

Aplicación para los pilares de la guía de mantenimiento total
productivo (TPM).



EDISON ANDRÉS ARTEAGA LÓPEZ
RUBÉN DARÍO LUNA BONILLA

Directores: Msc. ÁLVARO RENE RESTREPO GARCÉS
Ing. ERMILSO DÍAZ BENACHI

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL

2013



Aplicación para los pilares de la guía de mantenimiento total
productivo (TPM).



Monografía presentada como requisito parcial para optar por el título de
Ingeniero en Automática Industrial

EDISON ANDRÉS ARTEAGA LÓPEZ
RUBÉN DARÍO LUNA BONILLA

Directores: Msc. ÁLVARO RENE RESTREPO GARCÉS
Ing. ERMILSO DÍAZ BENACHI

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA, INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL
PROGRAMA DE INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL

2013



Nota de aceptación: _____

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Popayán, de 2013



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecemos a nuestras familias por el apoyo incondicional y la confianza que depositaron en nosotros.

A la Industria Licorera del Cauca, por darnos la oportunidad de realizar nuestro proyecto, especialmente al Ingeniero Roberto Encarnación, por brindarnos el interés, el apoyo y la confianza para evaluar los resultados del proyecto.

A nuestros amigos y compañeros por su amistad y apoyo durante este proceso.

Y por último, agradecemos a la Universidad del Cauca por formarnos como profesionales.



Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN.....	13
1. GENERALIDADES	14
1.1 Metodologías de mantenimiento.....	15
1.1.1 Mantenimiento correctivo.....	15
1.1.2 Mantenimiento Preventivo	16
1.1.3 Mantenimiento Predictivo.....	16
1.1.4 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM):	16
1.2 Modelos Gerenciales de Mantenimiento Continuo.....	17
1.2.1 Ciclo Planear, Hacer, Verificar, Actuar (PHVA).....	17
1.2.2 Método de las cinco S.	18
1.2.3 Método de las seis Sigma.....	18
1.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM).....	19
1.3.1 Definición.....	19
1.3.2 Objetivos.	21
1.3.2.1 Objetivos estratégicos.....	21
1.3.2.2 Objetivos operativos.....	22
1.3.2.3 Objetivos organizativos.	22
1.3.3 Características.....	22
1.3.4 Beneficios.....	23
1.3.4.1 Beneficios Organizativos.....	23
1.3.4.2 Beneficios de Seguridad	23
1.3.4.3 Beneficios de Productividad	23
1.3.5 Pilares del TPM	24
1.3.6 Metodologías de mantenimiento, modelos gerenciales de mantenimiento continuo y el TPM.	24
1.3.7 Indicadores Claves de desempeño asociados a TPM.....	25
1.3.7.1 Principales elementos de OEE.....	26
1.3.7.2 Rangos de Clasificación según OEE.....	27



1.3.7.3	Las seis grandes pérdidas	27
2.	GUÍA TPM, SELECCIÓN DE PILARES Y RELACIÓN DE LOS FLUJOS DE INFORMACIÓN BAJO EL ESTÁNDAR ISA 95 - 3 EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO.....	30
2.1	Guía TPM	30
2.1.1	Procedimiento para establecer la guía TPM	30
2.1.2	Guía TPM realizada.....	32
2.2	APLICACIÓN DEL MODELO DE ACTIVIDAD DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO A UN CASO DE ESTUDIO.....	37
2.2.1	Administración de Definición de Mantenimiento.....	38
2.2.1.1	<i>Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Administración de Recurso de Mantenimiento.</i>	38
2.2.1.2	<i>Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Programación Detallada de Mantenimiento.</i>	38
2.2.1.3	<i>Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Despacho de Mantenimiento.</i>	38
2.2.1.4	<i>Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Administración de Ejecución de Mantenimiento.</i>	39
2.2.1.5	<i>Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Análisis de Mantenimiento.</i>	39
2.2.2	Administración de Recurso de Mantenimiento.....	40
2.2.2.1	<i>Intercambio de Información entre Administración de Recurso de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.</i>	40
2.2.2.2	<i>Intercambio de Información entre Administración de Recurso de Mantenimiento y Programación Detallada de Mantenimiento.</i>	41
2.2.2.3	<i>Intercambio de Información entre Administración de Recurso de Mantenimiento y Despacho de Mantenimiento.</i>	41
2.2.3.1	<i>Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.</i>	43
2.2.3.2	<i>Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Administración de Recurso de Mantenimiento.</i>	44
2.2.3.3	<i>Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Niveles 2, 3 y 4.</i>	44



2.2.3.4	<i>Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Despacho de Mantenimiento.</i>	44
2.2.3.5	<i>Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Administración de Ejecución de Mantenimiento.</i>	44
2.2.3.6	<i>Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Administración de Operaciones de Producción.</i>	45
2.2.4	Despacho de Mantenimiento.	46
2.2.4.1	<i>Intercambio de Información entre Despacho de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.</i>	46
2.2.4.2	<i>Intercambio de Información entre Despacho de Mantenimiento y Administración de Recurso de Mantenimiento.</i>	46
2.2.4.3	<i>Intercambio de Información entre Despacho de Mantenimiento y Programación Detallada de Mantenimiento.</i>	47
2.2.5	Administración de Ejecución de Mantenimiento.	48
2.2.5.1	<i>Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.</i>	48
2.2.5.2	<i>Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Programación Detallada de Mantenimiento.</i>	48
2.2.5.3	<i>Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Niveles 1 y 2.</i>	49
2.2.5.4	<i>Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Recolección de Datos de Mantenimiento.</i>	49
	Fuente de elaboración propia	50
2.2.6	Recolección de Datos de Mantenimiento.	50
2.2.6.1	<i>Intercambio de Información entre Recolección de Datos de Mantenimiento y Administración de Ejecución de Mantenimiento.</i>	50
2.2.6.2	<i>Intercambio de Información entre Recolección de Datos de Mantenimiento y Niveles 1 y 2.</i>	51
2.2.6.3	<i>Intercambio de Información entre Recolección de Datos de Mantenimiento y Análisis de Mantenimiento.</i>	51
2.2.7	Seguimiento de Mantenimiento.	52
2.2.7.1	<i>Intercambio de Información entre Seguimiento de Mantenimiento y Nivel 4.</i>	



52	
2.2.7.2	<i>Intercambio de Información entre Seguimiento de Mantenimiento y Niveles 2, 3 y 4.</i> 52
2.2.8	Análisis de Mantenimiento..... 53
2.2.8.1	<i>Intercambio de Información entre Análisis de Mantenimiento y Nivel 4. .</i> 53
2.2.8.2	<i>Intercambio de Información entre Análisis de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.....</i> 54
2.2.8.3	<i>Intercambio de Información entre Análisis de Mantenimiento y Recolección de Datos de Mantenimiento.</i> 54
3.	SELECCIÓN DE LOS PILARES TPM PARA LA ILC. 56
3.1	Estado actual del mantenimiento de la Industria Licorera del Cauca. 56
3.2	Recolección de información. 57
3.3	Selección de los pilares de TPM. 57
3.3.1	Áreas donde se encuentre la mayor participación del personal. 57
3.3.2	Sugerencias de la ILC (Departamento de mantenimiento)..... 58
3.3.3	Relación Entre OEE Y TPM..... 58
3.3.4	Matriz de selección de alternativas. 62
3.3.5	Resultados del análisis de selección de los pilares TPM más importantes para la empresa caso de estudio. 68
3.4	Recolección de información para los pilares seleccionados..... 69
3.5	Análisis de la información. 70
3.5.1	Información del departamento de mantenimiento. 70
3.5.2	Información de calidad de ILC. 78
3.5.3	Análisis de causas que disminuyen la calidad del producto. 78
4.	DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB CON BASE A LA PARTE 3 DE LA NORMA ISA 95..... 80
1.1	Modelado de la Aplicación Web. 80
1.2	Diagrama UML de Casos de Uso..... 86
1.3	Diagrama UML de secuencia para la gestión de información de la función Seguimiento de Mantenimiento de la norma ISA 95 parte 5 y Mantenimiento de Calidad. 88
1.4	Selección del lenguaje de programación, servidor web y gestor de base de datos para



el desarrollo de la aplicación.....	89
4.4.1 Información de tecnologías para el desarrollo de la aplicación web.....	89
4.4.2 Criterios de selección de las tecnologías.....	89
4.4.2.1 Eficiencia.....	90
4.4.2.2 Madurez.....	90
4.4.2.3 Tecnología de Punta.....	90
4.4.2.4 Disponibilidad de la herramienta.....	90
4.4.2.5 Portabilidad.....	90
4.4.2.6 Costos de la tecnología.....	90
4.4.2.7 Fabricante de calidad.....	90
4.4.2.8 Documentación Disponible.....	90
4.4.2.9 Licencia Libre.....	91
4.4.2.10 Soporte de Mantenimiento.....	91
4.4.2.11 Experiencia que se tiene en su uso.....	91
4.5 Matriz de selección de Tecnologías.....	91
4.6 Requisitos para uso de la aplicación.....	95
4.7 Arquitectura de Funcionamiento del Sistema.....	95
RESUMEN CAPITULO 4 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB CON BASE A LA PARTE 3 DE LA NORMA ISA 95.....	97
5 EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN TPM SUPPORT Y CONCLUSIONES.....	98
5.1 Evaluación de la aplicación.....	98
CONCLUSIONES.....	107
RECOMENDACIONES.....	109
BIBLIOGRAFÍA.....	110



Lista de figuras.

Figura 1. Evolución del Mantenimiento	14
Figura 2. Ciclo PHVA	18
Figura 3. Mantenimiento Productivo Total	20
Figura 4. Matriz de Calificación y selección de alternativas	64
Figura 5: Formato de registro de fallas FOMA41 de la ILC.	70
Figura 6. Diagrama de casos de uso para la función Seguimiento de Mantenimiento, Análisis de Mantenimiento y Recolección de Datos de Mantenimiento	87
Figura 7. Diagrama de secuencia función Seguimiento de Mantenimiento para Mantenimiento de Calidad.	88
Figura 8 Arquitectura de Funcionamiento	97
Figura 9. Funciones ISA 95 para Mantenimiento de Calidad.....	98
Figura 10. Flujos de información para la función Despacho de Mantenimiento del equipo Depaletizadora.....	99
Figura 11. Edición de flujos de información.....	99
Figura 12 . Envió del flujo de información “Información de eventos no anticipados” desde Despacho de Mantenimiento a Programación Detallada de Mantenimiento.....	100
Figura 13 . Envió del flujo de información “Información de eventos no anticipados” desde Despacho de Mantenimiento a Paso 3 de Mantenimiento de Calidad.....	100
Figura 14. Comunicación con los equipos registrados en OEE FullEffectivennes	101
Figura 15. Comunicación con el Coeficiente de Efectividad Global del Equipo calculado en OEE FullEffectivennes.	101
Figura 16. Interfaz para consultar información del pilar de Mantenimiento de Calidad... ..	102
Figura 17. Interfaz para consultar información del pilar de Mantenimiento de Calidad... ..	103
Figura 18 . Opción de ayuda para el pilar de Mejoras Enfocadas	103
Figura 19. Opción de ayuda para el pilar de Mejoras Enfocadas	104
Figura 20. Opción de Alarmas	104
Figura 21. Inicio de sesión.	106



Lista de tablas.

Tabla 1: Valores de clasificación de OEE .	27
Tabla 2: Las seis grandes pérdidas.	28
Tabla 3. RESUMEN DE LA GUÍA TPM.	33
Tabla 4. Flujos de Información relacionados con la actividad: Administración de Definición de Mantenimiento.	39
Tabla 5. Flujo de Información desde y hacia Administración de Recursos de Mantenimiento.	42
Tabla 6. Flujo de Información desde y hacia Programación Detallada de Mantenimiento.	45
Tabla 7. Flujo de Información desde y hacia Despacho de Mantenimiento.	47
Tabla 8. Flujo de Información desde y hacia Administración de Ejecución de Mantenimiento.	49
Tabla 9. Flujo de Información desde y hacia Recolección de Datos de Mantenimiento.	51
Tabla 10. Flujo de Información desde y hacia Seguimiento de Mantenimiento.	53
Tabla 11. Flujo de Información desde y hacia Análisis de Mantenimiento.	54
Tabla 12 Encuesta personal operario.	58
Tabla 13. Efectos de OEE en relación con TPM sobre el personal de la planta	59
Tabla 14. Relación entre los pilares TPM y OEE.	60
Tabla 15. Matriz de nivel mínimo de actuación para la relación de los pilares con el OEE	62
Tabla 16. Matriz del nivel máximo esperado de actuación para la relación con el indicador OEE	62
Tabla 17. A	64
Tabla 18. B	65
Tabla 19. C	65
Tabla 20. Pesos para la selección de los pilares.	Error! Bookmark not defined.
Tabla 21. Tipos de parada en la línea de envasado.	71
Tabla 22. Representación de las fallas y su frecuencia por mes.	72
Tabla 23. Listado de averías, fallos y paradas presentes en la ILC.	74
Tabla 24 Funciones, flujos de información asociados con los pasos del pilar Mantenimiento de Calidad.	81
Tabla 25. Tecnologías estudiadas.	92
Tabla 26. Matriz de ponderación para selección de tecnología.	93



LISTADO DE ACRÓNIMOS.

4M	<i>Materiales, Maquina, Mano de Obra, Método</i>
EGE	<i>Efectividad Global del Equipo.</i>
ILC	<i>Industria Licorera del Cauca</i>
JIPM	<i>Japan Institute of Plant Maintenance (Instituto Japonés de Mantenimiento de Planta)</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator (Indicador Clave de Desempeño).</i>
MC	<i>Mantenimiento de Calidad</i>
MTBF	<i>Mean Time Between Failures (Tiempo Medio Entre Fallas).</i>
MTTRr	<i>Mean Time to Recovery (Tiempo Medio para Reparar).</i>
MTTRt	<i>Mean Time to Repair (Tiempo Medio de Restauración).</i>
NPR	<i>Numero de Prioridad de Riesgo</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness (Efectividad Total Del Equipo).</i>
OPE	<i>Overall Plant Effectiveness (Efectividad Global de la Planta)</i>
PM	<i>Productive Maintenance (Mantenimiento Productivo)</i>
PHP	<i>Hypertext Pre-processo</i>
PHVA	<i>Planear, Hacer, Verificar, Actuar.</i>
RCM	<i>Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance (Mantenimiento Productivo Total).</i>
TQM	<i>Total Quality Management (Gestión de Calidad Total)</i>
WCM	<i>World Class Manufacturing (Manufactura De Clase Mundial).</i>
WAMP	<i>Windows, Apache server, MySQL, PHP.</i>
UHT	<i>Ultra High Temperature (Ultra Alta Temperatura).</i>



INTRODUCCIÓN.

En la continua búsqueda de una mayor utilidad y eficiencia, la industria ha encontrado en el mantenimiento una forma de aumentar su productividad. Siendo esta, no solo una herramienta para evitar fallas en equipo de producción, sino que también ha migrado a otros campos de la línea de producción.

A lo largo de la historia, el mantenimiento ha ido evolucionando, ejemplo de esto a principios de los años sesenta surgió el mantenimiento productivo (PM), el cual se basaba en los conceptos de mantenimiento correctivo, preventivo y gestión de calidad; pero esta forma de mantenimiento presentaba fallas debido a que los costos aumentaban, dado que el personal encargado realizaba un sobre mantenimiento, además la producción estaba enfocada a cumplir horarios y los planes de mantenimiento se realizaban de manera inadecuada, por este motivo, se realizaron algunas mejoras a esta metodología, para llegar a lo que se conoce como Mantenimiento Productivo Total el cual en adelante será denominado TPM. Esta metodología de mantenimiento, no solamente busca evitar fallas y solucionar los problemas en la maquinaria, sino también incrementar notablemente la productividad y al mismo tiempo levantar la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado, en busca de una mayor competitividad.

Además con el continuo avance de la tecnología se han desarrollado técnicas y aplicaciones que ayudan con el cumplimiento de los planes de mantenimiento, pero estas últimas son todavía una gran inversión para las pequeñas y medianas empresas que predominan en Colombia, por esto la mayoría de ellas se abstienen de implementar dichas aplicaciones. Por lo tanto para cubrir las necesidades presentadas por la pequeña y mediana industria en nuestro país, se hace necesario la aplicación de la metodología TPM para sistematizar y mejorar los sistemas de mantenimiento, mejorando su economía y por consiguiente su sistema de producción.

El actual proyecto, busca mediante el análisis y estudio de la metodología TPM, realizar una aplicación web de bajo costo con el fin de obtener una solución para las empresas que necesiten implementar TPM en sus procesos de mantenimiento, la idea es desarrollar una herramienta que contenga el plan de mantenimiento o de instrucciones a seguir, con la finalidad de educar e instruir al personal involucrado con el sistema de producción. De esta manera se pretende conseguir una mayor productividad, una disminución de errores en los procedimientos de mantenimiento y una optimización en todas las áreas de la empresa, generando una mayor competitividad en el mercado.



1. GENERALIDADES

El mantenimiento productivo es una inversión en la cual, las ganancias se ven reflejadas a mediano y largo plazo, no solo para el empresario quien esta inversión se retribuirá por medio de un mejoramiento de los índices de producción, sino también en el ahorro que representa tener una planta con pocos tiempos muertos, ambientes saludables e índices de accidentalidad bajos. Con la globalización de los mercados, las empresas que quieren ser competitivas, se han visto obligadas a cumplir con estándares de calidad internacionales, por lo cual las compañías deben organizar sus procesos entre ellos los de mantenimiento, de una manera eficiente.

En Colombia, todas las organizaciones que deseen demostrar la calidad de sus productos o servicios, deben certificarse cumpliendo con los requisitos de la Norma ISO 9001[1]. Para satisfacer esta normatividad, es requisito indispensable que las empresas cuenten con un apropiado plan de mantenimiento que les permita mantener sus equipos, herramientas e instalaciones en las mejores condiciones de funcionamiento.

Por lo tanto la empresa colombiana dentro de sus procesos debe planear su mantenimiento productivo para que reaccione ante las nuevas expectativas de la industria. Estas incluyen, una mayor importancia a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, un conocimiento creciente de la conexión existente entre el mantenimiento y la calidad del producto, y un incremento de la presión ejercida para conseguir una alta disponibilidad de la maquinaria al mismo tiempo que se optimizan los procesos [2].

Como todo proceso en evolución el mantenimiento productivo ha seguido varias etapas, que se han caracterizado por una metodología específica como se muestra en la figura 1.



Figura 1. Evolución del Mantenimiento [3].



Resultado de la aplicación de estas metodologías han surgido métricas denominadas indicadores de desempeño, algunos de los cuales miden cuál es el rendimiento de los equipos en la línea de producción.

Este capítulo busca en la primera sección mostrar las metodologías de mantenimiento más usadas como se indicaron en la figura 1. Sin embargo dentro del resumen se omitirá la metodología TPM, la cual es el objeto de estudio de este proyecto y por lo tanto se discutirá al final del capítulo, además para entender el concepto de TPM, es necesario explicar los conceptos de modelos gerenciales y de mantenimiento continuo, el cual se realiza en la sección 2 de la presente unidad.

1.1 Metodologías de mantenimiento.

En esta sección se realizará un sumario acerca de las metodologías de mantenimiento que han ido surgiendo a lo largo del tiempo, entre las metodologías más importantes se tiene:

1.1.1 Mantenimiento correctivo

Este es el mantenimiento de primera generación el cual abarca el tiempo desde el inicio de la Primera Revolución Industrial hasta la Primera Guerra Mundial. En esta época las fallas de los equipos no tenían mayor importancia, y no era una prioridad preverlas, además la maquinaria y/o equipo eran muy simples, por lo tanto sencillos de reparar.

El mantenimiento correctivo o de emergencia es aquel que se lleva a cabo con la mayor celeridad cuando se presentan averías o fallas, reparándolas en el menor tiempo posible, evitando que se incrementen los costos, impedir daños materiales, humanos y así el sistema siga funcionando normalmente [4][5]. Existen dos formas diferenciadas de Mantenimiento Correctivo:

a. Mantenimiento Correctivo Programado

El Mantenimiento Correctivo Programado utiliza los datos históricos y tendencias, junto con la experiencia e información del fabricante, para prever fallas en el equipo, de manera que, cuando se detiene el equipo al presentarse una avería, para efectuar la reparación, ya se dispone de los repuestos, documentación necesaria y del personal técnico asignado con anterioridad para atender el evento [4].



b. Mantenimiento Correctivo no programado.

El Mantenimiento Correctivo No Programado, se efectúa cuando las averías o fallas que se presentan hacen que el equipo se detenga o se dañe, el mantenimiento o reparación de estos eventos se realizan inmediatamente después de presentados. [4]

1.1.2 Mantenimiento Preventivo

El propósito del Mantenimiento Preventivo, es detectar las fallas anticipándose a ellas, manteniendo los sistemas de infraestructura, equipos e instalaciones productivas en completa operación con los niveles y eficiencia óptimos. [6]

El Mantenimiento Preventivo es el que se efectúa retirando la máquina del servicio, en cumplimiento de un programa pre-establecido, con el propósito de realizar los desarmes necesarios para efectuar las inspecciones y cambios en sus componentes que garanticen su normal funcionamiento durante un determinado periodo de tiempo. [7]

1.1.3 Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento predictivo o mantenimiento a condición, consiste en el control del estado de funcionamiento de la maquinaria en servicio, efectuado con instrumentos de medición, para poder predecir fallas o detectar cambios en sus condiciones físicas que requieran tareas de mantenimiento [6].

1.1.4 Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM):

Este tipo de metodología determina la criticidad de un equipo dentro del proceso productivo, mediante el cálculo del NPR (*Número de Prioridad de Riesgo*), entendiéndose que ese cálculo implica conocer muy bien el funcionamiento y la dinámica del sistema y de los diferentes equipos.

Fue desarrollada para la industria de la aviación. La norma SAE JA1011 [9] especifica los requerimientos que debe cumplir un proceso para poder ser denominado un proceso RCM. Uno de los principales conceptos de RCM, niega el pensamiento que se tenía, de que las fallas se deben al envejecimiento de la maquinaria. En RCM todas las funciones del equipo deben ser listadas sin excepciones, así como todos los fallos que están directamente relacionados con las funciones listadas o deseadas [2] [8].

Además de las metodologías de mantenimiento, TPM busca que todo el personal de la empresa esta comprometido con el funcionamiento de los equipos, por lo tanto los modelos gerenciales pasa a ser parte de esta metodología. A



continuación se relacionan modelos gerenciales que intervienen cuando hace uso de TPM.

1.2 Modelos Gerenciales de Mantenimiento Continuo.

Los modelos gerenciales de mantenimiento continuo, son importantes para el mejoramiento de la comunicación entre los trabajadores, permitiendo tener un lugar de trabajo con óptimas condiciones y un incremento de la calidad del producto, esto con la finalidad de que el trabajo realizado por el personal sea más eficiente buscando una empresa integral y con mayor competitividad, lo cual es un punto importante al implementar el TPM, dado que esta metodología busca, el bienestar del trabajador y el trabajo en conjunto de toda la organización.

1.2.1 Ciclo Planear, Hacer, Verificar, Actuar (PHVA).

El ciclo PHVA es una herramienta de mejora continua, presentada por *Deming* a partir del año 1950; se basa en un ciclo de 4 pasos: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar como se muestra en la figura 2. Es común usar esta metodología en la implementación de un sistema de gestión de la calidad, de tal forma que al aplicarla en la política y objetivos de calidad así como en la red de procesos, la probabilidad de éxito sea mayor [10].

Los resultados de la implementación de este ciclo permiten a las empresas una mejora integral de la competitividad, a través de sus productos o servicios, mejorando continuamente la calidad, reduciendo los costes, optimizando la productividad, reduciendo los precios, incrementando la participación del mercado y aumentando la rentabilidad de la empresa. [11]

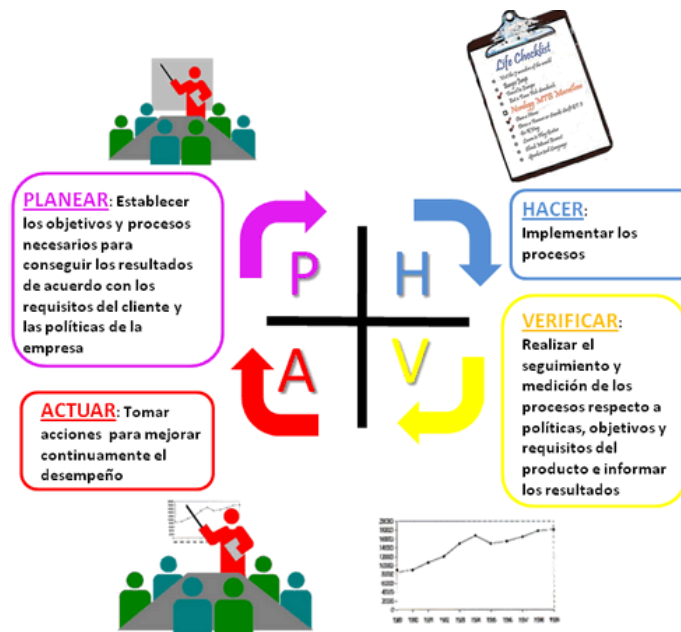


Figura 2. Ciclo PHVA [10].

