



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
**DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**COORDINACIÓN DE INGENIERIA MECÁNICA**

**DESARROLLO, PLANIFICACIÓN Y DESPLIEGUE DE PLAN DE MANTENIMIENTO  
PARA PLANTA ENVASADORA ENFOCADO EN MEJORA DE RENDIMIENTO**

Por:

Br. David Alejandro Rodríguez Rojas

INFORME DE PASANTÍA

Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar

Como requisito parcial para optar al título de

Ingeniero Mecánico

**Sartenejas, Diciembre de 2016**



UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR  
**DECANATO DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**COORDINACIÓN DE INGENIERIA MECÁNICA**

**DESARROLLO, PLANIFICACIÓN Y DESPLIEGUE DE PLAN DE MANTENIMIENTO  
PARA PLANTA ENVASADORA ENFOCADO EN MEJORA DE RENDIMIENTO**

Por:

Br. David Alejandro Rodríguez Rojas

Realizado con la asesoría de:

Tutor Académico: Prof. Gerardo Febres

Tutor Industrial: Ing. Tatihana Porras

INFORME DE PASANTÍA

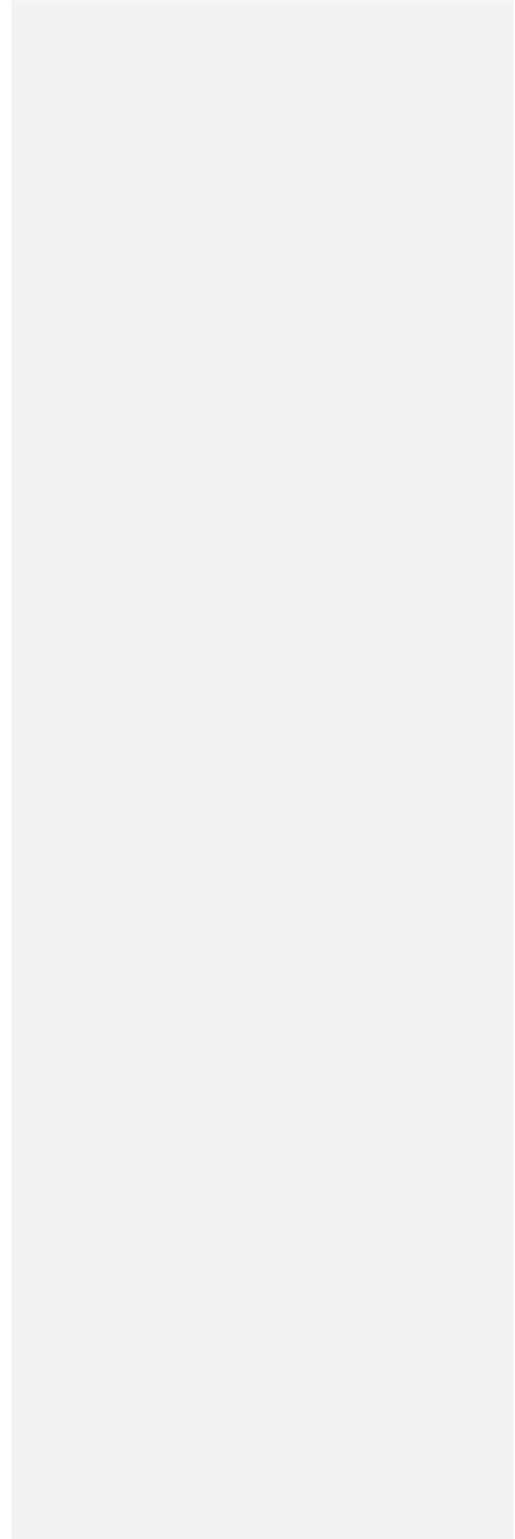
Presentado ante la Ilustre Universidad Simón Bolívar

Como requisito parcial para optar al título de

Ingeniero Mecánico

**Sartenejas, Diciembre de 2016**

**ACTA DE EVALUACION**



## **DESARROLLO, PLANIFICACIÓN Y DESPLIEGUE DE PLAN DE MANTENIMIENTO PARA PLANTA ENVASADORA ENFOCADO EN MEJORA DE RENDIMIENTO**

Elaborado por:

Br. David Alejandro Rodríguez Rojas

### **RESUMEN**

Un plan de mantenimiento en cualquier planta productiva es fundamental para mantener niveles óptimos de eficiencia y confiabilidad, con esto en cuenta Procter & Gamble (P&G) decidió desplegar un plan completo de mantenimiento para su planta contratista envasadora de champú. En este trabajo se diseñó y aplicó dicho plan de mantenimiento enfocado en la mejora de rendimiento de una línea de producción. El plan fue diseñado y llevado a cabo siguiendo pasos establecidos en la metodología DMAIC y bajo tres pilares fundamentales:

- Un **programa de mantenimiento autónomo** para generar conocimiento y cultura de mantenimiento en los operadores, identificar y eliminar defectos y dejar establecidos protocolos de limpieza y lubricación.
- Un **programa de mantenimiento progresivo** enfocado en devolver los equipos a condiciones básicas, establecer una hoja de ruta clara sobre que mantenimientos realizar (y cuando realizarlos), dejar formatos y estándares establecidos y generar capacidad de mejora continua enfocada en lograr el eventual objetivo de cero averías.
- Un **proceso de mejora de herramientas** enfocado en generar eficiencia en los procesos establecidos, utilizar herramientas existentes y generar resultados y entregar ahorros al mismo tiempo, basado en el rediseño del sistema de identificación de paradas, la metodología de adquisición y manejo de defectos y la carga de información al sistema SAP.

El programa desarrollado se basó en la filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM) siguiendo estándares y definiciones establecidas por P&G en su filosofía de Sistema de Trabajo integrado (IWS). Luego de implementado, disminuyeron en 10 puntos porcentuales las razones de paradas no identificadas y se desplegó una hoja de ruta completa, en piso y en SAP; otros indicadores también se vieron positivamente afectados y mejoró un total de 9 puntos porcentuales la confiabilidad del proceso (PR)

**Palabras clave:** Mantenimiento, Mantenimiento Productivo Total, DMAIC, Confiabilidad, Confiabilidad del Proceso, Defectos, Averías, Producción.

## AGRADECIMIENTOS

*A mi mamá, por ser mi ejemplo a seguir y mi pilar fundamental.*

*A mi familia, por siempre estar conmigo y apoyarme en todo momento, a pesar de cualquier circunstancia.*

*A la Universidad Simón Bolívar, por permitirme cumplir mis metas. Seguro de que el futuro depara mejores condiciones para la universidad de la excelencia.*

*A la gran familia de USB-HNMUN por darme experiencias y amigos que durarán toda mi vida.*

*A mis hermanos de otras madres, que siempre están presentes, a pesar de la distancia.*

*A mi Tutor Industrial, Tatihana Porras, y a mi primer Manager, Rodrigo Eddy, por permitirme realizar este proyecto y brindarme todo su conocimiento a lo largo del camino.*

*A Procter & Gamble Venezuela, por darme esta responsabilidad y ser mi primera experiencia laboral.*

*Al profesor Gerardo Febres, por exigirme en cada paso de la realización de este libro y permitirme dar lo mejor de mí.*

**A todos, mil gracias.**

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	3
AGRADECIMIENTOS.....	v
INDICE GENERAL .....	vi
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS .....	x
ABREVIATURAS .....	xii
INTRODUCCION.....	1
CAPÍTULO 1 DESCRIPCION DE LA EMPRESA .....	4
1.1 Reseña histórica de la compañía .....	4
1.2 Bases fundamentales de la compañía.....	4
1.3 Estructura organizacional.....	5
1.4 Departamento de logística y manufactura.....	7
1.5 Manufactura en Venezuela .....	7
1.6 Equipo de Manufactura Contratada (ESS) en Venezuela .....	7
1.7 Planta ENVECA .....	8
1.8 Mantenimiento en planta ENVECA .....	9
CAPITULO 2 MARCO TEORICO .....	10
2.1 Conceptos Básicos .....	10
2.2 Enfoques y Teorías de Mantenimiento .....	12
2.3 Mantenimiento Productivo Total como Filosofía .....	14
2.4 Herramientas .....	<a href="#">1748</a>
2.5 Confiabilidad de Proceso (PR).....	18
2.6 Sistema Integrado de Trabajo de P&G (IWS) .....	18

2.7	Hoja de Ruta .....	19
CAPITULO 3 PROCESOS DE LA EMPRESA .....		20
3.1	Órdenes de compra (PO) y su proceso.....	20
3.2	Proceso de adquisición de repuestos.....	20
3.3	Ordenes de mantenimiento y sus procesos .....	21
3.4	Funcionamiento de Línea ENVECA .....	22
CAPITULO 4 MARCO METODOLOGICO.....		24
4.1	DMAIC .....	24
4.2	Aplicación de Metodología DMAIC y relación con Fases de Plan de Trabajo.....	25
4.3	Paso 1: Definir .....	25
4.3.1	Fase I: Entendimiento y familiarización de conceptos básicos .....	25
4.3.2	Fase II: Entendimiento de la relación de Mantenimiento, estado de equipos y eficiencia .....	26
4.4	Paso 2: Medir .....	26
4.4.1	Fase III: Identificar a fondo el problema .....	27
4.4.2	Fase IV: Levantamiento de información.....	27
4.5	Paso 3: Analizar .....	28
4.6	Paso 4: Mejorar .....	28
4.6.1	Fase V: Presentación de propuesta.....	28
4.6.2	Fase VI: Aplicar propuesta.....	29
4.7	Paso 5: Controlar.....	29
CAPITULO 5 RESULTADOS Y ANÁLISIS .....		30
5.1	Paso 1: Definir .....	30
5.1.1	Plan de Mantenimiento de tres pilares.....	30
5.2	Paso 2: Medir .....	36
5.2.1	Data asociada a perdidas .....	36
5.2.2	Repuestos.....	41
5.3	Paso 3: Analizar .....	42
5.3.1	Mejora de Herramientas .....	42

5.3.2	Plan de Mantenimiento Progresivo.....	48
5.4	Paso 4: Mejorar .....	50
5.4.1	Mantenimiento Autónomo .....	50
5.4.2	Mejora de Herramientas .....	58
5.4.3	Plan de Mantenimiento Progresivo.....	60
5.5	Paso 5: Controlar.....	65
5.5.1	Plan de Mantenimiento Autónomo .....	65
5.5.2	Plan de mantenimiento progresivo.....	67
5.5.3	Mejora de herramientas .....	67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		69
BIBLIOGRAFIA .....		71
ANEXOS .....		74

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Seis tipos de perdida .....	16
<b>Tabla 5.1</b> Actividades, Encargado y desventajas del proceso existente de adquisición de repuestos. .....	35
<b>Tabla 5.2:</b> Paradas del mes de Abril de 2016 .....	37
<b>Tabla 5.3</b> Ranking de Criticidad y condiciones de abastecimiento de repuestos .....	46
<b>Tabla 5.4</b> Porcentajes de confiabilidad y disponibilidad .....	46
<b>Tabla 5.5</b> Tipos de defecto.....	53
<b>Tabla 5.6</b> Prioridad asignada a defectos .....	53
<b>Tabla 5.7</b> Ranking de equipos, en base a costo asociado a repuestos, .....	60
<b>Tabla 5.8</b> Etapas para desarrollar ordenes de mantenimiento. ....	64

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b> Organización estructural P&G.....	6
<b>Figura 1.2</b> Organigrama estructural simplificado con roles claves .....	8
<b>Figura 2.1</b> Etapas del TPM.....	14
<b>Figura 2.2</b> Bases del sistema integrado de trabajo de P&G .....	19
<b>Figura 3.1</b> Descripción del proceso productivo en Línea ENVECA.....	23
<b>Figura 4.1</b> Diagrama de Flujo de DMAIC, metodología utilizada para seguir el plan de trabajo generado por P&G .....	24
<b>Figura 5.1</b> Tres Pilares de plan de mantenimiento desarrollado. ....	30
<b>Figura 5.2</b> Adaptacion de Pasos AM segun TPM e IWS, .....	32
<b>Figura 5.3</b> Hoja de accion para establecer programa de mantenimiento progresivo.....	33
<b>Figura 5.410</b> Extracto de Herramienta de identificacion de PR. ....	36
<b>Figura 5.511</b> Ejemplo de Pareto de Perdidas No planeadas. ....	38
<b>Figura 125.6</b> Resumen historico de comportamiento de la linea para periodo FEB-JUN. ....	39
<b>Figura 5.713</b> Valores de PR y de Perdidas no identificadas Ene-Jun.. ....	40
<b>Figura 5.814</b> Grafico de Promedio de Pérdidas Totales en periodo Feb-Jun.....	40
<b>Figura 5.8 15</b> Extracto de Masterdata de Repuestos. ....	42
<b>Figura 5.9</b> Descripción de etapas seguidas para desarrollar estrategia de adquisición y almacenamiento de repuestos. ....	43
<b>Figura 5.10</b> Extracto de Herramienta de Manejo de Repuestos. ....	50
<b>Figura 5.11</b> Evolucion de Porcentajde de PR no identificado.....	52
<b>Figura 5.12</b> Flujograma de aplicacion de sistema de manejo diario de defectos según roles definidos. ....	54
<b>Figura 5.13</b> Extracto de Archivo de Centerlines de Case Former.....	55
<b>Figura 5.14</b> Ejemplo de Centerline, control visual en Case Packer. ....	56
<b>Figura 5.15</b> Extracto de Protocolo CIL para Llenadora, Adaptado de Estandar P&G.....	57

<b>Figura 5.16</b> Nuevo flujograma de adquisicion de repuestos a traves de almacen BQ .....	58
<b>Figura 5.17</b> Parte de estructura de Ubicaciones Tecnicas en Sistema SAP, .....	61
<b>Figura 5.18</b> Desarrollo de Plan de Mantenimiento Proesivo. ....	62
<b>Figura 5.19</b> Ejemplo de Sensor cargado en SAO para uso en línea de producción .....	63
<b>Figura 5.20</b> Extracto de Hoja de Ruta de llenadora.....	65
<b>Figura 5.21</b> Terminos evaluados en Auditoria de Cultura .....	66
<b>Figura 5.22</b> Evolución de PR en línea de producción.. ....	67

## ABREVIATURAS

**P&G** Procter & Gamble

**ENVECA** Envasadora Venezolana Compañía Anónima

**OLT** Tiempo de espera de orden (*Order Lead Time*)

**PR** Confiabilidad del Proceso (*Process Reliability*)

**AM** Mantenimiento Autónomo (*Autonomous Maintenance*)

**PM** Mantenimiento Progresivo (*Progressive Maintenance*)

**TPM** Mantenimiento Productivo Total (*Total Productive Maintenance*)

**SMO** Organización de Venta y de Mercado (*Sales and Market Organization*)

**PS** Suministro de productos (*Product Supply*)

**Bpm** Botellas por minuto

**BQ** Barquisimeto

**OEE** Eficiencia General de los equipos (*Overall Equipment Efficiency*)

## INTRODUCCION

En la línea de Envasado de Champú de la planta Envasadora Venezolana CA (ENVECA) (contratista de Procter & Gamble Industrial S.C.A (P&G)) se envasa champú, cubriéndose con lo envasado en ella una parte considerable de la demanda del país. Se desarrolló y presento un plan de mantenimiento enfocado en mejorar la eficiencia y confiabilidad de la misma.

### **Antecedentes**

Desde que la planta inicio operaciones, el equipo de mantenimiento ENVECA era responsable de planificar y llevar a cabo cualquier actividad relacionada con mantenimiento. Sin embargo, en el 2016 la responsabilidad de planificar el mantenimiento paso de la administración subcontratada a P&G, por lo que los conceptos bases relacionados con metodología de Mantenimiento utilizados en este libro (desarrollados en el marco teórico) se fundamentan en estándares de la empresa basados, entre otras cosas, en los conceptos de Mantenimiento Autónomo, Progresivo y Procesos de Mejora continua.

La metodología en la que se basan los estándares de mantenimiento P&G es conocida como Mantenimiento Productivo Total (TPM, por sus siglas en inglés) desarrollada en Japón y adoptada por la compañía a finales del siglo XX (Suzuki, 1994). Dicha metodología es base en cualquier planta P&G: incluidas las plantas venezolanas de Guatire y Barquisimeto. En consecuencia dichas plantas sirvieron como guía para la creación del plan desarrollado en este libro.

Previo a la realización de este trabajo no existía un plan de mantenimiento claro y detallado para la línea más allá de lineamientos señalados por expertos de plantas foráneas durante el proceso de montaje y los manuales de los equipos que la conforman.

### **Justificación e importancia**

Los procesos de manufactura son un pilar fundamental en cualquier empresa de bienes de consumo masivo; los costos asociados a la manufactura y transporte de los productos suelen ser los más altos en toda la cadena de producción y suministro. Es por esto que toda gran empresa manufacturera buscara que sus líneas de producción sean eficientes y confiables; para cumplir este objetivo el rol de las actividades de Mantenimiento se vuelve base primordial. (Gulati, 2013) Estudios indican que para muchos sistemas sofisticados, los costos de soporte y mantenimiento se asocian del 60% al 70% de los costos de sus ciclos de vida (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006).

Se entiende entonces que para P&G, al igual que cualquier empresa de bienes de consumo, un programa o plan de mantenimiento bien ejecutado es esencial para mantener una producción constante, eficiente y sin paradas.

Al desarrollar un programa de mantenimiento eficiente y confiable en una línea de producción única en Venezuela, la compañía busca disminuir pérdidas asociadas a averías o fallas similares. De esta manera se puede asegurar estabilidad en el proceso de producción de la categoría de cuidado del cabello, variable fundamental para que la empresa mantenga rentabilidad en un mercado complejo, con muchas variables económicas y sociales, como lo es el venezolano.

### **Planteamiento del problema**

Al no existir, previo a la realización de este proyecto, un programa de mantenimiento bien establecido en planta, existían oportunidades de mejora en el sistema en base a las cuales se busca desarrollar un plan capaz de mejorar los niveles de eficiencia y confiabilidad de la línea.

### **Objetivo General**

Identificar deficiencias y opciones de mejora en el sistema de mantenimiento actual de planta ENVECA. Desarrollar la línea de envasado basada en el análisis y clasificación de los repuestos y actividades de mantenimiento asociadas a la misma. Todo esto con el objetivo de mejorar la eficiencia (concepto de fiabilidad del proceso) de la línea, optimizando así las ganancias asociadas al negocio.

### **Objetivos específicos**

- Desarrollar árbol de pérdidas de línea de envasado, identificar defectos y oportunidades de mejora en la misma en análisis de equipos.
- Construir masterdata de repuestos de línea, desarrollar sistema capaz de categorizar repuestos acorde a importancia, costo, disponibilidad local o importada y otros aspectos que se consideren relevantes.
- Presentar propuesta de adquisición de Repuestos, incluyendo frecuencia de adquisición, stock de seguridad y estrategia basado en masterdata desarrollada.
- Desarrollar plan de Mantenimiento (sabana de mantenimiento) para la línea de envasado enfocado en mejorar la eficiencia de la línea.
- Generar sistema de almacenamiento (utilización de sistema SAP) de data recolectada y plan desarrollado en el que se incluya actividades de mantenimiento, formatos estándares, frecuencia y repuestos.

### **Alcance y limitaciones**

El alcance del proyecto se limita a la Planta ENVECA, los resultados obtenidos no son extrapolables a otros sitios de manufactura P&G y las herramientas utilizadas solo fueron aplicadas en la localidad previamente mencionada.

Las limitaciones del proyecto se basan en la necesidad de cumplir las políticas de privacidad establecidas por la compañía, las cuales no permiten exponer de manera explícita herramientas o procesos netamente internos de la compañía, específicamente aquellos relacionados con metodologías internas y variables financieras propias. Por consiguiente, resultados cuantitativos y cifras de los análisis realizados serán modificados o mostrados solo de forma parcial, con el propósito de cumplir las políticas de la compañía y al mismo tiempo asegurando proporcionar información suficiente para el desarrollo y presentación de este trabajo ante las autoridades competentes.

Es por esto que el tipo de cambio utilizado por P&G Venezuela no puede ser publicado en este proyecto, para el caso específico de precios y valores en VEF o USD, todos fueron multiplicados por un número no definido, con el objetivo de mantener la confidencialidad sin perjudicar el sentido de la data.

Adicionalmente, los resultados presentados fueron analizados y recolectados en un periodo corto de tiempo por lo que las tendencias y conclusiones son determinadas a corto plazo, en un periodo de seis meses; los resultados a largo plazo no son evaluados en este libro.

## **CAPÍTULO 1**

### **DESCRIPCION DE LA EMPRESA**

En este capítulo se describe a la organización Procter & Gamble (P&G), en la cual se realizó la pasantía de veinte (20) semanas de duración que dio lugar a este trabajo. Se presenta una reseña histórica donde se dejan claros los conceptos de misión, visión, valores y propósitos de la empresa así como también el funcionamiento de su estructura organizacional, el departamento y área específica donde se realizó el proyecto.

