUE	4	2	1	0	1	0	2	1	2	1	14	Importante	Si
74	EM	FPX2-2-66	GEARBOX	4	1	1	0	0	0	2	2	2	1	13	Importante	Si
88	EM	SEP-3-80	PROGRAMMABLE CONTROLLER	4	2	0	0	1	0	2	0	2	0	11	Regular	Si
89	EM	SEP-3-81	MODULE, S120 SMART LINE	4	1	0	0	1	0	2	1	2	1	12	Regular	Si
90	EM	SEP-3-32	SINAMICS SGL MOTOR MODULE 18A	4	2	0	0	1	0	2	1	2	1	13	Importante	Si
91	EM	SEP-3-33	MODULE, SINGLE MOTOR DRIVE 3A	4	1	0	0	1	1	2	1	2	1	13	Importante	Si
92	EM	SEP-3-47	DBL MOTOR DRIVE MODULE, 3A	4	1	1	0	1	0	2	1	2	1	13	Importante	Si
93	EM	FPX2-3-20-0	PROGRAMMED MEMORY CARD	2	2	0	0	1	0	2	1	2	1	11	Regular	Si
94	EM	SEP-3-29	TM41 MODULE	4	1	0	0	0	0	2	2	1	1	11	Regular	Si
95	EM	SEP-3-83	MOTOR, SERVO, 3000RPM	4	2	1	0	0	1	2	2	1	1	14	Importante	Si
96	EM	SEP-3-84	MOTOR, SERVO, 6000RPM	4	1	1	0	0	0	2	2	1	1	12	Regular	Si
97	EM	SEP-3-94	ENCODER, 34 BIT W/ DRIVE	4	1	0	0	0	0	2	1	1	1	10	Regular	Si
98	EM	SEP-3-96	CABLE, DRIVE-CLIQ, 10M	4	1	0	0	0	0	2	1	1	0	9	Regular	Si
99	EM	SEP-3-97	CABLE, DRIVE-CLIQ, 2.6M	4	1	0	0	0	0	2	1	1	0	9	Regular	Si
101	EM	SEP-3-99	MODULE, POWER, 24VDC	4	1	1	0	0	0	2	1	1	0	10	Regular	Si
102	EM	SEP-3-12	STANDARD OUTPUT MODULE	4	1	1	0	0	0	1	1	1	0	9	Regular	Si
103	EM	SEP-3-436	1 HP MOTOR	4	2	1	0	0	1	0	2	0	1	11	Regular	Si
104	EN	SEP-3-100	MODULE, TERMINAL, POWER	4	1	1	0	0	0	2	1	1	1	11	Regular	Si
110	EN	SEP-3-13	POWER MODULE, PM-E, 24VDC	4	1	1	0	1	0	0	1	0	0	8	Regular	Si
117	EN	SEP-3-407	VALVE 5 PORT	2	1	1	1	0	1	1	0	0	1	8	Regular	Si
121	EN	SEP-3-404	MONITOR, LCD TOUCH	4	1	0	1	0	0	0	2	1	1	10	Regular	Si
124	EN	SEP-3-411	CABLE, 12-PIN, 2M LENGTH	4	1	1	0	0	0	0	1	0	1	8	Regular	Si

Tabla 5.2.5: Lista de partes que ingresaran al P.M

5.2.5. Determinación de Frecuencia de las actividades del M. P.

Se contempla realizar el servicio de mantenimiento preventivo a las partes seleccionadas de acuerdo a los resultados de la evaluación de criticidad. Además deberá programarse según la frecuencia y duración de dichos servicios según lo descrito en la sección 4.5.4, los mismos que se realizarán según la función que cumple cada equipo dando como resultado las tablas a Continuación

Codigo	Actividad	Frecuencia				
		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Equipo Variable						
	Remover y limpiar las partículas de vidrio sobre la mesa y placa de deslizamientos	X				
	Inspeccionar estado de las guías de entrada y ajuste mecánico (1/8" entre envase y la guía)	X				
	Inspeccionar estado de las guías de salida		X			
E V-FPX2	Revisar signos de desgaste en los segmentos superiores de la Estrella	X				
EV-FP20	Revisar signos de desgaste en los segmentos inferiores de la Estrella	X				
EV-SID	Revisar estado de los rodamientos de los segmentos		X			
	Inspeccionar estado de rueda lateral 4" y 2"	X				
	Verificar la operación de la rueda lateral: deflección min 2 mm max 5 mm		X			
	Inspeccionar estado de las placas de deslizamiento desde la estación 1 a la 5	X				
	Inspeccionar estado de las rieles de la FPX2 desde la estación 1 a la 5		X			
	Inspeccionar estado de brazo empujador: Tensión de resorte y brazo			X		
	Revisar alineación de las piernas de la estrella.				X	