1.2.2 Método de las cinco S.

El método de las 5S, así denominado por la primera letra del nombre que en japonés designa cada una de sus cinco etapas, es una técnica de gestión japonesa basada en cinco principios simples:

- Seleccionar y ordenar.
- Situar y organizar.
- Sanear y limpiar.
- Sostener y estandarizar.
- Seguir y disciplinar.

Esta metodología tiene como objetivos, mejorar las condiciones de trabajo y la ética del personal. Partiendo de que “es más agradable y seguro trabajar en un sitio limpio y ordenado”, permitiendo reducir gastos de tiempo y energía, riesgos de accidentes o sanitarios, mejorar la calidad de la producción y seguridad en el trabajo. [12]

1.2.3 Método de las seis Sigma.

Es una metodología de *mejora de procesos*, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas en la entrega de un producto o servicio al cliente [13].



Se denomina 6 sigma por que los procesos se comportan dentro del rango de 6 desviaciones estándar alrededor de la media. Esto con el fin de llevar la calidad a un nivel de efectividad de 99.9997% para el proceso, también corrige los problemas antes de que se presenten, específicamente examina los procesos repetitivos de las empresas.

El proceso Seis Sigma se caracteriza por 5 etapas bien concretas, llamadas ciclo DMAIC [13] [14]:

- **D**efinir el problema o el defecto.
- **M**edir y recopilar datos.
- **A**nalizar datos.
- **M**ejorar.
- **C**ontrolar.

Con los conceptos revisados en las secciones anteriores, la siguiente sección busca mostrar como la metodología de mantenimiento TPM, genera una mayor eficiencia en los equipos, bajo un modelo gerencial de mejora continua lo cual resulta en un incremento de la eficiencia en las operaciones de mantenimiento.

1.3 Mantenimiento Productivo Total (TPM).

El Mantenimiento Productivo Total es un sistema que se divide en ocho pilares como se muestra en la figura 3. Esta metodología es creada a partir del mantenimiento preventivo, el cual involucra no solamente el mantenimiento de maquinaria, sino también a las áreas administrativas y de personal, con el fin de generar una productividad global, mejorar el servicio a los clientes y entregar los productos con una mayor calidad.

1.3.1 Definición

Mantenimiento Productivo Total es la traducción de *Total Productive Maintenance*. El TPM es un sistema japonés de mantenimiento industrial desarrollado a partir del concepto de "mantenimiento preventivo" creado en la industria de los Estados Unidos.



Figura 3. Mantenimiento Productivo Total [13].

La organización japonesa conocida como JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) [15], es el instituto que ha desarrollado la metodología y conceptos de TPM. Desde los años sesenta ha trabajado en la promoción de modelos de mantenimiento eficiente y aplicable a todo tipo de industria.

Respetando las políticas del JIPM y normas de propiedad intelectual, se utilizará el término TPM en este documento, considerando y reconociendo que es una marca registrada del JIPM. Cada vez que se haga referencia a este término, se debe tener en cuenta que es el nombre de una marca del JIPM y no se trata de un término genérico. El JIPM ha registrado como marca el término TPM y en la mayoría de países de Europa y América el JIPM posee los derechos registrados de esta marca.

Se asume el término TPM con los siguientes enfoques: la letra M representa acciones de (*Maintenance*) mantenimiento. Es un enfoque de realizar actividades de dirección y transformación de empresa. La letra P está vinculada a la palabra "productivo" o "productividad" de equipos, pero se ha considerado que se puede asociar a un término con una visión más amplia como lo es "perfeccionamiento" de la productividad. La letra T de la palabra "total" se interpreta como "todas las actividades que realizan todas las personas que trabajan en la empresa".

TPM es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización



industrial o de servicios. Cuenta con un enfoque del mantenimiento que optimiza la eficiencia del equipo, elimina las paradas de las máquinas, reduce las pequeñas averías y promueve el mantenimiento autónomo del operador, involucrando a toda la empresa. También permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales [14].

Se fundamenta en la búsqueda permanente de la mejora del desempeño de los procesos y los medios de producción, por una implicación concreta y diaria de todas las personas que participan en el proceso productivo. Combina las mejores prácticas de calidad total, mantenimiento y gestión de la producción, para lograr un nivel de productividad elevado; dicho nivel de la productividad es medido con un indicador llamado "Eficiencia Global de los Equipos", OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), el cual mide el impacto total que causan la calidad, productividad y disponibilidad en el desempeño de una máquina. [16]

El JIPM define el TPM como un sistema orientado a lograr:

- ✓ Cero accidentes.
- ✓ Cero defectos.
- ✓ Cero averías.
- ✓ Cero pérdidas.

Estas acciones deben conducir a la obtención de productos y servicios de alta calidad, mínimos costes de producción, alta ética en el trabajo y una imagen de empresa excelente. No solo debe participar las áreas productivas, se debe buscar la eficiencia global con la participación de todas las personas y departamentos de la empresa. La obtención de las "cero pérdidas" se debe lograr a través de la promoción de trabajo en grupos pequeños, comprometidos y entrenados para lograr los objetivos personales y de la empresa. [14]

1.3.2 Objetivos.

Los objetivos que una organización busca al implantar el TPM pueden tener diferentes dimensiones [18]:

1.3.2.1 Objetivos estratégicos.

El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución en la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta,



reducción de costes operativos y conservación del "conocimiento" industrial [14].

1.3.2.2 Objetivos operativos.

El TPM tiene como propósito en las acciones cotidianas, que los equipos operen sin averías y fallos, eliminar toda clase de pérdidas, mejorar la fiabilidad de los equipos y emplear completamente la capacidad instalada de la empresa.

1.3.2.3 Objetivos organizativos.

El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incrementar la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de convertir el sitio de trabajo en un entorno creativo, seguro y productivo.

1.3.3 Características.

Las características del TPM más significativas son [18]:

- ✓ Acciones de mantenimiento en todas las etapas del ciclo de vida del equipo.
- ✓ Participación amplia de todas las personas de la organización.
- ✓ Es observado como una estrategia global de empresa, en lugar de un sistema para mantener equipos.
- ✓ Orientado a la mejora de la Efectividad Global de las operaciones, en lugar de prestar atención a mantener los equipos funcionando.
- ✓ Intervención significativa del personal involucrado en la operación y producción en el cuidado y conservación de los equipos y recursos físicos.
- ✓ Procesos de mantenimiento fundamentados en la utilización profunda del conocimiento que el personal posee sobre los procesos.

El modelo original TPM propuesto por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas, las cuales se deben implantar en forma gradual y progresiva, asegurando cada paso dado mediante acciones de autocontrol del personal que interviene [14].

Orienta a la mejora de dos tipos de actividades directivas:

- a) Dirección de operaciones de mantenimiento.



b) Dirección de tecnologías de mantenimiento.

Cuenta con algunos aspectos valiosos del TQM (*Total Quality Management*) entre ellos [17]:

- a) El compromiso total por parte de los altos mandos de la empresa, es indispensable.
- b) El personal debe tener la suficiente delegación de autoridad para implementar los cambios que se requieran.
- c) Se debe tener un panorama a largo plazo, dado que la implementación puede tomar desde uno hasta varios años.
- d) También deberá tener lugar un cambio en la mentalidad y actitud de toda la gente involucrada en lo que respecta a sus nuevas responsabilidades.

1.3.4 Beneficios

1.3.4.1 Beneficios Organizativos

Como beneficios organizativos al implementar TPM en la empresa, mejorará el ambiente de trabajo, se tendrá mejor control de las operaciones, se incrementará el nivel de confianza y la moral de los empleados, se generará una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas, se reflejará un aprendizaje permanente, además se fortalecerá la relación entre el operario y su máquina, aumentará el trabajo en equipo y se crea un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad, se reducirá los accidentes. [18]

1.3.4.2 Beneficios de Seguridad

Como beneficios de seguridad al implementar TPM en la empresa, se mejorará las condiciones ambientales del área de trabajo, se generará una cultura para la prevención de eventos negativos para la salud, se incrementará la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas, se eliminará radicalmente las fuentes de contaminación y polución, y se tendrá un mejor control del impacto ambiental. [18]

1.3.4.3 Beneficios de Productividad

Como beneficios de productividad al implementar TPM en la empresa, se eliminará las pérdidas que afectan la productividad de las planta, se mejorará la



fiabilidad y disponibilidad de los equipos, se generará una reducción en los costes de mantenimiento, aumentará la productividad OPE y OEE , sin reducir la calidad de producto, se crearan capacidades competitivas desde la fábrica, se aumentará la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado, mejorará la calidad del producto y la tecnología de la empresa. [18]

1.3.5 Pilares del TPM

Como se muestra en la figura 3. TPM está soportado por unos pilares o procesos fundamentales que sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los pilares considerados como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son los siguientes [14], [18]:

1. Mejoras enfocadas.
2. Mantenimiento autónomo.
3. Mantenimiento progresivo o planificado.
4. Mantenimiento de calidad.
5. Prevención del mantenimiento.
6. Áreas administrativas.
7. Educación y entrenamiento.
8. Seguridad y medio ambiente.

1.3.6 Metodologías de mantenimiento, modelos gerenciales de mantenimiento continuo y el TPM.

Al realizar la recopilación de información sobre los métodos de mantenimiento, se puede concluir que TPM es uno de los métodos más completos, ya que integra las metodologías de mantenimiento mencionadas en el apartado 1 de este capítulo, excepto RCM que fue una metodología posteriormente desarrollada a TPM.

Como el interés de este proyecto es desarrollar una aplicación que soporte de alguna manera la implementación de los pilares propuestos por TPM, para la mejora en los procesos de mantenimiento a continuación se muestra como se relacionan las diferentes estrategias de mantenimiento, con los pilares de TPM y los Modelos gerenciales de mantenimiento continuo.

El Mantenimiento Preventivo y el ciclo Deming (PHVA), tienen su aplicación en el pilar de Mejoras Enfocadas, en el cual se debe seleccionar un problema importante que se esté presentando en la empresa establecer una serie de acciones a realizar para corregir y prevenir las averías o fallas que se presentan.

En Pilar de Mantenimiento Progresivo o Planificado, se puede encontrar el



Mantenimiento Preventivo y Predictivo, los cuales son aplicados por el grupo de trabajo seleccionado, utilizando historiales de información acerca de las fallas que se han presentado en el equipo, para prevenir paradas imprevistas en un futuro, e identificando el estado actual de este por medio del análisis y la predicción.

El mantenimiento predictivo y correctivo, encuentran su aplicación en el pilar de Mantenimiento Autónomo, dado que en este, se cuenta con la participación de todos los operarios, los cuales deben tener la capacidad para identificar una situación anormal y de actuar ante fallas imprevistas.

En el pilar de Áreas Administrativas, Seguridad y medio Ambiente y Educación y Entrenamiento, se encuentra uno de los modelos gerenciales de mantenimiento continuo, las 5S, en el cual los trabajadores de las secciones como, Administración, Desarrollo y planificación, ofrecen el apoyo necesario al proceso productivo, utilizan esta metodología para tener un lugar de trabajo agradable, para que los empleados se sientan a gusto y sean lo más eficientes posible.

TPM tiene una gran relación con el Coeficiente de Efectividad Global del Equipo (OEE), el cual ayuda a mostrar los resultados de la implementación de la técnica del TPM, por medio de un porcentaje que es el OEE, donde un porcentaje mayor al 95% es ideal.

TPM es ideal para las empresas que cuentan con automatización dentro de sus procesos productivos, asimismo como también busca integrar todas las áreas de la empresa para poder obtener el mayor rendimiento posible desde el área de producción, hasta las áreas administrativas buscando una mayor apropiación de la empresa y una armonía total.

Con lo anterior se muestra como TPM, permite una gran flexibilidad en la aplicación de diferentes estrategias de mantenimiento mediante los pilares propuestos, aplicando como base modelos gerenciales de mantenimiento continuo, en el siguiente ítem, se muestra como TPM hace uso de métricas para medir el desempeño del uso de esta estrategia [30].

1.3.7 Indicadores Claves de desempeño asociados a TPM.

En todo sistema de gestión de una empresa, es relevante la medición de los resultados de cada una de las estrategias implementadas en sus procesos, TPM no es ajeno a ello y por lo tanto esta metodología tiene asociados algunos indicadores de desempeño uno de ellos mencionado anteriormente es el indicador



Efectividad Global del Equipo.

OEE es el acrónimo para Efectividad Global del Equipo, el cual nace como un KPI asociado al TPM [19]: y muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a una máquina ideal equivalente. La diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, las pérdidas de velocidad y las pérdidas de calidad.

OEE es el mejor indicador para conocer la productividad real de los equipos, con el cual es posible localizar áreas potenciales de mejora en un entorno de fabricación. Los factores de los que se compone el indicador OEE proporcionan una medida auténtica de las instalaciones, a partir de la cual se puedan definir las causas de pérdidas que afectan la productividad nominal de la planta.

Este indicador es el encargado de medir la efectividad de las máquinas y líneas a través de un porcentaje, que es calculado combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción [21]:

- ✓ **Disponibilidad** Tiempo real de la máquina produciendo.
- ✓ **Rendimiento** Producción real de la máquina en un periodo de tiempo.
- ✓ **Calidad** Producción sin defectos generada.

1.3.7.1 Principales elementos de OEE.

Existen tres elementos interdependientes utilizados para obtener el Indicador OEE, aplicando las ecuaciones 1 y 2.

- ✓ **Tiempo Disponible**
El tiempo durante el cual el equipo fue planeado para hacer partes de buena calidad.
- ✓ **Tiempo real de Producción**
El tiempo durante el cual la máquina hizo partes de buena calidad dentro del tiempo de la duración de ciclo ideal. Este tiempo es calculado multiplicando el número de partes producidas de buena calidad y la duración de ciclo ideal.
- ✓ **Tiempo Perdido**
El tiempo durante el cual el equipo no produce piezas de calidad aceptable debido a varias causas. [20]



$$T. Real de Produccion = T. Disponible - T. Perdido$$

Ecuación 1. Calculo del tiempo Real de Producción.
[20]

$$OEE = \frac{Tiempo Real de Produccion}{Tiempo Disponible}$$

Ecuación 2. Calculo del indicador OEE.
[20]

1.3.7.2 Rangos de Clasificación según OEE.

El valor del OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. De esta manera se tiene la siguiente clasificación mostrada en la Tabla 1:

Tabla 1: Valores de clasificación de OEE [21].

OEE	Calificativo	Consecuencias
< 65%	Inaceptable	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Importantes pérdidas económicas. ➤ Baja competitividad.
≥65%<75%	Regular	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pérdidas económicas. ➤ Aceptable solo si está en proceso de mejora.
≥75%<85%	Aceptable	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ligeras pérdidas económicas. ➤ Competitividad ligeramente baja.
≥85%<95%	Buena	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Buena competitividad. ➤ Entramos en valores considerados "WorldClass"
≥95%	Excelente	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Competitividad excelente

1.3.7.3 Las seis grandes pérdidas

Las seis grandes pérdidas, son los seis grandes tipos de causas que afectan negativamente a la productividad industrial de una empresa y se categorizan de esa manera para identificar los motivos que hacen disminuir los 3 componentes del OEE, disponibilidad, rendimiento y calidad.

Estas seis perdidas se categorizan de la siguiente manera en la Tabla 2 [19]:



Tabla 2: Las seis grandes pérdidas.

LAS SEIS GRANDES PÉRDIDAS	
1. Pérdidas de tiempo del Mantenimiento.	<p>El tiempo perdido al mantenimiento planeado o imprevisto se debe capturar bajo pérdida del tiempo del mantenimiento.</p> <ul style="list-style-type: none">• El mantenimiento previsto puede incluir actividades diarias de TPM, tiempo planeado de mantenimiento, o las actividades periódicas del mantenimiento preventivo.• El mantenimiento imprevisto puede incluir la interrupción o diagnóstico, resultando de síntomas anormales.
2. Pérdidas del tiempo de la disponibilidad.	<p>Las pérdidas del tiempo de la disposición deben cubrir el tiempo total durante el cual la máquina o el equipo están en la disposición, y no produce piezas.</p>
3. Perdidas de tiempo ocioso.	<p>El tiempo ocioso debe incluir el tiempo durante el cual el equipo no está haciendo piezas, y no está en la disposición, ni la causa es que este en mantenimiento.</p> <p>Las causas típicas son: En espera de materia prima o partes, Accesorios o herramientas, Espera de la orden u otra información, Pérdida por baja moral, condiciones contractuales, etc.</p>
4. Pérdidas Reducción de Velocidad.	<p>Las pérdidas de la velocidad explican dos tipos de pérdidas:</p> <ul style="list-style-type: none">• Pérdida debido al índice reducido de la salida de pieza buena, el tiempo se puede capturar por el operador, bajo códigos de pérdida.• Parte del tiempo disponible que se puede considerar por habilidad del operador.
5. Pérdidas de tiempo por la Calidad.	<p>Las pérdidas de la calidad deben capturar cualquier momento perdido sobre el cual estén trabajando la calidad y sobre las actividades relacionadas con la calidad rutinaria.</p>
6. Pérdidas de tiempo Misceláneas.	<p>Tiempo perdido en cualquier momento en los acontecimientos inusuales, planeados, imprevistos, los cuales no son prevenibles, por la gerencia, en célula, del piso, o de la línea la producción, estos son capturados bajo pérdidas misceláneas del tiempo.</p>

Fuente de elaboración propia.



RESUMEN DEL CAPITULO 1: GENERALIDADES

En el presente capítulo se estudiaron las metodologías y modelos gerenciales de mantenimiento para dar a entender la cobertura y la importancia que tiene el Mantenimiento Total Productivo para la industria colombiana. Al tener conocimiento acerca de la evolución del mantenimiento, se realiza un estudio de la metodología TPM el cual se compone de ocho pilares, los cuales se estudiarán con mayor profundidad en el siguiente capítulo, en el cual se muestra que esta metodología es muy completa, dado que se encuentra compuesta por metodologías de mantenimiento y modelos gerenciales de mantenimiento para el desarrollo de sus pilares. Finalmente se realiza un estudio del indicador OEE, el cual arroja un valor porcentual que representa la eficiencia del equipo.



2. GUÍA TPM, SELECCIÓN DE PILARES Y RELACIÓN DE LOS FLUJOS DE INFORMACIÓN BAJO EL ESTÁNDAR ISA 95 - 3 EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO.

Teniendo como base las diferentes teorías y metodologías investigadas en el capítulo anterior, inicialmente se realiza un estudio más profundo de la metodología TPM, con el fin de establecer una guía, la cual está compuesta por ocho pilares TPM y que describe de una forma sencilla cada uno de sus pasos para el desarrollo.

Seguidamente se muestra la aplicación del modelo de la categoría administración de operaciones de mantenimiento, con el fin de soportar técnicamente el manejo de la información concerniente al mantenimiento.

Debido a que la aplicación *OEE FullEffectiveness* [21] solo está desarrollada en el área de envasado, y el proyecto esta soportado en esta aplicación, el estudio que se realiza esta centrado en dicha área.

También se presenta la forma en que se realizó la recolección de la información en la empresa Licorera del Cauca, el análisis de esta información y de cada uno de los eventos que se presentan en el área de envasado, los cuales afectan la calidad del producto y los tiempos de producción, de la empresa.

Se dará a conocer la forma como se está manejando actualmente el mantenimiento en la Industria Licorera del Cauca y por último se procederá a realizar la selección de los pilares de TPM de mayor importancia para esta misma.

2.1 Guía TPM

En el mercado se puede encontrar guías orientadas a algún tipo de empresa o caso de estudio específico igualmente la propuesta por JIPM [15], sin embargo estas tienen un costo elevado y poco accesible para las PYMES (pequeñas y medianas empresas) colombianas. Por tanto se busca plantear una guía general, que sea un instrumento útil y de gran ayuda para procesos de mejora continua y de fácil desarrollo en todo tipo de empresa industrial.

Inicialmente se realiza una breve descripción del procedimiento para establecer la guía TPM. A continuación se establece la guía y se describe brevemente los pasos necesarios para desarrollar cada pilar de TPM.

2.1.1 Procedimiento para establecer la guía TPM

En el capítulo 1, sección 1.3.5, se muestra que la metodología de TPM está compuesta por ocho pilares que han sido propuestos por la organización JIPM y



que son necesarios para el desarrollo e implementación de la misma.

Por lo tanto y como objetivo de este proyecto se establece una guía TPM de forma general, en la que se estudian los ocho pilares que la componen, esta guía se espera sea aplicable a cualquier empresa sin embargo para fines del presente trabajo se seleccionaran dos pilares, para el desarrollo de la aplicación dirigida a la empresa caso de estudio.

Dado que para el proyecto no se cuenta con los recursos necesarios para adquirir directamente los manuales de los pilares generados por la organización JIPM, esta guía es un producto de la recopilación, análisis y síntesis de información de diferentes fuentes y trabajos escritos encontrados en la red, en las cuales se realiza un estudio de la metodología propuesta por el JIPM y en algunos casos se aplica a una empresa, también cabe aclarar que los trabajos que mencionaremos, no trabajan en totalidad los pilares TPM. Ya que cada pilar conlleva un gran trabajo y también está supeditado a la magnitud del caso de estudio, entre los trabajos relacionados se destacan las siguientes:

- a) TPM Mantenimiento Productivo Total - Evolución de la Gestión de Mantenimiento [16], En el cual se estudian los siguientes pilares:
 - Mejoras Enfocadas.
 - Mantenimiento Autónomo.
 - Mantenimiento Progresivo o Planificado.
 - Seguridad y Medio Ambiente.

- b) Gerencia Estratégica de Mantenimiento de la Empresa Plásticos del Litoral – Plastlit [23]. En este trabajo de grado se realiza el estudio para el desarrollo de los siguientes pilares en la empresa Plásticos del Litoral:
 - Mejoras Enfocadas.
 - Mantenimiento Autónomo.
 - Mantenimiento Progresivo o Planificado.
 - Mantenimiento de Calidad.

- c) Estructura e Implementación del Pilar de Mejora Enfocada en Tetra Pack Colombia [24]. En este trabajo de grado se estudian los ocho pilares de la metodología TPM, pero además se realiza un estudio profundo en el pilar de Mejoras Enfocadas, para su desarrollo en dicha compañía.



d) Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total para una Máquina Empacadora de Cereales [25]. El trabajo mencionado se realiza con la finalidad de diseñar un plan de Mantenimiento Total Productivo de una máquina de cereales, haciendo un estudio de los siguientes pilares:

- Mejoras Enfocadas.
- Mantenimiento Autónomo.
- Mantenimiento Progresivo o Planificado.
- Mantenimiento de Calidad.
- Prevención de Mantenimiento.
- Mantenimiento en Áreas Administrativas.

e) Pilar de mejoras enfocadas a la línea de ensamble AKT motos.

Cuenta con dos líneas de ensamblaje semiautomáticas la línea uno tiene en promedio una frecuencia de ensamble de dos minutos treinta segundos en los modelos AK100-S y AK125. La línea dos tiene una frecuencia de ensamble de tres minutos de los modelos AK110-S y AK110.X. Donde se busca reducir los problemas que afectan el producto y la producción desde el desembarco de las piezas, su ensamblaje, y posterior venta.

En los diferentes trabajos citados se ve que es primordial el apoyo de la empresa para poder realizar el trabajo, además que se realiza un trabajo de diagnóstico para las empresas que desean trabajar varios pilares, y para los trabajos enfocados a un solo pilar si se propone una implementación.

2.1.2 Guía TPM realizada.

Realizado el análisis de la información, se establece la guía TPM, considerando los mejores enfoques, definiciones y procedimientos para desarrollar cada uno de los pasos, de las diferentes fuentes investigadas.

A continuación se realiza un breve resumen (Tabla 3), del contenido de la guía TPM, donde se muestra cada uno de los pilares TPM, el objetivo de cada uno, los posibles encargados a desarrollarlo y los pasos que contienen para su desarrollo.



Tabla 3. RESUMEN DE LA GUÍA TPM.

Mantenimiento Total Productivo (TPM)			
PILAR	Objetivo(s)	Pasos para desarrollarlo	¿Quiénes lo desarrollan?
Mejoras enfocadas	Objetivo principal del Pilar de Mejoras Enfocadas es maximizar la efectividad global de equipos, procesos y plantas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Selección del tema de estudio. 2. Crear la estructura para el proyecto. 3. Identificar la situación actual y formular objetivos. 4. Diagnóstico del problema. 5. Formular plan de acción. 6. Implantar mejoras. 7. Evaluar los resultados. 	Departamento de Mantenimiento, Departamento de Calidad, aportes de operarios de la maquinaria y equipo.
Mantenimiento autónomo	El mantenimiento autónomo tiene como propósito involucrar al operador a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respeto de las condiciones de operación, conservación de las áreas de trabajo libres de contaminación, suciedad y desorden, y se fundamenta en el conocimiento que el operador tiene para dominar las condiciones del equipamiento.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Preparación del Mantenimiento Autónomo. 2. Limpieza e inspección. 3. Establecer medidas preventivas contra las causas de deterioro forzado y mejorar el acceso a las áreas de difícil limpieza. 4. Preparación de estándares para la limpieza e inspección. 5. Inspección general orientada. 6. Planificar las acciones de reparación y de nuevas revisiones o inspecciones del equipo. 7. Estandarización. 8. Control autónomo total. 	Este cuenta con una dirección por parte del Departamento de Mantenimiento por medio de un plan elaborado para el mantenimiento de la maquinaria y equipo. Este plan tiene como objetivo la participación de cada operario haciendo que este tome decisiones y acciones sobre el mantenimiento de su equipo, haciendo de esta forma aportes y recomendaciones de mejora para el plan existente.