#### **1.1 Reseña histórica de la compañía**

P&G fue fundada en 1837, producto de la sociedad entre William Procter, de origen inglés, y James Gamble, de origen irlandés; comenzó como una pequeña empresa de fabricación de jabones y velas en la ciudad de Cincinnati, en el estado de Ohio, Estados Unidos de América (EEUU). (P&G, 2016)

En 1948, surge una división internacional con el objetivo de controlar la demanda de productos P&G fuera de los EEUU, ese mismo año P&G inicia operaciones en México, primera filial de la compañía en América Latina. Solo dos años después, en 1950, P&G decide abrir oficinas en Venezuela, convirtiéndose este en la primera incursión de la compañía en América del Sur. (P&G, 2016)

Actualmente P&G posee operaciones directas en 80 países alrededor del mundo; con más de ciento veinte mil (120,000) empleados. (P&G, 2016) En el caso de Venezuela la compañía posee dos fábricas y subcontrata una tercera. Además, se encuentra en el país el centro de desarrollo para Latinoamérica, el cual se ubica junto a las oficinas generales en la trinidad, municipio Baruta del estado Miranda. (P&G, 2016)

#### **1.2 Bases fundamentales de la compañía**

##### **1.2.1 Propósito**

P&G define su propósito como el de proveer marcas y productos de superior calidad que generen valor para la vida de los consumidores. P&G considera que es el proveedor el que recompensa directamente a la compañía con liderazgo en ventas, ganancias y generación de valor (P&G, 2016).

### 1.2.2 Visión

“Ser y lograr ser reconocidos como la mejor compañía de productos y servicios de consumo masivo en el mundo”. (P&G, 2016)

### 1.2.3 Valores

Según la visión de la compañía existen 5 valores fundamentales que definen la manera en que la misma se relaciona con sus empleados y proveedores, los 5 valores son: (P&G, 2016):

- Integridad
- Pertenencia
- Liderazgo
- Confianza
- Pasión por ganar
- Liderazgo

### 1.2.4 Principios

Derivados de los valores previamente especificados la compañía se basa en cinco principios fundamentales para lograr su propósito (P&G, 2016):

- “Mostramos respeto por todos los individuos”.
- “Estamos enfocados externamente”.
- “Valoramos la maestría personal”.
- “Los intereses de la compañía y el individuo son inseparables”.
- “Estamos estratégicamente enfocados en nuestro trabajo.
- “La innovación es la piedra angular de nuestro éxito”.
- “Buscamos ser los mejores”.

## 1.3 Estructura organizacional

La compañía posee una estructura organizacional basada en equipos multidisciplinarios, orientados según marcas (o categorías). La compañía manufactura en diez (10) categorías fundamentales (P&G, 2016):

- Cuidado del Bebe [*Baby Care*]
- Aseo [Grooming]
- Cuidado Femenino [*Feminine Care*]

- Cuidado Familiar [*Family Care*]
- Cuidado Bucal [*Oral Care*]
- Cuidado de la Salud [*Personal Health Care*]
- Cuidado del Cabello [*Hair Care*]
- Piel y Cuidado Personal [*Skin and Personal Care*]
- Cuidado del hogar [*Home Care*]
- Cuidado textil [*Fabric Care*]

Estas diez categorías, a su vez, se agrupan en 4 *unidades globales de negocios*, encargadas de establecer las estrategias globales de la compañía en el mercado, según se detalla en la siguiente figura



Figura 1.1 Organización estructural P&G. (P&G, 2016)

Dentro de cada categoría, investigación y desarrollo, logística y la organización de marca desarrolla, manufactura y promociona las marcas y productos que P&G provee a sus consumidores. Las fábricas, en su rol fundamental en el proceso de manufactura, y su organización están dentro de las responsabilidades del equipo de Logística.

Para poder entregar estas marcas a los consumidores, los equipos de operaciones de mercado y ventas (SMO, por sus siglas en inglés) se enfocan en venta y distribución. Estos SMOs están divididos en seis regiones (P&G, 2016) :

- Asia y el pacifico

- Europa
- China
- India, el medio este y África (IMEA)
- Latinoamérica
- Norteamérica

#### **1.4 Departamento de logística y manufactura**

Dentro de la estructura de P&G el departamento de Logística [*Product Supply*] es el encargado de materializar las ideas de negocio en productos que servirán para satisfacer las necesidades del consumidor. En Venezuela el área de logística y manufactura abarca la dinámica detrás de la producción y distribución de los productos de la compañía, desde la fabricación hasta la entrega a los clientes (P&G, 2016).

#### **1.5 Manufactura en Venezuela**

En Venezuela existen tres (3) plantas P&G, una de ellas de manufactura contratada. Las plantas propias son administradas por completo por P&G: Planta Guatire (Guatire, Miranda) y Planta Barquisimeto (Barquisimeto, Lara) respectivamente. La planta de manufactura contratada ENVECA se encuentra en La Victoria, Aragua y es propiedad de la empresa “Envasadora de Venezuela Compañía Anónima”, la administración de dicha planta es llevada a cabo por el equipo de manufactura contratada de P&G (ESS por sus siglas en inglés) (El Universal, 2013).

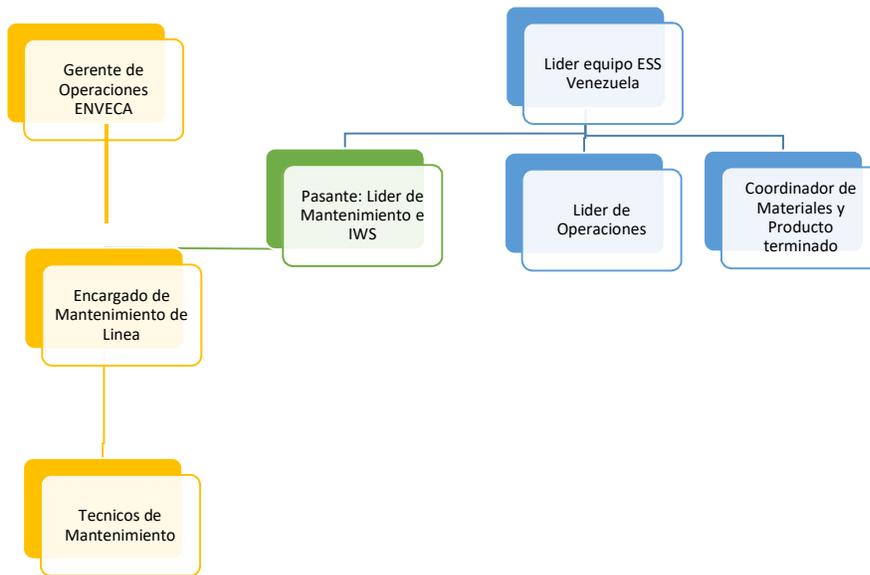
En Planta Barquisimeto se fabrica desodorante *roll on*, detergente líquido y detergente en polvo. Por su parte, en Planta Guatire se ensamblan afeitadoras desechables y producen Pañales y Toallas Sanitarias. En Planta ENVECA se envasa champú, no existe proceso de fabricación (El Universal, 2013).

#### **1.6 Equipo de Manufactura Contratada (ESS) en Venezuela**

La manufactura contratada funciona como una herramienta común utilizada para generar una relación comercial con un tercero, encargado generalmente de envasar o empaquetar un producto. En el caso de P&G, el equipo de Manufactura contratada de Venezuela es el encargado de manejar en planta ENVECA:

- La logística de recepción de granel en planta.
- La recepción de materiales en planta.

- La planificación de la producción.
- El mantenimiento de la línea.
- El análisis de eficiencia y pérdidas de línea.
- El despacho de producto terminado.



**Figura 1.2** Organigrama estructural simplificado con roles claves para realización de Pasantías. Amarillo: Equipo ENVECA. Azul: Equipo P&G. Verde: Pasante. Elaboración Propia

### 1.7 Planta ENVECA

Planta ENVECA consiste de una línea de producción sencilla donde se envasa champú. La línea fue inaugurada en 2013, producto de un acuerdo comercial entre P&G y ENVECA para crecer en el mercado de cuidado del cabello en el país. (El Universal, 2013)

Las responsabilidades de la administración de ENVECA están netamente basadas en cumplir con la producción acordada según previa alineación con P&G, su estructura organizacional está orientada a recibir el granel y materiales de empaque para entregar posteriormente el producto terminado.

### **1.8 Mantenimiento en planta ENVECA**

Todos los equipos de la planta (con la excepción de la llenadora y el sorter de botellas) son propiedad de ENVECA; sin embargo se alinea, producto de una decisión de negocios, la responsabilidad de P&G para planificar los mantenimientos de la línea de producción, sistema de agua y sistema de transferencia

Se entiende que P&G es responsable de desarrollar y aplicar un plan de mantenimiento así como de adquirir los repuestos necesarios para cumplirlo. Por su parte, ENVECA se encargaría de proveer a los técnicos, el material y herramientas necesarias para el seguimiento del plan.

## **CAPITULO 2**

### **MARCO TEORICO**

Con el propósito de proveer un contexto de las herramientas y nociones mencionadas a lo largo de este libro y, a su vez, generar entendimiento de la investigación, se presentan a continuación las definiciones pertinentes:

#### **2.1 Conceptos Básicos**

##### **2.1.1 Mantenibilidad**

Traducción literal del concepto “*Maintainability*”. La probabilidad de que un sistema pueda ser llevado nuevamente a su estado de operación satisfactorio, una vez se haya presentado un evento de falla. (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

##### **2.1.2 Mantenimiento**

El acto o el trabajo asociado a mantener un activo en condiciones apropiadas de operación. (Gulati, 2013)

##### **2.1.3 Confiabilidad**

La probabilidad de que un equipo o sistema pueda realizar de manera satisfactoria y por el periodo de tiempo establecido la misión para el que ha sido asignado; siempre y cuando esté siendo usado de manera acorde a las condiciones especificadas. (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

##### **2.1.4 Disponibilidad**

La probabilidad de que un equipo o pieza esté disponible para ser utilizado cuando sea requerido. (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

##### **2.1.5 Tiempo de la misión**

El tiempo durante el cual el equipo, sistema o pieza lleva a cabo la misión que le ha sido asignada. (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

### **2.1.6 Downtime**

El tiempo total durante el cual un equipo, sistema o pieza se encuentra fuera de condiciones satisfactorias de operación. El equipo o sistema no puede operar durante el *downtime* (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

### **2.1.7 Avería**

La inhabilidad de un equipo, sistema o pieza para operar dentro de los parámetros definidos, generando un downtime (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

### **2.1.8 Modo de Falla**

La anormalidad en el desempeño de un equipo, sistema o pieza que causa que se considere una falla en el mismo (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

### **2.1.9 Vida Útil**

El periodo de tiempo en el que un producto opera dentro de una tasa tolerable y especificada de fallas (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

### **2.1.10 Tiempo activo de reparación**

El periodo de *downtime* en el que personal de mantenimiento trabaja de forma activa para realizar una reparación. (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

### **2.1.11 Tiempo de Espera de una Orden u Order Lead Time**

El Lead time es el tiempo de espera entre el inicio y la ejecución de una orden (Business Dictionary, 2016) se considera un parámetro característico dentro de una red logística y es generalmente calculada como el tiempo entre la fecha de ingreso de la orden y la fecha deseada (cuando el cliente o receptor la recibe).

### **2.1.12 Inspección**

La observación cualitativa de las condiciones o desempeño de un equipo o sistema. (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

### **2.1.13 Revisión o inspección exhaustiva**

Tomando Revisión como traducción del concepto “*Overhaul*” se entiende como una inspección exhaustiva y consecuente restauración de una pieza, sistema o equipo a un nivel aceptable según un tiempo de durabilidad o límite de uso (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

### **2.1.14 Calidad**

El grado en el que un ítem, función o proceso es capaz de satisfacer los requerimientos del usuario y consumidor. (Dhillon, Engineering Maintenance: A Modern Approach, 2002)

### **2.1.15 Candadeo**

Herramienta utilizada en intervenciones de equipos que permite evitar cualquier lesión o pérdida asegurándose de que el equipo o máquina que esté siendo intervenido no pueda ser puesto en operación por otra persona que no sea la que está trabajando en él. Consiste en bloquear cualquier interruptor de energía (eléctrica, mecánica o hidráulica) mediante la conexión de un candado. (Duarte, 2016)

## **2.2 Enfoques y Teorías de Mantenimiento**

### **2.2.1 Ingeniería de Mantenimiento**

La actividad de mantenimiento de un equipo que desarrolla conceptos, criterio y requerimientos técnicos en fases conceptuales y de adquisición para ser usados y mantenidos durante la operación, asegurando las condiciones de operación efectivas de dicho equipo. (Dhillon, Engineering Maintenance: A Modern Approach, 2002)

### **2.2.2 Mantenimiento Preventivo**

Todas las acciones llevadas a cabo siguiendo un programa planeado, periódico y específico con el objetivo de mantener un equipo en condiciones de operación efectiva, siguiendo un proceso de chequeo y reacondicionamiento. Estas acciones son pasos de precaución tomados para prevenir o disminuir la posibilidad de falla o degradación del equipo en vez de corregirlas una vez suceda. (Dhillon, Engineering Maintenance: A Modern Approach, 2002) Incluye:

- Mantenimiento Diario: Condiciones básicas del equipo, chequeo y servicios menores. (Suzuki, 1994)

- Mantenimiento Periódico: Chequeos, revisiones y servicios periódicos. (Suzuki, 1994)

### **2.2.3 Mantenimiento por Averías**

Mantenimiento reactivo, se enfoca en responder a averías o paradas de producción. En programas enfocados en Mantenimiento por averías, poca importancia es dada a las condiciones de operación de equipos críticos. Mientras la maquina funcione en condiciones aceptables mínimas se considera que el mantenimiento es correcto, es por esto que este enfoque es considerado ineficiente y extremadamente caro, llegándose a invertir alrededor de 3 o 4 veces más que en un programa planeado. (CMMSPRO, 2008)

### **2.2.4 Mantenimiento Correctivo**

Mantenimiento o reparaciones no planeadas para devolver un equipo a condiciones determinadas de operación, es llevado a cabo porque personal de mantenimiento o demás usuarios percibieron la deficiencia o problema. (Dhillon, Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers, 2006)

El Mantenimiento Correctivo se diferencia del Mantenimiento de Averías en que se enfoca en tareas planeadas y continuas para mantener la maquinaria y los sistemas en las condiciones deseadas. La efectividad de este estilo de mantenimiento se basa en el costo del ciclo de vida de maquinaria, equipos y sistemas, no en cuán rápido una maquina averiada puede ser reparada. Aunque un problema debe existir para que el mantenimiento correctivo se lleve a cabo esto no significa que se debe esperar a que exista una avería. (Mather, 2008)

### **2.2.5 Mantenimiento Predictivo**

El uso de análisis y métodos de medición modernos y procesamiento de señales para diagnosticar con precisión condiciones de equipos durante operación para de esta manera poder determinar cuándo deben ser llevadas a cabo actividades de mantenimiento. (Mather, 2008)

### **2.2.6 Plan de Mantenimiento**

Documento que define los parámetros de manejo y procedimientos técnicos que deben ser llevados a cabo para mantener un equipo, suele describir herramientas, recursos, cronogramas e instalaciones. (Dhillon, Engineering Maintenance: A Modern Approach, 2002)

## 2.3 Mantenimiento Productivo Total como Filosofía

### 2.3.1 Mantenimiento Productivo Total

Abreviado TPM, por sus siglas en inglés, es una filosofía de Mantenimiento Originaria de Japón basada en los siguientes componentes estratégicos (Suzuki, 1994)

1. Construir una constitución corporativa capaz de maximizar la efectividad de sistemas de producción.
2. Construir una organización que pueda prevenir cualquier tipo de pérdida (al asegurar cero accidentes, cero defectos y cero fallas) por el periodo de vida del sistema de producción.
3. Involucrar a todos los departamentos en la implementación del TPM, incluyendo desarrollo, ventas y administración.
4. Involucrar a todos, desde la gerencia hasta los trabajadores en piso.
5. Dirigir actividades inspiradas en cero pérdidas al solapar actividades de grupos pequeños.

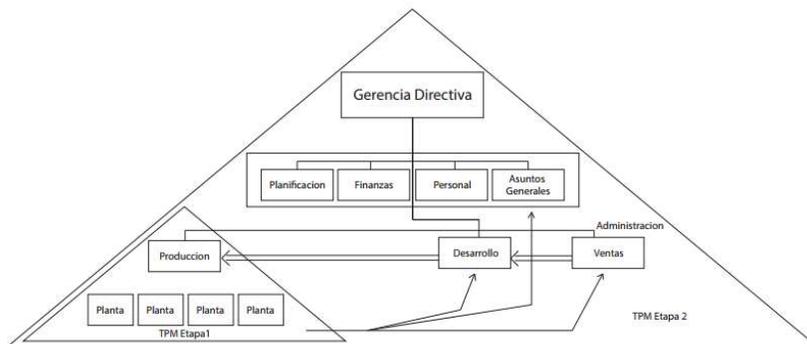


Figura 2.1 Etapas del TPM. (Suzuki, 1994)

**Etapa 1:** TPM Enfocado únicamente en el departamento de Producción. (Suzuki, 1994)

**Etapa 2:** TPM enfocado en toda la compañía, abarcando producción, desarrollo, ventas y administración. (Suzuki, 1994)

### 2.3.2 Mantenimiento Autónomo (AM)

Dentro de la filosofía TPM, el Mantenimiento Autónomo engloba a toda aquella actividad llevada a cabo por el equipo de producción que tiene una función de mantenimiento y está enfocada

en mantener la planta operando de manera eficiente y estable con el objetivo de cumplir con los planes de producción (Suzuki, 1994).

El mantenimiento autónomo se enfoca en:

- Prevenir el deterioro del equipo a través de operación correcta y chequeos diarios
- Llevar el equipo a su estado ideal de operación mediante restauración y gestión adecuada
- Establecer condiciones básicas necesarias para mantener el equipo bien conservado.

### 2.3.3 Mantenimiento Progresivo (PM)

Dentro de la filosofía del TPM el Mantenimiento progresivo abarca el enfoque en mantenimiento planificado que busca, gradualmente, llevar a la planta a la meta de cero averías. También llamado pilar de mantenimiento planificado dentro de muchas organizaciones, se enfoca en las actividades planeadas de mantenimiento y la continua mejora de los procesos existentes para lograr la reducción continua de las pérdidas identificadas. (Suzuki, 1994)

### 2.3.4 Eficiencia General de los Equipos (OEE)

OEE (*Overall Equipment Efficiency*) es un estándar de medida de productividad de la producción, se refiere a un porcentaje de productividad que toma en cuenta disponibilidad, rendimiento y calidad. Un OEE de 100% implica 100% calidad (solo piezas correctas), 100% rendimiento (lo más rápido posible) y 100% disponibilidad (cero paradas) (Vorne Consulting, 2016)

$$OEE = Disponibilidad * Rendimiento * Calidad \quad (2.1)$$

Donde,

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ real\ de\ Operacion}{Tiempo\ planificado\ para\ Operacion} \quad (2.2)$$

$$Rendimiento = \frac{Numero\ de\ Unidades\ Producidas * Rate\ ideal\ de\ produccion\ (unidad)}{Tiempo\ real\ de\ Operacion} \quad (2.3)$$

$$Calidad = \frac{Unidades\ Producidas - Unidad\ defectuosas}{Unidades\ Producidas} \quad (2.4)$$

### 2.3.5 Seis Tipos de Perdida

Dentro de la teoría TPM Y OEE uno de los principales objetivos es reducir (o eliminar) las pérdidas, dentro de la teoría las principales son llamadas: Seis Perdidas y son consideradas las causas más comunes de pérdida de productividad basada en equipos.

