

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
(TPM) EN EL ÁREA DE CONVERSION DE LA EMPRESA CELLUX
COLOMBIANA S.A.**

**KARINA PAOLA BARBOZA CASTILLO
LILIANA DEL CARMEN GÜETTE CASTILLA**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
CARTAGENA
2006**

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL
(TPM) EN EL ÁREA DE CONVERSION DE LA EMPRESA CELLUX
COLOMBIANA S.A.**

**KARINA PAOLA BARBOZA CASTILLO
LILIANA DEL CARMEN GÜETTE CASTILLA**

Trabajo de Grado para optar al título de Administrador Industrial

**Asesor
WUALBERTO JOSÉ ROCA BECHARA
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
PROGRAMA DE ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL
CARTAGENA
2006**

Cartagena de Indias, junio 15 de 2006

Señores:
Comité de Graduación
Programa de Administración Industrial.
Universidad de Cartagena
Ciudad

Respetados Señores,

A continuación presentamos a su consideración el trabajo de grado titulado **“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.”** como requisito para obtener el título profesional otorgado por la Universidad de Cartagena de Administración Industrial.

Agradecemos la atención prestada al presente trabajo.

Atentamente,

KARINA BARBOZA CASTILLO
Código: 49200110012

LILIANA GÜETTE CASTILLA
Código: 49200110003

Cartagena de Indias, Junio 15 de 2006

Señores:

Comité de Graduación
Programa de Administración Industrial.
Universidad de Cartagena
Ciudad

Cordial saludo,

La presente tiene como objetivo presentar a ustedes el trabajo de grado titulado: **“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM) EN EL ÁREA DE CONVERSION DE LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.”**, elaborado por las estudiantes Karina Paola Barboza Castillo y Liliana del Carmen Güette Castilla pertenecientes al programa de Administración Industrial de la Universidad de Cartagena.

Manifiesto mi participación en la orientación y mi conformidad con el resultado obtenido.

Atentamente,

Wualberto José Roca Bechara
Ingeniero Mecánico

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena, 15 de junio de 2006

A Dios, por darme la luz y la fortaleza que siempre necesitaba.

A mi mamá Enilda; sin ella nada hubiera sido una realidad. . .

A mi familia, por su constante atención y apoyo.

A mi novio Luis Antonio, quien siempre estuvo allí, especialmente cuando la voluntad parecía desaparecer.

A ese nuevo motorcito que apareció en mi vida. . .

A mi compañera y amiga Liliana, porque este trabajo, con sus dificultades, alegrías y sorpresas, fortaleció nuestra amistad.

Karina

A Jehová por ser mi piloto y permitirme escalar un peldaño más en la vida.
A mis padres, Candelaria y Alfredo por su amor, paciencia y apoyo incondicional.
A mi hermanita, Diana Milena por ser tan linda.
A mi amiga y compañera, Karina por ser tan perseverante y estar siempre junto a mí.
A todas aquellas personas que de alguna manera me impulsaron y alentaron a seguir adelante
A todos muchísimas gracias

Liliana

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a todas y cada una de las personas que nos brindaron su apoyo y colaboración durante la ejecución de este proyecto.

A Wualberto José Roca Bechara, nuestro asesor, quien desinteresadamente nos guió, enseñándonos que se aprende haciendo y retroalimentando los errores.

A Diego Zuleta, Jefe de Investigación y Desarrollo de la empresa Cellux Colombiana S.A., por su gestión para hacer posible nuestra entrada a la empresa y por su colaboración en general.

A Omar Guerrero, Técnico de Mantenimiento de la empresa Cellux Colombiana S.A. por su ayuda, paciencia y buen humor.

A todas aquellas personas del Grupo Cellux Kanguroid, que de una u otra forma nos brindaron su contribución, entre ellos Héctor Merlano, Jefe del área de Conversión; Ángel Torres, Jefe del área de Adhesivado; Juan Camilo Aguilera, Gerente de Mercadeo de la empresa Kanguroid; Dorian Castro, asistente de Investigación y Desarrollo; Carlos Romero, Auxiliar de Contabilidad Cellux Colombiana S.A.

A Luís Antonio Díaz Molina por su constante colaboración y apoyo.