Mantenimiento progresivo o planificado

El objetivo de este pilar, es eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción, contando con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos, gestión de tecnologías de mantenimiento y un poder de motivación y coordinación del equipo humano encargado de estas actividades.

1. Identificar el punto de partida del estado de los equipos.
2. Eliminar deterioro del equipamiento y mejorarlo.
3. Mejorar el sistema de información para la gestión.
4. Mejorar el sistema de mantenimiento periódico.
5. Desarrollar un sistema de mantenimiento predictivo.
6. Desarrollo superior del sistema de mantenimiento.

El Departamento de Mantenimiento se encarga de recoger información de la maquinaria y equipo, apoyándose en los historiales que maneja el Departamento de Calidad, el conocimiento de los operarios y los manuales de funcionamiento de cada uno de los equipos, esto con el fin de generar un plan de actividades para prevenir y corregir averías en equipos a través de rutinas diarias, periódicas y predictivas. El departamento Administrativo que se encarga de aprobar los recursos necesarios para llevar a cabo el plan de mantenimiento elaborado.



Aplicación para los pilares de la guía de mantenimiento total productivo (TPM)

<p>Mantenimiento de calidad</p>	<p>El Mantenimiento de Calidad tiene como propósito mejorar la calidad del producto reduciendo la variabilidad, mediante el control de las condiciones y condiciones del equipo, que tienen directo impacto en las características de calidad del producto, en un punto donde “cero defectos” es factible.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de la situación actual del equipo. 2. Investigación de la forma como se generan los defectos. 3. Identificación y análisis de las condiciones 4M (Materiales, Máquina, Método y Mano de obra). 4. Estudiar las acciones correctivas para eliminar "Fugas". 5. Analizar las condiciones del equipo para productos sin defectos y comparar los resultados. 6. Realizar acciones KobetsuKaizen o de mejora de las condiciones 4M. 7. Definir las condiciones y estándares de las 4M. 8. Reforzar el método de inspección. 9. Valorar los estándares utilizados. 	<p>Departamento de Calidad que se encarga de tomar y llevar todos los registros para que los requisitos del producto final sean cumplidos.</p> <p>Departamento de Mantenimiento el cual se encarga de las acciones correctivas en cada uno de los equipos para que no se produzcan fallas que alteren las características y requisitos del producto final.</p> <p>Operarios, ya que estos al tener un equipo a cargo, ayudan a identificar los eventos que alteran las características del producto y así también aportar soluciones a los problemas presentados.</p>
<p>Prevención del mantenimiento</p>	<p>La prevención del mantenimiento se refiere a todas las actividades de mejora que se realizan durante la fase de diseño, construcción y puesta a punto de los equipos, para reducir el costo de mantenimiento durante su explotación.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Inspecciones programadas. 2. Actividades repetitivas. 3. Programación de actividades. 4. Control de actividades. 	<p>Departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales.</p>
<p>Áreas administrativas</p>	<p>Facilitar y ofrecer el apoyo necesario para que el proceso productivo funcione eficientemente, con los menores costes, oportunidad solicitada y con la más alta calidad</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Seleccionar y ordenar. 2. Situar y organiza. 3. Sanear y limpiar. 4. Sostener y estandarizar. 5. Seguir y disciplinar. 	<p>Áreas administrativas, planificación, desarrollo y producción.</p>



Aplicación para los pilares de la guía de mantenimiento total productivo (TPM)

Educación y entrenamiento	Minimizar las pérdidas que ocurren durante todo el trabajo de producción manual dentro de la oficina y la producción.	Depende de cada empresa y la forma de capacitación.	Todos los departamentos tanto por individuo como en equipo.
Seguridad y medio ambiente	Mejorar sus procedimientos e instructivos a la hora de manejar la maquinaria y los desperdicios.	<ol style="list-style-type: none">1. Seguridad en la limpieza inicial en mantenimiento autónomo.2. Mejora en los equipos para evitar fugas que producen trabajos inseguros.3. Estandarizar las rutinas de seguridad.4. Desarrollo de personas componentes para la inspección general del equipo sobre seguridad.5. Inspección general del proceso y entorno.6. Sistematizar el mantenimiento autónomo de seguridad.	

Fuente de elaboración propia.



En el ANEXO 1, se puede encontrar la información completa de cada uno de los pilares, donde se describe cada uno y se muestra una explicación para el desarrollo de cada uno de los pasos que componen a estos.

A continuación se presentará la aplicación del modelo APLICACIÓN DE LA CATEGORÍA “ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO” DE LA NORMA ISA-95 A UN CASO DE ESTUDIO. [26] aplicado a la ILC, con el fin de obtener una mejor información acerca del manejo de información. Para un mejor desarrollo y diseño de la aplicación TPM.

2.2 APLICACIÓN DEL MODELO DE ACTIVIDAD DE ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO A UN CASO DE ESTUDIO.

Para la aplicación del modelo de actividad de la categoría Administración de Operaciones de Mantenimiento del estándar ISA-95 Parte 3 [26], se tomará como caso de estudio a la empresa dedicada a la producción y comercialización de bebidas alcohólicas en el departamento del Cauca como lo es la Industria Licorera del Cauca [40].

Las funciones administrativas que se realizan en el área de mantenimiento están a cargo del ingeniero de mantenimiento de la empresa y las tareas de mantenimiento son ejecutadas por los operarios, técnicos de mantenimiento y/o el ingeniero de mantenimiento.

ACTIVIDADES Y FLUJOS DE INFORMACIÓN DE LA CATEGORÍA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO EN EL CASO DE ESTUDIO

A continuación se realiza la descripción de las actividades que se cumplen en la empresa caso de estudio, el análisis de las funciones de cada actividad en el área de mantenimiento y el intercambio de información que se identificó entre las actividades que se llevan a cabo en la misma; los flujos de información que se encuentran en texto rojo en las Tablas 4 a 11 (exceptuando la Tabla 8) son flujos que no se encuentran en el modelo genérico de Administración de Operaciones de Mantenimiento; estos flujos son propios del caso de estudio. Los flujos para los cuales se utiliza el término “NO APLICA” corresponden a flujos que la empresa no lleva a cabo, lo que se constituye en uno de los puntos a mejorar dentro de la misma. [26]



2.2.1 Administración de Definición de Mantenimiento.

En la empresa caso de estudio, las actividades de mantenimiento están regidas por manuales de mantenimiento realizados por el mismo personal, junto con los manuales propios de los equipos y accesorios que se emplean en el área de envasado de la ILC.

El manejo de los manuales de los equipos y los instructivos (ver Anexo 2) se encuentran en el departamento de mantenimiento y son suministrados por el ingeniero de mantenimiento que a su vez es el jefe de esta área.

2.2.1.1 *Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Administración de Recurso de Mantenimiento.*

Para el intercambio de información entre estas dos funciones existe el formato FODP15 (reporte mensual de mantenimiento) que relaciona todo lo concerniente a los suministros y recursos existentes en la empresa que son necesarios para el mantenimiento. Esto para optimizar las definiciones de mantenimiento.

2.2.1.2 *Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Programación Detallada de Mantenimiento.*

La definición de mantenimiento se realiza por medio de los documentos (INPL01, INMA07, INMA01, INSG01) que son los instructivos de mantenimiento de las maquinas, dispuestos por el departamento de mantenimiento para la programación detallada de mantenimiento en la ILC, el ingeniero de mantenimiento puede inferir qué mantenimientos se requieren en un determinado período de tiempo, programa y analiza qué recursos necesitará y los asigna en el programa detallado de mantenimiento; por esta razón, la actividad de Administración de Definición de Mantenimiento envía a la actividad Programación Detallada de Mantenimiento las *Definiciones de Mantenimiento*.

2.2.1.3 *Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Despacho de Mantenimiento.*

Para el Despacho de Mantenimiento se utiliza la *Dependencia de Segmento de Definición de Mantenimiento* y las *Instrucciones de Mantenimiento* para asignar una orden de mantenimiento al operario dispuesto por el ingeniero de mantenimiento y cuando la tarea es muy compleja comunicarle los recursos que debe utilizar para realizarla,



puesto que cuando es una tarea de mantenimiento rutinaria los operarios ya tienen conocimiento sobre qué recursos utilizar, es decir la *Dependencia de Segmento de Definición de Mantenimiento* y las *Instrucciones de Trabajo de Mantenimiento* (DOMA02, DOMA01) son utilizadas en la actividad Despacho de Mantenimiento para asignar a la orden de trabajo de mantenimiento los recursos apropiados.

2.2.1.4 Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Administración de Ejecución de Mantenimiento.

En la empresa caso de estudio el ingeniero de mantenimiento utiliza la *Definición de Mantenimiento* y las *Instrucciones de Trabajo de Mantenimiento* para tener conocimiento sobre qué instrucciones debe dar al operario para realizar la labor de mantenimiento, qué procedimientos debe seguir y en qué orden.

2.2.1.5 Intercambio de Información entre Administración de Definición de Mantenimiento y Análisis de Mantenimiento.

En la ILC el análisis de mantenimiento permite determinar si los procedimientos de mantenimiento que se siguen en la empresa son los más adecuados; cuando se concluye que un procedimiento no está generando los resultados que se esperan, el ingeniero de mantenimiento modifica este procedimiento, lo documenta y trata de implementarlo con el fin de optimizar la labor de mantenimiento; en otras palabras, se optimiza la definición de mantenimiento; este documento (FOMA34, 35, 36, 37, 38, 39) se archiva junto con los catálogos y manuales de los equipos y demás documentos utilizados para desempeñar labores de mantenimiento.

Tabla 4. Flujos de Información relacionados con la actividad: Administración de Definición de Mantenimiento.

INTERFAZ			CONTENIDO DE DATOS
Administración de Definición de Mantenimiento	➔	Nivel 4	NO APLICA
	➜		
	➜	Administración de Recurso de Mantenimiento	- Recurso local de mantenimiento existente.



→	Programación Detallada de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Definiciones de Mantenimiento - Dependencia de segmento de definición de mantenimiento - Instrucciones de trabajo de mantenimiento
→	Despacho de Mantenimiento	<ul style="list-style-type: none"> - Dependencia de segmento de definición de mantenimiento - Instrucciones de trabajo de mantenimiento.
→	Administración de Ejecución de Mantenimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Dependencia de segmento de definición de mantenimiento - Instrucciones de trabajo de mantenimiento.
→	Niveles 1 y 2	NO APLICA
→	Análisis de Mantenimiento.	NO APLICA
←		<ul style="list-style-type: none"> - Análisis de Mantenimiento.
←	Categoría de Producción	NO APLICA

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.2 Administración de Recurso de Mantenimiento.

El manejo acerca de los recursos de mantenimiento (equipo, herramientas, personal, etc.) en la empresa caso de estudio se maneja de la siguiente manera:

El ingeniero de mantenimiento es el encargado de distribuir el personal a su cargo, dependiendo de las tareas a realizar. El realiza la programación del personal a asignar según el calendario de producción y de mantenimiento. La asignación es por turnos de trabajo a los operarios de mantenimiento.

Toda la documentación relacionada con disponibilidad del personal, estado de calificación y resultados de pruebas de calificación es manejada por el ingeniero de mantenimiento.

2.2.2.1 Intercambio de Información entre Administración de Recurso de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.

En la empresa caso de estudio la administración de recursos de



mantenimiento se rige por el formato INMA03 que es el instructivo para solicitudes de materiales, insumos y servicios, esto con el fin de optimizar las definiciones de mantenimiento. El ingeniero de mantenimiento de la empresa necesita tener conocimiento sobre los recursos con los que cuenta el área de mantenimiento con el fin de garantizar que esas nuevas definiciones se puedan realizar con los recursos de mantenimiento existentes en la empresa.

2.2.2.2 *Intercambio de Información entre Administración de Recurso de Mantenimiento y Programación Detallada de Mantenimiento.*

El ingeniero de mantenimiento solicita al almacén por medio de PRSA03 (Procedimiento de recepción y control de materiales y suministros) los insumos que necesita para realizar el mantenimiento en caso de no estar los insumos que se necesitan, se realiza la solicitud al área administrativa (DODP08 Plan de requerimiento de materiales) de los recursos que se necesitan.

Esta comunicación se hace antes de realizar el programa detallado de mantenimiento que para el caso de estudio está compuesto por una orden de trabajo. El encargado del almacén verifica qué recursos están disponibles actualmente y qué cantidad se dispone de los mismos; enseguida procede a entregar al ingeniero de mantenimiento una lista de los recursos disponibles y una lista de recursos no disponibles o comprometidos con la respectiva fecha en la cual tendrán disponibilidad.

Toda esta información sobre *Capacidad de los recursos de Mantenimiento* es utilizada para asignar los recursos requeridos para llevar a cabo una orden de trabajo de mantenimiento en el *Programa Detallado de Mantenimiento*. El *Programa Detallado de Mantenimiento* es utilizado por el encargado del almacén para conocer los equipos y herramientas de mantenimiento necesarios para desempeñar futuras tareas de mantenimiento programadas; él observa los recursos que el ingeniero de mantenimiento ha considerado necesarios para responder a las solicitudes de mantenimiento; esta información es útil para él pues le permite saber con anticipación qué equipos y herramientas están disponibles actualmente pero en determinada fecha, estipulada en el programa detallado, no lo estarán. Se identifica, entonces, un intercambio de información entre la actividad Administración de Recurso de Mantenimiento y la actividad Programación Detallada de Mantenimiento.

2.2.2.3 *Intercambio de Información entre Administración de Recurso de Mantenimiento y Despacho de Mantenimiento.*



El ingeniero de mantenimiento mediante el formato INMA03 le informa al encargado del almacén que insumos necesita para elaborar el mantenimiento, mientras se informa sobre *Disponibilidad de Recurso de Mantenimiento* desde esta actividad hacia la actividad Despacho de Mantenimiento.

El ingeniero de mantenimiento utiliza los documentos que contienen la programación de personal de mantenimiento, en la cual se han establecido los turnos semanales a cada operario, para realizar la asignación de la orden de trabajo de mantenimiento al operario adecuado.

Tabla 5. Flujo de Información desde y hacia Administración de Recursos de Mantenimiento.

INTERFAZ		CONTENIDO DE DATOS	
Administración de Recurso de Mantenimiento	➔	Nivel 4	NO APLICA
	➜		NO APLICA
	➔	Administración de Definición Mantenimiento	- Recurso local de mantenimiento existente.
	➔	Programación Detallada de Mantenimiento	- Capacidad de recurso de Mantenimiento
	➜		- Programa detallado de Mantenimiento.
	➔	Despacho de Mantenimiento	- Disponibilidad de recurso de Mantenimiento.
	➔	Administración de Ejecución de Mantenimiento	NO APLICA
	➜	Niveles 1 y 2	NO APLICA
	➜	Administración de Operaciones de Calidad	NO APLICA



Programación Detallada de Mantenimiento. La programación detallada de mantenimiento en la empresa caso de estudio es realizada por el ingeniero de mantenimiento. Esta programación se realiza para mantenimientos preventivos y en su gran mayoría mantenimientos basados en condiciones o correctivos. Para esto se tienen en cuenta diferentes aspectos como:

- Especificaciones de los equipos de producción bajo mantenimiento: Son especificaciones que suministra el fabricante, las cuales incluyen sugerencias sobre la periodicidad de mantenimiento que puede requerir una máquina. Esto genera solicitudes de mantenimiento preventivo.
- Historial de mantenimiento: Corresponde a información de mantenimientos anteriores que se han efectuado a determinado equipo; esto permite un análisis sobre qué equipos han incurrido en fallas repetidamente y permite anticipar futuras fallas en el mismo. Esto genera solicitudes de mantenimiento preventivo.

Las solicitudes se pueden generar para mantenimiento semanal, quincenal, mensual, bimensual, trimestral, semestral o anual. El ingeniero de mantenimiento es quien planifica (DOMA02 Programa de mantenimiento de equipos de la Industria Lise encarga de asignar el personal adecuado para cada labor de mantenimiento quien planifica mediante DOMA02 (Programa de mantenimiento de equipos de la ILC) y se encarga de asignar el personal adecuado para cada labor de mantenimiento

En la ILC se presentan fallas en algunos de estos equipos, que han generado paradas en el proceso; el nivel de desgaste dado por las horas de trabajo de un equipo es el nivel de deterioro que puede ser de todo el equipo o de alguna de las partes que lo conforman; el programa de producción influye en la asignación de la prioridad de una solicitud ya que éste establece la fecha de utilización de los equipos de producción, por lo cual se da prioridad a solicitudes de mantenimiento preventivo de equipos que van a ser utilizados en fechas más cercanas debido a que es trascendental asegurar el óptimo funcionamiento de los mismos.

2.2.3.1 *Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.*

Como se especificó en la sección 2.2.1.2, en la empresa caso de estudio las *Definiciones de Mantenimiento* son utilizadas para realizar el Programa Detallado de Mantenimiento. El ingeniero de mantenimiento toma los documentos que requiere para ello, ya sea un catálogo, un manual u otro documento que contenga especificaciones de mantenimiento de los equipos de producción bajo mantenimiento, del



archivador donde estos se encuentran almacenados; esto se identifica como un flujo de información desde la actividad Administración de Definición de Mantenimiento hacia Programación Detallada de Mantenimiento.

2.2.3.2 Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Administración de Recurso de Mantenimiento.

Como se especificó en la sección 2.2.2.2 en la empresa caso de estudio se identificaron flujos de información entre estas dos actividades. La *Capacidad de los recursos de Mantenimiento* y más específicamente la capacidad disponible de los recursos, es utilizada para asignar los recursos requeridos para llevar a cabo una orden de trabajo de mantenimiento en el *Programa Detallado de Mantenimiento*. El *Programa Detallado de Mantenimiento* es utilizado por el encargado del almacén para conocer los equipos y herramientas de mantenimiento necesarios para desempeñar futuras tareas de mantenimiento programadas; en otras palabras, el *Programa Detallado de Mantenimiento* es utilizado para determinar la capacidad comprometida de recursos de mantenimiento en la ILC.

2.2.3.3 Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Niveles 2, 3 y 4.

En la empresa caso de estudio la actividad Programación Detallada de Mantenimiento recibe de los niveles 2 y/o 3 las *Solicitudes de Mantenimiento*. Como se expuso en la sección 2.2.3, estas solicitudes pueden ser para mantenimiento preventivo o para mantenimiento correctivo y normalmente son generadas por el ingeniero de mantenimiento y por los operarios de producción. Aunque la mayoría de mantenimientos son correctivos y se realizan en caliente sin ningún protocolo y basado en la experiencia.

2.2.3.4 Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Despacho de Mantenimiento.

La programación detallada de mantenimiento recibe información al despacho de mantenimiento de los eventos no anticipados para poder reprogramar actividades que se vean afectadas por estos eventos. Estos eventos consisten principalmente en falta de repuestos, actividades no anticipadas en la producción que no permiten poner los equipos fuera de funcionamiento o falta de recurso humano. Las causas de los eventos no anticipados son registradas y archivadas.

2.2.3.5 Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Administración de Ejecución de Mantenimiento.



La información sobre eventos no anticipados (a través de los documentos FOMA) es enviada desde la actividad Administración de Ejecución de Mantenimiento en el caso de la empresa caso de estudio, por los mismos ejecutantes del mantenimiento (técnicos, operarios e ingeniero de mantenimiento) hacia la actividad Despacho de Mantenimiento en este caso el área de almacén y ésta a su vez comunica dicha información a la actividad Programación Detallada de Mantenimiento de soportada por el ingeniero de mantenimiento.

2.2.3.6 Intercambio de Información entre Programación Detallada de Mantenimiento y Administración de Operaciones de Producción.

En la empresa caso de estudio se da prioridad a las operaciones de producción sobre las de mantenimiento preventivo; por esta razón, el ingeniero de mantenimiento recibe el *Programaz de Producción* (ingeniero de producción) para realizar la actividad Programación Detallada de Mantenimiento; de esta forma, cuando un equipo está programado para una actividad de producción en una fecha determinada y ésta coincide con una de mantenimiento preventivo programado, es necesario reprogramar la operación de mantenimiento; aunque por motivos de producción o fallas inesperadas, no se efectúan los mantenimientos previstos.

Tabla 6. Flujo de Información desde y hacia Programación Detallada de Mantenimiento.

INTERFAZ		CONTENIDO DE DATOS
→	Nivel 4	NO APLICA
←	Administración de Definición de Mantenimiento	- Definiciones de Mantenimiento
→	Administración de Recursos de Mantenimiento	- Programa detallado de mantenimiento.
←		- Capacidad de recurso de mantenimiento.
→	Niveles 2,3 y 4	- Confirmación o negación de la Solicitud de Mantenimiento
←		- Solicitud de Mantenimiento
→	Despacho de Mantenimiento	NO APLICA
←		- Información de eventos no anticipados.



Programación Detallada de Mantenimiento	←	Administración de Ejecución de Mantenimiento	- Información de eventos no anticipados.
	←	Seguimiento de Mantenimiento	NO APLICA.
	←	Análisis de Mantenimiento	NO APLICA.
	←	Administración de Operaciones de Calidad	NO APLICA.
	←	Administración de Operaciones Producción	- Programa de producción
	←	Administración de Operaciones Inventario	NO APLICA.

Fuente: Elaboración Propia.

2.2.4 Despacho de Mantenimiento.

El ingeniero de mantenimiento se encarga de asignar las órdenes de trabajo de mantenimiento generadas; para esto verifica la disponibilidad de personal, es decir, qué operarios están de turno en el momento de expedición de la orden, escoge el o los operarios apropiados para desempeñar la actividad y le(s) comunica la tarea a desempeñar y las herramientas, equipos y materiales específicos que requieren para desempeñarla; cuando es una tarea rutinaria, los operarios ya tienen conocimiento acerca de los recursos que necesitan para llevarla a cabo, pero en caso de duda tienen a su disposición las definiciones de mantenimiento (catálogos, manuales, etc.).

2.2.4.1 Intercambio de Información entre Despacho de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.

Como se explicó en la sección 2.2.1.3 la actividad Despacho de Mantenimiento recibe la definición de mantenimiento descrita por el ingeniero de mantenimiento o Instrucciones de Trabajo de Mantenimiento. Esta información es utilizada en ocasiones para instruir al personal de mantenimiento sobre la tarea que se le asignó, en caso de que no tenga conocimiento.

2.2.4.2 Intercambio de Información entre Despacho de Mantenimiento y Administración de Recurso de Mantenimiento.



Este flujo de información corresponde a la Disponibilidad de Recurso de Mantenimiento (FODP15 Inventario Mensual) que es enviada desde la actividad Administración de Recurso de Mantenimiento (INMA03 Instructivo para solicitudes de materiales, insumos y servicios particulares) hacia la actividad Despacho de Mantenimiento en la empresa caso de estudio. Como se expuso en la sección 2.2.2.3 esta información consiste en la disponibilidad de personal de mantenimiento necesaria para realizar la asignación de la orden de trabajo de mantenimiento al operario adecuado.

2.2.4.3 Intercambio de Información entre Despacho de Mantenimiento y Programación Detallada de Mantenimiento.

La *Información sobre eventos no anticipados* es enviada por la actividad Despacho de Mantenimiento (operarios de mantenimiento y producción) hacia la actividad Programación Detallada de Mantenimiento, para realizar una reprogramación de una labor de mantenimiento que no pudo ser realizada por causa de estos eventos no anticipados en el caso de la empresa caso de estudio el ingeniero de mantenimiento es el encargado de reprogramar las labores de mantenimiento.

Tabla 7. Flujo de Información desde y hacia Despacho de Mantenimiento.

INTERFAZ		CONTENIDO DE DATOS
Despacho de Mantenimiento	←	Administración de Definición Mantenimiento - Dependencia de segmento de definición de mantenimiento - Instrucciones de trabajo de mantenimiento
	←	Administración de Recursos de Mantenimiento - Disponibilidad de recurso de mantenimiento.
	→	Programación Detallada de Mantenimiento - Información de eventos no anticipados.
	←	NO APLICA
	→	Administración de Ejecución de Mantenimiento NO APLICA
	←	NO APLICA
	→	Recolección de Datos NO APLICA
	←	NO APLICA



	←	Seguimiento de Mantenimiento	NO APLICA
	←	Administración de Operaciones de Calidad	NO APLICA

Fuente: Elaboración Propia

2.2.5 Administración de Ejecución de Mantenimiento.

En la empresa caso de estudio esta función la desempeña el ingeniero de mantenimiento quien es el encargado de supervisar las labores de mantenimiento. Dado que él, es la persona más capacitada de la empresa referente a los equipos y maquinas.

La empresa caso de estudio tiene problemas al efectuar los mantenimientos programados, preventivos, etc. Debido a que por motivos de falta de organización y falta de recursos, se presentan recurrentemente fallos que deben ser mejorados durante el proceso de producción.