Eficiencia General de los Equipos	Seis Grandes Perdidas Propuestas	Seis Perdidas tradicionales
Pérdida de disponibilidad	Paradas No Planeadas	Fallas de Equipo
	Paradas Planeadas	Configuración y ajustes
Pérdida de Rendimiento	Paradas Cortas	Paradas pequeñas
	Ciclos lentos	Velocidad Reducida
Pérdida de Calidad	Producción Rechazada	Defectos de Proceso
	Rechazos de Inicio	Rendimiento Reducido
OEE	Tiempo Completamente Productivo	Tiempo de operación valioso

**Tabla 2.1** Seis tipos de pérdida (Vorne Consulting, 2016)

### Fallas de Equipos

Las fallas en el equipo son pérdidas de disponibilidad y se refieren a cualquier periodo significativo de operación en el cual el equipo fue planificado para producir pero se encuentra detenido debido a una falla. Una manera generalizada de definir “Fallas en equipo” es como cualquier parada no planeada o tiempo de inactividad (*downtime*). Ejemplos comunes de “Fallas en equipos” son fallas de herramienta, averías y mantenimiento no planeados. (Vorne Consulting, 2016)

Existen diferencias en lo que se refiere a como diferenciar una falla en equipo (Pérdida de disponibilidad) de una parada menor - *minor stop* – (pérdida de rendimiento). En el caso de este libro nos guiamos por recomendaciones de P&G de diferenciar una falla en el equipo debido a una avería como aquella con duración superior a 5 minutos. (Data Parc Solutions, 2015)

### Configuración y ajustes

Se refiere a cualquier periodo de tiempo significativo en el cual está planificado la producción del equipo pero no sucede debido a cambios o ajustes en el mismo. Son pérdidas de disponibilidad y puede simplificarse como cualquier parada planeada. (Data Parc Solutions, 2015)

### **Paradas cortas**

Las paradas cortas son una pérdida de rendimiento, debidas a una parada por un periodo corto de tiempo que puede ser resuelta directamente por el operador. También son conocidas como paradas pequeñas y en este proyecto serán consideradas como todas aquellas de menos de 5 minutos. (Vorne Consulting, 2016)

Generalmente son generadas por alimentación incorrecta del equipo, atascamientos, obstrucciones o ajustes incorrectos. Que sean cortas no significan que no tengan impacto, aunque la mayoría de las veces los operadores no son conscientes del mismo. (Vorne Consulting, 2016)

### **Velocidad Reducida**

Las pérdidas por velocidad reducida son pérdidas de rendimiento y se refieren a momentos en que el equipo corre más lento de lo planificado según la velocidad ideal. (Data Parc Solutions, 2015) En el caso de este proyecto se define la velocidad ideal como el rate de operación deseado: 230 bpm (botellas por minuto).

### **Defectos de proceso**

Las pérdidas por defectos de proceso se refieren a aquellos momentos en que el equipo, funcionando en estado estable de producción constante, produjo ítems defectuosos. En el caso de OEE esto incluye ítems desechados (*scrapped*). Los defectos de proceso son perdidos de calidad. (Vorne Consulting, 2016)

### **Rendimiento reducido**

Las pérdidas reducidas se refieren a pérdidas de calidad generadas por ítems producidos de forma defectuosa durante el periodo entre el arranque y el estado estable de producción constante (generalmente después de cambios de versión). (Vorne Consulting, 2016)

## **2.4 Herramientas**

### **2.4.1 SAP Business Suite**

Es un sistema de planificación de recursos empresarias (ERP por sus recursos en inglés) desarrollado por la compañía alemana SAP SE. SAP ERP incorpora las funciones empresariales más importantes dentro de una organización.

Los procesos empresariales incluidos son: Operaciones (Ventas y distribución, Manejo de Materiales, Planificación de Producción, Ejecución de Logísticas y Manejo de Calidad) Finanzas (contabilidad, administración y manejo de cadena de suministros) y administración de recursos humanos (Nomina de Pago y beneficios). (ERP, 2012)

#### 2.4.2 SAP Plant Maintenance (PM)

Es el componente dentro de SAP ERP utilizado para brindar soporte en los procesos de mantenimiento, SAP PM incluye las siguientes actividades:

- Inspección: todas las medidas que establecen la condición actual de un sistema técnico
- Mantenimiento Preventivo: Todas las medidas que mantienen la condición ideal de un sistema técnico.
- Reparación: Todas las medidas que restauran la condición Ideal de un sistema técnico (ERP, 2012)

#### 2.5 Confiabilidad de Proceso (PR)

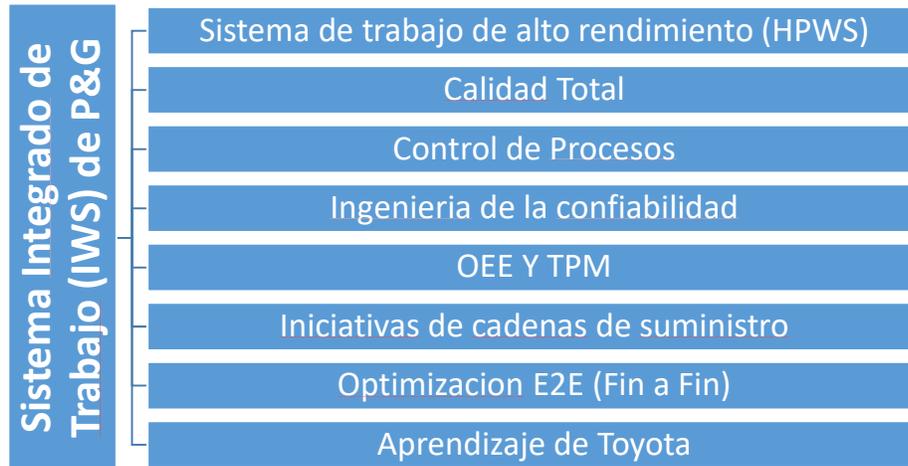
PR, por sus siglas en Inglés es una medida que tiene el objetivo de entender cuanto producto es manufacturado y convertido en producto terminado durante un periodo de tiempo según una tasa objetivo. (Barringer & Associates, 2012) La fórmula de PR utilizada por P&G no puede señalarse en este proyecto por ser considerada información confidencial, por motivos prácticos se utilizara la señalada a continuación, la cual cumple el mismo propósito.

$$PR (\%) = \frac{\text{Numero de Items Producidos}}{\text{Numero de items posibles en el tiempo de produccion a rate ideal}} \quad (2.5)$$

#### 2.6 Sistema Integrado de Trabajo de P&G (IWS)

IWS, por sus siglas en inglés (*Integrated Work System*) es una metodología utilizada por P&G, basada en distintas metodologías de mantenimiento y confiabilidad enfocada en lograr cero perdidas y cero defectos, al igual que 100% de compromiso por parte de los empleados. (EYGM Limited, 2015)

IWS es un enfoque probado, para ayudar a generar mejoras de rendimiento en capital invertido, flujo de caja y demás indicadores, desde la línea de producción hasta la gerencia. Según la metodología publicada la mejora en producción puede mejorar hasta en 30% la productividad del sitio donde sea aplicada. (EYGM Limited, 2015)



**Figura 2.2** Bases del sistema integrado de trabajo de P&G, se observa como una de las metodologías base es el TPM y como se enfoca en distintas teorías para establecer estándares propios, seguidos por P&G. (EYGM Limited, 2015)

## 2.7 Hoja de Ruta

También denominada Sabana de Mantenimiento es un documento (también cargado en SAP-PM) que se utiliza para listar actividades de mantenimiento para una ubicación técnica o un equipo, con la finalidad de ser asignados a una orden de mantenimiento como parte del plan. (Zambrano, 2007) Cada Hoja de ruta describe el proceso realizado y pueden ayudar a disminuir el tiempo de creación de órdenes, una hoja de ruta, en SAP, o simplemente establecida es fundamental en cualquier plan de mantenimiento.

## CAPITULO 3

### PROCESOS DE LA EMPRESA

En este capítulo se describen, hasta donde las políticas de privacidad de la compañía lo permiten, procesos internos de P&G que necesitan entenderse para comprender a fondo todo el trabajo realizado en este proyecto de pasantías.

#### 3.1 Órdenes de compra (PO) y su proceso

Según la metodología y estándares de compra de P&G, una orden de compra (PO, por sus siglas en inglés) funciona como un contrato, no firmado y sencillo, entre P&G y un proveedor certificado por la compañía. Aunque existen excepciones en las que un contrato debe ser firmado, en la mayoría de las compras sencillas (como repuestos) es suficiente con la creación de una PO se puede proceder con la compra. Cada PO tiene distintos términos de pagos, acordados según el perfil creado del proveedor en sistema.

#### 3.2 Proceso de adquisición de repuestos

Para el caso de repuestos, el proceso existente (antes de la realización de este proyecto) era llevado a cabo por varios actores y no estaba plenamente definido

1. **Evaluar necesidad de adquisición de repuesto según planificación, avería o falla:**  
Según se detectara la necesidad de adquirir un repuesto, el pasante de mantenimiento debía evaluar si la compra era la mejor solución, si el repuesto se encontraba en un site procter y que implicaría el cambio
2. **Solicitar Cotizaciones:** De considerarse necesaria la adquisición de repuestos, se procede a solicitar cotizaciones a proveedores conocidos, de no conocerse proveedores se debe contactar al departamento de compras y evaluar la necesidad de crear nuevos proveedores o comprar mediante un tercero.  
Adicionalmente, de ser necesario (por valores altos) se deben conseguir, al menos, 3 cotizaciones para cumplir con lineamientos de seguridad del departamento de compras
3. **Montaje de Compra:** Una vez aprobadas las cotizaciones por el departamento de compras se procede a montar una PO de compra en un sistema creado por P&G, para la creación de la PO el comprador (en este caso el Pasante de mantenimiento) debe contar con información sobre el proveedor, la cuenta (en sistema) en la que se carga la PO y proceso de entrega, entre otros.

4. **Recepción de mercancía:** Una vez montada la PO y cumplido los días establecidos por el proveedor para la entrega el pasante de mantenimiento debe coordinar la recepción de lo establecido en la misma. Se debe coordinar donde se recibe la PO y quien será encargado de dicha recepción en la que se debe entregar la factura.
5. **Conteo y/o verificación de PO:** Una vez recibida la mercancía, se debe hacer el chequeo de mercancía versus PO, un proceso sencillo pero sin personal definido en el caso de repuestos o demás consumibles para la planta.
6. **Solicitud de Recepción Correcta (GR) vía correo electrónico:** Una vez verificado la mercancía se debe hacer una solicitud formal, vía email, siguiendo ciertos formatos y estándares a Almacén Barquisimeto en la que se valida la correcta recepción de la orden de compra, dicha solicitud (GR, por sus siglas en inglés) permite que se ejecute el pago según lo establecido entre P&G y el proveedor.
7. **Generación de GR:** El personal de Almacén Barquisimeto genera en el GR una vez sea visualizada la solicitud.

### 3.3 Ordenes de mantenimiento y sus procesos

Según estándares seguidos por la compañía, cualquier actividad de mantenimiento que requiera una intervención debe poseer una orden de mantenimiento existente, dicha orden establece el tipo de intervención que será realizada, que equipo será intervenido y demás información considerada necesaria para la realización de la orden.

#### Tipos de Ordenes

- **PM01** Imprevistas
- **PM02** Previstas a largo plazo (Planificadas a más de 30 días, posiblemente recurrentes)
- **PM03** Previstas a corto plazo (más de 24 horas)

#### Tipos de Mantenimiento

- **002** Mantenimiento preventivo
- **PM2** Mantenimiento basado en tiempo
- **PM3** Mantenimiento correctivo
- **PM4** Mantenimiento por seguridad
- **PM5** Mantenimiento Basado en condiciones

#### Prioridades

- **1:** Emergencias
- **2:** Urgente
- **3:** Rutina
- **4:** Paro

#### **Formato SIMPTWW**

Un formato SIMPTWW, es simplemente un método de identificación de información importante que cualquier orden de mantenimiento debe contener, el nombre es un acrónimo, por las siglas en ingles de:

- **Seguridad:** Información relevante de seguridad, como que aislar y que tener en cuenta antes de realizar la actividad.
- **Información:** Tiempo de duración de la intervención, nombre, proceso definido, etc.
- **Materiales:** Materiales que podrían ser relevantes para la realización de la orden de mantenimiento, desde toallas de limpieza hasta alcohol y demás consumibles.
- **Gente:** Quienes llevaran a cabo el trabajo
- **Herramientas:** Descripción de las herramientas necesarias.
- **Dónde:** Ubicación (debe incluir ubicación técnica en SAP)
- **Cuando:** Fecha estimada para la realización de la orden.

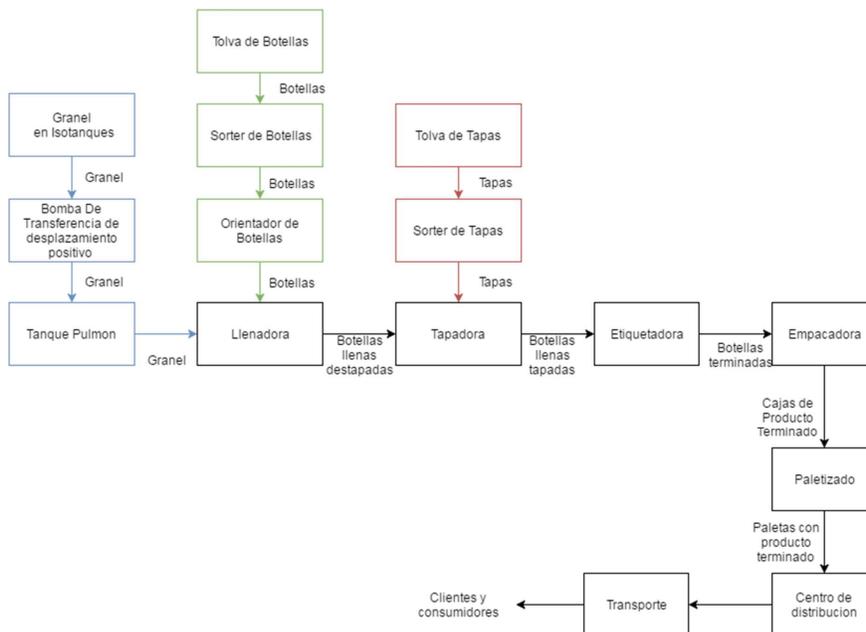
#### **3.4 Funcionamiento de Línea ENVECA**

La línea de producción de champú consta de un conjunto de equipos arreglados en forma de U, con capacidad de envasado de 230 bpm. El granel es importado al país en contenedores y llevado por vía terrestre hasta la planta, donde luego de un proceso de inspección de calidad es envasado. Cada contenedor llega a planta y se conecta a una bomba de transferencia de desplazamiento positivo para transferirse a un tanque pulmón que alimenta la llenadora de la línea.

Al comienzo de la línea de envasado se encuentra una tolva de botellas, la cual es alimentada por botellas que posteriormente son colocadas en la banda transportadora por un sorter de botellas. El siguiente paso de las botellas es un orientador, el cual las coloca en la posición correcta para ser llenadas; luego del orientador las botellas pasan a una llenadora de 32 boquillas (alimentada de granel desde el tanque pulmón) donde son llenadas según los estándares de llenado correspondiente a la versión envasada, una vez llenas son tapadas en un taponadora de 16 boquillas. La taponadora

es alimentada por un sorter de tapas, que recibe tapas provenientes de una tolva de tapas (donde se vierten directamente).

Las botellas llenas continúan en las bandas transportadoras hasta llegar a la etiquetadora, donde se colocan las etiquetas frontal y trasera. El último paso de las botellas es una empacadora, donde se ordenan en 4 columnas de 3 botellas que conforman cada caja de 12 unidades. La empacadora, a su vez, es alimentada por cajas formadas provenientes de una formadora de cajas, en la cual se colocan corrugados.



**Figura 3.1** Descripción del proceso productivo en Línea ENVECA, en Azul proceso por el que pasa el granel, verde botellas y rojo tapas; se entiende como un diagrama simplificado que no señala las condiciones propias de los equipos.

Una vez las cajas salen de la empacadora son selladas y se llevan a paletas para ser paletizadas. Las paletas formadas por las cajas llenas de botellas son trasladadas por montacargas hasta camiones encargados de transportar el producto al centro de distribución.

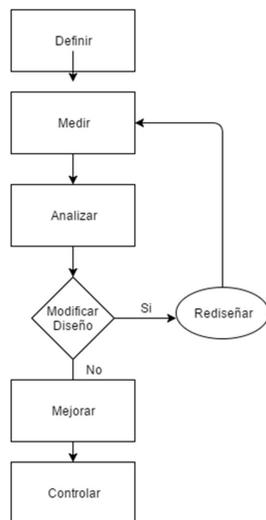
## CAPITULO 4

### MARCO METODOLOGICO

En este capítulo se describe la metodología utilizada a lo largo del proyecto, en cada una de las fases definidas. Se especifica la metodología utilizada, los objetivos definidos para cada fase y que procesos fueron utilizados.

#### 4.1 DMAIC

DMAIC (por las siglas en ingles de Definir, Medir, Analizar, Mejorar y Controlar) es una herramienta de la metodología *Six Sigma*. (iSixSigma, 2012) Esta herramienta puede ser utilizada como un proceso independiente de mejora de calidad, basándose enteramente en sus pasos como una hoja de ruta para solucionar un problema y mejorar procesos o productos. (ASQ Organization, 2010)



**Figura 4.1** Diagrama de Flujo de DMAIC, metodología utilizada para seguir el plan de trabajo generado por P&G (ASQ Organization, 2010)

Las 5 fases involucradas en el proceso son:

- **Definir:** el problema, actividad u oportunidad de mejora, las metas del proyecto y los requerimientos (internos y externos) del consumidor.
- **Medir:** desempeño del proceso.

- **Analizar:** el proceso, para determinar las causas raíz de variación o mal desempeño (defectos).
- **Mejorar:** desempeño del proceso al tomar en cuenta y eliminar las causas raíz.
- **Controlar:** el proceso mejorado y desempeño futuro del mismo.

#### 4.2 Aplicación de Metodología DMAIC y relación con Fases de Plan de Trabajo

Dentro de la realización del Plan de trabajo con la compañía se definieron distintas fases, con el objetivo de funcionar como una hoja de ruta que permitiera una evolución clara dentro del proyecto, simplificando el trabajo y definiendo claramente etapas y resultados para cada una de ellas.

Con DMAIC se agruparon nuevamente estas fases dentro de los pasos establecidos en dicha metodología, generándose de esta manera un acercamiento sencillo al problema y la capacidad de desarrollar de manera eficiente todo el proyecto, para llevar a cabo un acercamiento al problema no definido en el plan de trabajo inicialmente propuesto por la compañía. A continuación se detallan cada uno de los pasos y las fases que incluyen:

#### 4.3 Paso 1: Definir

Este paso comprendió la investigación y estudio de los conceptos básicos relacionados con mantenimiento y procesos de mejora continua, al igual que los procesos y sistemas que se ven involucrados en las dinámicas que define la compañía.

##### 4.3.1 Fase 1: Entendimiento y familiarización de conceptos básicos

La primera fase consiste en entender y familiarizarse con los conceptos asociados a Mantenimiento y como se emplean los mismos en la compañía, siguiendo y entendiendo los lineamientos y la filosofía aplicada en P&G.

Las actividades que se desarrollaron en esta fase comprendieron:

- Investigar y comprender el significado de Mantenimiento Progresivo y Mantenimiento Autónomo, específicamente el concepto establecido dentro de la filosofía de Mantenimiento Productivo Total.
- Investigar a fondo los estándares globales de P&G para mantenimiento.
- Estudiar y comprender la adaptación de la filosofía de Mantenimiento Productivo Total dentro de la compañía.

- Estudiar y utilizar el sistema SAP como herramienta para administrar y desplegar programa de mantenimiento, su alcance y manejo al igual que los procesos estándares de P&G para manejar cualquier plan de Mantenimiento a través de SAP.
- Visitar una planta P&G (Barquisimeto) con un plan de mantenimiento existente, amplio y robusto y comprender como se aplican los conceptos teóricos.
- Obtener la calificación necesaria en conocimientos corporativos y de buenas prácticas dentro de la compañía para asegurar el cumplimiento de los requerimientos de la misma.
- Cumplimiento de los requerimientos de sistemas y procesos de la compañía.

#### 4.3.2 Fase II: Entendimiento de la relación de Mantenimiento, estado de equipos y eficiencia

Esta fase comprendió el estudio de la relación entre mantenimiento y eficiencia, con el objetivo claro de comprender el impacto real de un plan de mantenimiento adecuado en una empresa de consumo masivo.

Las actividades que se desarrollaron en esta fase comprendieron:

- Estudiar los conceptos asociados a eficiencia, enfocados en confiabilidad del proceso y procesos de mejora continua, comprender que mediciones se llevan a cabo y como se identifican perdidas en una línea o planta.
- Comprender como se asocian los estándares de mantenimiento con las mediciones y conceptos asociados a eficiencia.
- Asistir y llevar a cabo reuniones de análisis de pérdidas, utilizando los conceptos el concepto de pérdida, su asociación con mantenimiento y herramientas definidas por la empresa como árbol de pérdidas, diagrama de Pareto y asociados.
- Estudiar los niveles de PR de una planta con un plan de mantenimiento existente, amplio y robusto y como se planifica el mantenimiento en dicha planta para mantener o mejorar las mediciones de eficiencia.

#### 4.4 Paso 2: Medir

Este paso comprendió la recolección e identificación de la data y variables asociadas a la línea en los aspectos de mantenimiento y eficiencia. Con el objetivo de comprender y el comportamiento histórico de la planta y las mejoras que podrían ser logradas según lo definido en el paso previo.