A nuestras familias por sus atenciones y apoyo constante.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	21
0.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	22
0.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	22
0.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
0.2 JUSTIFICACIÓN	24
0.3 OBJETIVOS	26
0.3.1 OBJETIVO GENERAL	26
0.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
0.4 MARCO REFERENCIAL	27
0.4.1 MARCO HISTÓRICO	27
0.4.2 ANTECEDENTES	30
0.4.3 MARCO TEORICO	31
0.5 DISEÑO METODOLÓGICO	39
0.5.1 DELIMITACIÓN	39
0.5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
0.5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN	39
0.5.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	40
1. LA EMPRESA	41
1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA	41
1.2 UBICACIÓN	41
1.3 MISIÓN	41
1.4 VISIÓN	42
1.5 ORGANIGRAMA	43
1.6 DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN	44
1.6.1 Organización	44
1.6.2 Áreas.	44
1.6.2.1 Adhesivado.	44
1.6.2.2 Conversión o Corte.	45
1.6.2.3 Impresión.	46
1.7 PRINCIPALES PRODUCTOS	46
1.8 PRINCIPALES MERCADOS	50
1.8.1 Mercado nacional	50
1.8.2 Mercado internacional	51
2. MÁQUINAS DEL ÁREA DE CONVERSIÓN DE LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.	52
3. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA ADMINISTRACIÓN Y EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DECELLUX COLOMBIANA S.A.	59

3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	61
3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	66
3.3 INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	71
3.3.1 Índice de cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo.	71
3.4 HOJAS DE VIDA Y HOJAS TÉCNICAS DE LAS MÁQUINAS	72
3.5 ÓRDENES DE TRABAJO Y COSTEO DEL MANTENIMIENTO	72
4. ESTRATEGIAS PARA EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE PRODUCCIÓN-EGE.....	73
4.1 SEIS GRANDES PÉRDIDAS QUE LIMITAN LA EFICACIA DEL EQUIPO..	74
4.1.1 Pérdidas por averías o fallas de equipos.	74
4.1.2 Pérdidas por preparación y ajustes.	75
4.1.3 Inactividad y pérdidas por paradas menores.	75
4.1.4 Pérdidas de velocidad reducida.....	76
4.1.5 Pérdidas de puesta en marcha.	76
4.1.6 Pérdidas por defectos de calidad y repetición del trabajo.....	77
4.2 MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE PRODUCCIÓN (EGP)	77
4.2.1 Disponibilidad (Tasa operativa).	78
4.2.2 Eficiencia.	78
4.2.3 Calidad.....	78
4.2.4 Niveles y metas propuestas para la Eficiencia Global de Producción (EGP).....	79
4.3 ESTRATEGIAS PARA RECUPERAR Y AUMENTAR LA EFICIENCIA GLOBAL DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.....	79
4.3.1 Cálculo de la Eficiencia Global de Producción.....	79
4.3.2 Cambio de actitud frente a las averías.....	81
4.3.3 Crear y mantener condiciones para facilitar la detección de defectos ocultos y la eliminación de averías.	82
4.3.3.1 Mantener las condiciones básicas de las máquinas.....	82
4.3.3.2 Mantener las condiciones operativas.	83
4.3.3.3 Restaurar el deterioro.....	83
4.3.3.4 Mejorar la destreza operativa y de mantenimiento.....	84
4.3.4 Producción Vs. Mantenimiento.	86
4.3.5 Organizar el Mantenimiento Preventivo.	87
4.3.6 Implementar un programa de Mantenimiento Autónomo.	88
5. LINEAMIENTOS NECESARIOS PARA IMPLEMENTAR LA FILOSOFÍA DE LAS 5´S EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.....	90
5.1 GENERALIDADES DE LAS 5´S.....	90
5.1.1 Seiri (Clasificar).	91
5.1.2 Seiton (Ordenar).	93
5.1.3 Seiso (Limpiar).....	95
5.1.4 Seiketsu (Estandarizar).....	97
5.1.5 Shitsuke (Disciplina).	98