2.2.5.1 *Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.*

Como se explicó en la sección 2.2.1.4, en la empresa caso de estudio el flujo de la *Dependencia de Segmento de Definición de Mantenimiento* y las *Instrucciones de Mantenimiento* desde la actividad Administración de Definición de Mantenimiento hacia la actividad Administración de Ejecución de Mantenimiento se utiliza para dar soporte a los operarios que están ejecutando determinada tarea de mantenimiento, en caso de tener alguna duda sobre el procedimiento a seguir para reparar un equipo o cambiar una pieza y la secuencia de realización de las actividades de mantenimiento; se deben referir al ingeniero de mantenimiento quien es el que maneja toda la información sobre las definiciones de mantenimiento y las Instrucciones de Trabajo de Mantenimiento. Además de que realiza labores de inspección, para corroborar que el operario está siguiendo el procedimiento adecuado.

2.2.5.2 *Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Programación Detallada de Mantenimiento.*

En el caso de que ocurran eventos no anticipados el ingeniero De mantenimiento como es el encargado de administrar la ejecución de mantenimiento y de la programación de mantenimiento, utiliza esta información para reprogramar la labor de mantenimiento, ya que en la



empresa cuando ocurren este tipo de eventos no se cancelan labores de mantenimiento sino que se aplazan y se reprograma una fecha para su realización.

2.2.5.3 Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Niveles 1 y 2.

En el caso de estudio, el ingeniero de mantenimiento se encarga de enviar *Procedimientos de Mantenimiento* a los operarios de mantenimiento encargados de realizar mantenimiento de los equipos de producción; este envío de información consiste en dar a los operarios instrucciones para realizar una labor de mantenimiento; estas instrucciones se encuentran en el mismo documento de la orden de trabajo generada (FOMA34-40 Reporte de actividades diarias en máquina), en la cual se consignan los resultados de la actividad de mantenimiento; estos resultados se dan con base en las instrucciones.

2.2.5.4 Intercambio de Información entre Administración de Ejecución de Mantenimiento y Recolección de Datos de Mantenimiento.

En la empresa caso de estudio se recolecta la información sobre los resultados de las actividades de mantenimiento; por estudiantes o pasantes, estos resultados son enviados hacia Recolección de Datos de Mantenimiento. También se envía información sobre eventos imprevistos que ocurren durante la ejecución de una tarea de mantenimiento y las causas de los mismos.

Tabla 8. Flujo de Información desde y hacia Administración de Ejecución de Mantenimiento.

INTERFAZ		CONTENIDO DE DATOS
Administración de Ejecución de Mantenimiento.	←	Administración de Definición de Mantenimiento - Dependencia de segmento de definición de mantenimiento - Instrucciones de trabajo de mantenimiento
	←	Administración de Recursos de Mantenimiento NO APLICA
	→	Programación Detallada de Mantenimiento - Información de eventos no anticipados
	→	Despacho de NO APLICA



←	Mantenimiento	NO APLICA
→	Niveles 1 y 2	- Procedimientos de Mantenimiento.
←		- Resultados de Mantenimiento
→	Recolección de Datos de Mantenimiento	- Información de Mantenimiento y Eventos de Mantenimiento.
←	Administración de Operaciones de Calidad	NO APLICA

Fuente de elaboración propia

2.2.6 Recolección de Datos de Mantenimiento.

En el transcurso de la actividad de mantenimiento correspondiente a una orden de trabajo de mantenimiento determinada, se recolectan datos como estado actual del equipo de producción al que se le está realizando el mantenimiento, datos sobre el funcionamiento y estado actual de los equipos y herramientas que están siendo utilizados en una labor de mantenimiento y datos sobre los repuestos que se han cambiado en un equipo; también se registra en la “lista de chequeo” el tiempo de duración que el ingeniero de mantenimiento estima tendrá la actividad de mantenimiento.

2.2.6.1 Intercambio de Información entre Recolección de Datos de Mantenimiento y Administración de Ejecución de Mantenimiento.

Esta actividad recibe *Información de Mantenimiento y eventos de Mantenimiento* de la actividad Administración de Ejecución de Mantenimiento, como se expuso en la sección 2.2.5.4; en la empresa caso de estudio se recolecta la información sobre los resultados de todas las labores de mantenimiento (FOCC), sobre eventos imprevistos que ocurren en el transcurso de una labor y las causas de los mismos. En algunas ocasiones se puede llegar a determinar si el daño fue producido por un mal manejo del equipo o una mala práctica del operador; cuando esto ocurre el ingeniero de mantenimiento informa esta situación, de manera escrita, al ingeniero de producción con el fin de tomar las correcciones necesarias.



2.2.6.2 Intercambio de Información entre Recolección de Datos de Mantenimiento y Niveles 1 y 2.

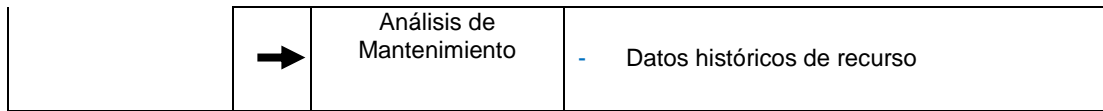
Como se expuso en la sección 2.2.6 en la empresa caso de estudio se recolectan datos tanto de los equipos de producción involucrados con mantenimiento, como de los equipos, herramientas y repuestos que están siendo utilizados en una labor de mantenimiento. Todos esos datos son registrados en la lista de chequeo y son entregados al ingeniero de mantenimiento quien los almacena para realizar un posterior análisis.

2.2.6.3 Intercambio de Información entre Recolección de Datos de Mantenimiento y Análisis de Mantenimiento.

Los datos recolectados se van almacenando después de cada labor de mantenimiento. A lo largo del tiempo, esto ha constituido un histórico para la empresa sobre los equipos y herramientas utilizados en labores de mantenimiento y sobre los equipos de producción bajo mantenimiento. Estos *Datos históricos de recursos* en la empresa caso de estudio hacen referencia a equipos y herramientas de mantenimiento, pero también a equipos de producción bajo mantenimiento y son utilizados por el ingeniero de mantenimiento para realizarles un análisis e identificar qué equipos o herramientas de mantenimiento están funcionando bien y cuáles no, aunque no se realizan de la manera adecuada dichos análisis por las múltiples fallas que se presentan a diario y no queda tiempo disponible para realizarlo como se debe.

Tabla 9. Flujo de Información desde y hacia Recolección de Datos de Mantenimiento.

INTERFAZ		CONTENIDO DE DATOS
Recolección de Datos de Mantenimiento	➔	Despacho de Mantenimiento NO APLICA
	➜	Administración de Ejecución de Mantenimiento - Información de Mantenimiento y eventos de Mantenimiento
	➜	Niveles 1 y 2. - Datos de estado de salud de equipo.
	➔	Seguimiento de Mantenimiento NO APLICA



Fuente: Elaboración propia

2.2.7 Seguimiento de Mantenimiento.

En la empresa caso de estudio el ingeniero de mantenimiento lleva un control y seguimiento de los equipos (FOMA06 Registros históricos de las máquinas) y herramientas que se utilizan en las diferentes actividades de mantenimiento (DOMA, FOMA). Estos equipos y herramientas tienen un registro que indica quién está utilizando uno o más de estos recursos en una actividad de mantenimiento y una vez el recurso es liberado se registra en qué estado se entregó, de igual manera se lleva un registro en una base de datos en almacén de mantenimiento, donde se indica qué tipo de material fue retirado de almacén, su costo actual, la cantidad, en qué labor de mantenimiento y en qué equipo fue empleado.

2.2.7.1 *Intercambio de Información entre Seguimiento de Mantenimiento y Nivel 4.*

El ingeniero de mantenimiento hace una solicitud a principio del año de los insumos y repuestos que son necesarios para el funcionamiento del área de producción para el resto del año.

2.2.7.2 *Intercambio de Información entre Seguimiento de Mantenimiento y Niveles 2, 3 y 4.*

El intercambio de información de esta actividad con otras actividades dentro de la empresa se limita al envío de la Respuesta de Mantenimiento desde esta actividad hacia los Niveles 2 o 3, debido a que, como se explicó en la sección 2.2.3.3, en la empresa caso de estudio las solicitudes provienen del Nivel 2, cuando son generadas por operarios de producción encargados de supervisar, monitorear y controlar los equipos de producción, del Nivel 3 cuando son generadas por el ingeniero de mantenimiento o por el ingeniero de producción, o del Nivel 4 cuando son solicitudes para mantenimiento basado en condiciones derivadas del análisis de información de mantenimiento.

Esas Respuestas son dadas directamente por el ingeniero de mantenimiento algunas veces por medio telefónico y otras mediante un documento impreso, dependiendo de la complejidad e importancia de la labor de mantenimiento en cuestión. Si la solicitud provienen de funciones de Niveles 2 y 3 la respuesta se da al ingeniero de producción, a menos que la solicitud sea generada por el mismo ingeniero de mantenimiento.



Tabla 10. Flujo de Información desde y hacia Seguimiento de Mantenimiento.

INTERFAZ			CONTENIDO DE DATOS
Seguimiento de Mantenimiento	➔	Nivel 4	- Lista de repuestos y materiales utilizados en labores de mantenimiento.
	➜		- Lista de costos.
	➔	Nivel 3 y 2	- Respuesta de Mantenimiento
	➔	Programación Detallada Mantenimiento	NO APLICA
	➜	Despacho de Mantenimiento	NO APLICA
	➜	Recolección de Datos de Mantenimiento	NO APLICA
	➔	Análisis de Mantenimiento	NO APLICA
	➜		NO APLICA

Fuente: Elaboración Propia

2.2.8 Análisis de Mantenimiento.

En la empresa caso de estudio, el análisis de mantenimiento se basa principalmente en revisar los elementos que hacen falta para elaborar el mantenimiento (FOCC documentos de análisis), o de como adecuar elementos existentes para dichas tareas ya que no se cuenta con un presupuesto amplio, además que solo se atienden las fallas críticas o que afecten la calidad del producto.

Se realiza también un análisis de todas las observaciones que se hicieron durante la ejecución de una actividad de mantenimiento.

2.2.8.1 Intercambio de Información entre Análisis de Mantenimiento y Nivel 4.

El ingeniero de mantenimiento recibe el presupuesto para adquirir repuestos, y el al hacer el análisis va solicitando los más críticos o de carácter urgente y que son necesarios para la producción, y buen funcionamiento de los equipos.



2.2.8.2 Intercambio de Información entre Análisis de Mantenimiento y Administración de Definición de Mantenimiento.

El ingeniero de mantenimiento reevalúa las instrucciones de mantenimiento después de haberlas analizado tras un hecho que haya puesto en duda dicho instructivo.

2.2.8.3 Intercambio de Información entre Análisis de Mantenimiento y Recolección de Datos de Mantenimiento.

Este flujo de información se explicó con detalle en la sección 2.2.6.3.

Tabla 11. Flujo de Información desde y hacia Análisis de Mantenimiento.

INTERFAZ		CONTENIDO DE DATOS	
Análisis de Mantenimiento	➔	Nivel 4	- Información derivada del análisis de Mantenimiento.
			- Listas de Costos
	➔	Administración de Definición de Mantenimiento	- Información derivada del Análisis de Mantenimiento.
	➔		NO APLICA
	➔	Programación Detallada de Mantenimiento	NO APLICA
	➔	Recolección de datos de Mantenimiento	- Datos históricos de recurso.
	➔	Seguimiento de Mantenimiento	NO APLICA
	➔		NO APLICA

Fuente de elaboración propia.

RESUMEN DEL CAPITULO 2: GUÍA TPM, SELECCIÓN DE PILARES Y SU RELACIÓN CON LA NORMA ISA 95 EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO.

Se realizó una investigación, con mayor profundidad, sobre la metodología TPM propuesta por la organización Japonesa JIPM, donde se encontró varias fuentes, algunas de ellas solamente se centraban en los pilares mas adecuados según el caso de estudio y la problemática a trabajar y otras trabajaban en su totalidad cada uno de los pilares.



Una vez se obtuvo esta información, se realizó el análisis, selección y síntesis de esta misma, con el fin de establecer la guía TPM, que puede ser utilizada por cualquier empresa en el área industrial, ya que se planteó de una manera general estableciendo una serie de pasos esenciales para llevar a cabo el cumplimiento de cada pilar.

Luego se presenta la aplicación del modelo ACTIVIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO a la empresa caso de estudio, que permite un mejor trato de los flujos de información entre las funciones para establecer la comunicación entre las dependencias de la empresa caso de estudio. Además que es el complemento para la metodología TPM y base para la aplicación a desarrollar.



3. SELECCIÓN DE LOS PILARES TPM PARA LA ILC.

La metodología que se utilizará para la selección de los pilares es la siguiente: Primero se realizará la recolección de información en general sobre el mantenimiento de la empresa caso de estudio, se realizará una clasificación y análisis para obtener como resultado los pilares TPM.

Se seleccionarán dos (2) pilares de la metodología TPM, bajo algunos criterios de relevancia para la empresa. Después de haber seleccionado los pilares, se realizará una búsqueda y análisis específico de información para los pilares que se escogieron.

3.1 Estado actual del mantenimiento de la Industria Licorera del Cauca.

Al realizar el estudio de la información suministrada, en cuanto al mantenimiento, y las reuniones con el Ingeniero encargado del área de mantenimiento en la ILC, se determinó que actualmente la empresa se encuentra en un estado precario respecto al mantenimiento. Como se puede evidenciar en el área de envasado, la cual presenta constantemente una serie de averías o fallas, que causan paros imprevistos, también algunos de estos eventos causan daños directos al producto. Otra problemática que se maneja, es la falta de personal capacitado. El personal empleado en el área de envasado no cuenta con la formación técnica y/o profesional para desempeñar su cargo, por lo tanto no se tienen los cuidados adecuados con el equipo que tienen a cargo, esto genera un mal manejo, tanto de los equipos, como de los insumos e instrumentos.

La omisión de las sugerencias de los fabricantes y manuales de manejo de los equipos, generan desgaste en los componentes del equipo, lo cual hace que la vida útil de la maquina disminuya notablemente generando fallas inesperadas, también las adaptaciones improvisadas de repuestos artesanales o inadecuados, al no tener un stock de repuestos adecuados, implica mayor desgaste y fallos en el funcionamiento de la maquinaria, esto como consecuencia de realizar mantenimiento netamente correctivo.

La documentación no está sistematizada por lo que no se cuenta con un manejo adecuado de la información en general, además por el análisis de la documentación y el manejo de información dentro de la ILC se puede evidenciar una gran carencia de comunicación e integración entre las diferentes dependencias de la compañía. Con la aplicación TPM se busca dar solución a esta problemática a través de la comunicación en base a isa 95.



3.2 Recolección de información.

Para la recolección de información en la Industria Licorera del Cauca, se recopiló información de las áreas de mantenimiento y calidad. Los datos fueron suministrados por el personal de cada área, obteniendo la siguiente información:

- Documentación (ISO9001)
- Formatos. (Datos de calidad y mantenimiento)
- Reglamentación de la empresa.
- Documentación física de la empresa (reportes diarios, mensuales, semestrales de mantenimiento y calidad)
- Procedimientos que no están documentados (entrevistas con los ingenieros de calidad y mantenimiento, operarios y técnicos)

3.3 Selección de los pilares de TPM.

Como se puede evidenciar la complejidad de la metodología TPM explicada anteriormente. Se consideró trabajar solo dos pilares TPM de los ocho [23], [24]

Para la selección de los dos pilares de TPM a aplicar en la Industria Licorera del Cauca, los cuales se estudiaron en el capítulo anterior, se tuvo en cuenta los siguientes criterios.

1. Áreas donde se encuentra la mayor participación del personal.
2. Sugerencias de la ILC (Departamento de mantenimiento).
3. Relación con OEE.
4. Matriz de selección de alternativas.

Para la calificación de cada uno de los criterios mencionados anteriormente se realiza una ponderación de 1 a 5, donde 5 es el valor alto o de mayor importancia y uno bajo o de menor importancia para el caso de estudio.

3.3.1 Áreas donde se encuentre la mayor participación del personal.

Para la selección de los pilares se realiza una valoración de los pilares por parte del personal técnico y operario por medio de una encuesta.

La encuesta se realizó con referencia al documento “GUÍA PARA CONSTRUIR CUESTIONARIOS Y ESCALAS DE ACTITUDES” [27] realizado en Guatemala en la Universidad Rafael Landívar. Donde este documento establece como realizar una encuesta, como establecer las preguntas y su respectiva ponderación.

Esta encuesta es realizada a las 14 personas que laboran en el área de envasado



con el fin de establecer las necesidades que los operarios presentan frente a los pilares TPM.

A continuación, Tabla 12, se presenta la encuesta que se realizó en la ILC, y el resultado.

Tabla 12 Encuesta personal operario.

PREGUNTAS	PONDERACIÓN TOTAL
1. mejorar las fallas que afectan la línea de envasado.	5
2. Mejorar la calidad del producto.	5
3. Mayor intervención del área administrativa para un mejor trabajo en conjunto.	3
4. Mejorar los métodos de seguridad y medio ambiente.	3
5. Efectuar mantenimientos periódicamente.	3
6. Capacitaciones para un mejor desempeño.	5

Fuente de elaboración propia.

3.3.2 Sugerencias de la ILC (Departamento de mantenimiento).

Para este criterio se siguió el siguiente procedimiento:

Se entregó información al departamento de mantenimiento de la ILC sobre la metodología TPM donde se explica que es y para qué sirve cada uno de los ocho pilares, con el fin de que se escojan los dos pilares de mayor relevancia para la empresa.

Paso siguiente y después de haber sido analizada la información por la empresa caso de estudio. El ingeniero de mantenimiento define que los pilares que le serán de gran ayuda a la ILC son:

- Mejoras enfocadas
- Mantenimiento de calidad

3.3.3 Relación Entre OEE Y TPM.

Teniendo la información recolectada de diferentes fuentes y de trabajos realizados en la Universidad del Cauca principalmente los trabajos de grado, *Indicador De*



Efectividad Global Del Equipo En Una Línea De Producción [21] y Guía Para La Aplicación De Indicadores Claves De Desempeño Para La Efectividad Global De Equipo [22], se realizó un análisis con la finalidad de establecer la relación entre el OEE y el TPM.

El éxito de TPM, se establece con base en el diseño de los equipos, basándose en el uso de datos históricos y técnicas de medición, para identificar la necesidad de correcciones a nivel de ingeniería de diseño, la información debe analizarse, resumirse y ponerse al día con el fin de eliminar los factores que originan la no-disponibilidad y la baja confiabilidad de los equipos, este se logra gracias al indicador de efectividad global del equipo, ya que OEE responde elásticamente a las acciones de mantenimiento realizadas [20]

Como se mencionó anteriormente, al medir el OEE de una máquina, teniendo en cuenta la disponibilidad, calidad y desempeño, se obtiene un valor porcentual que refleja la efectividad de esta misma. Este resultado es comparado con un valor OEE de una maquina ideal equivalente, para analizar las falencias que se presentan en el equipo, con el fin de aumentar la confiabilidad de este y ayuda a generar un plan de acción TPM para mejorar las causas que generan la disminucin en el indicador [19].

Al medir el indicador OEE, se genera una serie de efectos en el personal que se encuentra ligado directamente a la línea de producción, como lo son los operarios y los supervisores, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13. Efectos de OEE en relación con TPM sobre el personal de la planta

Efectos de OEE y la relación con TPM sobre el personal de la planta	
Operarios	Supervisores
<ul style="list-style-type: none">• Se familiariza con los aspectos técnicos de la máquina y la forma en la que procesa los materiales.• Focaliza su atención en las pérdidas.• Empieza a desarrollar un sentido de pertenencia con el equipo.	<ul style="list-style-type: none">• Aprende detalladamente la forma en que las máquinas procesan los materiales, al entender el proceso y el funcionamiento de los equipos, se podrá identificar las fallas que se presentan fácilmente.• Es capaz indagar sobre dónde ocurren las pérdidas y cuáles son sus consecuencias, esto ayudará a definir qué acciones TPM se van a realizar y en que maquinas se requieren con más urgencia.



El TPM es una metodología que se enfoca, no solamente en mejorar la eficiencia de una línea de producción, sino que también se preocupa por la optimización de las diferentes áreas de la empresa. Teniendo en cuenta el concepto anterior, se puede decir que el indicador OEE no influye directamente en todos los pilares TPM, ya que este valor solo muestra la eficiencia de cada uno de los equipos.

Debido a que no todos los trabajadores de la empresa se encuentran involucrados directamente con la línea de producción como administrativos, seguridad de la empresa, aseo, atención al cliente, entre otros, se puede hacer una selección de los pilares TPM, los cuales se pueden desarrollar teniendo como apoyo el cálculo del OEE.

Los pilares que se basan en el cálculo del OEE, para desarrollo e implementación del TPM, tabla 14, son:

Tabla 14. Relación entre los pilares TPM y OEE.

PILAR	RELACIÓN CON OEE
Pilar de Mejoras Enfocadas	Se relaciona con el indicador OEE, porque este pilar se enfoca en solucionar cada uno de los problemas que se presentan en los equipos con el fin de lograr el aumento de este indicador.
Pilar de Mantenimiento de Calidad	Al tener el valor del OEE, se puede identificar los eventos que están afectando la calidad del producto, ya que el cálculo de este indicador también es basado en los productos de calidad que genera la maquina en determinado tiempo.
Pilar de Mantenimiento Autónomo	Ya que objetivo de este Pilar es fomentar el apersonamiento de la maquina por parte del operario, este puede ayudar a identificar los eventos que están afectando el equipo y al corregirlos, ayuda a elevar el valor de OEE.
Pilar de Educación y Entrenamiento	Al ser capacitado y entrenado cada uno de los operarios, supervisores y demás personal involucrado en la línea de producción, se puede lograr una mejor gestión del manejo y mantenimiento de los equipos logrando aumentar la eficiencia de cada uno de los equipos de la línea de producción.



Pilar de Mantenimiento Progresivo o Planificado

Este pilar tiene como objetivo eliminar los problemas del equipamiento a través de acciones de mejora, prevención y predicción, contando con bases de información, obtención de conocimiento a partir de los datos, capacidad de programación de recursos y gestión de tecnologías de mantenimiento, al tener claro todas las acciones correctivas que se deben realizar, incrementa la efectividad de cada equipo estudiado, consiguiendo un aumento en el Indicador OEE.

Fuente de elaboración propia

Teniendo en cuenta la información de la tabla anterior, se establece una matriz del rango de actuación, donde se busca seleccionar un conjunto de pilares en dos etapas, en la primera etapa se analiza cada uno de los pilares que se definieron anteriormente. Usando la metodología de Matrices de Rango de Actuación [28], se estima que una alternativa cumplirá un resultado obligado, en este caso la relación con el OEE, se anota un SI en la celda correspondiente de la primera matriz Tabla 16, en caso contrario, se anota un NO. Al término de esta etapa se obtiene los pilares que cumplen con los resultados obligados.

Alternativas a considerar:

- Pilar 1: Mejoras enfocadas.
- Pilar 2: Mantenimiento autónomo.
- Pilar 3: Mantenimiento progresivo o planificado.
- Pilar 4: Mantenimiento de calidad.
- Pilar 5: Prevención del mantenimiento.
- Pilar 6: Áreas administrativas.
- Pilar 7: Educación y entrenamiento.
- Pilar 8: Seguridad y medio ambiente.



Tabla 15. Matriz de nivel mínimo de actuación para la relación de los pilares con el OEE

	ALTERNATIVAS A CONSIDERAR							
Análisis y cumplimiento de los resultados obligados (SI/NO)	PILAR 1	PILAR 2	PILAR 3	PILAR 4	PILAR 5	PILAR 6	PILAR 7	PILAR 8
Relación con el indicador OEE	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	NO

Como resultado del proceso del primer análisis se aprobaron los pilares 1, 2, 3, 4 y 7.

En la segunda etapa se realiza una matriz de pesos con los pilares (Tabla 16), se realiza una valoración de acuerdo al grado con el que se aproximen más a los resultados deseables. Para esto a cada una de las alternativas se asigna una calificación de 1 a 5, donde 1 es un valor no deseado y 5 el valor más deseado (relación con el OEE). [28]

Tabla 16. Matriz del nivel máximo esperado de actuación para la relación con el indicador OEE

	CALIFICACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS CONSIDERADAS				
	PILAR 1	PILAR 2	PILAR 3	PILAR 4	PILAR 7
Relación con el indicador OEE	5	3	3	4	2

Fuente de elaboración propia.

Como resultado de las matrices se obtuvo que los pilares de Mejoras enfocadas y Mantenimiento de Calidad, tienen una mayor relación con el Indicador OEE. Esto es importante, ya que uno de los principales requisitos, es la comunicación entre la aplicación web de los pilares a desarrollar, con el software *Oee fulleffectiveness* [21], la cual realiza el cálculo del OEE.

3.3.4 Matriz de selección de alternativas.

El siguiente arreglo de matrices relaciona dos planteamientos independientes, uno



de Mason & Mitroff (1981) y el otro de Covey (1989) [28]. Ambos buscan priorizar alternativas de acuerdo al valor intrínseco de las mismas. Se han empleado de manera secuencial con resultados satisfactorios.