#### 4.4.1 Fase III: Identificar a fondo el problema

Evaluar el estatus actual de la línea, al igual que como se compara versus una línea modelo y los estándares de la compañía así como también entender cómo y hasta qué punto podrá ser mejorado este estatus con la aplicación del plan desarrollado.

Las actividades que se desarrollaron en esta fase comprendieron:

- Identificar métodos de recolección de data asociada a eficiencia aplicados en la línea y oportunidades de mejora.
- Analizar cadena de adquisición de repuestos de la planta, proceso de almacenaje y distribución de los mismos.
- Investigar la metodología de seguimiento a la data asociada a la eficiencia de la línea y oportunidades mejora.
- Identificar defectos en la línea y clasificarlos según la influencia de los mismos en los objetivos planificados.
- Llevar a cabo levantamiento de información sobre estatus actuales de los equipos, puntos críticos e historial de mantenimiento.
- Identificar puntos claves deficientes.

#### 4.4.2 Fase IV: Levantamiento de información

Entender la data relacionada a los repuestos de la línea al igual que el comportamiento histórico de los equipos y su historial de mantenimiento: además de comprender como se comportó la línea en materia de pérdidas asociadas a los equipos que componen:

Las actividades que se desarrollaron en esta fase comprendieron:

- Construir *master-data* de repuestos de línea.
- Categorizar acorde a importancia, costo, disponibilidad local o importada y otros aspectos los repuestos de la línea.
- Desarrollar el árbol de pérdidas histórico, por mes, de línea de envasado e identificar principales fallas asociadas a las mayores pérdidas.

#### 4.5 Paso 3: Analizar

Este paso comprendió el análisis de la data recolectada, el entendimiento de que equipos afectaban mayoritariamente la eficiencia de la línea y como se podría aplicar específicamente el plan desarrollado, asegurándose de esta manera la mejora de los puntos claves.

Las actividades que se desarrollaron en esta paso se presentan a continuación:

- Analizar la master-data de repuestos recogida, entender que stock de seguridad de dichos repuestos se debía mantener para evitar averías continuas.
- Entender en el histórico de pérdidas que equipos se presentaban como los principales causantes de pérdidas por fallas y averías.
- Definir una clasificación y ranking de equipos acorde a vulnerabilidad a fallas, inversión en repuestos, importancia y repercusiones de averías en eficiencia.
- Analizar y desarrollar sabana de mantenimiento enfocada en mejora de eficiencia de la línea, teniendo en consideración frecuencia de mantenimientos, repuestos necesario y costo asociado.
- Realizar análisis de costos de repuestos y proceso de adquisición de los mismos en paralelo con propuesta de sabana de mantenimiento.

#### 4.6 Paso 4: Mejorar

Este paso comprendió la presentación y aplicación de la ~~sabana~~-~~sábana~~ de mantenimiento, la nueva dinámica de adquisición de repuestos y el rediseño de las herramientas de análisis de pérdidas de la planta.

##### 4.6.1 Fase V: Presentación de propuesta

Comprende la presentación ante la compañía de la propuesta de nuevo plan de mantenimiento para la línea junto a la nueva dinámica de adquisición de repuestos junto a todas las herramientas desarrolladas. La aprobación de la propuesta por parte de la compañía es fundamental para pasar a la aplicación de la misma.

Las actividades que se desarrollaron en esta fase comprendieron:

- Presentar propuesta de adquisición de Repuestos, incluyendo frecuencia de adquisición, stock de seguridad y nueva dinámica de adquisición.

- Presentar propuesta de sabana de mantenimiento total planta anual, incluyendo frecuencia de mantenimientos, estándares de aplicación y repuestos asociados.
- Presentar propuesta de mantenimiento autónomo, dentro de plan de mantenimiento total planta en el que se define claramente dinámica de análisis de pérdidas mediante la filosofía de mantenimiento productivo total.

#### 4.6.2 Fase VI: Aplicar propuesta

Consiste en la aplicación y supervisión de la nueva propuesta de mantenimiento, incluyendo los mantenimientos considerados críticos y la preservación de la data recogida en los sistemas de la compañía.

Las actividades desarrolladas durante esta fase se presentan a continuación:

- Asegurar entrenamientos de equipo de mantenimiento de planta para cumplir pasos establecidos en nuevo plan de mantenimiento.
- Supervisar aplicación y funcionamiento de nuevo sistema de adquisición de repuestos.
- Supervisar procesos de mantenimiento autónomo establecidos en el plan de mantenimiento.
- Alinear y supervisar mantenimientos necesarios ~~según~~ según la sábana previamente presentada.

#### 4.7 Paso 5: Controlar

El último paso en la metodología consistió en el análisis de resultados luego de la aplicación del nuevo plan de mantenimiento y el desarrollar y aplicar las mejoras necesarias según los análisis. Todo esto, enfocado específicamente en el comportamiento de los equipos y las fallas asociadas a pérdidas luego de la realización de los mantenimientos planeados.

Además, este paso comprende la preservación de la propuesta mediante la carga de toda la data, incluyendo formatos estándares, frecuencia y repuestos al sistema SAP. Asegurándose de esta manera el seguimiento al plan y mejora ~~e~~continúa del proceso después de la finalización del proyecto.

## CAPITULO 5

### RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se presenta el desarrollo y los resultados obtenidos durante la realización de este proyecto de pasantía. Con el objetivo de expresar de forma concisa y clara los resultados del trabajo se seguirá el mismo esquema utilizado en el capítulo 4.

#### 5.1 Paso 1: Definir

Entendiendo que existen distintas filosofías y conceptos relacionados con mantenimiento el primer paso primordial en la realización del mismo fue definir bajo que conceptos específicos se desarrollaría el plan de mantenimiento. Entendiéndose de esta manera que variables se tomarían en cuenta para evaluar los resultados y el desempeño del plan.

Los conceptos y estándares de Mantenimiento de la compañía están basados en la estrategia IWS de P&G, la cual a su vez utiliza como una de sus bases la filosofía de Mantenimiento Productivo Total. Es por esta razón que se decide utilizar, principalmente, los lineamientos de esta última filosofía para desarrollar un plan completo, enfocado en los equipos y las personas involucradas en el proceso productivo.

##### 5.1.1 Plan de Mantenimiento de tres pilares

Se define entonces tres pilares fundamentales, los cuales se desarrollan a continuación:

Mantenimiento Autónomo	Mantenimiento Progresivo	Mejora de Herramientas
<ul style="list-style-type: none"><li>• Generar capacidad en operadores</li><li>• Identificar defectos</li><li>• Identificar pérdidas</li><li>• Definir estándares de limpieza y lubricación diaria</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reestablecer condiciones básicas</li><li>• Priorizar Equipos</li><li>• Establecer Sabana de Mantenimiento</li><li>• Generar prácticas de mejora continua</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Redefinir estrategia de adquisición y manejo de repuestos</li><li>• Definir uso adecuado de herramientas</li><li>• Establecer estándar de medición de Productividad</li></ul>

**Figura 5.1** Tres Pilares de plan de mantenimiento desarrollado. Se especifican los puntos principales considerados objetivos de cada pilar, completamente necesarios para generar los resultados esperados.

#### 5.1.1.1 Primer Pilar: Mantenimiento Autónomo

El Mantenimiento Autónomo se define como un pilar dentro de la estrategia IWS de P&G, además de estar presente en la teoría propuesta en la filosofía de Mantenimiento Productivo Total.

Se ha mencionado anteriormente que la planta ENVECA no es técnicamente parte de P&G Venezuela, sino una contratista que se encarga exclusivamente del envasado de champú; sin embargo la condición de manejo del área de mantenimiento por parte de P&G genera una condición complicada si se quiere establecer un plan conciso que vaya más allá de la simple adquisición de repuestos.

La aplicación del concepto de Mantenimiento Autónomo se presenta entonces como una oportunidad para involucrar al equipo de mantenimiento y producción de la planta envasadora en un programa de Mantenimiento Productivo Total que sea capaz de establecer estándares avalados y propuestos por P&G. Al desarrollar un programa de Mantenimiento Autónomo se buscó saltar la barrera generada por la administración conjunta de dos empresas en la planta y crear un equipo de trabajo enfocado en mejorar la eficiencia.

En la teoría de IWS existen varios pasos dentro de la aplicación de un programa de Mantenimiento Autónomo. Siguiendo los lineamientos expresados en la teoría del Mantenimiento Productivo Total y, basados en los principales hitos expresados en los pasos, se establecieron 3 etapas que fueron desarrolladas como objetivos principales dentro del plan que sería establecido en la planta (ver figura 5.2) tomando en consideración las limitaciones principales de tiempo y personal para la realización del proyecto.

Cabe destacar que en el periodo de realización del proyecto no se considera viable calificar (mediante estándares P&G), específicamente el Paso 3. Todos los pasos descritos en la adaptación (figura 5.2) realizada para la planta, fueron analizados junto al personal y el acercamiento consistía en dejar todos los formatos y lineamientos listos para que los operadores de la línea y personal en general pudieran continuar su curva de aprendizaje con formatos ya existentes y con entrenamientos realizados durante el periodo de aplicación de este proyecto.

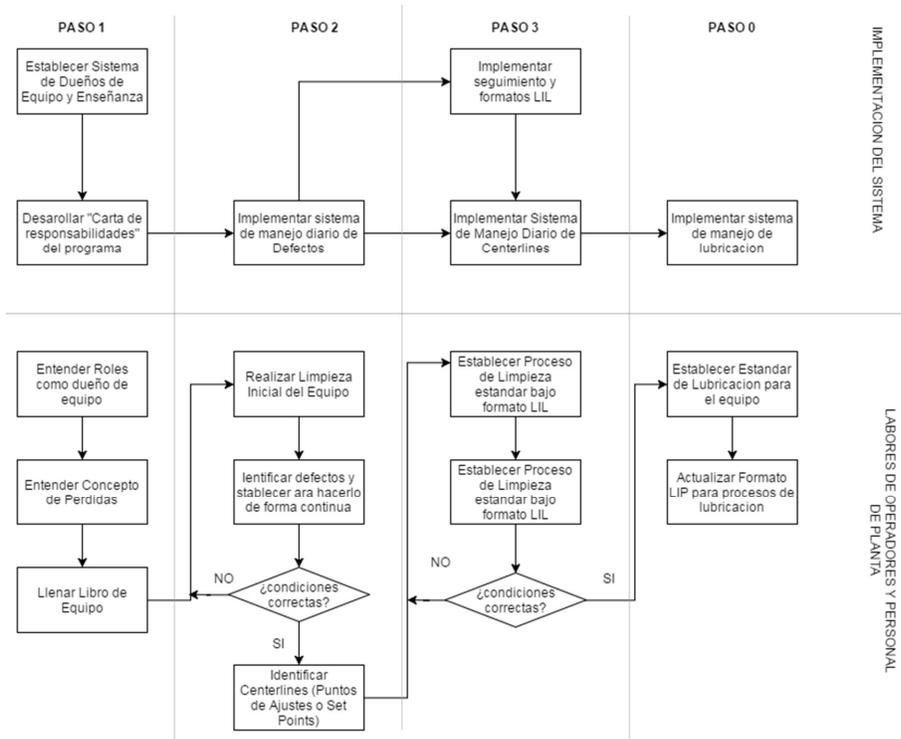
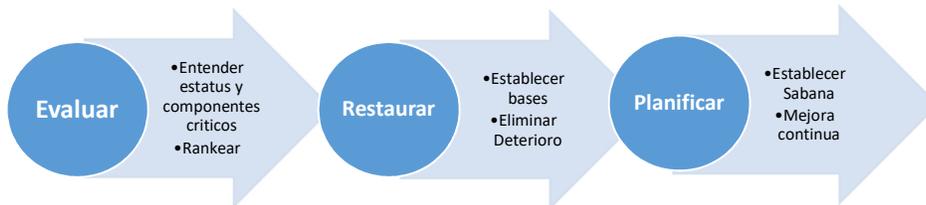


Figura 5.2 Adaptacion de Pasos AM segun TPM e IWS, parte superior de la grafica se enfoca en los pasos de implementacion del sistema, mientras que la inferior se enfoca en las labores y conocimientos que deben realizar y conocer los operadores y el personal de mantenimiento en planta. Elaboracion Propia.

**5.1.1.2 Segundo Pilar: Mantenimiento Progresivo**

El Mantenimiento Progresivo es un pilar tanto en la teoría IWS como en el Mantenimiento Productivo total, consiste en avanzar gradualmente hacia el objetivo de cero averías en planta. Dentro del programa establecido el pilar de Mantenimiento Progresivo se enfoca en crear las condiciones necesarias para la aplicación completa del mismo y dejar definidos lineamientos claros sobre los cuales se puede progresar en base al concepto de mejora continúa.

Basados en los puntos más importantes expresados en la teoría y considerando una relación clara entre la capacidad de aplicación en la planta (teniendo en cuenta la capacidad limitada de personal y tiempo) y la importancia de los puntos, se definieron las siguientes bases fundamentales dentro del pilar de mantenimiento progresivo:



**Figura 5.3** Hoja de acción para establecer programa de mantenimiento progresivo. Tres pasos fundamentales y los dos principales objetivos de cada uno. Enfocados en generar capacidad de mejora continua y establecer un camino seguro al objetivo de cero averías, según la teoría TPM Elaboracion Propia.

1. **Evaluación de los equipos:** revisión completa que genere información completa sobre el estatus actual de cada uno de los equipos, historial de mantenimiento, piezas críticas y ranking claro acorde a importancia y demás variables.
2. **Restaurar deterioro crítico:** establecer un ambiente de trabajo en el cual se pueda contar con una base fundamental de equipos en buenas condiciones y reducir mantenimiento no planeado.
3. **Establecer Hoja de Ruta:** Establecer sabana de mantenimiento planeado que involucre todos los equipos y las herramientas existentes, para toda la planta y con toda la información necesaria para evitar improvisación y funcionar como base para posterior mejora según desarrollo de mantenimiento predictivo.

### 5.1.1.3 Tercer Pilar: Mejora de herramientas

El tercer pilar del plan desarrollado tiene como objetivo dejar claro la manera en que se tomaran las métricas y establecer las herramientas, responsables y dinámicas correctas para mejorar la capacidad de la planta en materia de mantenimiento. Este pilar del plan se fundamenta en confiabilidad del proceso y restructuración de proceso de adquisición y manejo de repuestos:

#### Confiabilidad del proceso

En la teoría del Mantenimiento Productivo Total se utiliza la clasificación OEE como fundamental para evaluar los estatus de una línea de producción. Sin embargo, en el caso de ENVECA al no existir mediciones claras sobre el desempeño diario de los equipos, se consideró desprolijo utilizar como la métrica OEE como primera evaluación de las condiciones de la línea, ya que al no contar con información exacta sobre paradas la clasificación podría no señalar el comportamiento o estatus real de los equipos.

Alternativamente se decide utilizar el concepto de Confiabilidad del Proceso (PR), junto a sencillos arboles de pérdidas basados en análisis del tipo Pareto para generar conocimiento sobre el estatus de la línea, cuanto producto se está manufacturando y cuanto se está dejando de producir. Relacionándose sencillamente el estatus de la línea con los objetivos gerenciales de la empresa.

Adicionalmente, el utilizar el concepto de PR permite entender que porcentaje de las pérdidas se puede atribuir a determinado equipo sin necesidad de realizar cálculos adicionales, todo puede ser llevado a cabo en una herramienta en la que se ingresen las paradas por día y se genere el Pareto del mes y los valores de PR y pérdidas. Dicha herramienta se desarrolla como paso principal para entender el comportamiento histórico de la línea y visualizar como el plan desarrollado podrá afectar su rendimiento y eficiencia.

**Adquisición y manejo de repuestos**

La evaluación del proceso existente previo al desarrollo de este trabajo de adquisición de repuestos para la línea probó que el sistema era inefectivo. Las responsabilidades no se distribuían y recaían completamente sobre una sola persona, no había chequeo externo y se constituía como un proceso riesgoso respecto a controles internos

Actividad	Encargado	Desventajas
Evaluar necesidad de adquisición de repuesto según planificación, avería o falla	Pasante de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La no existencia de un plan claro que involucre repuestos por actividad genera que la adquisición sea intermitente</li> <li>• Si se necesita un repuesto de forma urgente se pierde tiempo valioso mientras se realiza la evaluación de la necesidad</li> <li>• No existe un stock de seguridad para prever futuros imprevistos</li> </ul>
Solicitar Cotizaciones. <i>Si gasto es mayor a cierto valor, se debe solicitar 3</i>	No definido – Pasante de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe realizar proceso de solicitud de cotizaciones cada vez que se necesita un repuesto.</li> </ul>

CAPÍTULO V – RESULTADOS Y ANALISIS

<i>cotizaciones a 3 proveedores distintos</i>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pierde tiempo ya que él no existe un rol dedicado exclusivamente a lidiar con proveedores.</li> <li>• No existe conocimiento claro en cuanto a existencia o disponibilidad de proveedores ya que no se involucra a un departamento de compras ya existente, no se utilizan correctamente los recursos.</li> </ul>
Montaje de Orden de Compra	No definido – Pasante de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pierde tiempo ya que no existe un rol dedicado exclusivamente al montaje de órdenes de compra</li> <li>• Dependiendo del nivel de gasto cada orden de compra necesita una aprobación distinta según la cadena de aprobaciones</li> </ul>
Recepción de Orden de compra	No definido – Personal en Planta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El personal que recibe órdenes en compra no puede dar GR, confirmación de recibido en sistema. Por lo que se retrasa el pago a proveedores</li> </ul>
Conteo y verificación de orden de compra recibida	No definido – Pasante de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se pierde tiempo ya que no existe un rol dedicado a la recepción y verificación de las órdenes recibidas</li> <li>• Al ser la misma persona encargada de solicitar la orden y verificar su contenido existe un riesgo de controles internos</li> </ul>
Solicitud de GR vía correo electrónico	No definido – Pasante de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El rol de aprobación de GR para repuestos no está definido en el equipo de trabajo por lo que se agrega un paso más a la cadena de aprobaciones</li> </ul>
Generación de GR	Personal de Almacén Barquisimeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal de almacén en Barquisimeto debe dar GR en sistema cuando solicitud de GR sea visualizada, impráctico y largo</li> </ul>

**Tabla 5.1** Actividad, Encargado y desventajas del proceso existente de adquisición de repuestos. Elaboración propia.

Se decide reformar el sistema de adquisición de repuestos con los objetivos claros de:

- Liberar de carga de trabajo el cargo de Pasante de mantenimiento e IWS los procesos de: creación de órdenes de compra y solicitudes de GR.
- Utilizar los recursos existentes en Planta y Almacén Barquisimeto.
- Generar un proceso robusto, sin fallas de controles internos que permita procesos de auditorías externas.
- Permitir chequeo y planeación de uso de repuestos en sistema SAP.

## 5.2 Paso 2: Medir

Este paso permitió el posterior análisis con el que se pudo reconocer el estatus en que se encontraba la línea de producción antes del implemento del plan, así como también identificar los puntos críticos en los que se enfocaron los esfuerzos de mejora.

### 5.2.1 Data asociada a perdidas pérdidas

La información asociada a pérdidas correspondía a reportes mensuales diarios generados por la gerencia de planta, que se solapaban con la información del PR reportada cada final de mes para presentar como resumen del periodo de producción.

No se manejaba data concluyente sobre PR, equipos críticos o fallas repetitivas por lo que se decidió utilizar todos los reportes de producción y de paradas mensuales para levantar data sobre el comportamiento histórico de la línea de producción.

#### 5.2.1.1 Desarrollo de Herramienta de PR

Aunque se consideraba que la información diaria de paradas presentada por la gerencia estaba incompleta era la única información referente a paradas que se manejaba en la línea de producción previa al desarrollo de este proyecto.

El PR era calculado mediante una herramienta (ver figura 5.4) que relacionaba producción diaria y horas de operación con la formula presentada que permitía llevar un seguimiento diario a la variable.

Octubre				
Resumen del Mes		Día	6	7
Horas Totales de Produccion	174.5	PR Diario	15%	33%
PR del mes	41%	Horas de Producción (Ingresar)	8	8
		Contribucion a PR del Mes	1%	2%
		Cajas Prod. (Ingresar)	1352	3020
		Items	16224	36240
		Posibles	110400	110400
		PR	14.7%	32.8%
		MSU's	2.524154	5.638273

Figura 5.4 —Extracto de Herramienta de identificación de PR. . Se ingresan las horas de producción y las cajas generadas en el día y se reporta la producción en distintas unidades y el PR diario y acumulado (P&G, 2016)

Se decidió extender el alcance de la herramienta creando un sistema de ingreso de información de paradas y razones preestablecidas que permitan que la herramienta calcule de forma autónoma

el Pareto de la línea conforme se vaya ingresando la misma, adicionalmente la identificación y relación con razones permitiría entender de dónde venían las principales pérdidas.