Tabla 5.2.6: Frecuencia de las actividades M.P. de Equipos Variables

Codigo	Actividad	Frecuencia				
		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
Sistema de Inspeccion						
	Pasar muestras de envases con defectos para verificar el funcionamiento de inspeccion.	X				
	Limpia el filtro del IPU3		X			
	Cambiar el filtro de IPU3					X
	Revisar las alarmas de la pantalla IPS y en caso presentarse una tomar acción para determinar la causa de la alarma	X				
SI-IPS	Sopletear con aire seco comprimido la parte interna del IPU3					X
SI-IPU	Verificar intensidad de Laser del FTA				X	
	Limpieza de lentes del FTA y OTG			X		
	Limpieza de Fuente de Luz del BHA y OPG		X			
	Limpieza de fuente de Luz SWA CID4 y SVC			X		
	Revisión del historico de eventos del servidor MCU			X		
	Revisar estado de ventiladores del MCU, LEDs de status				X	
	Limpieza del MCU con aire seco					X

Tabla 5.2.7: Frecuencia de las actividades M.P. de Sistemas de Inspección

Codigo	Actividad	Frecuencia				
		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
	Sistema Electro Mecanico					
EM-FPX2 EM-SEP	Verificar el funcionamiento del sensor de atasco en la entrada	X				
	Bloquear el ingreso de envases, poner en marcha la a maxima velocidad programado y escuchar si existe un excesivo o inusual ruido que indique una posible averia o mal funcionamiento.		X			
	Verificar los parametros de control de Torque en los servomotores de entrada, salida e indexor					
	Inspeccionar la faja serpetin dentada de las ruedas de rotacion lateral.				X	
	Limpiar los 2 filtros de aire laterales del cabinet electrico de la FPX2			X		
	Cambiar los 2 filtros de aire laterales del cabinet electrico de la FPX2					X
	Cambiar sistema de rodamientos del eje indexor					X
	Inspeccionar el estado de los rodamientos de las cajas de transmision de los tomillos sinfin de entrada y salida					X
Inspeccionar las fajas dentadas de las cajas de transmision de los tomillos sinfin de entrada y salida				X		

Tabla 5.2.8: Frecuencia de las actividades M.P.de sistemas Electromecánico

Codigo	Actividad	Frecuencia				
		Diario	Semanal	Mensual	Trimestral	Anual
	Sistema Electro Neumatico					
EN-SEP	Verificar la presion de ingreso al sistema neumatico: min 55 psi max 65		X			
	Inspeccionar los cables y conexiones neumaticos		X			
	Verificar la operacion correcta de los sensores de entrada y salida		X			
	Inspecciona rel sistema de tension neumatico de la faja serpetin. Mover los platos tesadores al centro de la maquina y luego permitir que los platos regresen a su posicion original. Lubricar las guias-riel.			X		
	Liberar lentamente la valvula de desfogue del panel neumatico auxiliar para liberar de agua condensada.			X		
	Liberar lentamente la valvula de desfogue de la valvula principal de regulacion de presion del sistema neumatico para liberar de agua condensada.			X		

Tabla 5.2.9: Frecuencia de las actividades M.P.de sistemas Electro-Neumático

5.3. GESTIÓN ECONÓMICA DEL MANTENIMIENTO

5.3.1. Estimación de Costos de Producción y Ventas.

Teniendo en cuenta que el volumen de producción varia mes a mes debido a las características de los envases, para realizar la justificación económica de la elaboración del mantenimiento preventivo. Se consideró las siguientes características del programa de producción anual del homo 9 de Rio de Janeiro:

- Volumen de producción constante en las 3 líneas: 900 BPM
- Eficiencia promedio de producción anual 90%
- Venta por tonelada de botellas \$USD 500.00
- 100% de la producción es vendido lo que no genera inventario de producción. Costo de producción y costo de ventas va a estar integrado por los costos del mes únicamente.