En el marco de la planeación estratégica Mason y Mitroff consideran que la dificultad para la evaluación y selección de estrategias se puede reducir, si el grupo participante en el diseño de las mismas, las califica empleando dos criterios de igual relevancia: la certidumbre y la importancia. El grupo registra sus calificaciones en una matriz como la que se muestra en la figura 4. Las estrategias que se ubiquen en el primer cuadrante serán las realizables e integrarán la región de planeación factible; la que obtenga la mayor calificación de certidumbre e importancia será la mejor estrategia.

Por otro lado, y con los mismos propósitos, Covey sugiere emplear los criterios de importancia y urgencia. Establece que de todos los proyectos que una persona puede realizar deberá considerar primero los más importantes. Así mismo reconoce que en las organizaciones frecuentemente la prioridad en la solución de Problemas está desafortunadamente en función de la urgencia en su solución, sin embargo Covey ubica en un nivel superior a lo importante por ser el criterio que más coadyuva al alcance de los objetivos. Los proyectos se califican y se registran en la segunda matriz de la figura 4. Las soluciones se clasifican por su tiempo de realización en el corto, mediano y largo plazo.

De acuerdo a lo anterior, el proceso para su empleo es sencillo. En forma participativa, las diversas alternativas se van valorando y colocando en la primera matriz de acuerdo con el grado de certidumbre e importancia que se considere. Los integrantes del equipo están en libertad de delimitar la región de planeación factible. Aquellas que queden ubicadas, no de manera forzada, dentro de ésta región serán consideradas como valiosas y realizables, las que no, se volverán a plantear.

El siguiente paso consiste en ubicar en la segunda matriz las alternativas consideradas en la región de planeación factible. Estas tendrán un lugar conforme a su grado de importancia y urgencia. Las alternativas asignadas al cuadrante A serán las soluciones a corto plazo, esto es, las más importantes y urgentes. Las ubicadas en el cuadrante B serán las soluciones a mediano plazo y finalmente, las colocadas dentro del cuadrante C habrán de ser consideradas para el largo plazo. Las alternativas no consideradas podrán volverse a replantear. Todas las alternativas aprobadas estarán ceñidas a la disponibilidad de recursos.

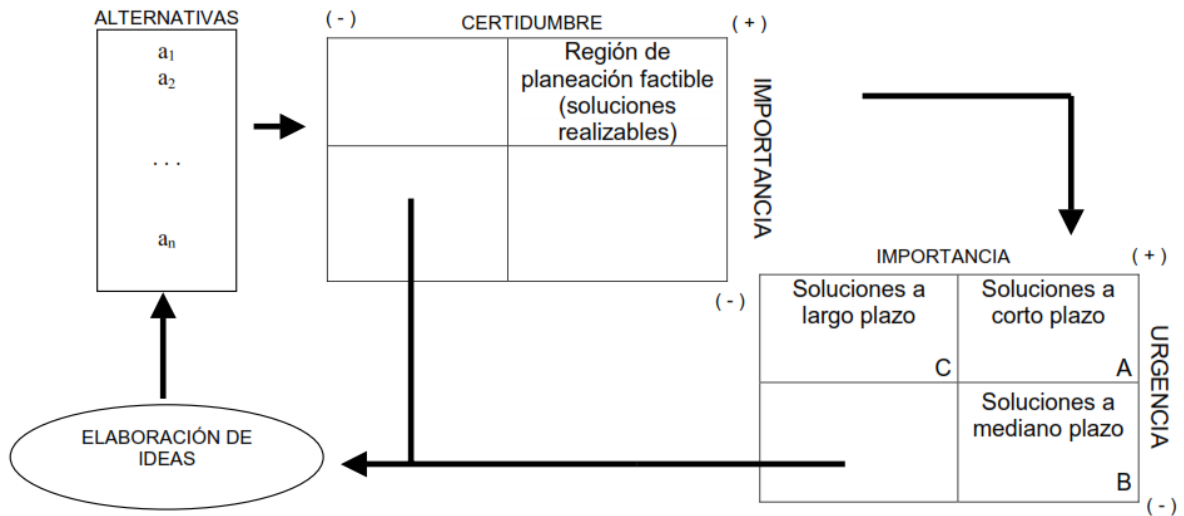


Figura 4. Matriz de Calificación y selección de alternativas [28]

Aplicando la adaptación de Mason & Mitroff y Covey a nuestro caso de estudio:

Tabla 17. A

1	Mejoras enfocadas
2	Mantenimiento autónomo
3	Mantenimiento de calidad
4	Mantenimiento progresivo o planificado
5	Prevención del mantenimiento
6	Áreas administrativas
7	Educación y entrenamiento



8	Seguridad y medio ambiente
---	----------------------------

(-)	CERTIDUMBRE	(+)	I M P O R T A N C I A
72	134		
5	86		
		(-)	

Tabla 18. B

(-)	IMPORTANCIA	(+)	U R G E N C I A
4	1 3		
		(-)	

Tabla 19. C

Para la selección Por medio de las matrices de alternativas se realizó de la siguiente manera:

En la matriz A se encuentran los ocho pilares o alternativas a seleccionar. Luego se llena la matriz B, donde se evalúa la certidumbre contra la importancia, en cada cuadrante disponemos de las alternativas evaluando su certidumbre vs importancia, en el primer cuadrante se ubican las alternativas 2 y 7 debido a:

- Educación y Entrenamiento.



En la empresa caso de estudio se presentan problemas al intentar capacitar al personal, las personas están acostumbrados a realizar su trabajo de una manera determinada, y no admiten nuevas enseñanzas además el personal que trabaja en el área de envasado son adultos con antigüedad en la empresa y con poca formación profesional. Por lo que se decide que aunque tiene gran importancia, no cuenta con certidumbre por el conflicto que se genera con los empleados, al hablar de certidumbre nos referimos a la certeza o seguridad de ser realizable.

- Mantenimiento Autónomo.

Por no disponer de un personal operativo capacitado integralmente no es posible que el mismo empleado realice labores de mantenimiento sobre el equipo que opera por tanto es considerado sin certidumbre aunque sería de gran importancia para evitar fallos en los equipos.

En el tercer cuadrante se ubica el pilar 5, debido a:

- Prevención del Mantenimiento.

Este pilar lo encontramos con poca certidumbre y poca importancia ya que esta mas dirigido a la etapa de diseño del área de producción o cuando se ingresa un nuevo equipo.

En el cuarto cuadrante se ubican los pilares 8 y 6 debido a:

- Áreas Administrativas

Este pilar se consideró con menor importancia dado que los problemas de la empresa caso de estudio se centran en el área de envasado..

- Seguridad y Medio Ambiente

El pilar de seguridad y medio ambiente tiene gran certidumbre pero poca importancia dado que existen estrategias adecuadas en la empresa, con respecto a ello se encuentran manuales de seguridad y manejo de residuos sólidos, los cuales se encuentran relacionados en los documentos ISO9001 de la ILC.

Por ultimo en el segundo cuadrante se ubican los pilares 1,3 y 4 que son los de



mayor certidumbre e importancia para la empresa caso de estudio.

- Mejoras Enfocadas

Tiene gran importancia dado que este pilar permite realizar mejoras a las fallas o daños localizados realizando un estudio profundo de la falla para lograrlo. Tiene gran certidumbre porque la ILC dispone de personal (técnico, operativo y profesional) para realizar mejoras y mantenimientos de las fallas que se presentan regularmente.

- Mantenimiento Progresivo o Planificado.

Posee gran importancia porque es el que mejora continuamente los procedimientos y equipos, evitando fallos inesperados, además es totalmente realizable porque se cuenta con el personal (técnico, operativo y profesional) capacitado para enfrentarse a las fallas que se presentan con regularidad. Pero lastimosamente en la empresa caso de estudio tipo de mantenimiento siempre está condicionado a fallos inesperados, por lo que a veces no se realizan y deben reprogramarlo.

- Mantenimiento de Calidad

El mantenimiento de calidad es uno de los más importantes porque su alcance se ve reflejado directamente en la calidad del producto, y tiene gran certidumbre por que se cuenta con los instructivos adecuados, acompañado del ingeniero de calidad y su equipo de trabajo.

Después de llenar la matriz B, se toma el segundo cuadrante donde se seleccionaron los pilares con mayor certidumbre e importancia, los pilares fueron el 1,3 y 4 donde estos son nuevamente evaluados en la matriz C de importancia contra urgencia, como se explicó anteriormente no se le da la suficiente importancia al pilar de mantenimiento progresivo o planificado por que el pilar de mejoras enfocadas y mantenimiento de calidad son de mayor urgencia en la empresa caso de estudio además de que tiene una gran importancia, después de todo el análisis matricial se llega a la conclusión de que las alternativas con mayor importancia y urgencia para trabajar en la empresa caso de estudio son los pilares de mejoras enfocadas y mantenimiento de calidad.

Uno de los objetivos de la empresa actualmente es mejorar la calidad de su producto para evitar devoluciones y garantizar la satisfacción del cliente, es primordial mejorar este aspecto. (Ver sección 2.5 Análisis de la información). Para



mejorar este aspecto se debe trabajar en el pilar de mantenimiento de calidad y para mejorar la calidad hay que mejorar las fallas que se están teniendo. El pilar de mejoras enfocadas trabaja cada falla en específico buscando mejorar y minimizar los errores y fallos cometidos.

Como uno de los principales problemas es el que la mano de obra existente no está lo suficientemente capacitada para corregir fallas de alto nivel de complejidad. En caso de presentarse esta situación se debe buscar la capacitación adecuada, pero estas son actividades extras que generan un costo adicional para la empresa, para reducir estos costos lo ideal sería contratar mano de obra capacitada para solucionar la falla.

El pilar de Mejoras Enfocadas por medio de las actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, maximiza la Efectividad Global de Equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e inter funcionales que emplean metodología específica y centran su atención en la eliminación de cualquiera de las pérdidas existentes en las plantas industriales.

Como la ILC cuenta con la aplicación *OEE Full Effectiveness* en el área de envasado, la cual realiza el cálculo del indicador OEE, se le dio gran importancia al pilar de Mejoras Enfocadas ya que es el que tiene una relación directa con el indicador mencionado, debido a que los resultados de las acciones de mantenimiento se ven reflejados en el valor de OEE calculado por la aplicación; esta relación genera un proceso de mejora continua, con el objetivo de alcanzar un coeficiente mayor al 95%, así reducir averías que afectan el funcionamiento, la vida útil del equipo y aumentando la productividad de la empresa.

3.3.5 Resultados del análisis de selección de los pilares TPM más importantes para la empresa caso de estudio.

Debido a que los pilares a seleccionar para el desarrollo de la aplicación, se enfocan en la empresa caso de estudio, de los cuatro criterios establecidos para la selección de los pilares más importantes para la ILC, se le dio prioridad al criterio de Sugerencias de la ILC (Departamento de mantenimiento, sección 3.3.2), ya que en este, la empresa propone los dos pilares más importantes para el desarrollo de la metodología TPM, teniendo en cuenta sus necesidades. Por tanto se concluye, que los pilares más importantes para realizar la aplicación, son:

- Pilar de Mejoras Enfocadas.
- Pilar de Mantenimiento de Calidad.



3.4 Recolección de información para los pilares seleccionados.

Para la recolección de la información, inicialmente, se tuvieron una serie de reuniones con los ingenieros de las áreas de mantenimiento y calidad, estas personas, son las encargadas de suministrar la información sobre la cual se va a trabajar en la ILC. Los cuales facilitaron los registros del primer semestre del 2011 sobre su respectivo departamento. Además de las entrevistas con el personal que opera en el área de envasado e información que no estaba documentada.

La recolección de información, que tenía relación con los pilares a tratar en la ILC, se realizó de forma manual por no estar sistematizada, esto genero una dificultad debido a que se necesitaba la autorización y la asignación del tiempo en que era facilitada la información, por parte de las personas encargadas de las áreas de Mantenimiento y Calidad, lo cual produjo que esta recolección de información llevara un largo periodo de tiempo.

A continuación se presenta uno de los principales formatos que maneja la empresa caso de estudio, en este formato se registran las fallas o eventos que generan paradas en la línea de envasado:

En el área de mantenimiento se tiene el formato FOMA 41 (figura 5) en el cual se registra la clase de falla, la causa y las acciones correctivas que se realizan junto con las observaciones y características tales como presentación, fecha y turno.



Tabla 20. Tipos de parada en la línea de envasado.

TIPOS DE PARADA EN LA LÍNEA DE ENVASADO	
1. Avería mecánica en Depaletizadora.	2. Avería eléctrica en Depaletizadora.
3. Avería eléctrica en Triblock.	4. Avería mecánica en Triblock.
5. Avería mecánica en Etiquetadora.	6. Avería eléctrica en Etiquetadora.
7. Avería en Video Jet.	8. Cambio de producción (RON).
9. Cambio de presentación.	10. Avería mecánica en Devider.
11. Avería eléctrica en Devider	12. Falla eléctrica en Encartonadora.
13. Falla mecánica en Encartonadora.	14. Avería en Pesadora.
15. Mantenimiento de Maquinas.	16. Falta de Personal.
17. Falta de envases.	18. Falta de Etiquetas.
19. Falta de Liquido.	20. Falta de Tapas.
21. Falta de cartón.	22. Falta de fluido eléctrico.
23. Eventos, reuniones programadas, charlas.	24. Rotura de envase en la línea.
25. Inspección de materia prima en línea.	26. Manipulación.
27. Otras fallas.	

Fuente de elaboración propia.

En la tabla 21 se observa la lista de paradas y eventos programados por la empresa, los cuales hacen referencia a la numeración de la primera Columna (1 al 27) de la tabla 22

En la tabla 22 Se muestra la información recolectada en el área de mantenimiento la cual contiene las fallas, eventos programados por la empresa y el número de veces que se presentan mensualmente, esta muestra la maquinaria y/o equipo que presentan la mayor cantidad de problemas y los eventos por los cuales la línea no tiene un óptimo rendimiento.



Tabla 21. Representación de las fallas y su frecuencia por mes.

Lista de fallos	Fallas presentadas por mes								Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	
1. Avería mecánica en Depaletizadora.	1		4	2	3	3	5	-	18
2. Avería eléctrica en Depaletizadora.	2	-	-	-	-	1	1	-	4
3. Avería eléctrica en Triblock.	-	-	-	-	-	-	-	-	
4. Avería mecánica en Triblock.	1	5	12	34	30	15	40	6	143
5. Avería mecánica en Etiquetadora.	2	1	11	10	12	5	16	4	61
6. Avería eléctrica en Etiquetadora.	1	1	1	1	4	5	4		17
7. Avería en Video Jet.	-	-	-	2	-	-	14	1	17
8. Cambio de producción (RON).	-	-	-	-	-	-	-	-	
9. Cambio de presentación.	-	-	1	2	1	1	1	1	7
10. Avería mecánica en Devider.	-	-	1	-	1	5	-	-	7
11. Avería eléctrica en Devider	-	-	-	-	-	-	-	-	
12. Falla eléctrica en Encartonadora.	-	-	13	13	1	4	2	-	33
13. Falla mecánica en Encartonadora.	10	6	28	24	36	10	24	3	141
14. Avería en Pesadora.	-	-	-	-	1	-	-	-	1
15. Mantenimiento de Maquinas.	-	-	-	-	-	-	-	-	



Aplicación para los pilares de la guía de mantenimiento total productivo (TPM)

Lista de fallos	Fallas presentadas por mes								Total
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	
16. Falta de Personal.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17. Falta de envases.	-	-	-	2	-	-	-	-	2
18. Falta de Etiquetas.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19. Falta de Líquido.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20. Falta de Tapas.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21. Falta de cartón.	-	-	-	-	1	-	-	-	1
22. Falta de fluido eléctrico.	-	-	3	3	1	-	1	-	8
23. Eventos, reuniones programadas, charlas.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24. Rotura de envase en la línea.	-	-	3	-	-	-	-	-	3
25. Inspección de materia prima en línea.	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26. Manipulación.	-	-	-	-	2	2	-	-	4
27. Otras fallas.	-	3	4	2	4	1	2	-	16

Fuente de elaboración propia.



De la tabla anterior se evidencia la repetición con que se presentan las fallas y se resaltan en negrilla y amarillo en la tabla 22 las de mayor frecuencia. Estas generan la mayor pérdida de tiempo en la línea de producción y se presentan a continuación.

- a. Avería mecánica en Triblock.
- b. Avería mecánica en Etiquetadora.
- c. Falla mecánica en Encartonadora.

Luego de recolectar toda la información histórica de mantenimiento del primer semestre de 2011 se realizó un resumen en el cual se muestra las categorías de fallas o evento que genera la parada en la línea de envasado y las fallas específicas en cada categoría. Esta información se logró gracias a entrevistas con el personal tanto de la línea de producción como los encargados de mantenimiento, además de estar en la línea de producción en funcionamiento y cerciorarse de las fallas que se presentaban.

Tabla 22. Listado de averías, fallos y paradas presentes en la ILC.

PARADA.	CAUSAS.
Avería mecánica en Depaletizadora.	<ul style="list-style-type: none">➤ Ajuste de cadena.➤ Limpieza➤ Falla de cadenas de arrastre en depaletizadora.➤ Ajuste de cadena de paso a envasado.➤ Falla en compactadora.➤ Cuadre de patrón.➤ Mala compactación en el tendido.➤ Ajuste de piezas por mal agarre.➤ Arreglo de piñón de cadena de la mesa.➤ Falla en la varilla guía de la bandeja.➤ Falla en el sensor de envase en bandeja.➤ Daño en cadena de la mesa.➤ Cambio de correa.➤ Ajuste de varilla de la mesa.
Avería eléctrica en Depaletizadora.	<ul style="list-style-type: none">➤ Arreglo pieza 10 min.➤ Se pierde el ciclo, ajustes.➤ Falla en sensores.



Avería mecánica en
Triblock.

- Arreglo de empaque.
- Pérdida de tiempo en sin fin por choque de envases.
- Goteo de aguardiente.
- Ajuste de tobogán (salida).
- Caída de envase.
- Platina de ajuste de tapa.
- Cambio de empaque de llenado.
- Arreglo corchadora.
- Platino de llenadora.
- Ajuste por ruido en el motor.
- Desajuste en salida de tapa del tobogán.
- Nivel de líquido y tiempo.
- Cuadre de llenado.
- Rotura de envase.
- Ajuste de entrada de envase.
- Ajuste de niveles.
- Ajustes durante el turno.
- Banda rota.
- Sensor de entrada de envase.
- Arreglo y ajuste de tornillos.
- Ajuste de llenado.
- Ajuste en estrella de entrada.
- Arreglo gato.
- Se suelta base que transporta el envase a la Corchadora.
- Cuadre en altura de estrellas en entrada y salida de llenadora.
- Caída de envase en enjuagadora.
- Pérdida de tiempo en tornillo sin fin de llenadora.
- Pérdida de tiempo por mala entrada de envase en el sin fin.
- Ajuste de tornillo sin fin.
- Falla en la varilla guía en la salida.
- Se suelta gato de la llenadora.
- Falta de envase en el Triblock.
- Caída de envase en enjuagadora.
- Ajuste de envase en estrella.
- Daño en estrella de tapadora.
- Ajuste en el dosificador del tapón.
- Falla en el dosificador de la tapa.
- Envase quebrado en encorchadora.
- Ajuste de tapa al ingresar al tobogán.
- Desgaste en estrella.



Avería mecánica en Etiquetadora.	<ul style="list-style-type: none">➤ Caída de etiqueta.➤ Se frena la etiquetadora.➤ Ajuste por caída y mal pegado de etiqueta.➤ Alistamiento de línea.➤ Daño de etiquetadora.➤ Ajustes durante el turno.➤ Arreglo y aseo en etiquetadora➤ Botellas estrelladas.➤ Se parte el porta etiqueta.➤ La plantilla no coge la etiqueta.➤ Ajuste en sin fin.➤ Cambio de cauchos en las uñas de agarre.➤ Ajuste en estrella de entrada.➤ Etiqueta torcida por falla en uñas a la entrada del sin fin.➤ Cambio de sin fin.
Avería eléctrica en Etiquetadora.	<ul style="list-style-type: none">➤ Desconfiguración de la etiquetadora.➤ Falta de marca en etiqueta.➤ Falta de pegante.➤ Ajuste de sensor en la salida.
Avería en Video Jet	<ul style="list-style-type: none">➤ Falta de tinta.➤ Des configuración de video jet.➤ Mala impresión.➤ Falta de impresión en la tapa.
Cambio de Presentación	<ul style="list-style-type: none">➤ Cambio de presentación.➤ Limpieza de sin fin y estrellas.
Avería mecánica en Devider.	<ul style="list-style-type: none">➤ Se parte tornillo de brazo.➤ Ajuste de cadena plástica en la salida.➤ Se frena cadena plástica.➤ Caída de unidades por falta de velocidad en cadena.
Falla eléctrica en Encartonadora.	<ul style="list-style-type: none">➤ Daño total por falta de fluido eléctrico.➤ Falta de sensor de entrada de cartón.➤ Ajuste de válvulas de pegante.➤ Caída de envase.➤ Falta en el switch de emergencia.➤ Chupas se quedan pegadas al cartón.



Falla mecánica en
Encartonadora.

Falta de Envases

Falta de Fluido Eléctrico

- Calentamiento pegante.
 - Arreglo encartonadora.
 - Uña de agarre del cartón.
 - Daño en manguera.
 - Daño en encartonadora.
 - Entra mal el cartón.
 - Caída de botella.
 - Pegante frio.
 - Limpieza de boquilla.
 - Cambio de sensor de posición en cadena.
 - Falla de sensor en la entrada del cartón.
 - Falla en varilla de arrastre.
 - Tensión de cadenas.
 - Falla Sensor de chupas.
 - Freno de encartonadora.
 - Ubicación del sensor.
 - Daño en varillas.
 - Caja torcida.
 - Cambio de sensor.
 - Falla en banda de encartonadora.
 - Mal pegado de alteas.
 - Se estrellan envases.
 - Falta de cartón.
 - Daño de sensor.
 - Ajuste de encartonadora.
 - Correa transportadora.
 - Limpieza de bomba del pegante.
 - Se revienta la correa de la encartonadora.
 - Arreglo en el tanque.
 - Desajuste en manguera de pegante.
 - Deformación de caja.
 - Daño en el pin de la uña.
 - Colocación de platina, llegada de envase a la plancha.
 - Falta de arrastre del cartón.
 - Unidades incompletas.
 - Falla en la correa de arrastre.
 - Se apagó la bomba del pegante.
 - Cuadre en las medidas del cartón.
 - Desajuste en inyectores superiores del pegante.
 - Cambio de sensor de entrada.
- Falta de envases en la entrada del Triblock.
- Ausencia de energía.
 - Se va la energía.
 - Mantenimiento de transformador



Otras Fallas.

- problemas con el fluido eléctrico.
- Falta de energía.
- Calentamiento de motores.
- Daño en la planta.
- Parada de motor principal.
- Falta de agua.
- Taponamiento en paso de agua.
- Falla en el tablero central PLC.
- Apagón en el tablero principal

Fuente de elaboración propia.

3.5.2 Información de calidad de ILC.

Luego de realizar la recolección de información en el área de mantenimiento, se procede a realizar la recolección de información en el área de Calidad de la empresa, cabe aclarar que el área de mantenimiento no tiene comunicación con el área de Calidad, por lo cual cuentan registros históricos independientes.

Como principal fuente de información, se tienen los formatos **FOCC14** y **FOCC36**, en los cuales se registra diariamente y por turnos los acontecimientos que se presentan en la línea de envasado y que afectan la calidad del producto.

En el anexo 2 se encuentran los formatos mencionados anteriormente con toda la información recolectada conforme a lo ocurrido durante cada turno en la ILC.

Al realizar la recolección de información se puede evidenciar la falta de integración entre las áreas de calidad y mantenimiento. Esto es una de las principales causas que obstruye el mejoramiento de la productividad de la empresa, debido a que el área de mantenimiento se enfoca en el funcionamiento constante de la línea de envasado y no se preocupa por mantener la calidad del producto, y el área de Calidad se encarga de llevar los registros de los defectos generados por cada uno de los equipos en el producto e inmediatamente realiza las acciones para corregir estos eventos (ver tabla 11).

3.5.3 Análisis de causas que disminuyen la calidad del producto.

Como se puede analizar en la información de los registros mostrada anteriormente, la mayor pérdida de tiempo se debe a las paradas presentes en el Triblock y en la encartonadora debido a la alta frecuencia de estas fallas.



A continuación se presentan las fallas por las cuales se ve afectada la calidad del producto, además las bajas que se presentan ya sea en etiquetas, botellas, tapas y/o cajas.

Fallas por las cuales se ve afectada la calidad del producto.

- Mala impresión del video jet en la tapa y la etiqueta.
- Mal pegado de la caja.
- Problemas con el ingreso de las botellas (depaletizadora).
- Paros al ajuste de la tapa en el tobogán de tapado.
- Mala adhesión de la etiqueta (caída de etiqueta).
- Problemas en el nivel de llenado (ajuste de válvula llenadora).
- Mal tapado.
- Quebrado de envase en el Triblock (enjuagado).
- Quebrado de envases en el tapado.
- Rechazo de cartón en la encartonadora.
- Rompimiento de la cadena de la encartonadora.
- Ruptura de resorte del tobogán de tapado.
- Rotura de banda de seguridad en el tapado.
- Daños del gato en el llenado.