	Ranking	PR perdido	Razon
Paradas Planeadas	2	4.5%	Comidas
	5	0.0%	Pérdida por rate bajo
	3	1.4%	Enjuage
	4	0.3%	Sanitizacion
	5	0.0%	Enjuage y sanitizacion por conexión de Isotanque
	5	0.0%	C2 Enjuague
	5	0.0%	C3 Cambio de formato
	5	0.0%	Limpieza General
	5	0.0%	Poca presion a la salida del Isotanque
	5	0.0%	Control de peso
	5	0.0%	Cambios Bobina
	1	22.2%	Mantenimiento
	5	0.0%	Entrenamientos
	5	0.0%	Inventario
	5	0.0%	PQ
	5	0.0%	AM
	5	0.0%	Reproceso
	5	0.0%	EO
5	0.0%	Cambios Encintadora	
No Planeado	9	0.0%	Aire Acondicionado Area Limpia
	9	0.0%	Mantenimiento Codificador
	9	0.0%	Case Packer
	7	0.2%	Llenadora (derrames)
	9	0.0%	Compresor
	9	0.0%	Taponadora
	9	0.0%	Sanitizacion y conexión para descarga de isotanque
	9	0.0%	Etiquetadora Tarjeta
	9	0.0%	Etiquetadora Ajustes
	9	0.0%	Parada por culminacion de cedula
	9	0.0%	Etiquetas (Trancamiento)
	7	0.2%	Retrasos Llegada personal - Paro Transporte
	9	0.0%	Sistema Electrico
	6	1.0%	Packer
	9	0.0%	Sorter de Tapas.
	5	1.2%	Conexión Isotanque - Tornillos
	4	1.3%	Etiquetadora. Falla En brazo
	2	5.6%	Falta Granel
	3	5.4%	Fallas eléctricas
	9	0.0%	Liberacion Materiales
9	0.0%	Utilities (Agua, Luz, Aire, etc)	
1	25.8%	No identificado	
		30.8%	Uptime (PR)
		28.5%	Perdidas de PR - Planeados
		40.7%	Perdidas de PR - No Planeados
		100.0%	Total
		8640	Tiempo de Operación

Tabla 5.2 -Paradas del mes de Abril de 2016, extracción de Herramienta de identificación de paradas, extracto, el encargado en planta inserta los paros diarios Elaboración propia

La herramienta (ver tabla 5.2) trabaja bajo el sistema de seguimiento diario de PR, se le ingresa el tiempo de paradas asociadas a una razón, en la columna del día de dicha parada, pudiéndose elegir de una lista preestablecida o escribiéndose dicha razón. Las paradas se dividen en planeadas (como mantenimientos, enjuagues o sanitizaciones) y no planeadas (averías, fallos, mala planificación de entrega de materiales, etc.). El Pareto generado señala el porcentaje de PR (ver formula 2.5) perdido vs 100% posible de PR, es decir, el PR del mes más todo el PR perdido debe equivaler al 100%; de esta manera se puede observar de manera intuitiva y sencilla la relación entre perdida y producción, sin necesidad de desarrollar cálculos adicionales.

Posterior a la generación del Pareto del mes, el usuario debe depurar las razones asociadas a cero pérdidas y se puede presentar junto al árbol de pérdidas del mes, donde se debe contar con planes de acción para el 20% de las razones causantes del 80% de las pérdidas. Adicionalmente el árbol de pérdidas debe contar con los puntos importantes asociados a las pérdidas del mes para ser presentada a los líderes de categoría en P&G.

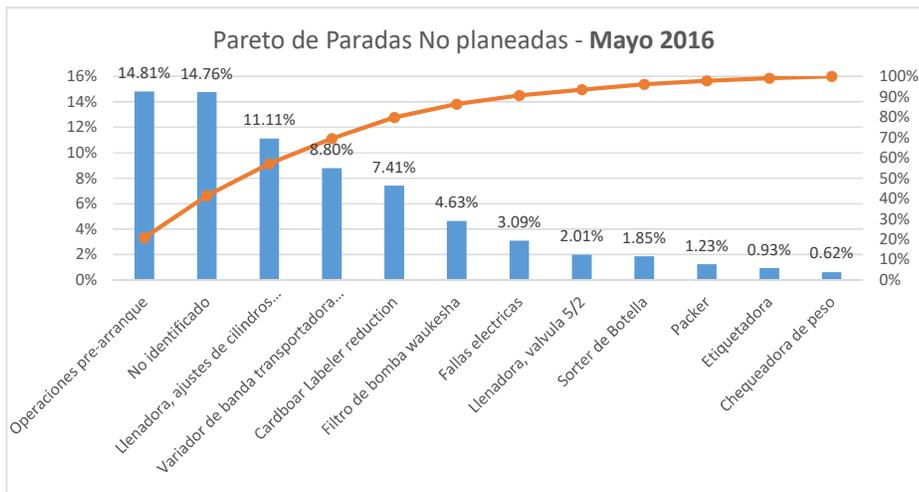


Figura 5.5 Ejemplo de Pareto de Perdidas No planeadas. Mes de Mayo 2016. Elaboración propia

### 5.2.1.2 Comportamiento histórico de la línea

Con la herramienta desarrollada, se ingresa toda la data de reportes diarios y mensuales generados por la gerencia de ENVECA y se categorizan en grupos comunes las pérdidas, para entender que

equipos están asociados a mayores pérdidas y cuáles son los principales causantes de las mismas. Se tomaron los meses de Enero a Junio de 2016 y se generaron 5 grupos principales:

**No identificadas:** Corresponden al porcentaje de pérdidas no asignados a ninguna razón que la herramienta agrupa y presenta como el diferencial entre el 100% de PR y la sumatoria del PR del mes más el asociado a paradas identificadas.

**Disponibilidad de granel y operaciones:** Corresponde a perdidas asociadas a retrasos en entrega en de granel o malas planificaciones que generan pérdidas no atribuibles a equipos.

**Averías graves:** corresponden a paradas de más de 12 horas, generadas por equipos o piezas de ellos.

**Fallas en equipos:** Paradas en equipos, tal como se expresa en el marco teórico. (Daños en sensores, mal posicionamiento de botellas, etc.)

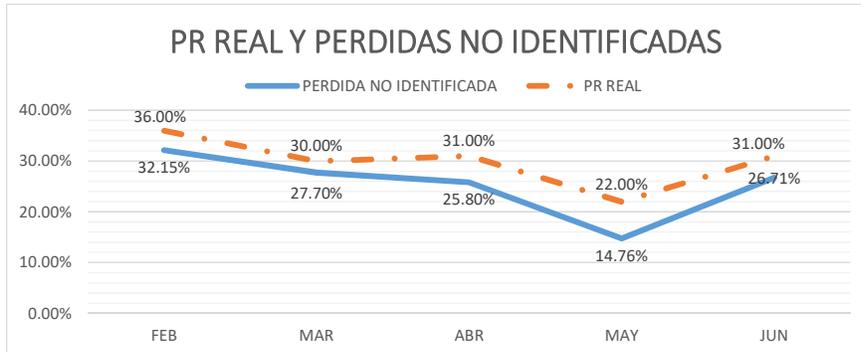
**Fallas en equipos fuera de la línea de producción:** Consiste en fallas de equipos no asociados a la línea de producción, que no corresponden al mantenimiento de P&G Venezuela (compresor de aire de la planta, aires acondicionados, generadores eléctricos, etc.)

**Otros:** Cualquier otra razón no relacionada con las anteriores, generalmente producto de la volatilidad del ambiente laboral venezolano (fallas en el suministro eléctrico, paros de transporte que evitan asistencia de personal, reclamos laborales, etc.).

Mes	PR Real	Perdidas Totales	Perdidas vs 100%							Planificado	
			No Identificado	Disponibilidad de Granel y Operaciones	Averias Graves (>12 Horas)	Fallas en Equipos	Fallas en equipos fuera de línea de producción	Otros	Mantenimiento	Otros	
FEB	36.00%	64.00%	32.15%	0.00%	0.00%	4.87%	12.26%	3.99%	0.00%	9.10%	
MAR	30.00%	70.00%	27.70%	0.00%	31.73%	2.31%	0.00%	1.32%	0.00%	7.36%	
APR	31.00%	69.00%	25.80%	5.60%	0.00%	2.50%	0.00%	6.80%	22.50%	6.00%	
MAY	22.00%	78.00%	14.76%	14.81%	0%	27.40%	0.00%	3.09%	11.11%	9.60%	
JUN	31.00%	69.00%	26.71%	0.00%	0.00%	23.87%	2.99%	1.62%	0.00%	13.77%	
<b>AVG</b>	<b>30.00%</b>	<b>70.00%</b>	<b>25.42%</b>	<b>4.08%</b>	<b>6.35%</b>	<b>12.19%</b>	<b>3.05%</b>	<b>3.36%</b>	<b>6.72%</b>	<b>9.17%</b>	

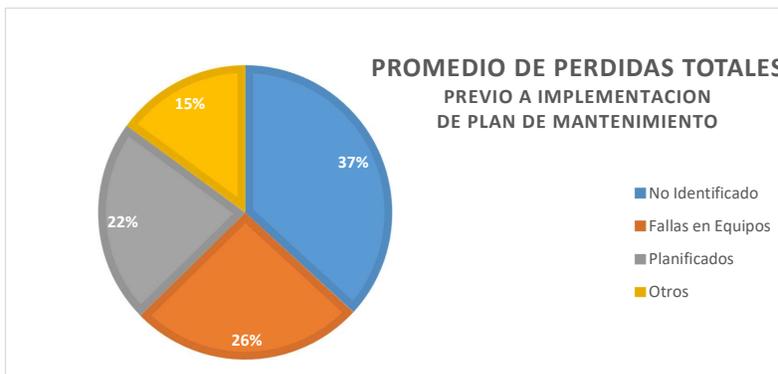
**Figura 5.6** Resumen historico de comportamiento de la línea para periodo FEB-JUN. Se agruparon distintos tipos de paradas en 6 razones principales para no planificados y 2 para planificados, de esta manera se buscaba entender el comportamiento historico de la línea. Elaboracion propia.

Fue sencillo identificar que las pérdidas no identificadas superaban, mes tras mes, a cualquier razón identificada de pérdidas, además el comportamiento de las mismas es lineal conforme varia el PR de la línea por lo que se puede intuir que corresponden a un porcentaje (vs el total de las perdidas reportadas) relativamente constante a través del periodo evaluado.



**Figura 5.7** Valores de PR y de Perdidas no identificadas FEB-JUN. Se observa relación entre PR y no identificadas, entendiéndose que es relativamente constante versus el PR y que no se identifican claramente las pérdidas. Elaboración Propia.

Las pérdidas no identificadas corresponden, en promedio, al 37% de las Pérdidas Totales; es decir que más de un tercio de las paradas no era si quiera identificada, haciéndose obviamente imposible la posibilidad de poder atacarlas. Identificar la razón asociada a estas pérdidas se vuelve fundamental, para esto se considerara aún más importante el desarrollo de la estrategia de identificación de paradas dentro del plan de mantenimiento autónomo.



**Figura 5.8** Grafico de Promedio de Pérdidas Totales en periodo Ene-Jun. Se identifica que las pérdidas no identificadas son mayores que cualquier pérdida identificada. Adicionalmente las fallas en equipo representan un cuarto de las pérdidas vs el total. Elaboración propia

De igual manera se identifican las fallas en equipos) como principales causantes de paradas, lo cual ratifica la necesidad de enfocarse en la base de mantenimiento progresivo para atacar fallas

continuas. Para explorar más a fondo que equipos generaban mayores pérdidas se desarrollaron diagramas partos y árboles de pérdidas en el periodo previo a la implementación del plan de mantenimiento ya analizado.

### 5.2.2 Repuestos

Al no existir un sistema de identificación o seguimiento a repuestos en ENVECA se desarrolló una herramienta capaz de identificar cada repuesto asociado a cada máquina, incluyéndose:

**Data básica:** Equipo al que pertenece, proveedor, número de parte y descripción.

**Precio:** Si el repuesto se consigue en Venezuela se incluye la moneda local, si no se consigue en Venezuela se incluye costo en USD. En caso de ser importado se designaron dos categorías:

**Código GCAs:** Cuenta con el código con el que puede conseguirse en cualquier almacén Procter, de lo contrario queda marcada para ser incluida.

**Stock Actual:** Existencia en planta.

**Requerimiento Anual:** Calculado en base a la cantidad requerida por mantenimiento y la frecuencia mensual de dichos mantenimientos, es una aproximación al número de repuestos que serán consumida en un año si sigue el plan de mantenimiento progresivo.

$$Req. Anual = Req. por mantto * \frac{12}{frecuencia\ de\ mantto\ (mes)} \quad (5.1)$$

#### 5.2.2.1 Condiciones de equipos

Para llenar la data en la herramienta realizó una revisión profunda de cada uno de ellos junto a técnicos experimentados de P&G Barquisimeto, con el objetivo de saber cuál inversión estaría asociada a llevar dichos equipos a condiciones básicas, que piezas presentaban desgastes, si se podían esperar fallas continuas y otra información relevante.

La información recabada fue necesaria para llenar la columna de condiciones básicas: cantidad de repuestos asociados a un equipo cuyo cambio es considerado necesario por: desgaste, fallas constantes, tiempo de operación por encima del recomendado por el fabricante.

CAPÍTULO V – RESULTADOS Y ANALISIS

Repuestos ENVECA				PART NUMBER	Stock Actual	SS	REQ	REQ POR MAINT REQ	FREQ (MONTHLY)	PM FULL	OOC only		
Descripcion	Equipo	Proveedor	GCA's	PART NUMBER	Critic Id	Stock Actual	SS	REQ	REQ POR MAINT REQ	FREQ (MENSUAL)	ANUAL PM FULL	C.B	Solo importado?
FRENO	Etiquetadora	Kosme		21500134	1	0	1	1	1	36	0.33333	1	Y
CONEXIÓN	Etiquetadora	Kosme		21505393	1	0	1	1	1	36	0.33333	1	Y
CORREA DENTADA	Etiquetadora	Kosme		22000027	2	0	2	2	2	24	1	2	LA
TENSOR DE LA CADENA	Etiquetadora	Kosme		22000177	1	0	1	1	1	24	0.5	1	Y
CORREA DENTADA	Etiquetadora	Kosme		22001051	2	0	2	2	2	24	1	2	LA
CORREA DENTADA	Etiquetadora	Kosme		22001057	2	0	1	1	1	24	0.5	1	LA
VENTILADOR	Etiquetadora	Kosme		42500061	2	0	1	1	1	24	0.5	1	LA
VENTILADOR	Etiquetadora	Kosme		42500068	2	0	1	1	1	24	0.5	1	LA
CONECTOR	Etiquetadora	Kosme		43000010	1	1	2	1	2	24	1	2	Y
SENSOR	Etiquetadora	Kosme		43003050	1	1	1	0	0	12	0	1	Y
TARJETA ELECTRONICA	Etiquetadora	Kosme		43500107	1	1	1	0	0	12	0		Y
DISPLAY	Etiquetadora	Kosme		43500124	1	0	1	1	0	12	0		Y
TARJETA	Etiquetadora	Kosme		43500127	1	1	1	0	0	12	0		Y
TARJETA ELECTRONICA	Etiquetadora	Kosme		43500128	1	0	1	1	0	12	0		Y
TARJETA	Etiquetadora	Kosme		43500178	1	0	1	1	0	12	0		Y
TARJETA	Etiquetadora	Kosme		43500179	1	0	1	1	0	12	0		Y
RUEDA Ø50X15	Etiquetadora	Kosme		50002014	1	0	4	4	4	12	4	4	Y
MIRILLA 0215X0098X0025 PA 66	Etiquetadora	Kosme		50022806	1	0	1	1	1	12	1	1	Y
RESORTE	Etiquetadora	Kosme		50023416	1	0	4	4	4	12	4	4	Y
CORREA	Etiquetadora	Kosme		50502938	2	0	2	2	2	12	2	2	LA
RESORTE	Etiquetadora	Kosme		50505521	1	0	4	4	4	12	4	4	Y
RESORTE	Etiquetadora	Kosme		50509710	1	0	4	4	4	12	4	4	Y
RESORTE	Etiquetadora	Kosme		50531436	1	0	4	4	4	12	4	4	Y
ESPATULA DE	Etiquetadora	Kosme		50583907	2	0	10	10	10	12	10	10	LA
ESPATULA DE PLANCHADO	Etiquetadora	Kosme		50583908	2	0	10	10	10	12	10	10	LA
ESPATULA DE	Etiquetadora	Kosme		50583909	2	0	10	10	10	12	10	10	LA
PLATILLO BASETTA PIATTELLO D.110	Etiquetadora	Kosme		80029669	2	0	4	4	4	12	4	4	LA
PRENSADOR TAPONES D.75 H.100	Etiquetadora	Kosme		80077391	1	0	4	4	4	12	4	4	Y
1 Hilera de bolas contacto FAG	Etiquetadora	SKF		7201 BIP	3	0	3	3	12	12	12	12	Y

Figura 5.8 Extracto de Masterdata de Repuestos. Repuestos "KOSME" de la etiquetadora. La casilla de GCAs vacía señala que deben cargarse los repuestos al sistema SAP. Por colores: Azul: Data para adquirir solo inventario de seguridad. Verde: data para calcular requerimiento anual según sabana de mantenimiento. Amarillo: numero de piezas necesarias para restaurar condiciones basicas. Elaboracion Propia

5.3 Paso 3: Analizar

La data levantada, según lo especificado en el capítulo anterior, funciono para definir específicamente las estrategias del plan de mantenimiento, enfocándose en las bases del mismo previamente definidas

5.3.1 Mejora de Herramientas

5.3.1.1 Análisis de condiciones para desarrollo de estrategia de manejo de repuestos

Conforme las mediciones fueron realizadas se entendió que en planta no existía ningún tipo de stock, mucho menos un proceso de cálculo o clasificación y aun cuando el proceso de adquisición de repuestos seria migrado a almacén planta Barquisimeto era necesario definir, al menos, el stock de seguridad asociado a cada repuesto.

Para definir la estrategia a utilizad fue necesario, durante la revisión de los equipos hacer un análisis y priorización de cuan importantes era cada repuestos para la operación general de la línea.

Se siguió una metodología de 3 puntos basada en teoría de *Implement Consulting Group* (Mikalsen, 2015), adaptada a las condiciones de la planta.



**Figura 5.9** Descripción de etapas seguidas para desarrollar estrategia de adquisición y almacenamiento de repuestos. Primero se caracterizaron, luego se originó una segmentación lógica y por último se definieron los valores de inventario de seguridad y la estrategia final. Elaboración Propia

#### Determinación de variables: Tipo de Repuesto

**Piezas sometidas a desgaste continuo:** Elementos que unen piezas, suelen estar en contacto con fluidos y en movimientos: rodamientos, juntas, resortes y demás piezas sometidas a corrosión, cavitación y fatiga.

**Consumibles:** Elementos de corta duración, con vida útil relativamente predecible independientemente de condiciones de la planta y que no suelen tener alto costo. Como Filtros comunes y racores

**Elementos de regulación:** A pesar de no estar siempre sometidos a desgaste son necesarios para regular y mantener los niveles deseados de producción; como lo son válvulas o cigüeñales.

**Transmisoras de movimiento:** Encargadas de transmitir movimiento, suelen desgastar por fatiga: engranes, ejes, correas o reductores.

**Componentes electrónicos o de control:** Alta confiabilidad y altos costos, no son comunes sus fallos a menos que las condiciones de operación sean desfavorables. Suelen tener un periodo de operación establecido por el fabricante, generalmente en años.

**Piezas Estructurales:** Bastidores o soportes, no suelen fallar y sus fallas implican, normalmente, colapso general del equipo.

**Determinación de variables: Criticidad**

La criticidad es un aspecto fundamental en el manejo de repuestos, cada repuesto tiene un impacto distinto en las operaciones en caso de fallas o averías. Repuestos que son cruciales para la operación deben tener, la mayoría de las veces, un requerimiento mayor y por ende un stock de seguridad mayor. (Mikalsen, 2015)

Se utilizaron 3 grados de criticidad, sencillos de definir:

- **Altamente Críticos:** Repuestos completamente esenciales para la producción, una falla equivale directamente a una avería. Ejemplo: Una válvula 5/2 que permite el llenado en la llenadora.
- **Moderadamente críticos:** Son aquellos que, de no haber en existencia a la hora de una falla, afectan moderadamente la producción, generalmente debido a que pueden ser rápidamente reparados o se puede continuar la operación de forma parcial, mientras se consigue el reemplazo. Ejemplo: un sensor en la Empacadora que evita se sature la línea de cajas (fácilmente realizable por un operador).
- **Pocos críticos:** repuestos que poco afectan la operación de la línea, generalmente porque puede seguir funcionando mientras se consigue el reemplazo, sin embargo pueden estar asociados a pérdidas de *rate* o paradas cortas. Ejemplo: un sello que evite fuga de aire en una zona no crítica.