Recopilando la información en la tabla 5.3.1 con valores anuales tenemos:

Descripción	Valor	Unidad
Líneas de producción	3	Und
Velocidad x Línea de producción	300	BPM
Total x minuto	900	BPM
Total x día	1296000	BPD
Eficiencia de producción	0.9	100%
Total al año	419904000	Botellas
Peso promedio de los envase	0.28	Kg
Toneladas vendida al año	117573.12	Ton
Precio de tonelada vendido	\$500.00	\$/Ton
Producción vendida Anual	\$58,786,560.00	\$USD
Precio por envase vendido	\$0.14	\$USD

Tabla 5.3.1: Estimación de costos de producción y ventas.

De los valores estimados resulta que la venta por envase fabricado de 0.28 Kg es \$USD 0.14.

En la sección 5.2.2 se vio que el tiempo de paradas no programadas por reparación es de 15% promedio mensual, considerando que ello es directamente proporcional a los envases retenidos (ER) por baja confiabilidad de inspección o simplemente no fueron inspeccionados del total de envases producidos.

Los envase retenidos pasa a un reproceso de inspección y/o auditoria del cual se recupera aproximadamente 65% de ER y la diferencia se convierte en las perdidas por fallas en los equipos. La tabla 5.3.2 los costos aproximados por fallas en las máquinas de inspección.

Descripción	Valor	Unidad
% Paradas no programadas	15	%
Cantidad de Envases Retenidos (ER)	62985600	BPM
% Envases ER Rechazados (%ERR)	35	%
Cantidad de ERR	22044960	BPD
Costo de ERR	\$3,086,294.40	\$USD

Tabla 5.3.2: Estimación de costos por paradas no programados.

Siendo el costo estimado por fallas en las líneas de inspección de **\$USD 3,086,294.40**

5.3.2. Costo estimado de los repuestos usados

Debido a que las maquinas salieron al mercado a fines del 2011 solo se tiene registro de los repuestos de mayor uso y el cual fueron sometidos al evaluación de criticidad (sección 5.2.3) y seleccionado solo las partes que entrarían al P.M.P. sección 5.2.4., las cantidades totales al año son para soportar 9 máquinas FPX2.

Repuestos de Equipo Variable:

Item	Parte	Codificacion	Descripcion	Costo Unitario \$USD	Cantidad Total al Años	Total USD x Año
9	EV	FPX2-2-125	Guia Riel de Entrada	\$278.51	12	\$ 3,342.12
10	EV	FPX2-2-126	Guia Riel de Salida	\$238.80	4	\$ 955.20
12	EV	FPX2-2-74	Placa de deslizamiento estacion 1	\$106.52	18	\$ 1,917.36
13	EV	FPX2-2-75	Placa de deslizamiento estacion 2	\$106.52	12	\$ 1,278.24
14	EV	FPX2-2-76	Placa de deslizamiento estacion 3	\$63.92	18	\$ 1,150.56
19	EV	FPX2-2-87	Guia Riel Estacion 2	\$216.92	24	\$ 5,206.08
20	EV	FPX2-2-67-0	Rueda de Rotacion lateral 4"	\$48.06	36	\$ 1,730.16
21	EV	FP20-17-710	Rueda de Rotacion lateral 2"	\$6.42	24	\$ 154.08
22	EV	SID-2-02B-GR28	Rueda Estrella altura max 9"	\$2,750.70	3	\$ 8,252.10
23	EV	FP20-17-046-GR01	Brazo empujador Estandar	\$510.14	24	\$ 12,243.36
24	EV	SID-2-02B-G R29	Rueda Estrella altura max 4"	\$2,747.72	3	\$ 8,243.16
26	EV	SID-2-268-100	Segmento superior 1"	\$15.07	120	\$ 1,808.40
27	EV	SID-2-268-102	Segmento superior 1 1/64"	\$15.07	120	\$ 1,808.40
28	EV	SID-2-268-114	Segmento superior 1 9/64"	\$9.38	10	\$ 93.80
38	EV	SID-2-215-220	Segmento del cuerpo 2 13/64"	\$18.23	96	\$ 1,750.08
39	EV	SID-2-215-222	Segmento del cuerpo 2 7/32"	\$18.23	96	\$ 1,750.08
40	EV	SID-2-215-289	Segmento del cuerpo 2 5/64"	\$12.72	96	\$ 1,221.12