RESUMEN DEL CAPÍTULO 3: SELECCIÓN DE LOS PILARES TPM PARA LA ILC

Se realizó el procedimiento de selección de los pilares TPM para la empresa caso de estudio mediante criterios de selección. Se estableció la relación entre la metodología TPM y el indicador OEE. Se presenta la información y análisis sobre cada área referente a los pilares seleccionados, como lo son el área de calidad y mantenimiento.



4. DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB CON BASE A LA PARTE 3 DE LA NORMA ISA 95

Luego de estudiar el modelo **ACTIVIDAD DE LA ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO** [26], se realiza una relación de cada uno de los flujos de información con los pasos de los pilares, para proceder a realizar el diseño de la aplicación utilizando diagramas de caso de uso para tener un modelo previo al desarrollo, seguidamente se realiza un estudio en el cual se analiza las diferentes herramientas que se tienen para el desarrollo de la aplicación teniendo en cuenta los requisitos planteados en los objetivos del proyecto.

1.1 Modelado de la Aplicación Web.

Al tener la relación entre la parte 3 del estándar ISA 95 y los pasos de los pilares TPM seleccionados, Tabla 21, en la que se muestra las Funciones, los flujos de información y la asociación con los pasos que componen el pilar Mantenimiento de Calidad. Teniendo en cuenta esta clasificación se desarrolló una serie de diagramas UML, en los cuales se muestra el diseño de cada una de las opciones con las que cuenta la aplicación, además se puede visualizar la gestión de información para generar el plan de mantenimiento mediante la normativa ISA 95.

La explicación de cada uno de los pasos de los pilares TPM, se puede encontrar en el Anexo 1.

El diseño del modelo UML para la aplicación se podrá encontrar en el Anexo 3.



Tabla 23 Funciones, flujos de información asociados con los pasos del pilar Mantenimiento de Calidad.

PASOS PARA EL PILAR DE MANTENIMIENTO DE CALIDAD	FUNCIÓN PRINCIPAL	FLUJOS DE INFORMACIÓN		FUNCIÓN SECUNDARIA
		Envía	Recibe	
PASO 1	ADMINISTRACIÓN DE DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Dependencia de segmento de definición de mantenimiento. 		ADMINISTRACIÓN DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO
PASO 2	DESPACHO DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Lista de despacho de mantenimiento. 		ADMINISTRACIÓN DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO
PASO 3	ADMINISTRACIÓN DE DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO		<ul style="list-style-type: none"> Recurso de mantenimiento existente. 	ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS DE MANTENIMIENTO



	DESPACHO DE MANTENIMIENTO		<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad de recurso de mantenimiento. 	ADMINISTRACIÓN DE RECURSO DE MANTENIMIENTO
			<ul style="list-style-type: none"> Estado real del proceso de datos de mantenimiento. 	RECOLECCIÓN DE DATOS DE MANTENIMIENTO
	ADMINISTRACIÓN DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO		<ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad futura de recursos no anticipada. 	ADMINISTRACIÓN DE RECURSO DE MANTENIMIENTO
PASO 4	ADMINISTRACIÓN DE DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Dependencia de segmento de definición de mantenimiento. 		DESPACHO DE MANTENIMIENTO
		<ul style="list-style-type: none"> Definición de mantenimiento. 		PROGRAMACIÓN DETALLADA DE MANTENIMIENTO



		<ul style="list-style-type: none"> Instrucciones de mantenimiento. 		ADMINISTRACIÓN DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO
	DESPACHO DE MANTENIMIENTO		<ul style="list-style-type: none"> Información de eventos no anticipados. 	ADMINISTRACIÓN DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO
PASO 5	DESPACHO DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Información de eventos no anticipados. 		PROGRAMACIÓN DETALLADA DE MANTENIMIENTO
PASO 6	ADMINISTRACIÓN DE DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de mantenimiento. 		ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO
	SEGUIMIENTO DE MANTENIMIENTO		<ul style="list-style-type: none"> Datos históricos de recursos. 	RECOLECCIÓN DE DATOS DE MANTENIMIENTO
		<ul style="list-style-type: none"> Reportes sobre WIP y trabajo completado. 		PROGRAMACIÓN DETALLADA DE MANTENIMIENTO



PASO 7	ADMINISTRACIÓN DE DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Instrucciones de mantenimiento. 		DESPACHO DE MANTENIMIENTO
		<ul style="list-style-type: none"> Recurso de mantenimiento existente. 		ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS DE MANTENIMIENTO
	DESPACHO DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Lista de despacho de mantenimiento relacionado trabajo a recurso. 		SEGUIMIENTO DE MANTENIMIENTO
	SEGUIMIENTO DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Reportes sobre WIP y trabajo completado. 		PROGRAMACIÓN DETALLADA DE MANTENIMIENTO
PASO 9	ADMINISTRACIÓN DE DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO		<ul style="list-style-type: none"> Definición de kpi de mantenimiento. 	ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO
	DESPACHO DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> Lista de despacho de mantenimiento relacionado trabajo a recurso. 		RECOLECCIÓN DE DATOS DE MANTENIMIENTO



	ADMINISTRACIÓN DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Información de mantenimiento y eventos de mantenimiento. 		RECOLECCIÓN DE DATOS DE MANTENIMIENTO
	SEGUIMIENTO DE MANTENIMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de calidad y desempeño. 	<ul style="list-style-type: none"> • Datos de calidad y desempeño. 	ANÁLISIS DE MANTENIMIENTO
		<ul style="list-style-type: none"> • Reportes sobre WIP y trabajo completado. 		PROGRAMACIÓN DETALLADA DE MANTENIMIENTO

Fuente de elaboración propia.



1.2 Diagrama UML de Casos de Uso.

Un diagrama de caso de uso sirve para especificar la funcionalidad y el comportamiento de un sistema mediante interacción entre el actor y el sistema, el cual produce un resultado observable de valor para un actor, quien es alguien externo que desempeña un rol con el sistema [33].

Para el diseño de la aplicación, los diagramas de Casos de Uso mostrarán la gestión de usuarios y que opciones tiene el usuario para el desarrollo del plan de mantenimiento teniendo como base la norma ISA 95.

Como usuario administrador se define el siguiente personal:

- Ingeniero de Mantenimiento
- Ingeniero de Calidad
- Administrador de recursos

Estas personas podrán consultar y gestionar la información, contenida en la aplicación.

Como usuario normal cualquier persona perteneciente a la industria puede acceder a la información, este solamente tendrá el privilegio de consulta.

En la siguiente figura (Figura 6), se muestra un ejemplo de un usuario que inicia sesión e ingresa a “Gestión de información Man. Calidad” y va a tramitar los flujos de información de las funciones, en este ejemplo Seguimiento de Mantenimiento, figura 7, Análisis de Mantenimiento y Recolección de Datos de Mantenimiento.

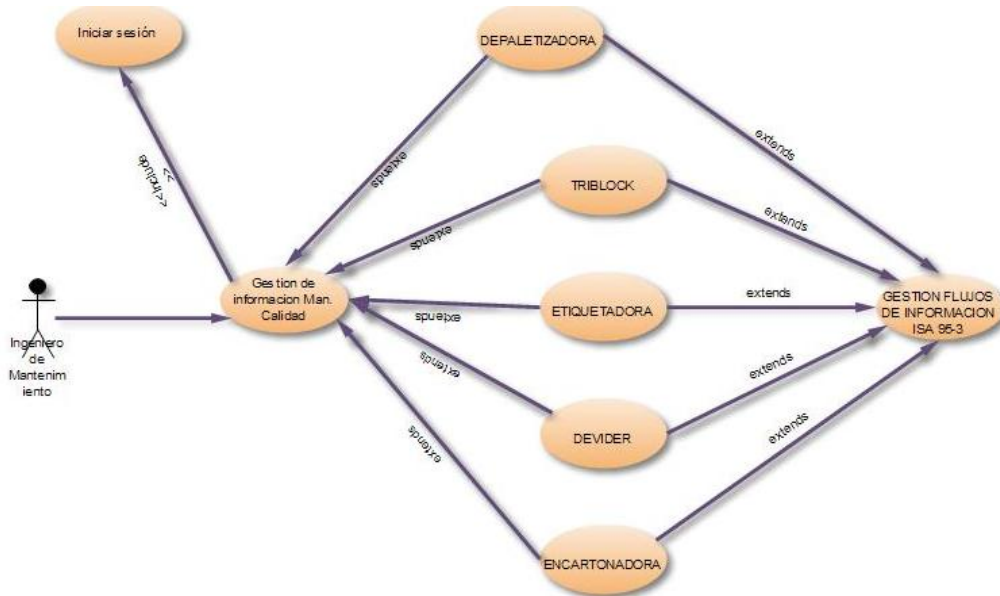


Figura 6. Diagrama de casos de uso para la función Gestión de Información de Ma. Calidad

La palabra <<include>>, significa que el usuario debe realizar la opción relacionada antes de poder realizar las demás acciones, por ejemplo en este caso el usuario primero inicia sesión antes de poder seleccionar cualquier máquina. La palabra extends significa que cada una de las opciones de máquinas extiende su funcionalidad hacia el caso de uso “gestión flujos de información ISA 95-3”.

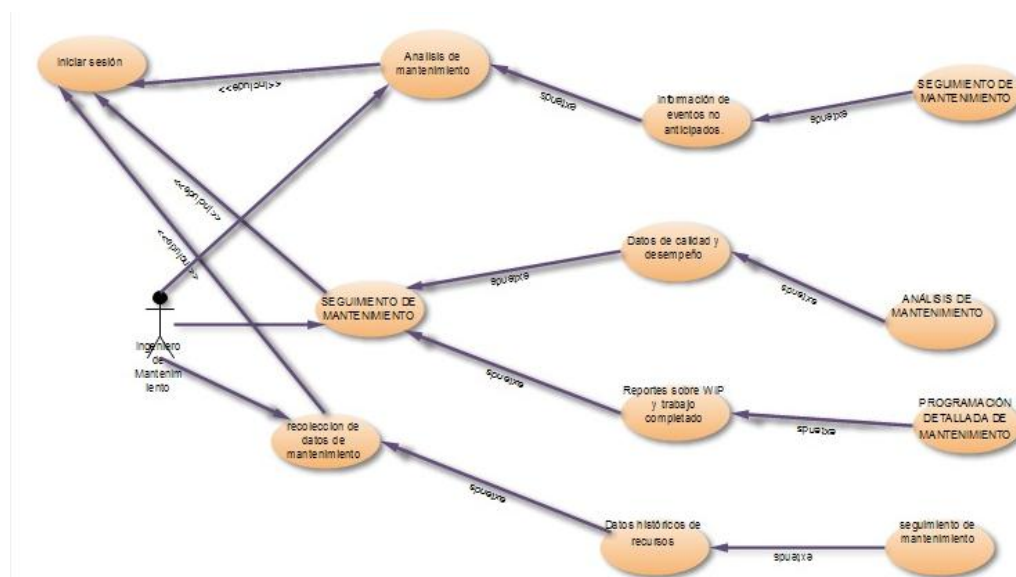


Figura 6. Diagrama de casos de uso para la función Seguimiento de Mantenimiento, Análisis de Mantenimiento y Recolección de Datos de Mantenimiento

1.3 Diagrama UML de secuencia para la gestión de información de la función Seguimiento de Mantenimiento de la norma ISA 95 parte 5 y Mantenimiento de Calidad.

Los Diagramas de Secuencias muestran la forma en que un grupo de objetos se comunican (interactúan) entre sí a lo largo del tiempo, este consta de objetos, mensajes entre estos objetos y una línea de vida del objeto representada por una línea vertical. [34]

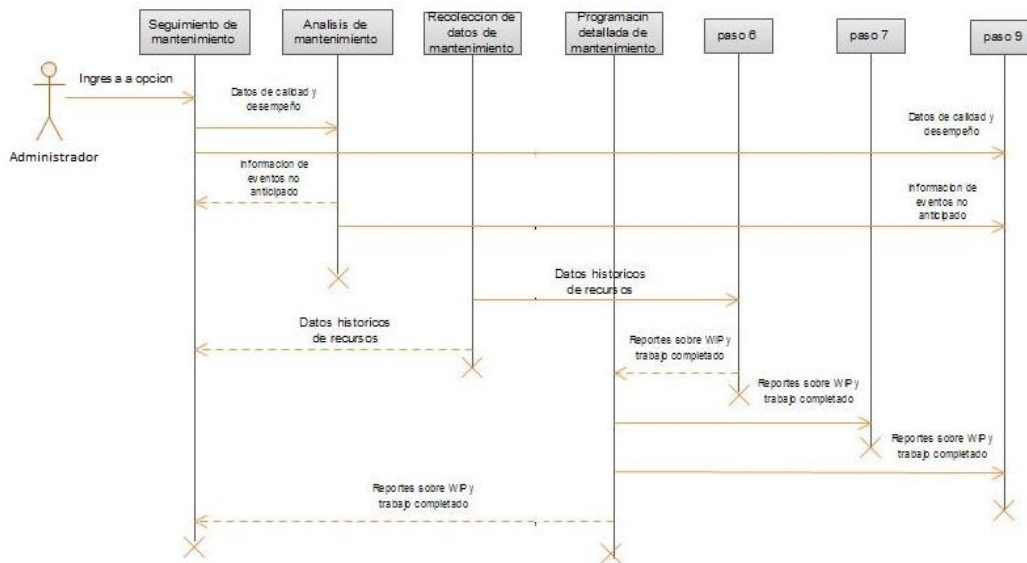


Figura 7. Diagrama de secuencia función Seguimiento de Mantenimiento para Mantenimiento de Calidad.

Como se puede observar en la figura 8 se muestra el diagrama de secuencia para la función Seguimiento de Mantenimiento, esta cuenta con un actor que representa el usuario, en este caso, el administrador de la aplicación, el cual gestionará la información de la función Seguimiento de mantenimiento.

El Administrador ingresa en la opción Mantenimiento de Calidad, este encontrará cada uno de los equipos que componen la línea de envasado de la ILC como se muestra en la figura 4, al ingresar a un equipo, se desplegará la lista de funciones que compone la norma ISA 95 parte 3. En la figura 6 el usuario que ingresa gestionará la información de los flujos que relaciona la función seguimiento de Mantenimiento con las demás funciones. En el ejemplo: Ingreso la información correspondiente al flujo “Datos de Calidad y Desempeño”, estos datos se verán reflejados en la función Análisis de Mantenimiento, junto con el paso 9 del pilar de Mantenimiento de Calidad, y también recibirá la información del flujo “Información



de Eventos no Anticipado”, de la función Análisis de Mantenimiento.

En el Anexo 3 se puede encontrar los diagramas de secuencia de cada una de las funciones de la parte 3 del estándar ISA 95.

1.4 Selección del lenguaje de programación, servidor web y gestor de base de datos para el desarrollo de la aplicación.

Este ítem realiza un estudio de la información recolectada acerca de las tecnologías que puedan ser utilizadas para el desarrollo de la aplicación web TPM, en la cual se soportara los 2 pilares seleccionados en el capítulo 3.

Teniendo como base el análisis realizado, en el trabajo de grado “**INDICADOR DE EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN**” [21], de las herramientas y tecnologías asequibles para el desarrollo de la aplicación, se hará un estudio más profundo de los lenguajes de programación, gestor de bases de datos y servidores web, teniendo en cuenta seleccionar la herramienta más adecuada, para la comunicación con la aplicación *OEE FullEffectiveness* y además implementar para la empresa ILC una aplicación web teniendo como una de las restricciones los costos.

4.4.1 Información de tecnologías para el desarrollo de la aplicación web.

En el ANEXO 5, se realizó una recolección de información de las tecnologías, donde se menciona las principales características, ventajas y desventajas de:

- a) **Lenguajes de Programación.**
- b) **Gestor de Bases de Datos.**
- c) **Servidores Web.**

4.4.2 Criterios de selección de las tecnologías.

Para realizar la selección de las tecnologías a utilizar para el desarrollo de la aplicación, se establecieron una serie de criterios basado en “**REVISIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS Y SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA APROPIADA PARA CONSTRUIR LA PLATAFORMA TECNOLÓGICA**”, de la Comunidad Virtual de Apoyo a los Procesos de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa, de la Universidad del Cauca y Colciencias. [28] [29], entre los criterios se tienen:



4.4.2.1 Eficiencia.

Conjunto de características que determinan la relación entre el nivel de rendimiento del software y el número de recursos usados, bajo ciertas condiciones dadas.

4.4.2.2 Madurez.

Tiempo en el que lleva en desarrollo la tecnología, historial de funcionamiento.

4.4.2.3 Tecnología de Punta.

Tecnología alternativa que se vuelve económicamente factible, al momento en que el precio de otras tecnologías se ha elevado hasta un nivel alto, que para la naturaleza de ciertos proyectos resulta inviable su utilización.

4.4.2.4 Disponibilidad de la herramienta.

Hace referencia a la facilidad o posibilidad para adquirir la herramienta, si es de fácil acceso como servidores de descarga o sitios web públicos.

4.4.2.5 Portabilidad.

Posibilidad de migrar una aplicación Web realizada bajo un Sistema Operativo y, que ésta pueda ser ejecutada en otro donde no fue concebida; también hace relación al IDE seleccionado el cual contenga distintas versiones para los distintos sistemas operativos ofreciendo una alta productividad para desarrollar aplicaciones multiplataforma para Linux, Solaris o Windows.

4.4.2.6 Costos de la tecnología.

Este criterio hace referencia directa al precio de las licencias que debe pagar el usuario por la utilización de las herramientas de desarrollo.

4.4.2.7 Fabricante de calidad.

Se refiere a los fabricantes que son reconocidos en el mercado y ofrecen productos de buena calidad

4.4.2.8 Documentación Disponible.

Se refiere a la disposición de información y conocimiento que se puede conseguir por medios asequibles, como Internet, libros y revistas especializadas. Implícitamente en la Web, cuantos sitios manejan información del tema, cursos, manuales y bugs, que permitan una mejor y más rápida integración a la plataforma.



Además se puede considerar que tipo de demanda tiene en Internet.

4.4.2.9 Licencia Libre.

Este criterio muestra la orientación de cada plataforma y si su objetivo es solo comercial y/o de ámbito educacional. También se define el hecho que, al desarrollar productos en una plataforma de libre distribución, se pueden hacer mejores desarrollos.

4.4.2.10 Soporte de Mantenimiento.

Se refiere a los servicios de ayuda y mantenimiento ofrece cada fabricante, si es de fácil acceso y bajo costo.

4.4.2.11 Experiencia que se tiene en su uso.

Se refiere a la experiencia que se tiene en el manejo de la tecnología seleccionada.

Nota: para la selección de la tecnología, se le dará una prioridad a los siguientes Criterios:

- * **Disponibilidad de la herramienta:** debe ser de fácil acceso, como servidores de descarga o sitios web públicos, para adquirir la tecnología fácilmente.
- * **Costos de la tecnología:** debe ser de uso gratuito, debido a que no se cuenta con algún tipo de recurso por parte de la empresa.
- * **Documentación Disponible:** Debido a que no se tiene conocimiento del manejo estas herramientas, se necesita tener la mayor cantidad de información, para el aprendizaje de esta misma y contar con un buen soporte de ayuda.
- * **Licencia Libre:** como se menciona anteriormente, la licencia debe ser de uso gratuito, debido a que no se cuenta con algún tipo de recurso por parte de la empresa.

4.5 Matriz de selección de Tecnologías.

A continuación se realizará una matriz de ponderación, Tabla 22, teniendo en cuenta los criterios seleccionados, donde se evaluara las características de las tecnologías, Tabla 21, servidores web, gestión de bases de datos y lenguajes de programación, estudiados en el Anexo 3 y posteriormente se seleccionaran las más adecuadas para el desarrollo de la aplicación. A cada uno de los ítems se le



dará una calificación de acuerdo a sus características de la siguiente forma.

Tabla 24. Tecnologías estudiadas.

Servidores	Herramientas de gestión de Base de datos	Lenguajes de programación
<ol style="list-style-type: none">1. Apache2. Internet Information Service (IIS)3. Lighttpd4. Cherokee	<ol style="list-style-type: none">1. Inter base2. Ms Sql Server3. My SQL4. Oracle5. Microsoft Access	<ol style="list-style-type: none">1. ASP.NET2. PHP3. JSP

Fuente de elaboración propia.

A: alto M: medio B: Bajo NA: No aplica

Como un requisito importante al realizar la selección de las herramientas se debe tener en cuenta que, la aplicación a desarrollar deberá comunicarse con la aplicación *Oee Fulleffectiveness* [21]. Desarrollada anteriormente en la Industria Licorera del Cauca.



Tabla 25. Matriz de ponderación para selección de tecnología.

Criterio	Servidores				Herramientas de gestión de Base de datos						Lenguajes de programación		
	Apache	Internet Information Service (IIS)	lighttpd	Cherokee	Inter base	Ms Sql Server	Sybase	My SQL	Oracle	Microsoft Access	ASP. NET	PHP	JSP
Costo de la tecnología, Licencia libre	N/A	N/A	N/A	N/A	NA	M	M	NA	A	M	M	N/A	M
Disponibilidad herramientas	A	A	B	B	A	A	B	A	A	M	M	A	M
Madurez	M	M	B	B	M	A	M	M	A	B	A	M	M
Portabilidad	A	B	M	M	A	B	M	M	M	B	B	A	B
Fabricante de calidad	M	A	B	B	A	A	M	M	A	A	A	M	A
Tecnología de "punta"	M	M	B	B	M	M	B	M	M	B	M	M	M
Soporte de mantenimiento	M	M	B	B	A	M	B	M	A	M	M	A	A
Documentación	M	M	B	B	M	A	B	M	A	A	A	A	A
Eficiencia	A	A	B	B	A	A	M	M	M	M	A	A	A
Experiencia que se tiene en su uso	M	B	B	B	B	B	B	M	B	B	B	M	B

Fuente de elaboración propia.



Teniendo en cuenta la valoración que se le dio a cada una de las tecnologías estudiadas en la Tabla 26 y la importancia que se le dio a los criterios mencionados en la sección 4.4.2, el resultado que se obtuvo fue el siguiente:

- **Servidor web.** Se seleccionó APACHE [35], es uno de los servidores más usado en los últimos años, esta popularidad hace que sea fácil de conseguir y cuenta con un buen soporte de información la cual es útil para el uso y funcionamiento de este. Una de las ventajas más importantes es su licencia de uso la cual no presenta ningún costo, se puede utilizar en diferentes plataformas, en este caso Windows XP. Esta herramienta presenta alto grado de madurez en su desarrollo lo que da tranquilidad para su uso. Se considera es un servidor de alto rendimiento y altamente configurable.
- **Gestión de bases de datos.** Se seleccionó MySQL, debido a que cuenta con una versión en la cual su licencia es de uso gratuito, esto hace que cualquiera pueda descargar el software MySQL. Esta herramienta presenta alto grado de madurez en su desarrollo lo que da tranquilidad para su uso, es fiable y fácil de usar. El software de bases de datos MySQL es un sistema cliente/servidor que consiste en un servidor SQL que trabaja con diferentes programas y bibliotecas cliente, herramientas administrativas y diversas interfaces de programación para aplicaciones, se considera una tecnología de punta ya que tiene integradas funcionalidades que presentan las herramientas propietarias además una de las principales características es su integración perfecta con el lenguaje PHP la cual es muy importante para la compatibilidad con la aplicación *Oee Fullefectiveness* .
Es una herramienta que es soportada por la mayoría de los sistemas operativos (Windows, Linux, Os, Mac, entre otros). Por último MySQL cuenta con una documentación el web [36], además como es una herramienta muy usada se puede encontrar soporte en muchos lugares web.
- **Lenguaje de programación.** Se seleccionó PHP [37], debido a que es altamente compatible con el gestor de base de datos MySQL, además es un lenguaje fácil de utilizar por ser auto contenido, esto implica que no requiere otras funcionalidades importadas de otros lenguajes, es un lenguaje orientado a objetos, es fácil de migrar a otros lenguajes como C o Java dado que su sintaxis es muy similar. Dado que es un lenguaje que maneja funciones como las de C, se tiene una base de conocimiento dentro del Programa de Ingeniería Automática Industrial, lo que facilita su aprendizaje y desarrollo. Esta herramienta también cuenta con una licencia de uso libre, un crecimiento rápido en la comunidad de desarrolladores y un alto rendimiento, siendo uno de los lenguajes más utilizados para el desarrollo de aplicaciones web.

Existe un paquete llamado WAMP, que contiene los cuatro elementos necesarios para un servidor web: sistema operativo en el que trabaja (Windows), un manejador de base



de datos (MySQL), un software para servidor web (Apache) y un software de programación script web (PHP, Python o PERL) [34], el cual será el utilizado para el desarrollo de la aplicación. [38].

Las herramientas seleccionadas para el desarrollo de la aplicación, cumplen con la comunicación con el software SCADA iFIX, ya que son las mismas herramientas con las que se desarrolló la aplicación *OEE FullEffectiveness* que mantiene comunicación constante con el software mencionado.