Formatted: Font: Italic

**Determinación de variables: Disponibilidad (Condiciones de abastecimiento)**

Normalmente, las condiciones de abastecimiento se definen por dos tipos de piezas, las que deben ser ordenadas al fabricante (*made-to-order*) para que este las realice y las que pueden adquirirse directamente del stock (*made-to-stock*) de fabricante porque son comunes.

Sin embargo, en el caso de Venezuela y las características del mercado de repuestos se considera del mismo modo si el repuesto puede ser conseguido en el mercado local o debe ser importado, bien sea por el proveedor local o directamente por P&G.

- **Importadas y hechas a pedido (OLT >31 días):** Duran más de un mes entre la solicitud de fabricación y el arribo a Venezuela. Ejemplo: Piezas *Ronchi* de la llenadora como distribuidores de aire o válvulas 5/2 de *Festo*.
- **Importadas comunes (OLT= 14-31 días):** Piezas comunes, disponibles en los almacenes del fabricante pero que son importadas, adicionalmente en caso de emergencia pueden ser conseguidas con proveedores encargados de importaciones (*bróker*). Duran entre dos semanas y un mes en arribar a Venezuela desde que son ordenadas. Ejemplo: Filtros *Festo*, rodamientos, sensores, reguladores de potencia, etc.
- **Locales hechas a pedido (OLT= 7-14 días):** Consisten primordialmente de piezas que pueden ser fabricados, directamente por el fabricante o un tercero, en el país. Tardan menos de una semana entre el montaje de la orden y la llegada a planta. Ejemplo: Sellos comunes y sencillos de fabricar de materiales disponibles en el país y piezas de acero común.
- **Locales comunes (OLT < 7 días):** Piezas comunes, disponibles en el mercado local. Aunque recientemente se han visto disminuidas este tipo de piezas, aun es sencillo conseguir piezas fundamentales para la mayoría de las industrias. Tardan menos de una semana entre el montaje de la orden y la llegada a planta. Ejemplo: Rodamientos comunes.

#### Segmentación:

Entendiendo que una segmentación permite mejor toma de decisiones se decide clasificar a los repuestos según condiciones de abastecimiento y criticidad, esto basándose en el hecho de que la data de demanda de repuestos es inexistente en planta.

La dinámica utilizada consistía en asignar a cada categoría un grado de importancia y ponderarlas entre ellas. En este caso, el ranking conjunto de 12 se toma como el asociado al valor más alto de criticidad y Disponibilidad, cabe destacar que para razones de desarrollo el ranking “1” corresponde, en el caso de criticidad al nivel más crítico y en el caso de disponibilidad al nivel correspondiente a la menor disponibilidad, como se expresa en la tabla.

Categoría	Criticidad	Categoría	Disponibilidad
Altamente Critico	1	Importadas y Hechas a pedido	1
Moderadamente Criticos	2	Importadas comunes	2
Poco Criticos	3	Locales hechas a pedido	3
		Locales comunes	4

**Tabla 5.3** Ranking de Criticidad y condiciones de abastecimiento , cabe destacar que para razones de desarrollo el ranking “1” corresponde, en el caso de criticidad al nivel más crítico y en el caso de disponibilidad al nivel correspondiente a la menor disponibilidad

$$\text{Porcentaje de C y D} = \frac{\text{Ranking D} * \text{Ranking C}}{12} (\%)$$

Donde,

$$C = \text{Criticidad} \quad D = \text{Disponibilidad}$$

Disponibilidad Criticidad	Importadas y Hechas a pedido	Importadas comunes	Locales hechas a pedido	Locales comunes
Altamente Critico	8%	17%	25%	33%
Moderadamente Criticos	17%	33%	50%	67%
Poco Criticos	25%	50%	75%	100%

**Tabla 5.4** Porcentajes de confiabilidad y disponibilidad

El Porcentaje de C y D permite segmentar de forma sencilla e intuitiva distintos niveles sobre los cuales se desarrolla la estrategia de adquisición y almacenamiento de repuestos, de la siguiente manera:

Adicionalmente, para ponderar contra gastos asociados a pérdidas se decidió incluir en los análisis los costos en caso de falla de cualquiera de estas piezas, entendiendo que solo los considerados como “altamente críticos” y “moderadamente críticos” afectan de forma inmediata la línea generando una parada, sin embargo esto no significa que no se tome en cuenta la pérdida asociada con las fallas de los “poco críticos”.

$$\text{Perdidas por averias (\$)} = \text{Costo Unit (\$)} * \text{rate ideal (bpm)} * \text{duracion (min)} \quad (5.2)$$

Tomando esto en cuenta, definimos el costo de falla para repuestos “altamente críticos” como:

$$\text{Costo por falla} = \text{Costo Unit (\$)} * \text{Rate Ideal (bpm)} * \text{OLTpieza (min)} \quad (5.3)$$

Para “moderadamente críticos”:

$$\text{Costo por falla} = \text{Costo Unit} * 0.75 \text{ Rate ideal (bpm)} * \text{OLTpieza (min)} \quad (5.4)$$

Esto tomando en cuenta que en el caso de repuestos moderadamente críticos la operación no se afecta por completo, se considera una pérdida fuerte de rate pero capacidad de operación de alrededor del 25% de la capacidad (de allí el 0.75 multiplicando el Rate Ideal)

Para “poco críticos”, definimos el costo de falla como:

$$\text{Costo por falla} = \text{Costo Unit} * 0.25 \text{ Rate ideal (bpm)} * \text{OLTpieza (min)} \quad (5.5)$$

A diferencia de los moderadamente críticos, el 0.25 que acompaña el rate ideal representa la capacidad de operación de la línea a, al menos,  $\frac{3}{4}$  de su operación. Esto como aproximación a las pérdidas asociadas a rate bajos o paradas cortas constantes.

Para definir la estrategia de adquisición era necesario conocer a fondo como afectaba la falla o ausencia de cada pieza, con la información asociada a criticidad y disponibilidad y el costo por falla decidido fue sencillo realizar una comparativa entre el costo asociado a la compra de los repuestos o reparación y el costo asociado a la falla. De esta manera se podría definir la estrategia más efectiva en términos de costos asociada al mismo tiempo con disponibilidad, criticidad, demanda teórica y precio de los repuestos.

#### **Inventario de Seguridad:**

Se utilizó el concepto de demanda promedio bajo el principio de que no existía data concluyente sobre ciclos de demanda, por lo que se basó en lo establecido en el plan de mantenimiento (ver 5.2.2 requerimiento anual).

$$Demanda\ Promedio\ \left(\frac{unid}{dia}\right) = \frac{Req.Anual}{365} \quad (5.6)$$

De esta manera

$$Inventario\ de\ Seguridad\ (unid) = Demanda\ Promedio * OLT \quad (5.7)$$

Se utilizaron los valores de OLT previamente establecidos, y bajo la misma herramienta de administración de repuestos desarrollada se dejó establecido el inventario de seguridad, posteriormente se definiría que segmentos clasificados de repuestos estarían almacenando inventario de seguridad.

### 5.3.2 Plan de Mantenimiento Progresivo

#### 5.3.2.1 Definición de estrategias de mantenimiento

Entendiendo la compleja situación de la línea de producción y que se debe definir la dinámica de adquisición de repuestos, que no solo incluya la metodología de adquisición sino cuales pueden ser adquiridos, se decide plantear a la directiva de Cuidado del Cabello de P&G diferentes estrategias de adquisición de repuestos, cada una de ellas asociada a un análisis de costos propio.

Para esta tarea se decidió utilizar la data recogida en la herramienta de manejo de repuestos previamente definida. Con la generación de una tabla dinámica (o *pivot*) esta herramienta señala los costos anuales relacionados con distintas estrategias definidas, con el objetivo de presentar la propuesta de adquisición de Repuestos, incluyendo frecuencia de adquisición, inventario de seguridad y nueva dinámica de adquisición requerida por la compañía.

Las estrategias planteadas fueron:

#### **Mantenimiento correctivo con adquisición de inventario de seguridad**

Adquisición única de inventario de Seguridad de repuestos críticos y seguimiento de repuestos no críticos para realización de mantenimiento correctivo.

Esta estrategia de adquisición de repuestos implica aplicación de la filosofía de mantenimiento correctivo, y aunque puede considerarse como ineficiente fue específicamente presentada ante la

gerencia de la compañía con el objetivo de entender completamente los costos asociados con la adquisición de repuestos.

Esta estrategia consiste en solo planificar el reemplazo de repuestos una vez que se percibe una falla. En el caso de repuestos sin inventario de seguridad se maneja una revisión y continua y el reemplazo según la planificación desarrollada.

Es importante destacar que se maneja un riesgo considerable de avería de alrededor de más de 1 semana, si el repuesto que falla era solo importado, considerado no crítico y predecible sin safety stock pero genero una avería no considerada.

Costo Asociado Anual: \$112,911.94

#### **Mantenimiento Planeado**

Esta estrategia se refiere específicamente al seguimiento al pie de letra del plan desarrollado, en el cual se especifica una frecuencia de mantenimientos en base a las especificaciones de los fabricantes y análisis de data (ver 5.2.1.2)

La principal desventaja del mantenimiento planeado es que se podría considerar una gran inversión, tomando en cuenta que previo al implemento de este proyecto P&G no invertía en mantenimiento en ENVECA y que se estaría invirtiendo fuertemente en activos que no son de la compañía.

Sin embargo, seguir completamente el plan desarrollado asegura se mantengan las condiciones de operación en la planta y disminuyan el número de paradas y el periodo de las mismas, al igual que el número de averías.

Costo Asociado Anual: \$178,258.41

#### **Condiciones Básicas**

Basándonos en la revisión de condiciones de los equipos realizada, (ver 5.2.2.1) la estrategia de condiciones básicas consiste en realizar todos los mantenimientos necesarios para llevar a los equipos a condiciones de operación óptima, basándose en la premisa de que los mantenimientos no realizados durante el periodo de mantenimiento por averías que implemento la empresa ENVECA deben realizarse.

CAPÍTULO V – RESULTADOS Y ANALISIS

Llevar los equipos a condiciones básicas es fundamental para que cualquier plan desarrollado de mantenimiento planeado pueda mantener la línea funcionando correctamente y no se generen averías por condiciones deficientes antes de la aplicación del mismo.

Sin embargo, es la estrategia que implica una inversión inicial superior y además implica la mayor cantidad de intervenciones al mismo tiempo, siendo un reto para el equipo de técnicos de mantenimiento.

El costo asociado Anual: \$ 194,098.34

Criticidad	(All)								
Tipo Import	(All)								
		SAFETY STOCK - PM01/PM03			PM02		COND. BASICAS		
Row Labels	TOTAL (USD)	VEF	USD (Importados)	TOTAL (USD)	VEF	USD (IMP)	TOTAL (USD)..	VEF..	USD (IMPORT)..
ENVECA	98195.27	16818656.53	13993.80	138417.99	21185486.11	32278.70	190262.34	27528984.29	52342.13
P&G	14716.67	824121.11	10587.82	39840.43	821772.64	35723.35	3835.99	732613.75	165.60
Ulenadora	10400.80	824121.11	6271.95	27120.11	821772.64	23003.03	3835.99	732613.75	165.60
ALLEN BRADLEY	642.00	0.00	642.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BEECO	17.40	0.00	17.40	43.50	0.00	43.50	0.00	0.00	0.00
BOSCH	1563.12	312000.00	0.00	1563.12	312000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FAG	282.66	56420.00	0.00	2261.31	451360.00	0.00	0.00	0.00	0.00
FESTO	2288.58	455701.11	5.52	9892.65	58412.64	9600.00	3835.99	732613.75	165.60
RONCHI	5526.63	0.00	5526.63	13158.53	0.00	13158.53	0.00	0.00	0.00
TRI-CLOVER	80.40	0.00	80.40	201.00	0.00	201.00	0.00	0.00	0.00
Reachstacker	3256.88	0.00	3256.88	6558.91	0.00	6558.91	0.00	0.00	0.00
Kalmar	3256.88	0.00	3256.88	6558.91	0.00	6558.91	0.00	0.00	0.00
Sorter Botellas	1058.99	0.00	1058.99	6161.41	0.00	6161.41	0.00	0.00	0.00
RONCHI	1058.99	0.00	1058.99	6161.41	0.00	6161.41	0.00	0.00	0.00
<b>Grand Total</b>	<b>112911.94</b>	<b>17642777.64</b>	<b>24521.62</b>	<b>178258.41</b>	<b>22007258.75</b>	<b>68002.05</b>	<b>194098.34</b>	<b>28261598.04</b>	<b>52507.73</b>

Figura 5.10 Extracto de Herramienta de Manejo de Repuestos. Incluye los escenarios descritos. Azul: Crear Stock de Seguridad. Verde: Costos anuales según plan de mantenimiento progresivo propuesto. Naranja: Costos de llevar equipo a CB- Totales en USD, Bolívares para repuestos no importados y USD para repuestos no importados.

Como se establece en el resto de este proyecto, la compañía decidió llevar a cabo los planes establecidos de la siguiente manera: se reacondicionarían las condiciones básicas de los equipos en una intervención conjunta del equipo de mantenimiento ENVECA y P&G de BQ, posteriormente se adquirirían los repuestos críticos establecidos en la opción de adquisición de inventario de seguridad (paralelo al desarrollo del nuevo sistema de adquisición de repuestos) y por último se establecería el programa de mantenimiento progresivo según se aplicara, paulatinamente, la hoja de ruta desarrollada.

5.4 Paso 4: Mejorar

5.4.1 Mantenimiento Autónomo

El plan de mantenimiento autónomo definido tenía el objetivo claro de crear cultura de conservación de los equipos en la planta, generando capacidad en los operadores e involucrados en

el proceso de operación para identificar defectos, corregir defectos, identificar pérdidas y proponer soluciones que eventualmente permitan la mejora de la eficiencia de la línea.

Se presentaron Tres Pasos simplificados según un diagrama de Gantt (ver anexo) en el que se llevaría la planta por los puntos más importantes establecidos en la teoría del TPM e IWS, el plan de mantenimiento autónomo es fundamental para crear una cultura de mantenimiento que perdure una vez los objetivos de este proyecto sean cumplidos.

#### **5.4.1.1 Paso 0**

##### **Establecimiento de sistemas de dueños de equipo y programa del plan**

El primer paso dentro del programa establecido fue relacionar a los operadores con los equipos que manejaban, generando una relación de entendimiento e involucrándonos con los objetivos de la empresa. Cada operador sería responsable por la limpieza inicial y seguimiento de defectos en sus equipos y las tareas relacionadas a estos se irían incrementando conforme se avanzara en los Pasos establecidos.

Adicionalmente, cada operador desarrollo en una sesión de entrenamiento colectiva en planta su libro de equipo en el que se incluyen todos los formatos relacionados con la operación del equipo que debe conocer: Lista de transformación del equipo y Explicativo del funcionamiento del equipo.

Adicionalmente se establece la práctica segura de mantener formatos y estándares de seguridad:

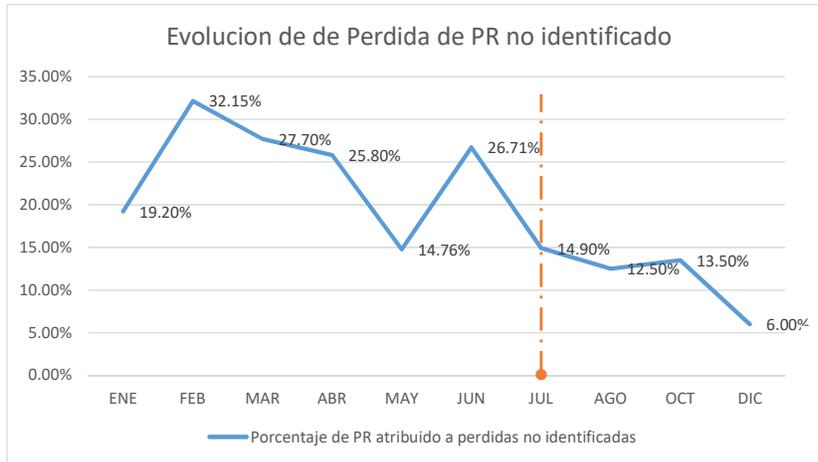
- Mapa de seguridad del equipo.
- Formato de seguridad para intervenciones.
- Política de candadeo.
- Formato de seguridad cada vez que se tuviera que realizar una operación concreta dentro del equipo.

De esta manera se creó cultura de seguridad entre operadores, se generó una política de trabajo seguro previamente inexistente y conocimiento sobre los equipos que operan los trabajadores, lográndose sentar las bases del programa, como lo establece la teoría TPM.

##### **Identificación de Perdidas**

Dentro del paso inicial del mantenimiento autónomo uno de los principales objetivos es la identificación clara de que perdidas están afectando el sistema, para esto dentro del plan de mantenimiento autónomo desarrollado se estableció un reporte de paradas que sería llenado por los

operadores (anexar formato de reporte de paradas) y posteriormente sería utilizado por líderes de operaciones en planta para llenar la herramienta de identificación de PR, de esta manera se generaría conocimiento sobre pérdidas que afectan a los equipos y la variación de las mismas.



**Figura 5.11** Evolucion de Porcentaje de PR no identificado. En Julio comienza plan de Mantenimiento Autonomo. Elaboracion Propia.

El objetivo claro de un proceso de identificación de pérdidas es disminuir el porcentaje correspondiente a las no identificadas, de esta manera se pueden generar planes de acción claros para disminuirlas en general.

Es sencillo identificar la disminución de las pérdidas no identificadas gracias al uso del sistema de identificación de paradas mediante la herramienta de PR desarrollada. Aunque en Diciembre el porcentaje seguía siendo considerable la disminución fue alrededor de 12 puntos porcentuales en promedio. Identificar las razones de las pérdidas permitió atacarlas de forma informada.

#### 5.4.1.2 Paso 1

##### Implementación de sistema de manejo diario de defectos

La parte más importante del Paso 1 del programa de mantenimiento autónomo es generar la capacidad en los operadores de identificar y corregir defectos de manera acorde. De esta manera se pueden evitar fallas a tiempo y se hace innecesaria la visita constante del personal de mantenimiento, se genera autonomía en el operador para mantener las condiciones básicas de su equipo al ser capaz de identificar que lo afecta.

Según la metodología IWS seguida por P&G se definieron tipos de defectos y de criticidad:

Tipos de Defectos	
Defectos Menores	Contaminación, Grietas, Deformación, Presión inadecuada o Estiramiento de Correas
Condiciones Básicas	Sistema sin Lubricación en funcionamiento, Defectos en controles visuales para operación, ausencia de tornillería o sistemas de sujeción
Áreas Difícil Acceso	Dificultad para inspección y ajustes, Dificultad para lubricación, dificultad para limpieza, posición de válvulas e interruptores
Fuentes de Contaminación	Derrames de materia prima, filtraciones y derrames de fluidos o lubricantes, pedazos de material de empaque, gases o fuga de vapor
Fuentes de Defectos de Calidad	Presencia de alambres, infectos, choques y vibración, defectos en mallas, separadores o sistemas de vacío. Prioridad: Critica
Partes Innecesarias	Tuberías en desuso, estructuras sin función que dificultan operación, cableado en desuso
Defectos de Seguridad	Desigualdad en pisos, rampas, ausencia de barandas, defectos en grúas o arnés, dispositivos de seguridad en mal estado. Prioridad: Critica

**Tabla 5.5** Tipos de defecto (P&G, 2016)

Prioridad	Tiempo Para solucionar
Critica	Inmediatamente
Alta	24 Horas
Media	7 días
Baja	30 días

**Tabla 5.6** Prioridad asignada a defectos (P&G, 2016)

Se desarrolló un sistema de manejo diario de defectos, donde se definieron autoridades y roles necesarios para identificar y reparar repuestos en la línea, todo esto bajo los roles establecidos dentro del programa de mantenimiento autónomo.