Total \$ **52,904.30**

Tabla 5.3.3: Costos de repuestos de Equipo Variable

Repuestos Sistema Electro-Neumático

Item	Parte	Codificacion	Descripcion	Costo Unitario \$USD	Cantidad Total al Años	Total USD x Año
104	EN	SEP-3-100	MODULE, TERMINAL, POWER	\$35.68	0.5	\$ 17.84
110	EN	SEP-3-13	POWER MODULE, PM-E, 24VDC	\$12.11	0.5	\$ 6.06
117	EN	SEP-3-407	VALVE 5 PORT	\$63.44	0.666667	\$ 42.29
121	EN	SEP-3-404	MONITOR, LCD TOUCH	\$724.19	1	\$ 724.19
124	EN	SEP-3-411	CABLE, 12-PIN, 2M LENGTH	\$61.48	0.666667	\$ 40.99

Total \$ **831.37**

Tabla 5.3.4: Costos de repuestos de Electro-Neumáticos

Repuestos de Sistemas de Inspección

Item	Parte	Codificacion	Descripcion	Costo Unitario \$USD	Catidad Total al Años	Total USD x Año
47	SI	IPS-3-03-GR19	MCU LINUX SERVER	\$1,548.30	0.5	\$ 774.15
48	SI	IPU3-3-02-GR02	IPU3 CABINET ASSEMBLY	\$3,761.81	1	\$ 3,761.81
49	SI	IPU3-3-09-GR01	MACHINE I/O INTERFACE ASSY	\$385.60	1	\$ 385.60
50	SI	IPU-4-31-0	RIGEL CAMERA CONT.W/LABEL	\$2,880.77	1	\$ 2,880.77
51	SI	IPU3-3-07-GR01	PRIMARY CAMERA ADAPTER ASSY	\$1,243.80	2	\$ 2,487.60
52	SI	IPU3-3-08-GR01	SECONDARY CAMERA ADAPTER ASSY	\$396.42	2	\$ 792.84
53	SI	IPU-4-020-GR01	IPS IK CAMERA ASSY	\$1,036.07	8	\$ 8,288.56
54	SI	IPU3-4-011-GR01	CABLE, EX. DAUGHTERCARD	\$64.67	2	\$ 129.34
55	SI	IPU3-4-012-GR01	CABLE, EXP. DAUGHTERBOARD	\$73.52	2	\$ 147.04
57	SI	BHA-2-02-GR10	BHA LIGHT ASSY, NX GR14 USE	\$921.47	4	\$ 3,685.88
60	SI	FTA-2-02-GR12	FTA MAIN HEAD ASSY	\$6,191.33	1.5	\$ 9,287.00
61	SI	SSD-2-07-GR05	LED BACKLIGHT ASY, TALL FP/FPX	\$1,045.39	8	\$ 8,363.12
64	SI	CID4-2-03-GR03	LED LENS ASSY W / K2 DIODE	\$1,034.42	1	\$ 1,034.42
65	SI	CID4-2-02-GR01	CID4 PICK-UP ASSEMBLY	\$1,242.93	1	\$ 1,242.93
66	SI	IPU3-3-01-GR12	IPU LAMP POWER CARD	\$657.62	1	\$ 657.62
67	SI	OPG-2-01-GR01	OPG MAIN MECHANICAL, RH	\$11,295.75	0.666667	\$ 7,530.50
68	SI	DCD-1-01-GR03	DIGITAL CHECK DETECTION NN	\$17,000.00	1.5	\$ 25,500.00