4.6 Requisitos para uso de la aplicación.

- a. La aplicación debe contar con una opción de ayuda, donde se podrá encontrar un soporte, para el desarrollo aplicativo del pilar de Mejoras Enfocadas y Mantenimiento de Calidad.
- b. La interfaz de la aplicación, debe ser amigable, sencilla y de fácil navegación, para que la interacción con el usuario sea fluida.
- c. Debe tener una comunicación constante con la aplicación *Oee FullEffectiveness*, la cual esta conectada con el sistema SCADA de la línea de envasado.
- d. Tener instalado WAMP, el cual es un paquete que contiene los cuatro elementos necesarios para un servidor web: sistema operativo en el que trabaja (Windows), un manejador de base de datos (MySQL), un software para servidor web (Apache) y un software de programación script web (PHP, Python o PERL) [38].

4.7 Arquitectura de Funcionamiento del Sistema

Teniendo en cuenta la pirámide CIM de automatización [41], se elaborará una arquitectura del sistema donde:

Nivel (0) de proceso: En este nivel, se encuentra los sensores y actuadores. Este nivel es el encargado de la comunicación de los diferentes controladores del nivel de estación con los dispositivos de campo (Field devices).

Nivel (1) campo: en este nivel se realiza el control individual de cada recurso y se encuentra los siguientes equipos:

- ✓ PLCs de gama baja y media, sistemas de control numérico, transporte automatizado, etc.

Se utilizan las medidas proporcionadas por el nivel 0 y se darán las consignas a los



actuadores y máquinas de dicho nivel.

Nivel (2) de célula: En este nivel se tienen sistemas que controlan la secuencia de fabricación y/o producción (darán las consignas al nivel de campo).

- ✓ En este nivel se emplean PLCs de gama media y alta, PCs Industriales, etc.

Nivel (3) de planta: En este nivel se tiene el órgano de diseño y gestión en el que se estudian las órdenes de fabricación y/o producción que seguirán los niveles inferiores.

- ✓ Se emplean PCs, estaciones de trabajo, servidores de bases de datos y backups.

Teniendo en cuenta la pirámide CIM, la línea de envasado de la ILC cuenta con una serie de PLCs de Nivel 1, comunicados por medio de una red industrial Profibus [31], que reciben la información de los equipos de la línea de envasado de Nivel 0. Se tiene un PLC, de Nivel 2, al que le comunican todos los datos del proceso y tiene como salida la red Ethernet, esto permite que exista una comunicación de los datos de proceso, desde la línea de envasado hasta la estación de Nivel 3 que se encuentra en el área de mantenimiento. En el nivel 3 se cuenta con un computador servidor, en el cual se maneja el software de supervisión iFIX™ de *General Fanuc* [32], que permite la visualización de toda esta información.

El software SCADA iFIX que se encuentra instalado en el PC servidor ubicado en el área de mantenimiento, contiene las aplicaciones *Oee Fullfectiveness* y *TPM SUPPORT*.

La aplicación *TPM SUPPORT* se comunica, por medio del gestor de bases de datos MySQL, con la aplicación *Oee Fullfectiveness*, la cual cuenta con una base de datos del mismo gestor.

La aplicación *Oee Fullfectiveness*, a su vez, se comunica por medio del estándar ODBC¹, con el software de supervisión iFIX™ con el fin de extraer los datos necesarios para realizar el cálculo del indicador OEE, el esquema se desarrollo en base a la pirámide CIM [39], y se puede visualizar en la figura 8.

¹ **Open DataBase Connectivity (ODBC)** es un estándar de acceso a las bases de datos desarrollado por SQL Access Group en 1992. El objetivo de ODBC es hacer posible el acceder a cualquier dato desde cualquier aplicación, sin importar qué sistema de gestión de bases de datos (DBMS).

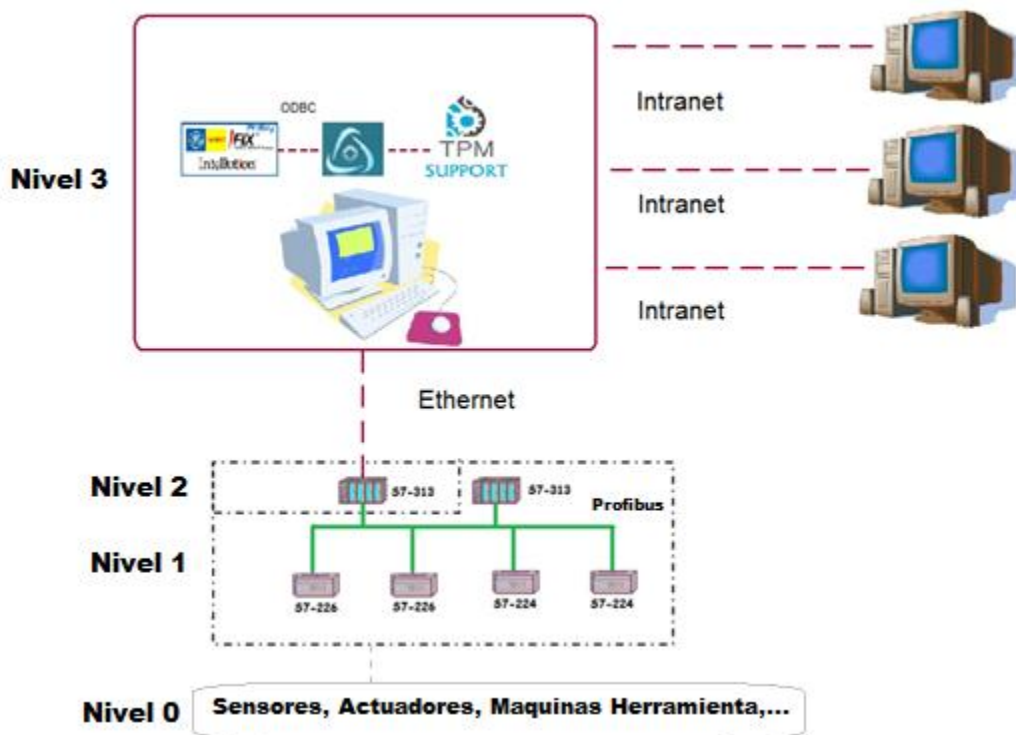


Figura 8 Arquitectura de Funcionamiento.

RESUMEN CAPITULO 4 DESARROLLO DE LA APLICACIÓN WEB CON BASE A LA PARTE 3 DE LA NORMA ISA 95

En el presente capítulo se trabajó un modelado UML, utilizando diagramas de casos de uso y diagramas de secuencia, previo al desarrollo de la aplicación, posteriormente se realizó un estudio de las tecnologías a utilizar, donde se efectuó una investigación de lenguajes de programación, gestor de bases de datos y servidores, más utilizados. Teniendo una clara descripción de cada una de las herramientas estudiadas, se utilizó una metodología de selección de tecnologías, con la finalidad de elegir el gestor de base de datos, lenguaje de programación y servidor web, más apropiados para el desarrollo de la aplicación. Finalmente se elaboró la arquitectura de funcionamiento del sistema, teniendo en cuenta los equipos involucrados y el software necesario.



5 EVALUACIÓN DE LA APLICACIÓN TPM SUPPORT Y CONCLUSIONES

En este capítulo se encuentra la evaluación de la aplicación que implementa los pilares de Mantenimiento de Calidad y Mejoras Enfocadas los cuales fueron seleccionados en el capítulo 3, para la empresa caso de estudio, se realiza una breve descripción del contenido de la aplicación y su utilización, seguidamente se le hará una evaluación, con respecto a las necesidades que presenta la empresa caso de estudio, y por último se mostraran unas conclusiones del proyecto

5.1 Evaluación de la aplicación.

- a) Antes de establecer el plan de Mantenimiento de Calidad, el ingeniero de mantenimiento debe contar con la gestión de los flujos de información de la norma ISA 95 en la parte de mantenimiento, la cual servirá de soporte para el desarrollo de los pasos del Pilar. En la figura 9, se puede visualizar la opción “Gestión de Man. de Calidad”, selección el equipo en el que se gestionara la información, para entendimiento de las figuras siguientes se hace sobre la selección de la Depaletizadora. Allí se desplegaran las ocho funciones que compone la normativa ISA 95 en el área de mantenimiento.

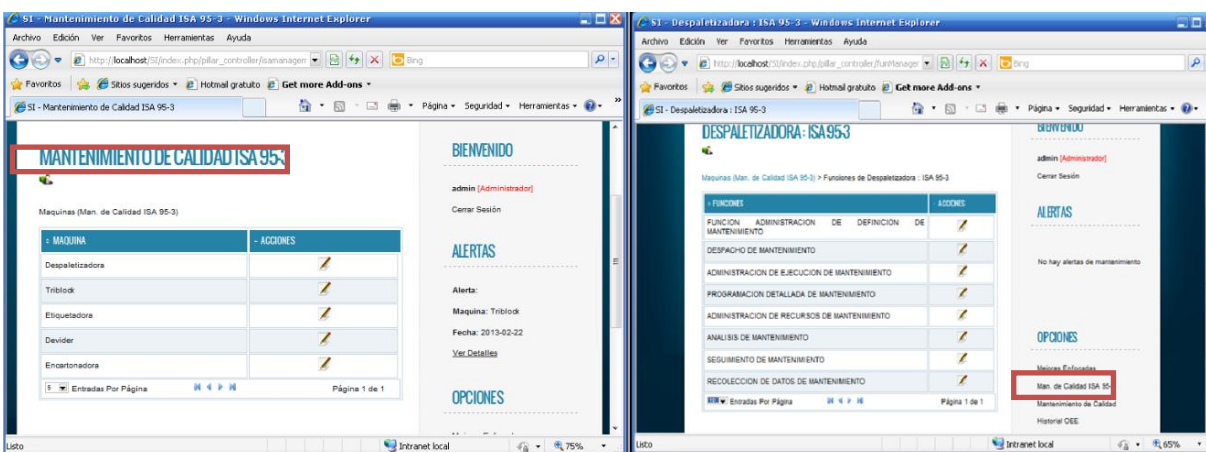


Figura 9. Funciones ISA 95 para Mantenimiento de Calidad

- b) Al ingresar a cualquiera de las funciones el usuario encuentra los flujos de información que compone la Función, en la Figura 10, se muestra un ejemplo de la función despacho de mantenimiento, en los cuales se encuentra los flujos enviados y los flujos entrantes.



Flujos Entrantes: Esta información no se puede editar ni eliminar.

Flujos Enviados: Se pueden editar, eliminar y agregar.

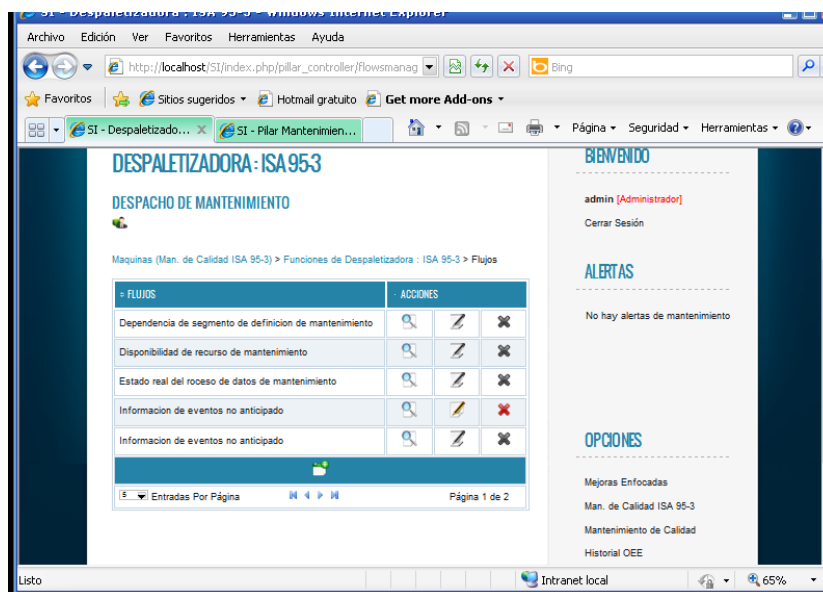


Figura 10. Flujos de información para la función Despacho de Mantenimiento del equipo Depaletizadora.

- c) El usuario al agregar o editar un flujo, gestionará: El nombre del flujo, la información que contiene, y a que función y/o paso es enviada esto se muestra en la Figura 11.

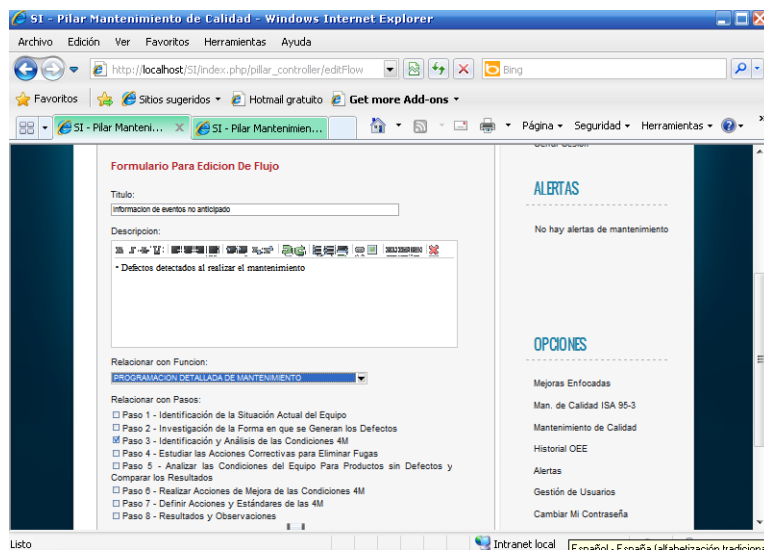


Figura 11. Edición de flujos de información.



- d) Como se puede Observar en la figura 12, el flujo “información de eventos no anticipado” se envía al paso 3 del pilar de Mantenimiento de Calidad y a la función Programación Detallada de Mantenimiento, en la figura 12 y 13 se vera reflejada esta información.

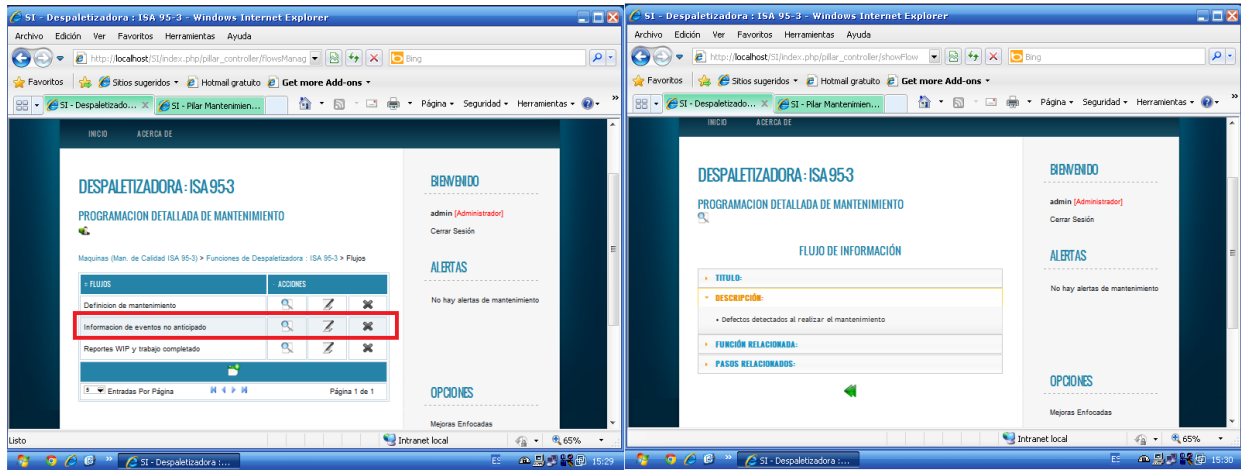


Figura 12 . Envío del flujo de información “Información de eventos no anticipados” desde Despacho de Mantenimiento a Programación Detallada de Mantenimiento.

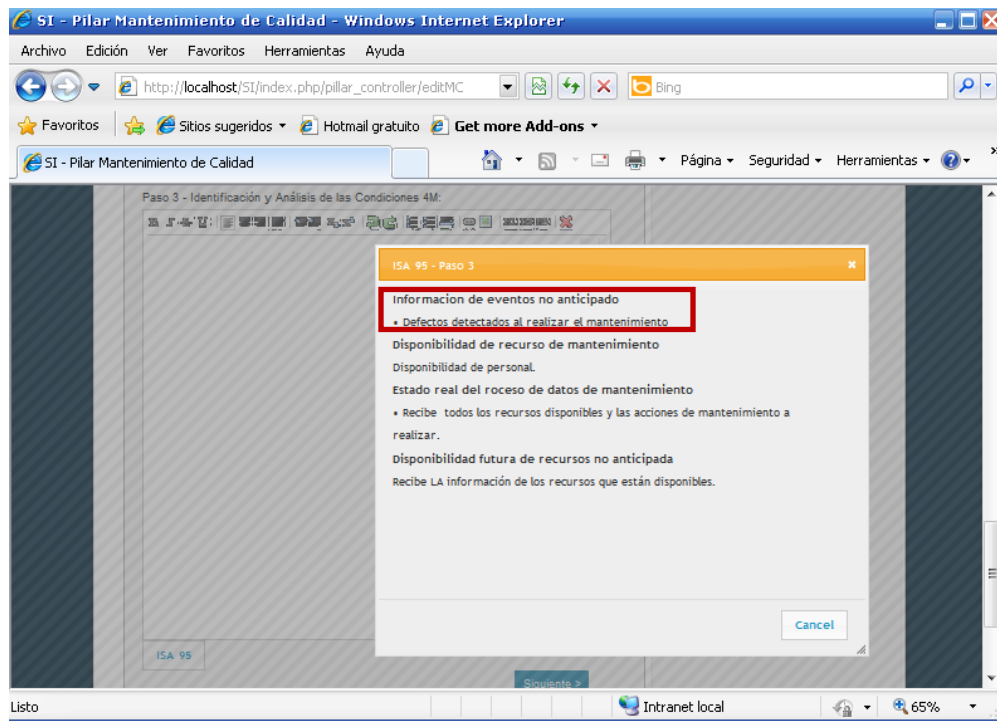


Figura 13 . Envío del flujo de información “Información de eventos no anticipados” desde Despacho de Mantenimiento a Paso 3 de Mantenimiento de Calidad.



Con los items a), b), c) y d) se cumple con el objetivo principal del proyecto el cual era Elaborar con base en la norma ISA 95, una aplicación para los pilares de la guía de mantenimiento total productivo (TPM).

- e) La aplicación cumple con el objetivo de comunicarse con la aplicación *OEE FullEffectiveness* (figura 14, figura 15) la cual mantiene una comunicación con el sistema SCADA de la ILC, lo cual permite que se trabaje con datos reales de la línea de producción.

The screenshot shows a web browser window with the URL localhost/SI/index.php/pillar_controler/historyoee. The main heading is "HISTORIAL COEFICIENTE DE EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO (OEE)". Below the heading is a table with two columns: "MAQUINA" and "ACCIONES".

MAQUINA	ACCIONES
Total	
Despaletizadora	
Triblock	
Etiquetadora	
Devider	

At the bottom of the table, there is a pagination control showing "Entradas Por Página" and "Página 1 de 2".

Figura 14. Comunicación con los equipos registrados en *OEE FullEffectiveness*.

The screenshot shows the same web browser window, but now displaying detailed data for a specific machine. The heading is "MAQUINA: TRIBLOCK". Below it is a table with columns: "FECHA", "DISPONIBILIDAD", "RENDIMIENTO", "CALIDAD", and "OEE".

FECHA	DISPONIBILIDAD	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
2012-04-15	100 %	100 %	100 %	100 %
2012-04-16	88 %	64 %	100 %	56 %
2012-04-17	97 %	55 %	97 %	55 %
2012-04-18	64 %	64 %	100 %	56 %
2012-04-19	88 %	64 %	97 %	55 %

Below this table is a pagination control showing "Entradas Por Página" and "Página 1 de 1".

Below the table is a section titled "VALORES DE CLASIFICACIÓN DE OEE" with a table:

OEE	Calificativo	Consecuencias
< 65%	Inaceptable	<ul style="list-style-type: none">• Importantes pérdidas económicas.• Baja competitividad.
≥65% <75%	Regular	<ul style="list-style-type: none">• Pérdidas económicas.• Aceptable solo si está en proceso de mejora.
≥75% <85%	Aceptable	<ul style="list-style-type: none">• Ligeras pérdidas económicas.• Competitividad ligeramente baja.
≥85% <95%	Buena	<ul style="list-style-type: none">• Buena competitividad.• Entramos en valores considerados "World Class"
≥95%	Excelente	<ul style="list-style-type: none">• Competitividad excelente

On the right side of the interface, there is a sidebar with sections: "BIENVENIDO" (admin [Administrador], Cerrar Sesión), "ALERTAS" (No hay alertas de mantenimiento), and "OPCIONES" (Mejoras Enfocadas, Mantenimiento de Calidad, Historial OEE, Alertas, Gestión de Usuarios, Cambiar Mi Contraseña).

Figura 15. Comunicación con el Coeficiente de Efectividad Global del Equipo calculado en *OEE FullEffectiveness*.



Con este ítem la se cumple el objetivo de comunicación entre *OEE fullfectiveness* y *TPM SUPPORT*.

- f) Con la aplicación, el operario podrá consultar el plan de acción elaborado para cada una de las fallas, las cuales han sido estudiadas por medio de los pilares de Mejoras Enfocadas (Figura 16) y Mantenimiento de Calidad (Figura 17), esto ayuda a que el operario se familiarice con cada uno de los equipos y adquiera más conocimientos acerca del estado, funcionamiento de cada uno de ellos y las acciones de mantenimiento que se están llevando a cabo.

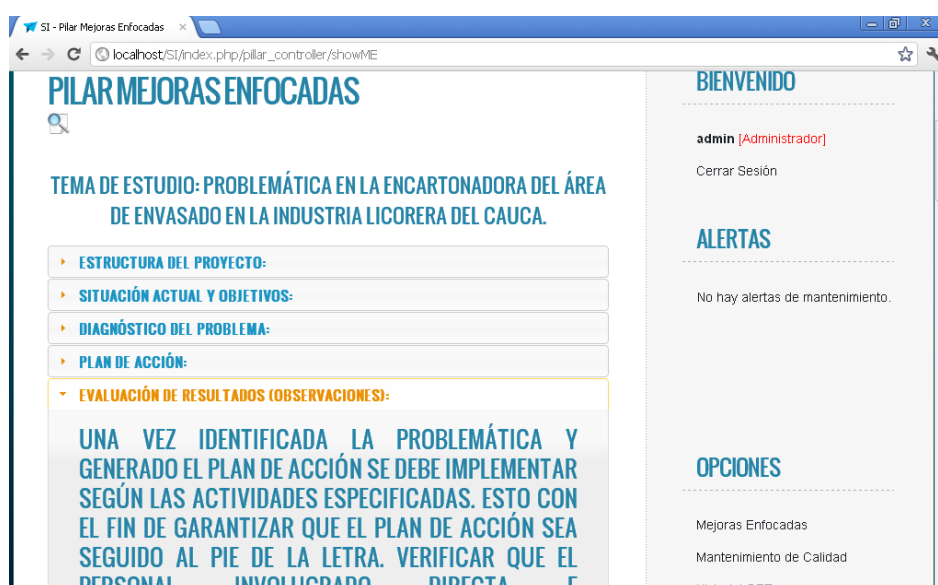


Figura 16. Interfaz para consultar información del pilar de Mantenimiento de Calidad.

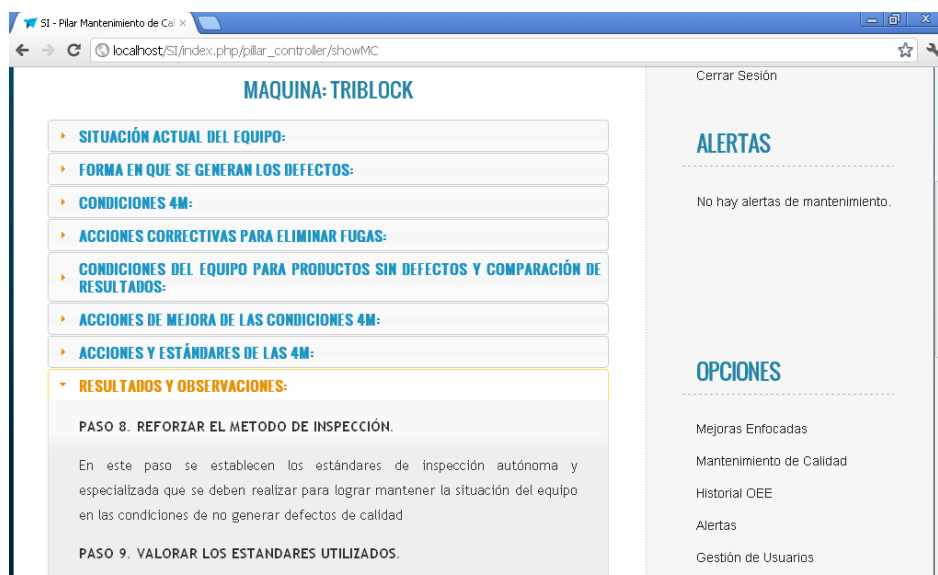


Figura 17. Interfaz para consultar información del pilar de Mantenimiento de Calidad.