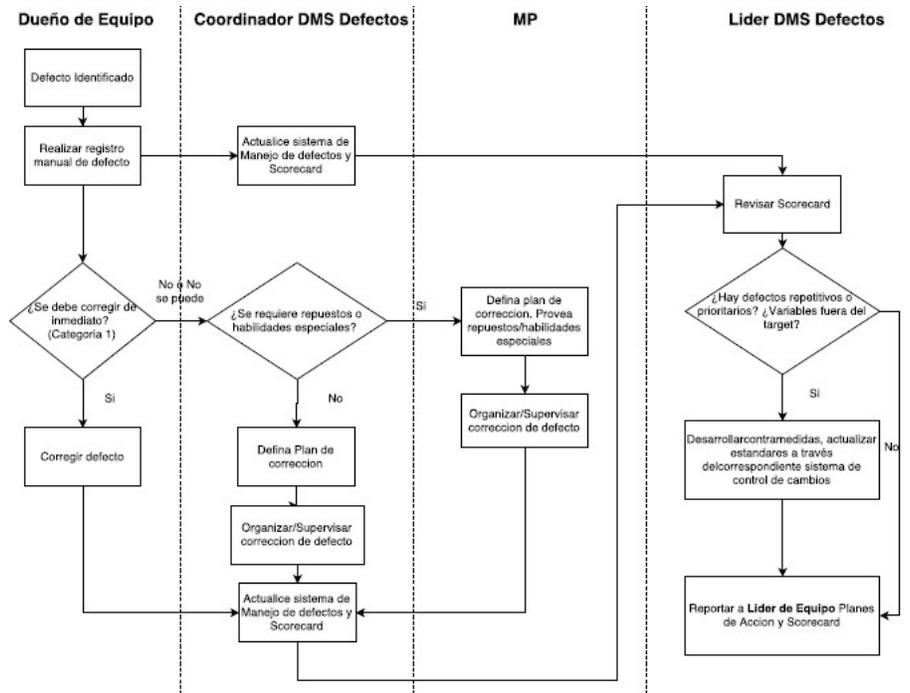


Figura 5.12 Flujograma de aplicación de sistema de manejo diario de defectos según roles definidos. Elaboración propia.

Se definen:

- **Dueño de equipo:** definido en el paso 0, son operadores encargados de revisar los equipos, identificar defectos y pérdidas.
- **Coordinador DMS Defectos:** Personal de mantenimiento de la planta, seleccionado según carácter de plan de mantenimiento autónomo
- **MP:** Líder de mantenimiento progresivo en planta, definido por personal de mantenimiento de planta.
- **Líder DMS defectos:** Encargado de reportar a gerencia P&G y ENVECA observaciones del sistema, mejoras y planes de acción.

La herramienta desarrollada como sistema de manejo de defectos se desarrolló como un sistema sencillo de Excel (ver anexo) que permitiría dar seguimiento mensual al reporte de la planta.

Durante el periodo de aplicación de este proyecto se consiguieron 166 defectos, de los cuales el 84.3% fue corregido, incluyéndose todos los defectos de seguridad y fuentes de defectos de calidad. Sin embargo, cabe destacar que la reparación de los defectos no corresponde a P&G y por ende no estaba dentro de las facultades de la pasantía autorizada compeler a planta ENVECA a repararlos.

Adicionalmente, se generó capacidad para identificar y mejorar defectos dentro de planta, lo cual era previamente inexistente. Esto sumado a la creación de un sistema de manejo diario permite que la planta mantenga el conocimiento y sea capaz de re-aplicarlo y mantener las condiciones alcanzadas.

**Identificación de centerlines (CL)**

Por último, dentro del paso 1 de mantenimiento autónomo se establece la necesidad de identificar CLs, es decir configuraciones o ajustes en equipos necesarios para que el trabajo funcione de la manera deseada. Para esto se tomó como base formatos de centerlines por equipos existentes en el momento de montaje de la planta y se actualizaron basado en:

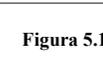
Fecha: Agosto 16	Operador: xxxxxxxx	Orden de Producción:xxxxxx			
<b>FORMADORA DE CAJAS (CASE FORMER)</b>					
Gcas: xxxxx	Producto: H&S SH PREVECCION CAIDA 400	CL	Unidad	Cumple	No Cumple
1	 Anchura del traccionador	1735	Numérico		
3	 Altura Taza de Succión Superior	273	mm		
4	 Altura Taza de Succión Inferior	97	mm		
5	 Barra corredera superior	102	mm		
6	 Barra corredera inferior	121	mm		

Figura 5.13 Extracto de Archivo de Centerlines de Case Former. Elaboracion propia.

- Toma de referencias fotográficas de CL
- Toma de medidas de operación base según operadores
- Generación nuevos controles visuales
- Generar revisiones mensuales con operadores

Aunque no está dentro del alcance de este proyecto el siguiente paso dentro de las recomendaciones de aplicación del plan de mantenimiento autónomo es la identificación de valores mínimos y máximos de centerlines conforme a revisiones continuas con los operadores, los presentados en este libro corresponden a set-points base para la identificación y posterior mejora de los mismos.



**Figura 5.14** Ejemplo de Centerline, control visual en Case Packer. Guía Inferior de Botellas, Entrada Derecha.

#### 5.4.1.3 Paso 2

##### Desarrollo de Protocolo CIL

El protocolo CIL (o LIL, en español), por las siglas, en inglés, de Limpio, Inspeccionado y Lubricado se presenta como una herramienta de chequeo y limpieza periódica establecida para involucrar aún más a los operadores con los cuidados del equipo y mantener las condiciones básicas de los equipos. Basado en data de líneas de otras plantas de llenado P&G se actualizaron formatos CIL necesarios según información suministrada por los fabricantes y los operadores.

Se realizaron formatos CIL para todos los equipos de la línea de producción, basándose en formatos pre aprobados según IWS, en los cuales es sencillo editar y mejorar los estándares de limpieza. Cada dueño de equipo posee en el libro de su equipo el formato CIL de limpieza, que debe ser seguido en todo momento.

CAPÍTULO V – RESULTADOS Y ANALISIS

Al utilizar el protocolo CIL se logró que los operadores observaran a fondo los equipos, sin detenerse a lo que era visible a “primera vista”, así identificaron hardware suelto, vibraciones suaves, temperaturas anormales y otros problemas que suelen pasarse por alto. Adicionalmente se mejoró las condiciones de muchas correas, filtros y demás elementos que suelen desgastarse pero no habían sido identificados.

El CIL además fue una fuente principal de identificación de defectos ya que el operador era capaz de identificarlos en cada limpieza, principalmente aquellos relacionados con calibres, llaves o demás ajustes finos.

Diagrama del Equipo	Corriente/Parado	Punto de Insp.	Componente	Estándar de Inspección	Método	Herramienta	Plan de acción en caso de anomalías	Tiempo (min)	Frec
	S	1	Estructura general y guardas	Libres de polvo y granel, botellas o tapas, con tornillería completa, guardas no rotas ni sueltas.			Limpieza con papel y alcohol, retirar las tapas y botellas, colocar la tornillería faltante, reemplazar o reparar las guardas dañadas.	5	D
	S	2	Piezas de cambio (que se estén utilizando)	Libres de polvo y granel, sin golpes o daños, tornillos completos y apretados.			Limpieza con papel y alcohol, apretar tornillería y colocar la faltante.	3	D

**Herramienta**

- = Trapo
- = Llave allen
- = Llave española
- = Brocha
- = Cronómetro
- = Nivel de gota
- = Sonda
- = Q Factor
- = Termómetro
- = Regleta

- = Tacómetro
- = Micrómetro
- = Calibradores
- = Aceitera
- = Grasera
- = Alcohol
- = Solvente
- = Calibrador de lanas
- = Contador
- = Medidor

- = Aspiradora
- = Esponja
- = Cinchel
- = Espátula
- = Cepillo de alambre
- = Sacudidor de polvo
- = Cincho
- = Desamador

**Frecuencia**

- S = Turno
- D = Diario
- W = Semanal
- F = Quincenal

- M = Mensual
- T = Trimestral
- SA = Semestral
- A = 3 Dias

Figura 5.15 Extracto de Protocolo CIL para Llenadora, Adaptado de Estandar P&G.

Se toma como guía el estándar existente, se buscan las herramientas necesarias según las actividades de limpieza. Adicionalmente, y con motivos de mejorar eficiencia se busca el poder realizar la mayoría de los estándares de inspección que no impliquen abrir guardas de seguridad con la maquina arrancada.

5.4.1.4 AM Paso 3

Implementar sistema de manejo de lubricación

El paso 3 planteado no logra completarse en su totalidad durante la realización de este proyecto, solo los mapas de lubricación de llenadora y etiquetadora (Ranking A) quedaron en planta

anexo) por lo que la realización de mapas de lubricación queda definido dentro de la hoja de ruta de AM como un paso que debe tomar la compañía y los encargados de proseguir el trabajo realizado en este libro.

Sin embargo se establecieron los estándares de lubricación P&G en ENVECA, realizándose entrenamientos donde se estableció como se debían realizar los mapas y que variables tener en cuenta.

## 5.4.2 Mejora de Herramientas

### 5.4.2.1 Almacenamiento

Tomando en cuenta las condiciones previas al desarrollo del plan expuesto en este libro se decide considerar innecesario, tomando en cuenta variables de comportamiento, el almacenar repuestos clasificados como “componentes electrónicos o de control” y “piezas estructurales”. Adicionalmente evaluando la necesidad de la empresa de mantener costos bajos y asumiendo el riesgo que implica se decide solo calcular inventario para los grupos definidos según la estrategia de adquisición de repuestos.

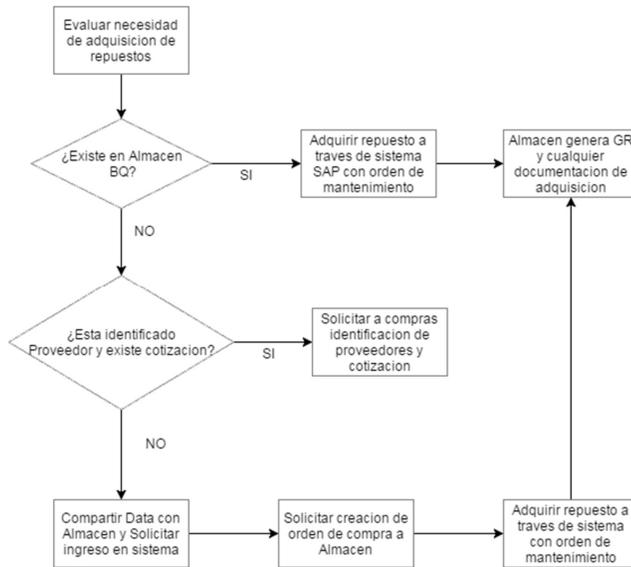


Figura 5.16 Nuevo flujograma de adquisición de repuestos a través de almacén BQ

De esta forma se impide el gasto de alrededor del costo total asociado a adquisición de repuestos si no se hubiera realizado esta clasificación y el riesgo se mantiene en mínimo y aceptable por la gerencia, tomando en cuenta los patrones de comportamiento de este tipo de repuestos en la industria en general.

Como parte del proceso de mejora de almacenamiento se replantea la dinámica de adquisición para disminuir el uso de recursos y promover eficiencia, se utilizara el sistema ya existente en planta Barquisimeto para simplificar el proceso y evitar fallas de controles internos

#### 5.4.2.2 Adquisición de Repuestos

Basado en la segmentación y data analizada en el paso previo se decidió definir un plan de adquisición de repuestos con el objetivo de mantener la inversión al mínimo posible sin comprometer los niveles de producción deseados, de esta manera se definen 3 grupos en los cuales el comportamiento es bastante similar:

- **1%-33%:** Inventario a ser ingresado en Almacén BQ, inventario de seguridad en planta ENVECA. Este segmento se consideró extremadamente importante para la operación, por lo que se definió la existencia de un inventario de seguridad en planta, incluso cuando se está definiendo Almacén BQ como principal para todos los repuestos de la planta.  
El inventario de seguridad en planta no es en una localidad como tal, para el caso del sistema SAP dichos repuestos se encuentran en el FL de la línea cuando en realidad en planta se designan estanterías bajo llave, para las cuales se estableció revisión de inventario mensual.
- **34%-66%:** Inventario a ser ingresado en Almacén BQ. Todos los repuestos de este segmento se almacenan de acuerdo a la dinámica establecida no existe inventario de seguridad en planta ENVECA. Cabe destacar que en planta BQ existe un proceso establecido de análisis de repuestos que según el requerimiento anual definido (ver requerimiento anual en mediciones, según planta de mantenimiento) calcula niveles óptimos de almacenaje e inventario de seguridad para repuestos usados por más de una localidad.
- **66%-100%:** Sin inventario, reposición únicamente por pedidos a proveedor. Considerando el costo asociado a ingresar dichos repuestos en un sistema de almacenaje y además tomando en cuenta su alto porcentaje de criticidad y disponibilidad, se decide tomar el

riesgo asociado a una falla de cualquiera de estos equipos dentro del plan de adquisición de repuestos definido.

De esta manera, no se está invirtiendo en ningún equipo cuyo almacenaje y compra corresponda a un monto superior que la misma falla, concepto sencillo de entender pero que no se manejaba previamente en planta. (Ver anexo de relaciones entre costos asociados a perdidas y costos de adquisición y almacenamiento de piezas)

### 5.4.3 Plan de Mantenimiento Progresivo

#### 5.4.3.1 Ranking de Equipos

Según la data asociada a pérdidas se definió un ranking de equipos, asociado a cuales generaban las mayores fallas y se consideraban los más relevantes, basándose este ranking en los paretos conjuntos de los meses anteriores a la realización este proyecto y a levantamiento de información sobre paradas menores en piso, adicional al análisis de costos de repuestos por equipos.

Equipo	Ranking
Llenadora	A
Sorter de Botellas	
Etiquetadora	
Encajonadora	B
Taponadora	
Orientador	C
Formadora de cajas	
Codificador	
Chequeadora de Peso	D
Tolva de Botellas	
Tolva de tapas	
Otros	

**Tabla 5.7** Ranking de equipos, en base a costo asociado a repuestos, paradas menores levantados en piso y data reportada de paradas acorde a Paretos y reportes de pérdidas. Elaboración Propia

El enfoque de todos los planes desarrollados en este libro fue fundamental en los equipos rankeados A, B y C el resto de los equipos son parte del plan recomendado a la empresa para realizar todas las labores expresadas en este libro luego de la finalización del proyecto, ya que aunque aplicadas muchas labores (como el ingreso de repuestos al sistema SAP) fue priorizado

### 5.4.3.2 Creación de Ubicaciones Técnicas

Para poder migrar todo el sistema a SAP como se ha venido explicando en este proyecto se debieron crear ubicaciones técnicas asociadas a cada equipo y sus subsistemas. De esta manera la Planta ENVECA existe dentro de la red de planta de P&G y se pueden asociar repuestos y dar seguimiento desde cualquier localidad P&G.

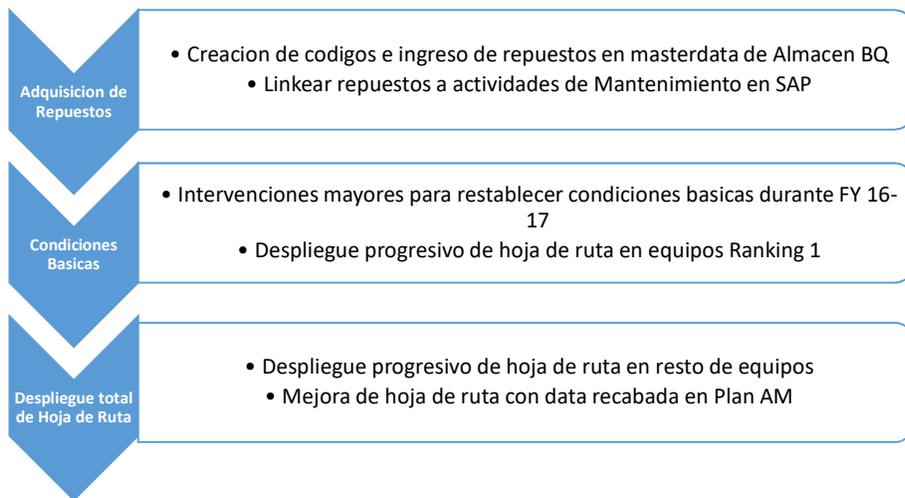
Cabe destacar que ya existía Planta ENVECA como ubicación técnica en el sistema P&G pero no estaban definidos equipos y mucho menos subsistemas.

Functional loc.	PLBQ-007	Valid From
Description	Línea ENVECA	
PLBQ-007	Línea ENVECA	
PLBQ-007-010	Llenadora	
PLBQ-007-010-010	Sistema de Entrada de Producto	
PLBQ-007-010-020	Sistema de Llenado	
PLBQ-007-010-030	Sistema de Salida de Producto	
PLBQ-007-010-040	Transmisión Principal	
PLBQ-007-010-050	Tracción de Transportadores	
PLBQ-007-010-060	Eléctrico y Control	
PLBQ-007-020	Sorter de botellas	
PLBQ-007-020-010	Sorter de Botellas	
PLBQ-007-020-020	Transmisión Principal	
PLBQ-007-020-030	Sistema Neumático	
PLBQ-007-020-040	Eléctrico y Control	
PLBQ-007-030	Etiquetadora	
PLBQ-007-030-010	Banda transportadora	
PLBQ-007-030-020	Carro portatiquetas	
PLBQ-007-030-030	Rodillos succionador	
PLBQ-007-030-040	Rodillos encoladores	
PLBQ-007-030-050	Sistema de bombeo	
PLBQ-007-030-060	Sistema de transmisión	
PLBQ-007-040	Codificador	
PLBQ-007-040-010	Sistema electrónico	
PLBQ-007-040-020	Sistema de Tinta	
PLBQ-007-050	Case Packer	
PLBQ-007-050-010	Cilindro de entrada	
PLBQ-007-050-020	Cuchilla	
PLBQ-007-050-030	Sistema desenvolvente	

Figura 5.17 Parte de estructura de Ubicaciones Técnicas en Sistema SAP. Fuente: Sistema SAP

### 5.4.3.3 Implementación de plan de mantenimiento progresivo

Teniendo en cuenta la data y las estrategias planteadas a la directiva en la sección 5.3.2 la directiva aprobó un plan completo de adquisición de repuestos y desarrollo de actividades de mantenimiento de dos etapas



**Figura 5.18** Desarrollo de Plan de Mantenimiento Progresivo. Elaboracion propia

**Primera Etapa: Ingresar repuestos a almacén**

La primera inversión se realizaría durante el año fiscal 16-17, correspondiente a la adquisición de los repuestos necesarios para reestablecer condiciones básicas en los equipos. Adicionalmente se realizaría la relación en sistema entre actividades de mantenimiento que se estuvieran cargadas al sistema SAP y repuestos relacionados.

Cabe destacar que todos los equipos, incluso aquellos que no tendrán inventario en SAP son cargados al sistema para poder realizar los pedidos según la metodología definida en este proyecto. Cabe destacar que se cargaron en sistema 120 repuestos críticos de 275 levantados, enfocándose principalmente en llenadora y etiquetadora. Se deja encargado al personal de planta de seguir complementando el sistema de repuestos generados.

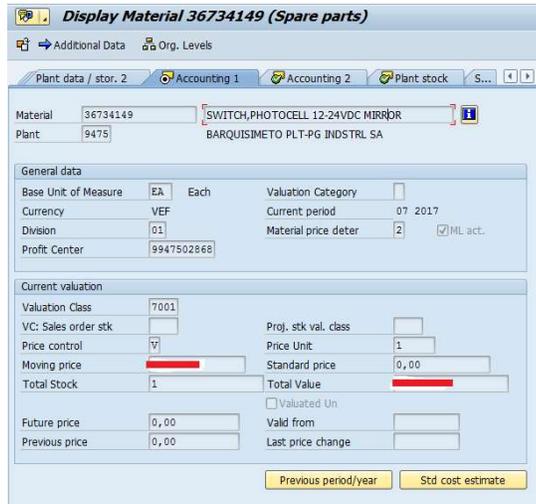


Figura 5.19 Ejemplo de Sensor cargado en SAO para uso en línea de producción. Fuente: Sistema SAP

**Segunda Etapa: Restablecimiento de Condiciones Básicas**

Según lo establecido en la sección, corresponde a las intervenciones mayores para reemplazar repuestos críticos según la revisión de equipos y llevar a los equipos a condiciones básicas de operación.

En esta etapa se planifican intervenciones durante los periodos de no operación de la línea, contándose con la facilidad de dos meses sin producción durante el periodo de realización de este proyecto. Cada intervención mayor generada debía llevarse a cabo siguiendo parámetros desarrollados

**Intervenciones**

Se estableció la utilización de la herramienta de mantenimiento planificado de SAP, para cada intervención, incluyendo las de intervenciones básicas y las de mantenimiento progresivo. Se dejó definido el proceso de creación para conservar el conocimiento:

Etapa	Definición	Transacción SAP
Planificación de orden de mantenimiento	Se crea orden de Mantenimiento según hoja de ruta o imprevisto presentado acorde a los tipos de ordenes (ver 3.2)	IH01 (Con reserva Manual y desde lista de Ubicaciones Técnicas) IA11 (Orden Planificada)

CAPÍTULO V – RESULTADOS Y ANALISIS

	Es en esta etapa donde se genera la relación Orden de Mantenimiento – Repuesto según GCAs del mismo (Ver anexo: Orden de Mantenimiento)	<b>IP41</b> (Frecuencia de Mantenimiento) <b>IP10</b> (Programar plan de Mantenimiento en caso de ser planificado)
<b>Liberación de Orden de Mantenimiento</b>	Se libera y se comparte la orden. Las órdenes planificadas según hoja de ruta se liberan periódicamente, tiempo antes de que deba realizarse el trabajo según la data ingresada.  La orden debe ser entregada a personal de mantenimiento para que realicen el trabajo especificado	Orden Se libera finalizando creación. <b>IW32</b> Si se guardó la orden y no se libero
<b>Realización de trabajo</b>	El personal de mantenimiento de la planta realiza el trabajo, posteriormente firma y confirma la orden	<b>N/A</b>
<b>Confirmación mantenimiento</b>	Se confirma en sistema la realización de la orden, con lo que queda establecido el uso del repuesto. Adicionalmente, una vez cerrada la orden el sistema cuenta nuevamente, según el tiempo determinado, el periodo para la próxima orden de mantenimiento sea liberado (en caso de que aplique según el tipo de orden)	<b>IW41</b>

**Tabla 5.8** Etapas para desarrollar ordenes de mantenimiento, definición de la etapa y transacciones de SAP asociadas. Elaboración propia.