5.2 PASOS PARA IMPLEMENTAR 5'S EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.....	100
5.2.1 Sensibilización y capacitación.	100
5.2.2 Implementación.	100
5.2.2.1 Seiri (Clasificar).....	100
5.2.2.2 Seiton (Ordenar).....	104
5.2.2.3 Seiso (Limpiar).	107
5.2.2.4 Seiketsu (Estandarizar).	109
5.2.2.5 Shitsuke (Disciplina).....	111
5.2.2.6 Cuatro "S" complementarias.	113
6. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	115
6.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.....	115
6.2 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.....	116
6.2.1 Establecimiento de las condiciones básicas de las máquinas.	117
6.2.1.1 Limpieza inicial.	117
6.2.1.2 Acciones contra las fuentes de polvo y contaminación.	119
6.2.1.3 Desarrollo de estándares de limpieza y lubricación.	121
6.2.1.4 Atornillados correctos.	124
6.2.2 Inspección General.	125
6.2.2.1 Inspección general eficiente.....	125
6.2.2.2 Listas de chequeo para el área de Conversión.	126
6.2.3 Inspección Autónoma.	128
6.2.3.1 Primer paso.	128
6.2.3.2 Segundo paso.	129
6.2.3.3 Tercer paso.	129
6.2.3.4 Cuarto paso.....	129
6.2.3.5 Quinto paso.....	129
6.2.4 Organización.....	129
6.2.4.1 Funciones de los operadores.	129
6.2.4.2 Obligaciones del personal de mantenimiento.....	130
6.2.5 Término de la implantación del mantenimiento autónomo. Continuidad. Implementación total.....	130
7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	132
7.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	132
7.2 ESTANDARIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO.....	133
7.3 VENTAJAS DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO..	134
7.4 LIMITACIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	135
7.5 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.....	135
7.5.1 Programa de mantenimiento.....	136
7.5.2 Fichas de trabajo.	136
7.5.3 Manuales de mantenimiento.	136
7.5.4 Almacén.....	137
7.5.5 Evaluación.	137

7.6 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.....	138
7.6.1 Programa de Mantenimiento.....	138
7.6.1.1 Registro de máquinas.	139
7.6.1.2 Descripción de las actividades de mantenimiento.....	142
7.6.1.3 Plan de mantenimiento.....	146
7.6.2 Fichas de trabajo.	148
7.6.2.1 Solicitud de servicio y órdenes de trabajo.	148
7.6.2.2 Solicitud de repuestos y materiales.....	154
7.6.2.3 Reporte semanal de mantenimiento.....	156
7.6.2.4 Historial u hoja de vida de la máquina.....	159
7.6.3 Manuales de mantenimiento.....	160
7.6.3.1 Manual de mantenimiento.	162
7.6.4 Almacén de repuestos.	164
7.6.5 Cálculo de los índices de mantenimiento.....	166
8. CAPACITACIONES Y ENTRENAMIENTOS DIRIGIDOS A LOS TRABAJADORES DEL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.....	167
8.1 ENTRENAMIENTO Y DESARROLLO DE HABILIDADES DE OPERACIÓN.....	167
8.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO.....	168
8.2.1 Capacitaciones de la campaña educativa TPM.....	168
8.2.2 Capacitaciones con respecto a la Eficiencia Global de Producción.....	168
8.2.3 Capacitación del cambio de actitud frente a las averías.....	168
8.2.4 Sensibilización y capacitación en 5´S y mantenimiento autónomo.....	168
8.2.5 Capacitación del Mtto. Preventivo dirigidos a operadores y técnicos de mto.....	169
8.2.6 Enseñanza y entrenamiento en técnicas de comunicación para el grupo de trabajo.....	169
9. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.....	171
9.1 ETAPAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA TPM.....	171
9.1.1 Etapa de Preparación.....	171
9.1.1.1 Anuncio de la alta dirección de la introducción del TPM.....	171
9.1.1.2 Lanzamiento de una campaña educativa.....	172
9.1.1.3 Creación de organizaciones para promover el TPM.....	172
9.1.1.4 Establecer políticas y metas para el TPM.....	174
9.1.1.5 Formular un Plan Maestro para el desarrollo del TPM.....	174
9.1.2 Etapa de Implantación.....	175
9.1.2.1 Conducir la capacitación y entrenamiento para mejorar habilidades.....	175
9.1.2.2 Mejora de la Eficiencia Global de Producción.....	176
9.1.2.3 Establecer la filosofía de las 5´S y el Programa de Mantenimiento Autónomo.....	176
9.1.2.4 Establecer un Programa de Mantenimiento Preventivo.....	176