Total	\$ 76,949.18
--------------	---------------------

Tabla 5.3.5: Costos de repuestos de Sistemas de Inspección

Repuestos Sistema Electro-Mecánico

Item	Parte	Codificacion	Descripcion	Costo Unitario \$USD	Catidad Total al Años	Total USD x Año
69	EM	FPX2-2-30	GEARHEAD, ULTRA-TRUE	\$3,233.06	0.5	\$ 1,616.53
74	EM	FPX2-2-66	GEARBOX	\$975.14	0.5	\$ 487.57
88	EM	SEP-3-80	PROGRAMMABLE CONTROLLER	\$1,813.42	0.5	\$ 906.71
89	EM	SEP-3-81	MODULE, 5120SMART LINE	\$720.19	0.5	\$ 360.10
90	EM	SEP-3-32	SINAMICS SGL MOTOR MODULE 18A	\$1,333.94	0.5	\$ 666.97
91	EM	SEP-3-33	MODULE, SINGLE MOTOR DRIVE 3A	\$815.21	0.5	\$ 407.61
92	EM	SEP-3-47	DBL MOTOR DRIVE MODULE, 3A	\$818.22	0.5	\$ 409.11
93	EM	FPX2-3-20-0	PROGRAMMED MEMORY CARD	\$2,391.75	0.5	\$ 1,195.88
94	EM	SEP-3-29	TM41 MODULE	\$224.70	0.5	\$ 112.35
95	EM	SEP-3-83	MOTOR, SERVO, 3000RPM	\$2,316.41	1	\$ 2,316.41
96	EM	SEP-3-84	MOTOR, SERVO, 6000RPM	\$821.96	1	\$ 821.96
97	EM	SEP-3-94	ENCODER, 34 BIT W/ DRIVE	\$884.92	1	\$ 884.92
98	EM	SEP-3-96	CABLE, DRIVE-CLIQ, 10M	\$132.68	1	\$ 132.68
99	EM	SEP-3-97	CABLE, DRIVE-CLIQ, 2.6M	\$100.11	1	\$ 100.11
101	EM	SEP-3-99	MODULE, POWER, 24VDC	\$394.46	0.5	\$ 197.23
102	EM	SEP-3-12	STANDARD OUTPUT MODULE	\$31.22	0.5	\$ 15.61
103	EM	SEP-3-436	1 HP MOTOR	\$2,480.17	1	\$ 2,480.17

Total	\$ 13,111.91
--------------	---------------------

Tabla 5.3.6: Costos de repuestos de Electromecánicos

5.3.3. Costo de Mantenimiento Preventivo

Una vez seleccionado las actividades de M.P. a realizar (Sección 5.2.5) agrupamos los trabajos de acuerdo a los tiempos que tomaría dichas actividades según lo descrito en la sección 4.5.4, e incluimos los costos de mano de obra de acuerdo a la tabla 5.3.7:

Actividad	Frecuencia	Costo de Mano de Obra x Horas-Hombre	Costo de Horas de Producción
Operación	Diario y/o semanal	Operario: \$6.00 Técnico de Turno: \$ 8.00	No impacta
Parada	Mensual y/o Trimestral	Técnico de Turno: \$ 8.00 Líder de Cambio: \$10.00	(Minutos)x(BPM)x(Eficiencia)x(Precio por botella)*
Renovación	Trimestral y/o Anual	Técnico de Turno: \$ 8.00 Líder de Cambio: \$10.00 Especialista\$40.00	(Minutos)x(BPM)x(Eficiencia)x(Precio por botella)*

Tabla 5.3.7: Costos estimado de Mano de Obra e impacto de parada

A continuación se presenta los costos estimados para realizar un mantenimiento preventivo en la FPX2, clasificados las partes por función que desempeñan e incluyendo los costos operacionales.

Maquina / Equipo: Código:		Frecuencia	FPX2								
Parte	Actividad		Unid	M.Obra	Herram.	Material	Rep.	Hs Prod.*	Sub. Total	N°veces	Total x Año
EQUIPO VARIABLE:	Operación	1 d	8	0	0	0	0	8	360	2880.00	
	Parada	1 M	54	5	0	702.657	20412	21173.66	12	254083.88	
	Renovación	3 M	228	10	20	11118.1	40824	52200.11	4	208800.43	
SISTEMAS DE INSPECCION IPS	Operación	1 d	8	0	0	0	0	8	360	2880.00	
	Parada	3 M	18	100		14325.4	6804	21247.37	4	84989.47	
	Renovación	12 M	76	200	100	19647.7	13608	33631.71	1	33631.71	
SISTEMA ELETROMECANICO	Operación	7 d	8	0	0	0	0	8	51.43	411.43	
	Parada	4 M	36	0	50	2281.42	6804	9171.42	3	27514.25	
	Renovación	12 M	138	200	100	6305.23	20412	27155.23	1	27155.23	
SISTEMA ELECTRO-NEUMATICO	Operación	7 d	8	0	0	0	0	8	51.43	411.43	
	Parada	4 M	9	100	50	35.725	3402	3596.73	3	10790.18	
	Renovación	12 M	18	200	100	724.19	6804	7846.19	1	7846.19	
Hs Prod. = El tiempo valorizado de producción utilizado en M Prev. Total General									Total General	\$661,394.18	

Tabla 5.3.8: Costos estimado anual de Mantenimiento Preventivo

Como resultado se obtiene que el costo de mantenimiento representa aproximadamente el 79% de ahorro en las potenciales perdidas generados por paradas no programados.