**Establecimiento de formato SIMPTWW**

El formato SIMPTWW corresponde a una herramienta de identificación de procedimientos para la realización de mantenimientos. Para cada mantenimiento realizado se desarrollaba un formato SIMPTWW, de esta manera se generaba conocimiento al encargado de realizar el mantenimiento que a su vez era capaz de ir modificando el formato.

Aunque cada formato se encontraba en las órdenes de mantenimiento (ver orden de mantenimiento) también se desarrolló un formato para cada plan de mantenimiento de equipo, enfocado primordialmente en todos los detalles para equipos críticos y posterior desarrollo sucesivo para el resto, este iba de la mano con la hoja de ruta general desarrollada. (Ver Anexo)

**Tercera Etapa: Aplicación de hoja de ruta**

La etapa final de la implementación del plan de mantenimiento progresivo consiste en desplegar la hoja de ruta, un documento sencillo donde se especifique toda la información necesaria para darle seguimiento al plan de mantenimiento periódico cargado en el sistema SAP.

CAPÍTULO V – RESULTADOS Y ANALISIS

En la hoja de ruta se debe especificar la ubicación técnica (en SAP), el sistema y componente, la frecuencia del plan (alineada con la frecuencia del repuesto que se expresa en el sistema de manejo de repuestos), el número de plan de mantenimiento en SAP y una descripción corta del plan.

Como se ha expresado en este trabajo, cada plan de mantenimiento está basado en las observaciones de los técnicos durante la revisión de condiciones básicas y en las recomendaciones del consumidor. Es importante aclarar que la frecuencia se expresa en meses, basado en operación diaria, en turnos dobles de 8 horas, no se especifican por horas de trabajo porque la data expresada por fabricantes y en sistema es versus operación continua, adicionalmente, de existir meses sin operación los mismos son tomados en cuenta al ajustar el periodo de operación en el sistema SAP y en el seguimiento periódico para no ser contados.

Funtional Location	Sistema	Componente	Frecuencia	Actividad	Plan Mantto SAP	Descripcion
PLBQ-007-010-020-030	Cilindros de Llenado	Pistones	12 meses	(M)Mantto. Pistones de carga y descarga	191630	Cambio de pistones neumaticos de carga y descarga
		Pistones	12 meses	(M)Mantto. Pistones de llenado 1-32	191631	Empaques Cambio de empaques / Inspección y apriete de valvula check /
		Pistones	1 mes	(M)Mantto, Ajuste Pistones de llenado.	191632	Cilindros de llenado Ajuste fino de cilindros de llenado.
PLBQ-007-010-020-020	Boquillas de Llenado	Boquillas	1 mes	(O)Mantto. Boquillas de llenado Limpieza	191633	Limpieza de boquillas con alcohol al 70%
		Boquillas	6 meses	(M)Mantto. Boquillas de llenado Empaques	191634	Cambio de empaques de todas las boquillas
		Boquillas	24 meses	(M)Mantto. Boquillas de llenado 1-32	191636	Empaque de boquilla Cambio de cilindro / bujes de boquillas.
PLBQ-007-010-020-040	Mesas de Llenado	Mesas de llenado	12 meses	(M)Mantto. Mesas de llenado 1-32	191638	Cambio y lubricación de resorte, mesas de llenado.
PLBQ-007-010-020-010	Manifold	Manifold	6 meses	(M)Mantto. Manifold de granel y de aire	191639	Conectores, empaques, y mangueras. Inspección de fugas en manifold
PLBQ-007-010-060	Eléctrico y Control	Motores	12 meses	(E)Mantto. Motores electricos Llenadora	191640	Motores Eléctricos Limpieza y Reapriete de conexiones.
		Colector	12 meses	(E)Mantto. Colector elec. Llenadora	191641	Colector Eléctrico Cabezal de Llenado. Inspección, Reapriete y Limpieza.
		Panel eléctrico	12 meses	(E)Mantto. Panel llenadora	191643	Inspección y reapriete de conexiones electricas, limpieza general de panel
PLBQ-007-010-020-050	Válvulas y Cilindros	Sistema Neumático	6 meses	(E)Mantto. Sistema elec/neum Llenadora	191647	Desconectores Locales, Botoneras, paros de emergencia y panel de operador, cajas de
		Válvulas 5/2	6 meses	(N)Mantto. Válvulas 5/2	191651	Inspección de block de valvulas 5/2 (valvula de accionamiento de cilindro
		Cilindro Bonessi	6 meses	(M)Mantto. Cilindros Bonessi	191657	Realizar Analisis de Hermeticidad de todos los cilindros neumaticos "Bonessi"

Figura 5.20 Extracto de Hoja de Ruta de llenadora, se incluyen parámetros necesarios para dar seguimiento a plan cargado en SAP, adicionalmente se agrega una descripción corta de cada actividad de mantenimiento a realizar, la información completa es cargada a sistema SAP (ver anexo)

5.5 Paso 5: Controlar

5.5.1 Plan de Mantenimiento Autónomo

Conforme se desarrollado el plan de mantenimiento autónomo se consideró un sistema de chequeo constante basado en auditorias para asegurar que los pasos necesarios eran

verdaderamente conseguidos. El énfasis se enfocó en auditorias de cultura para asegurar que se mantuviera el conocimiento asociado a buenas prácticas.

Durante el desarrollo de este proyecto el *scorecard* asociado aumento de 2 puntos a 13 puntos en la auditoria y aunque el sistema de evaluación no puede ser compartido en este libro la nota máxima, de pleno cumplimiento de condiciones de comportamiento y cultura es de 16.

<b>Comportamiento y cultura</b>	Los dueños de equipo se adhieren estrictamente a los estándares documentados de inspección
	Áreas alrededor de equipos con dueño son mantenidas de forma limpia y organizada
	El equipo operador de turno monitorea los resultados diarios, haciendo seguimiento de las medidas de proceso y de salida apropiadas. El equipo operador de turno usa el proceso DDS para restaurar condiciones básicas como parte del trabajo diario y, por ende, asegurar que las metas sean cumplidas
	El equipo operador de turno han desarrollado OPLs para enseñar los procedimientos CIL correctos. Existe una OPL por cada paso CIL que incluya un defecto (que genere intervención), el estándar (cual es la condición correcta del equipo) y como ir, de forma segura, del defecto a la condición estándar.
	Los dueños de equipo están re-aplicando procedimientos, estándares y mejoras de otras áreas al igual que documentando y compartiendo sus propios aprendizajes y mejoras
	El CIL, Manejo de defecto y Center Line DMS tiene un dueño de departamento/modulo calificado que conduzca chequeos regularmente. Existen planes de acción para cada DMS de acuerdo a los resultados de los chequeos
	Medidas de Proceso y de salida son monitoreadas como parte del DDS. Follow-ups son activados cuando brechas, perdidas en estas medidas existen
	El sistema de dueños de equipo existe y funciona. Dueños de equipo reciben coaching regular de sus líderes para asegurar su adherencia constante a los estándares

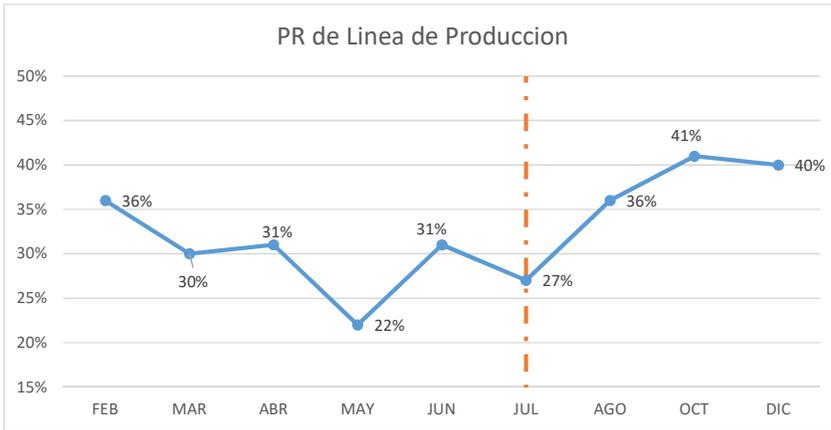
**Figura 5.21** Terminos evaluados en Auditoria de Cultura (P&G, 2016)

Durante la realización de lo establecido en el protocolo CIL los tiempos disminuyeron, de 25 minutos en Octubre del 2016 a 8 Minutos en promedio en Diciembre del mismo año, lográndose generar un trabajo diario de limpieza que no conllevara una pérdida constante de eficiencia.

### Mejora de PR general

Haciendo seguimiento a los valores de PR según se aplica el plan de producción se observa una mejora clara versus los valores antes de la realización del plan. Aunque los valores de PR aún se mantienen por debajo del 50% y lo mismo puede identificarse como una línea con fallas continuas también se debe tomar en cuenta que la mejora porcentual en promedio fue de 10 puntos porcentuales durante 3 meses de producción continua, lo cual es una mejora significativa versus las condiciones previas a la realización de este proyecto.

Se puede asociar la mejora con la identificación de paradas y la mejora de defectos, adicionalmente de la intervención para restaurar condiciones iniciales. Si se mantiene el enfoque en las principales razones del Pareto (y su teoría 80-20) las condiciones pueden seguir mejorando de manera continua, siempre y cuando se mantengan las bases del plan de mantenimiento y se continúe con la aplicación del mismo.



**Figura 5.22** Evolución de PR en línea de producción. En naranja mes de inicio de proyecto de pasantías. Elaboración Propia.

Aunque la data es poca para ser concluyente, se considera que el patrón de desarrollo del PR permite predecir que se puede mejorar continuamente y seguir aumentando el valor del mismo. Se considera entonces un paso fundamental recomendado de este proyecto la continuidad del programa de mantenimiento por parte de la empresa enfocado en la mejora de rendimiento continuo.

### 5.5.2 Plan de mantenimiento progresivo

Durante el periodo de aplicación del plan de mantenimiento progresivo se mantuvo en 0 el número de no conformidades asociadas a mantenimiento y de incidentes relacionados con actividades de mantenimiento.

La utilización de formatos SIMPTWW permitió a los operadores dar input sobre cómo mejorar los procesos de mantenimiento y mejorar sucesivamente la información expresada en los mismos, actualizándose de esta manera cada orden de mantenimiento después de realizar una actividad rutinaria.

### 5.5.3 Mejora de herramientas

La utilización del sistema SAP permitió simplificar de manera significativa las herramientas de trabajo utilizado. El proceso de adquisición de repuestos paso de utilizar un sistema de contactos para solicitud de GR a través de correos a ser completamente correcto en materia de controles internos.

---

## CAPÍTULO V – RESULTADOS Y ANALISIS

Adicionalmente, se simplificó el rol del pasante de mantenimiento y se creó capacidad en el equipo para utilizar herramientas existentes en Almacén BQ, adicionalmente el sistema de carga a SAP permite seguimiento a través del programa, evitando revisiones periódicas de condiciones de almacenamiento o inventario. Adicionalmente SAP reporta retrasos de repuestos en inventario versus fechas planificadas de utilización, generando capacidad para controlar el proceso y generar planes de acción sin necesidad de dar seguimiento constante.

Adicionalmente, la utilización del sistema generó cero retrasos por demoras en generación de órdenes de mantenimiento planificadas, generando además capacidad para el pasante de mantenimiento de enfocarse en proyectos y no seguimiento de planes ya establecidos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Basado en el plan de trabajo diseñado por la compañía y entendiendo la importancia de un plan de mantenimiento bien diseñado para la productividad y eficiencia de la línea se desarrolló un plan enfocado en mejorar el rendimiento y crear condiciones que permitan mejora continua. Durante la realización del proyecto y en cada pilar del plan se encontraron oportunidades que fueron transformadas en mejoras:

Durante la aplicación del **programa de mantenimiento autónomo** se adaptó un sistema de pasos en el cual se consiguió establecer una hoja de ruta para el programa en el que:

- Se creó un sistema de dueños de equipo que relaciono a los operadores con la maquinaria que operaban.
- Se capacito a los operadores para identificar y corregir defectos: durante el periodo de aplicación del programa se identificaron 166 defectos y se corrigió el equivalente a 84.3%.
- Se desarrollaron mapas de seguridad y formatos CIL (Limpieza, Inspección y Lubricación) y se identificaron Centerlines en todos los equipos.

Durante el desarrollo del **programa de mantenimiento progresivo** Enfocado en devolver los equipos a condiciones básicas se logró:

- Generar un ranking de equipos versus las pérdidas identificadas, para atacar de manera progresiva a los responsables de las mayores pérdidas.
- Dejar formatos y estándares establecidos y generar capacidad de mejora continua enfocada en lograr el eventual objetivo de cero averías.
- Una revisión y reacondicionamiento de condiciones básicas junto a personal técnico de P&G, para establecer condiciones sobre las cuales la aplicación del mantenimiento periódico es posible.
- Establecer una hoja de ruta clara sobre que mantenimientos realizar (y cuando realizarlos), paralelamente en piso y en el sistema SAP.

Un **proceso de mejora de herramientas** enfocado en generar eficiencia en los procesos establecidos, se logró:

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

---

- Utilizar herramientas existentes y generar resultados y entregar ahorros al mismo tiempo, al rediseñar el sistema de adquisición y manejo de repuestos que mejoro la poca confiabilidad y alta criticidad asociada al sistema anterior.
- Crear sistema de identificación de paradas que logra disminuir la cantidad de paradas no identificadas de un 24% a un 12%, versus el total de confiabilidad de proceso del mes.
- Asociar la data de repuestos y de equipos al sistema SAP, generando capacidad de dar seguimiento y manejar el plan de mantenimiento desde la plataforma electrónica

En general se logró aumentar el PR promedio del mes 10 puntos, sin embargo más allá de la métrica se establece un programa robusto capaz de generar una base clara para seguir mejorando, buscando el objetivo de la filosofía de mantenimiento autónomo: cero pérdidas.

### **Siguientes pasos:**

Teniendo en cuenta los resultados conseguidos y como evolucionaron las curvas de aprendizaje, confiabilidad del proceso y demás variables alineadas con el plan de mantenimiento se considera prudente recomendar a la empresa:

- Continuar con el programa de mantenimiento autónomo, enfocado en la identificación de paradas e identificación y reparación de defectos.
- Mejorar el sistema de identificación de paradas mediante la inversión en un sistema electrónico que permita identificar paradas cortas, las cuales son probablemente causantes de las pérdidas que no logran ser identificadas.
- Crear mapas de lubricación y añadir los mismos al plan de mantenimiento autónomo de equipos que no fueron incluidos en mapas realizados durante este proyecto.
- Estudiar data de demanda de repuestos, para poder extender segmentación de análisis de repuestos.

## BIBLIOGRAFIA

- ASQ Organization. (2010). *Learn About Quality*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2016, de ASQ Organization: <http://asq.org/learn-about-quality/six-sigma/overview/dmaic.html>
- Barringer & Associates. (4 de Abril de 2012). *Process Reliability*. Recuperado el 15 de Julio de 2016, de Barringer: <http://www.barringer1.com/pr.htm>
- Business Dictionary. (Diciembre de 2016). *Business Dictionary - Order Lead Time*. Obtenido de Business Dictionary: <http://www.businessdictionary.com/definition/order-lead-time.html>
- CMMSPRO. (2008). *Types of Maintenance*. Recuperado el 29 de Julio de 2016, de Maintenance Redefined: <http://www.cmmspro.com/types-of-maintenance.asp>
- Data Parc Solutions. (2015). *Improving OEE: Analyzing the Six Big Losses*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2016, de Data Parc: <http://blog.dataparc.com/improving-oe-analyzing-six-big-losses>
- Dhillon, B. S. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach*. Boca Raton, FL, United States of America: CRC Press LLC .
- Dhillon, B. S. (2006). *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. Boca Raton, FL, United States: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Duarte, J. d. (20 de Diciembre de 2016). *Seguridad en la Industria*. Obtenido de Bloqueo, candadeo y etiquetado de equipos e instalaciones en reparación o inspección: <http://seguridadenlaindustriadelaconstruccin.blogspot.com/2009/09/bolqueo-candadeo-y-etiquetado-de.html>
- El Universal. (5 de Marzo de 2013). *Procter & Gamble invierte en planta de llenado en estado aragua*. Obtenido de El Universal: <http://www.eluniversal.com/economia/130305/procter-amp-gamble-invierte-bs-50-mil-en-planta-de-llenado-en-estado-a>
- ERP. (2012). *SAP Business Suite*. Recuperado el 20 de Julio de 2016, de TU ERP SOFTWARE: <http://www.tuerp.com/sap/sap-business-suite>

- EYGM Limited. (2015). *Unlocking manufacturing's full performance potential*. Recuperado el 15 de Agosto de 2016, de EY: [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-unlocking-manufacturings-full-performance-potential/\\$FILE/EY-unlocking-manufacturings-full-performance-potential.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-unlocking-manufacturings-full-performance-potential/$FILE/EY-unlocking-manufacturings-full-performance-potential.pdf)
- Gulati, R. (2013). *Maintenance and Reliability Best Practices*. New York, United States of America: Industrial Press Inc.
- iSixSigma. (2012). *Six Sigma Roadmap*. Recuperado el 12 de Noviembre de 2016, de iSixSigma: <https://www.isixsigma.com/new-to-six-sigma/dmaic/six-sigma-dmaic-roadmap/>
- Mather, D. (2008). *The value of RCM*. Recuperado el 16 de Julio de 2016, de Plant Services: <http://www.plantservices.com/articles/2008/177/>
- Mikalsen, M. M. (2015). *Managing the demand for spare parts*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2016, de Implement Consulting Group: <http://implementconsultinggroup.com/inspiration/articles/managing-the-demand-for-spare-parts/>
- P&G. (20 de Junio de 2016). *Bases fundamentales de P&G*. Obtenido de P&G: [http://www.pg.com/es\\_LATAM/compania-p-and-g/valores.shtml](http://www.pg.com/es_LATAM/compania-p-and-g/valores.shtml)
- P&G. (15 de Julio de 2016). *Historia de P&G*. Obtenido de P&G: [http://www.pg.com/es\\_LATAM/VE/compania-p-and-g/nuestra-historia.shtml](http://www.pg.com/es_LATAM/VE/compania-p-and-g/nuestra-historia.shtml)
- P&G. (15 de Junio de 2016). *P&G Structure and Governance*. Obtenido de P&G: <http://us.pg.com/who-we-are/structure-governance/corporate-structure>
- P&G. (15 de Julio de 2016). *Product Supply*. Obtenido de P&G: [http://www.pg.com/vn/careers/our\\_functions/product\\_supply.shtml](http://www.pg.com/vn/careers/our_functions/product_supply.shtml)
- P&G. (15 de Julio de 2016). *Supply Network Operations*. Obtenido de P&G: [http://www.pg.com/vn/careers/our\\_functions/supply\\_network\\_operation.shtml](http://www.pg.com/vn/careers/our_functions/supply_network_operation.shtml)
- Suzuki, T. (1994). *TPM in Process Industries (Step by Step Approach to TPM I)*. New York, NY, United States of America: Productivity Press.

---

## BIBLIOGRAFIA

- Vorne Consulting. (2016). *Six Big Losses*. Recuperado el 5 de Enero de 2017 , de OEE:  
<http://www.oeec.com/oeec-six-big-losses.html>
- Vorne Consulting. (2016). *What is Overall Equipment Effectiveness?* Recuperado el 2016, de OEE:  
<http://www.oeec.com/index.html>
- Weber, L., & Wallace, M. (2011). *Quality Control for Dummies*. Indiana, United States of America: Wiley.
- Zambrano, R. A. (Octubre de 2007). Diseño de un modelo de mantenimiento predictivo para los equipos electricos de laminacion barras. *Trabajo especial de Grado ante la Universidad Simon Bolivar*. Recuperado el Diciembre de 2016

**ANEXOS**