9.1.2.5 Desarrollo temprano de un Programa de Gestión de Máquinas. ..	176
9.1.3 Etapa de consolidación.....	176
9.2 DISTRIBUCIÓN DE COSTOS PARA IMPLEMENTAR TPM.....	178
9.3 SISTEMA DE SEGUIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL PROGRAMA	
TPM.....	179
9.3.1 Indicadores.	180
9.3.1.1 Eficiencia Global Producción (EGP).....	180
9.3.1.2 Tiempo Medio entre Fallas (MTBF).....	181
9.3.1.3 Tiempo por Fallo.	181
CONCLUSIONES	182
BIBLIOGRAFÍA.....	184

LISTAS DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Máquinas cortadoras del área de Conversión.....	53
Cuadro 2. Máquinas empacadoras del área de Conversión.....	55
Cuadro 3. Máquinas rebobinadoras del área de Conversión.....	56
Cuadro 4. Máquinas cortatucos del área de Conversión.....	57
Cuadro 5. Inventario de máquinas del área de Conversión.....	58
Cuadro 6. Formato del programa de mantenimiento preventivo del área de conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A.....	60
Cuadro 7. Metas de mejora de pérdidas crónicas.....	77
Cuadro 8. Responsabilidades de los operadores y técnicos de mantenimiento en el logro de cero averías.....	86
Cuadro 9. Formato de sugerencias de los operadores para disminuir la contaminación.....	120
Cuadro 10. Estándar de limpieza y lubricación.....	123
Cuadro 11. Lista de chequeo.....	127
Cuadro 12. Ficha de registro de la máquina.....	144
Cuadro 13. Formato de descripción de las actividades de mantenimiento.....	145
Cuadro 14. Formato de programación del plan de mantenimiento.....	147
Cuadro 15. Formato solicitud de servicio y orden de trabajo.....	152
Cuadro 16. Formato solicitud de repuestos.....	155
Cuadro 17. Formato del reporte semanal de mantenimiento.....	158
Cuadro 18. Formato de Historial u hoja de vida de la máquina.....	160

Cuadro 19. Formato de Registro de existencias.....	164
Cuadro 20. Plan de capacitaciones propuesto.....	169
Cuadro 21. Secuencia de las actividades de implementación del TPM.....	177

LISTA DE FIGURAS

pág.

Figura 1. Descripción del proceso de mantenimiento preventivo en el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A.....	62
Figura 2. Descripción del proceso de mantenimiento correctivo en el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A.....	67
Figura 3. Actividades para lograr averías cero.....	85
Figura 4. Responsabilidades de los departamentos de operaciones y mantenimiento.....	87
Figura 5. Tarjeta de color para la identificación de elementos innecesarios.....	103
Figura 6. Organización del mantenimiento preventivo.....	138
Figura 7. Distribución de costos para implementar TPM.....	179

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Programa de Mantenimiento Preventivo del Área de Conversión de Cellux Colombiana S.A.....	187
Anexo B. Formato Mantenimiento Preventivo.....	196
Anexo C. Formato Mantenimiento Correctivo.....	197
Anexo D. Formato de Mejoras y Modificaciones.....	198

GLOSARIO

CALIDAD: relación entre la cantidad de producción de buena calidad y la producción total. Este indicador se ve afectado por los rechazos o producción defectuosa o porque no satisfacen las especificaciones de calidad.

DESCOMPOSTURA: falla que da como resultado la falta de disponibilidad de la máquina.

DESEMPEÑO: velocidad de producción real de un equipo comparada con la ideal o de diseño. Se ve disminuida por las paradas cortas, para corregir defectos en el flujo o por marchas en vacío o para desatascar.

DESPERFECTO: desviación inesperada con respecto a los requerimientos y justifica una acción correctiva.

DISPONIBILIDAD: tiempo total durante el cual el equipo está operando satisfactoriamente, más el tiempo que estando en receso, puede trabajar sin contratiempos durante un período.