CONCLUSIONES

1. Considerando que se realizó lo siguiente:

- 1°. Se recolectó el reporte de fallas que quincenalmente almacena el servidor MCU y estos pasados manualmente a una tabla Excel para un registro mensual y análisis de fallas para determinar la oportunidad de la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo. Esto está mostrado en los puntos 5.2.1 y 5.2.2.
- 2°. Se clasificaron y agruparon las partes por función que desempeñan siendo: Equipo Variable, Sistemas de Inspección, Sistemas Electro-Mecánicos y Sistemas Electro-Neumáticos, para luego realizar una evaluación de criticidad de cada una de estas partes para determinar que componentes ingresaran al P.M.P, lo cual se muestra en el punto 5.2.3 y 5.2.4.
- 3°. Se estimaron los costos del mantenimiento preventivo basado en valores promedios anuales de producción y los gastos por repuestos de las diferentes partes y costos de operación, determinado la viabilidad económica del plan de mantenimiento preventivo. Esto está mostrado en el punto 5.3.

Se concluye lo siguiente:

Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo para las máquinas de inspección automática de rotación discreta de envases de vidrio, modelo FPX2, orientado a optimizar la disponibilidad de la máquina para la producción, dentro de los límites de seguridad. Describiendo las actividades agrupadas por función que desempeñas según frecuencia de cada actividad.

Este enunciado constituye la tesis, materia del presente informe de suficiencia.

2. La elaboración de este plan de mantenimiento preventivo permitirá implantar un procedimiento de mantenimiento tecnificado, el cual a través del tiempo se irá mejorando y acumulando mayor experiencia que redundara en beneficio de la empresa al mantener las operaciones con el menor número de horas de operación paradas.
3. El costo estimado del mantenimiento preventivo representa aproximadamente el 79% de ahorro sobre perdidas calculados por paradas no programados y/o envases retenidos (ER) por baja confiabilidad de inspección o simplemente no fueron inspeccionados del total de envases producidos.

RECOMENDACIONES

1. Difundir este plan de mantenimiento preventivo en las plantas de O-I que cuenten con líneas de inspección con máquinas FPX2, con el propósito de recopilar información de fallas de estos equipos, tiempos de mantenimiento, y costos asociados al mantenimiento. Con el propósito de enriquecer progresivamente este plan en beneficio de la empresa.
2. Realizar el seguimiento del desarrollo del plan de mantenimiento, evaluando las mejoras y no mejoras obtenidas sobre disponibilidad de la máquina, siendo necesario cuantificar dicha información para medir el avance y trabajar sobre los resultados.
3. Luego de cada mantenimiento capacitar o informar al personal operativo sobre las causas que generaron la intervención de modo que eviten maniobras que ocasionaron el deterioro o la falla del equipo.
4. Enviar la propuesta de replanteo de mantenimiento preventivo al personal de Sistemas de Inspección en la casa matriz para su revisión y retroalimentación global.

BIBLIOGRAFÍA

1. Díaz Navarro Juan - Técnicas de Mantenimiento Industrial -Escuela Politécnica Superior-Algeciras Universidad de Cadiz
2. Norma UNE-EN 13460: 2003 Documentos para el Mantenimiento.
3. Norma UNE-EN 13306: 2002 Terminología del mantenimiento.
4. Norma UNE-EN 13460: 2009 Documentos para el Mantenimiento.
5. Norma UNE-EN 13306: 2003 Contratos de mantenimiento.
6. "Contratación Avanzada del Mantenimiento", Francisco Javier González
7. Norma Internacional ISO 9001:2000 "Sistemas de Gestión de la Calidad-
8. Ted Thompson (2006) Product Handling & Bottle Handling Guide.