- g) *TPM SUPPORT* cuenta con una ayuda, que muestra paso a paso como se debe desarrollar y la información que contienen, los pilares de Mantenimiento de Calidad (Figura 18) y Mejoras Enfocadas (Figura 19). El administrador podrá editar los campos de cada paso con el fin de mejoras constantes en cada plan elaborado, agregando nuevos proyectos y modificando la información de cada uno de los pilares.

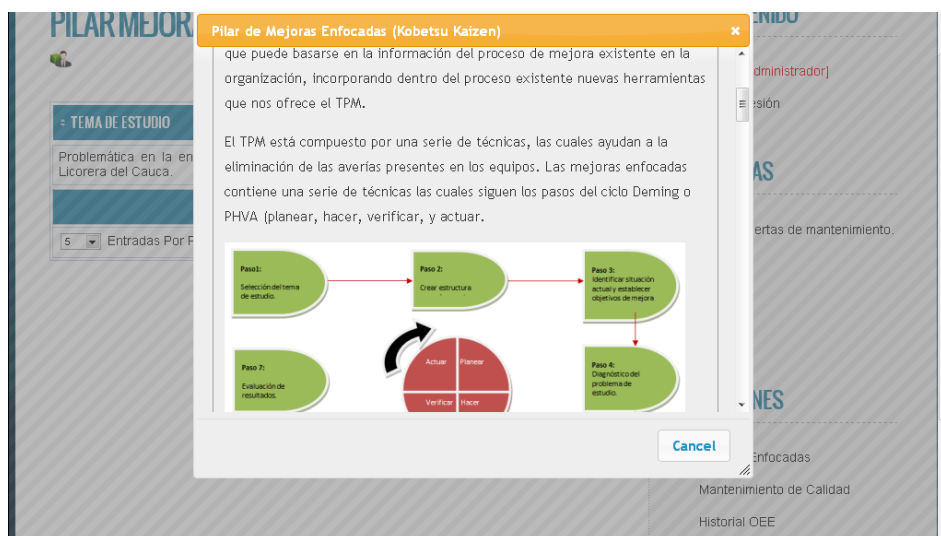


Figura 18 . Opción de ayuda para el pilar de Mejoras Enfocadas.

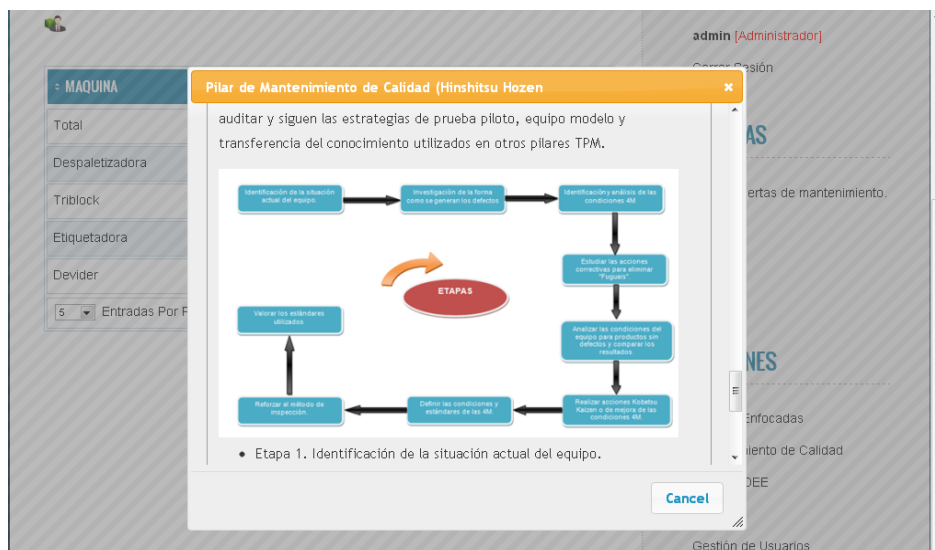


Figura 19. Opción de ayuda para el pilar de Mejoras Enfocadas.

h) El Administrador podrá realizar la programación del mantenimiento, utilizando la opción de Alertas (Figura 20), que fue añadido a la aplicación por sugerencia de la Industria Licorera del Cauca. Esta herramienta es de gran ayuda para que recuerde el mantenimiento programado de cada uno de los equipos, y se lleven de la manera adecuada y oportuna.

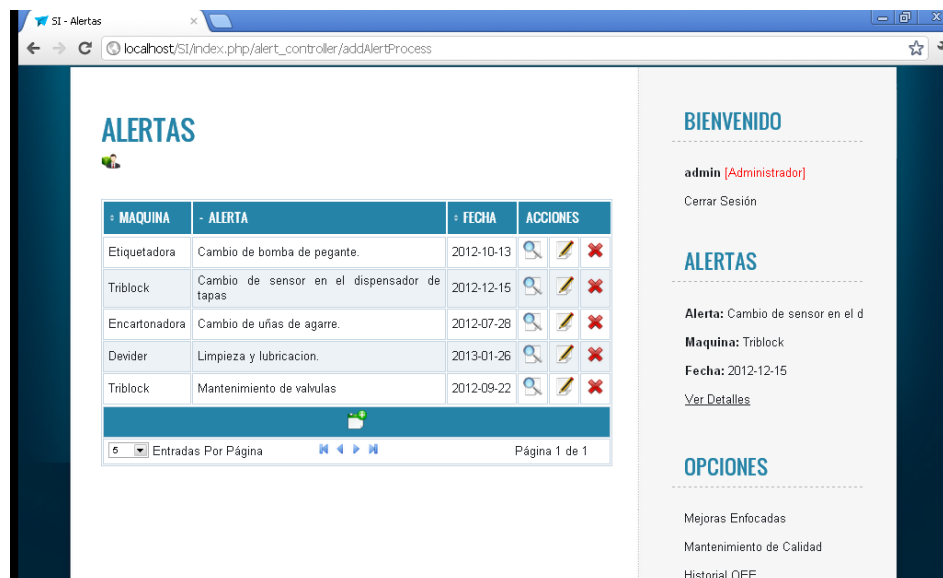


Figura 20. Opción de Alertas.



Esta opción permite crear un mantenimiento programado. (Figura 20). A esta opción solamente el administrador tiene acceso.



Al ingresar esta opción se llena un formato que contiene:

- a. Selección del equipo para programar el mantenimiento.
- b. Selección de la fecha de programación.
- c. Nombre de la Alerta.
- d. Que acciones se deben realizar en el mantenimiento: en esta opción se puede referenciar el mantenimiento desarrollado en el pilar de Mejoras Enfocadas o Mantenimiento de Calidad.
- e. Materiales necesarios (piezas o repuestos).
- f. Equipo o herramientas necesarias para la ejecución del mantenimiento.
- g. Personal encargado del mantenimiento.

i) La aplicación maneja un sistema de gestión de usuarios y cuenta con dos clases:

- I. **Administrador:** Este tiene todos los privilegios de la información, gestión de usuarios, programación de mantenimientos, visualizar contenidos, editar información, eliminar información y crear nuevos proyectos para los planes de mantenimiento en los pilares, Mejoras Enfocadas y Mantenimiento de Calidad.
- II. **Usuario:** Este tipo de usuario solamente puede acceder a la información, sin poder realizar alguna modificación.

Al ingresar, Figura 21, cada uno de los usuarios deberá ingresar un login y una contraseña, además el Administrador es el único que puede agregar nuevos usuarios. Esto permite que la información que contiene la aplicación *TPM SUPPORT* esté protegida de personas no autorizadas.

Otra tipo de seguridad, es el que se maneja desde la interfaz del paquete WAMP, ya que permite proteger por medio de contraseñas, el acceso a las bases de datos, al menú principal del local host y al phpMyadmin.



Figura 21. Inicio de sesión.

- j) La aplicación se manejará dentro de la intranet de la ILC, para ello se cuenta con computador de buenas especificaciones para el soporte de la aplicación, por lo que el tráfico de usuarios no será ningún problema, dado que no son demasiados, ellos podrán acceder a la aplicación sin inconveniente alguno.

El equipo está compuesto por las siguientes especificaciones:

- Memoria RAM: 4GB
- Disco Duro: 1TB
- Pantalla LCD con retroiluminación LED de 18,5"
- Procesador de segunda generación Intel Core i3, con una Velocidad de 3.1 GHz
- Conectividad: Bluetooth y Wi-Fi
- Unidad quemadora DVD
- Cámara integrada de 1,3MP
- Sistema Operativo: Windows 7 Home Premium

Para tener un conocimiento más profundo sobre los demás componentes y funciones de la aplicación TPM SUPPORT, diríjase al ANEXO 5.



CONCLUSIONES

- ✓ Al realizar un estudio de cada una de las metodologías de mantenimiento existentes, se adquirió un conocimiento general acerca de la evolución del mantenimiento que se ha ido implantando en la industria a lo largo del tiempo, además se pudo evidenciar, que la metodología TPM es bastante completa y está compuesta por la mayoría de planes de mantenimiento existentes, esto permitirá atender las diferentes eventos que se presentan con una mayor efectividad.
- ✓ Se escogió para desarrollar a lo largo del presente trabajo el TPM porque es un modelo de dirección industrial que se implanta por departamentos e involucra a cada empleado. No trata de acciones simples de limpieza, gestionar automáticamente la información de mantenimiento o aplicar una serie de técnicas de análisis de problemas. El TPM es una estructura de mantenimiento industrial que involucra sistemas de dirección, cultura organizacional, y dirección del talento humano. La estrategia del TPM establece un sistema completo de mantenimiento para toda la vida útil el equipo, apuntando a maximizar la efectividad del mismo.
- ✓ Para poder desarrollar el proyecto planteado, es muy importante el involucramiento de los trabajadores en las actividades de mejora e innovación. El principio fundamental para que exista compromiso con los objetivos de la empresa es la participación a través del diálogo con cada empleado dentro de la empresa.
- ✓ Se estableció un guía para el Mantenimiento Total Productivo (TPM), de forma general, la cual puede ser utilizada y desarrollada por cualquier Industria, para atender los eventos que se presenta y afectan la productividad, desde las directivas de la empresa, hasta los operarios y equipos.
- ✓ El estudio sobre la metodología TPM, permitió dar a conocer lo importante que es implementar este sistema de mejoramiento continuo y su relación con el Indicador de efectividad Global del Equipo, el cual refleja los resultados al aplicar el plan de mantenimiento TPM.
- ✓ Se realizó un análisis de fallas de la línea de envasado, mediante una tabla de clasificación TPM, la cual ayudó a visualizar los principales problemas de cada uno de los equipos y ayudo a identificar los eventos más críticos que afectan la productividad y la calidad del producto.
- ✓ Como el departamento de Mantenimiento de la Industria Licorera del Cauca no posee un sistema de información, la decisión de informatizar la Gestión del Mantenimiento es un paso importante. Este proyecto permitió generar la aplicación *TPM SUPPORT*, la cual tiene un bajo costo, mantiene una



comunicación con la aplicación *OEE FullEffectiveness*, que a la vez se comunica con el software de supervisión iFIX mediante el estándar ODBC y facilita la implementación y sistematización de los pilares de Mantenimiento de Calidad y Mejoras Enfocadas. Además al ingresar desde cualquier computador dentro de la empresa a la aplicación *TPM SUPPORT*, cualquier funcionario de la empresa podrá adquirir conocimiento, acerca del estado de cada uno de los equipos y las acciones de mejora que se están implantando, para reducir pérdidas de tiempo, de dinero, aumento de la vida útil y cumplimiento de los requerimientos de calidad del producto.

- ✓ La aplicación *TPM SUPPORT* cuenta con una opción llamada, Alertas, la cual permite seleccionar la maquina a la que se le realizará el mantenimiento, tipo de acciones se deberán llevar a cabo, la fecha de programación, el personal encargado, materiales, herramientas y piezas necesarias, además en la pantalla principal muestra un mensaje de los mantenimientos programados en orden de fecha, desde el más próximo hasta el más lejano. Esta opción, ayudara a los encargados de realizar el mantenimiento, a estar preparados, contando con todos los materiales necesarios para que el mantenimiento se realice de forma oportuna y adecuada.
- ✓ La comunicación de la aplicación *TPM SUPPORT* con *OEE FullEffectiveness*, permitirá conocer el indicador OEE de cada uno de los equipos, además permite saber cuántos equipos están en funcionamiento y que equipos se han adicionado o quitado de la línea de envasado. Esto es de gran utilidad a la hora de aplicar el Pilar de Mantenimiento de Calidad, por lo que, es importante tener conocimiento de las maquinas existentes en el proceso.
- ✓ Al gestionar la información de ISA 95-3 para los pilares de Mejoras Enfocadas y Mantenimiento de Calidad, se generará una comunicación dentro de las diferentes áreas de la empresa, ya que cada una deberá aportar la información solicitada para llevar a cabo con éxito el plan de mantenimiento a establecer.
- ✓ La relación que se estableció entre los pilares TPM seleccionados y el modelo ISA 95 en el área de mantenimiento, generado en el trabajo de grado, **APLICACIÓN DE LA CATEGORÍA “ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO” DE LA NORMA ISA-95 A UN CASO DE ESTUDIO**, permitió generar un soporte de ayuda para el desarrollo de los pilares de Mejoras Enfocadas y Mantenimiento de Calidad, por medio de la gestión de la información de los flujos de las funciones y la comunicación con los pasos de cada uno de los pilares.
- ✓ Al desarrollar los pilares TPM seleccionados en la Industria Licorera del Cauca, se pretende alcanzar un coeficiente de Efectividad Global del Equipo, en la línea de envasado, aproximadamente al 100%.



RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda acerca del pilar de Mejoras Enfocadas, hacer su estructura participativa del equipo interfuncional, para que se dé una adecuada gestión del trabajo de los equipos; esto es, un buen plan de trabajo, seguimiento y control del avance, como también, la comunicación y respaldo motivacional por parte de la dirección superior.
- ✓ Para el mejoramiento del TPM en la compañía, se recomienda crear un sistema de capacitación para todo personal que labora en la planta, de forma especial al personal que forma parte del departamento de mantenimiento.
- ✓ Se recomienda Adicionar los pilares TPM faltantes a la aplicación *TPM SUPPORT* dentro de la ILC e implementarlos, con el fin de tener un plan de mantenimiento más completo dentro de toda la empresa.

Debido a que el manejo inadecuado de los equipos puede generar o aumentar problemas, se recomienda evitar que el personal realice acciones de manipulación, si no tiene el conocimiento necesario para hacerlas.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] Página donde se encuentra información de la normativa iso9001, Vista en Enero de 2012. Disponible en:
<http://www.esu.com.co/esu/documentos/normatividad/Norma%20ISO9001%202008.pdf>
- [2] Carlos Mario Pérez J, “Confiabilidad y Evolución del Mantenimiento”, Colombia, Vista en Mayo de 2012. Disponible en:
<http://www.rcm2-soporte.com/articulos/confiabilidad/RCM-Articulo-confiabilidad-evolucion-Abr-18-2011.pdf>
- [3] Juan Carlos Orrego Barrera, “Introducción a la gestión del mantenimiento”, Vista en Mayo de 2012. Disponible en:
<http://www.slideshare.net/mantonline/mantenimiento-de-clase-mundial>.
- [4] Rigoberto Hernando Olarte, Universidad Santo Tomas de Aquino, “Mantenimiento industrial”, Bucaramanga, Santander, Colombia, Agosto del 2004. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos22/mantenimiento-industrial/mantenimiento-industrial.shtml>
- [5] “Plan de mantenimiento preventivo para los diferentes equipos y maquinas utilizadas en la producción”, Vista Mayo de 2012. Disponible en:
http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/980/6/Capitulo_3.pdf
- [6] Agraz Industrial, “Introducción al Mantenimiento Predictivo”, Vista en Julio de 2012. Disponible en:
<http://predictivo-industrial.com/intro.htm>
- [7] William Olarte, Marcela Botero, Benhur Cañon, Universidad Tecnológica de Pereira, “Técnicas de Mantenimiento Predictivo Utilizadas en la Industria”, Pereira, Colombia Agosto de 2010. Disponible en:
https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&sqi=2&ved=0CDcQFjAA&url=http%3A%2F%2Frevistas.utp.edu.co%2Findex.php%2Frevistaciencia%2Farticle%2Fdownload%2F355%2F117&ei=V-fJUNueE-W-0QH8u4HADA&usq=AFQjCNF9fUv6M0dbRBtoSfW_P8-PiZNzzQ&sig2=8ex8Twrft9HVerf9PkPL0w&bvm=bv.1355272958,d.eWU&cad=rja
- [8] Luis Amendola, Universidad Politécnica de Valencia en España, “Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM”, Valencia, España, Visto en Mayo de 2012. Disponible en:
<http://www.emagister.com/curso-confiabilidad-operacional/mantenimiento-centrado-confiabilidad-rcm-introduccion>
- [9] SAE International “Evaluation Criteria for Reliability Centered Maintenance (Rcm) Processes”, Vista en Mayo de 2012. Disponible en:



http://standards.sae.org/ja1011_199908/

[10] Javier Díaz, Universidad Cundinamarca “Plantilla para planificar el ciclo PHVA de la calidad”, Cundinamarca, Colombia, 29 de agosto de 2010. Disponible en:
<http://www.negociosyemprendimiento.org/2010/08/plantilla-para-aplicar-el-ciclo-phva-de.html>

[11] William Francisco Peña Miranda, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, “Aplicación del Ciclo de Deming e Indicadores de Calidad para Optimizar la Atención a Clientes TI de una Empresa de seguridad Informática”, Lima, Perú, Noviembre de 2010. Disponible en:
http://ateneo.unmsm.edu.pe/ateneo/bitstream/123456789/2740/1/William_Francisco_Pe%C3%B1a_Miranda_2010.pdf

[12] Liliana de la Torre, Mayra Sigüenza, Diana Montalvo, Escuela Superior Politécnica del Litoral, “Diseño de un Sistema de Control Aplicado al Departamento de Enderezada y Pintura de una Empresa Automotriz, para la Mejora Administrativa y Financiera a través de Indicadores Claves de Desempeño en Base a la Eliminación de Desperdicios y Reducción de Tiempo en los Trabajos”, Guayaquil, Ecuador, Septiembre de 2011, Disponible en:
http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/17067/1/Resumen%20CICYT%20_TESINA.pdf

[13] Raúl A. Pérez, “Los Pilares del TPM”, Argentina, Vista Enero de 2012. Disponible en:
<http://www.free-logistics.com/index.php/es/Fichas-Tecnicas/Conceptos-de-la-Cadena-de-Suministros-Supply-Chain/Mantenimiento-Productivo-Total-TPM.html>

[14] Jack Roberts, Departamento de Tecnología e Ingeniería Industrial Texas A&M University-Commerce, Artículo, “Historia y Evolución del Mantenimiento”, Texas, Agosto 2010. Disponible en:
http://www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistorySpanish.htm

[15] Página oficial, *Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM)*. Disponible en:
<http://www.jipm.or.jp/en/company/index.html>

[16] Dr. Mauricio Lefcovich, “TPM Mantenimiento Productivo Total - Evolución de la Gestión de Mantenimiento”, julio de 2010. Disponible en:
<http://www.scribd.com/doc/6884750/MANTENIMIENTO-PRODUCTIVO-TOTAL-TPM>

[17] Alberto Enze, “Gestión de la Calidad Total”. La Rioja, Argentina, Junio de 2011. Disponible en:
<http://es.scribd.com/doc/73440512/Gestion-de-calidad-total>



[18] Carola Gómez Santos. “Artículo 3. Mantenimiento Productivo Total”, Octubre de 2008. Disponible en:

<http://www.slideshare.net/gomezsantos/mantenimiento-productivo-total-tpm>

[19] Fernando Espinoza Fuentes, Universidad de Talca “TPM – Mantenimiento total Productivo”, Talca, Chile, Enero de 2010. Disponible en:

<http://ing.otalca.cl/~fespinos/CONCEPCION%20TPM%20MANTENIMIENTO%20PRODUCTIVO%20TOTAL.pdf>

[20] Alonzo González, Universidad de Holguín Oscar Lucero Moya “Una herramienta de mejora, el OEE (Efectividad Global Del Equipo)”, Cuba, Octubre de 2009. Disponible en:

<http://www.eumed.net/ce/2009b/hlag.htm>

[21] Andrea Arara, Yisel Orozco, “INDICADOR DE EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO EN UNA LÍNEA DE PRODUCCION” Tesis de pregrado, Universidad del Cauca, Cauca, Popayán, Colombia, 2010.

[22] Gustavo Andrés Ramírez Torres, Iván Darío Rojas Alvarado, “GUÍA PARA LA APLICACIÓN DE INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO PARA LA EFECTIVIDAD GLOBAL DE EQUIPO”, Tesis de pregrado, Universidad del Cauca, Cauca, Popayán, Colombia, 2009.

[23] María Fernanda Piedra Paladines, Escuela Superior Politecnica del Litoral, “Gerencia Estratégica de Mantenimiento de la Empresa plásticos del Litoral – Plastlit”, Guayaquil, Ecuador. Octubre de 2005. Disponible en:

http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-39569.pdf

[24] Paola Andrea Parrado Alba, Juliana Sánchez Botero, Pontificia Universidad Javeriana, “Estructura e Implementación del Pilar de Mejora Enfocada en Tetra Pack Colombia”, Tesis de pregrado, Bogotá, Colombia, Junio de 2004. Disponible en:

<http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis152.pdf>

[25] Oscar Ernesto Jurado Godoy, Universidad de San Carlos de Guatemala, “Diseño de un Plan de Mantenimiento Productivo Total para una Máquina Empacadora de Cereales”, Guatemala, Marzo de 2007. Disponible en:

http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_8218.pdf

[26] María Alejandra Pabón Mendoza, Juan Manuel Garzón Narváez, “APLICACIÓN DE LA CATEGORÍA “ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES DE MANTENIMIENTO” DE LA NORMA ISA-95 A UN CASO DE ESTUDIO”, Universidad del Cauca, Cauca, Popayán, Colombia, 2008.

[27] Pedro Morales Vallejo, Universidad Rafael Landívar “GUÍA PARA CONSTRUIR



CUESTIONARIOS y ESCALAS DE ACTITUDES”, Guatemala, Enero de 2011.
Disponible en:

<http://www.upcomillas.es/personal/peter/otrosdocumentos/Guiaparaconstruיריםcalasdeactitudes.pdf>

[28] Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero, Universidad Nacional Autónoma de México “Matrices Para Evaluación y Selección de Alternativas”, México D.C., México, Octubre de 2003.

http://www.capac.org/web/Portals/0/biblioteca_virtual/doc004/CAPITULO%2018.pdf

[29] Comunidad virtual de apoyo a los Procesos de etnoeducacion de la Comunidad Indigena Nasa “Revision de las Tecnologias y Selección de la Tecnologia Apropriada Para construir la Platataforma Adecuada”. Universidad del Cauca – colciencias. Popayan, Colombia. Visto 19 de Abril de 2012.

[30] Juan Francisco Morales Zamora, “Estudio Sobre El estado de Situacion de la Implantacion del TPM en Chile”, Chile, Abril de 2004. Disponible en:

http://www.mantenimientoplanificado.com/tpm_archivos/4.3%20Objetivos%20y%20Caracter%20de%20TPM.pdf

[31] Página oficial, Protocolo de Comunicación PROFIBUS, Visto en Julio de 2012.

<http://www.profibus.com/technology/profibus/>

[32] Página oficial, iFIX, “Valor de Ifix”, Vista en Julio de 2012.

http://www.ge-ip.com/es/ifix_value

[33] Javier Jesús Rodríguez, Universidad de Sevilla, “Diagramas UML de casos de uso y de requisitos”, Sevilla, España, Enero de 2008. Disponible en:

http://www.lsi.us.es/~javierj/cursos_ficheros/metricaUML/CasosUsoUML.pdf

[34] Damián Gutiérrez, Universidad de los Andes, “UML Diagrama de Secuencia”, Bogotá, Colombia, Mayo de 2011. Disponible en:

http://www.codecompiling.net/files/slides/UML_clase_06_UML_secuencia.pdf

[35] Página oficial, Apache server, Vista en Julio de 2012.

<http://www.apache.org/>

[36] Página, Gestor de base de datos MySQL, Vista en Julio de 2012.

www.mysql.com

[37] Página oficial, Lenguaje de programación PHP, Vista en julio de 2012.

<http://php.net/>



[38] Página oficial, WAMP server, Vista en julio de 2012.
<http://www.wampserver.com/>

[39] Antonio Javier Barragan Piña, Universidad de Huelva, “Ampliacion de Automatizacion Industrial”, España, Febrero de 2003. Disponible en:
http://www.eici.ucm.cl/Academicos/lpavesi/archivos/Apuntes/Apuntes%20Arq.%20de%20Comp.%20I/Transparencias_Tema2_Jerarquizacion_de_las_Comunicaciones.pdf

[40] Página oficial, Industria Licorera del Cauca, Vista en Enero de 2012. Disponible en:
<http://www.aguardientecaucano.com>

[41] Geovanny Catamusca, Universidad del Cauca, “Integración Empresarial CIM”, Popayan, Cauca, Colombia, Noviembre de 2008. Disponible en:
http://proyectemostecnologia.blogspot.com/2008_11_01_archive.html