ESPECIFICACIÓN DEL TRABAJO: documento que describe la forma en que se debe realizar el trabajo. Puede definir materiales, herramientas, estándares de tiempo y procedimientos.

FACTIBILIDAD DEL MANTENIMIENTO: capacidad del equipo, bajo condiciones establecidas de uso, para conservarse o ser reparado y que quede en un estado en el que pueda realizar la función requerida, cuando el mantenimiento se realiza bajo condiciones establecidas y empleando procedimientos y recursos preescritos.

FALLA: disminución o terminación de la capacidad de un equipo para cumplir la función requerida.

INSPECCIÓN: actividad sistemática de verificación periódica de las máquinas, que sirve para detectar condiciones que puedan causar la interrupción de su funcionamiento o deterioro excesivo.

INTERRUPCIÓN FORZADA: interrupción del funcionamiento de una máquina, debido a una falla no detectada.

MANTENIMIENTO: combinación de todas las acciones técnicas y acciones asociadas mediante las cuales una máquina o sistema se conserva o repara para que pueda realizar sus funciones específicas.

MANTENIMIENTO BASADO EN LAS CONDICIONES: mantenimiento preventivo que se inicia como resultado del conocimiento de la condición del equipo observada mediante el monitoreo de rutina o continuo.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO: mantenimiento que se lleva a cabo después de que ocurre una falla y que pretende restablecer el equipo a un estado en el que pueda realizar la función requerida.

MANTENIMIENTO DE EMERGENCIA: mantenimiento requerido para evitar consecuencias serias como pérdida del tiempo de producción y condiciones inseguras.

MANTENIMIENTO EN OPERACIÓN: mantenimiento que puede realizarse mientras el equipo esta en servicio.

MANTENIMIENTO EN PARO: mantenimiento que sólo puede hacerse cuando el equipo esta fuera de servicio.

MANTENIMIENTO PLANEADO: mantenimiento organizado y realizado con premeditación, control y el uso de registros para cumplir con un plan predeterminado.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO: mantenimiento realizado a intervalos predeterminados con la intención de minimizar la probabilidad de fallas o la degradación de funcionamiento del equipo.

MODIFICACIÓN: alteración de la configuración o diseño original de partes de un equipo o estructura o cambio material con miras a reducir el costo y aumentar la eficiencia.

ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO: instrucción por escrito que especifica el trabajo de mantenimiento que debe realizarse, incluyendo detalles sobre materiales, herramientas y requerimientos de personal, entre otros.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO: lista completa de las tareas de mantenimiento requeridas para cada una de las máquinas de una empresa, que incluye los intervalos con que debe realizarse el mantenimiento.

REPARACIONES: restauración o reemplazo de las partes defectuosas o gastadas, identificadas ya sea por inspecciones o por interrupciones de la operación, para ponerlas en buenas condiciones de funcionamiento.

REPARACIÓN GENERAL: examen completo y restablecimiento del equipo, o una parte importante del mismo a una condición aceptable.

RESTABLECIMIENTO: acciones de mantenimiento con la intención de regresar al equipo a sus condiciones originales.

SUSTITUCIÓN: instalación de unidades nuevas en lugar de las existentes, que se han vuelto obsoletas y que muchas veces se tornan antieconómicas o ineficaces debido al uso excesivo, o generan costos elevados de mantenimiento por su mal funcionamiento.

INTRODUCCIÓN

La tendencia de la economía mundial y la globalización de los mercados crecen constantemente. Como consecuencia las organizaciones se enfrentan a un nuevo entorno de desarrollo que les obliga a adoptar las estrategias más convenientes. El progreso industrial no se reduce a la inversión en nuevas instalaciones de producción y a la transferencia de tecnología extranjera, sino que es prioritario utilizar eficazmente las actuales instalaciones, donde uno de los requisitos más importantes es el establecimiento de sistemas de mantenimiento eficiente, seguro y económico con el fin de alcanzar altos niveles de eficiencia, productividad y calidad de los productos.

Entre los sistemas de mantenimiento industrial que mejor responde a estas necesidades es el Mantenimiento Productivo Total – TPM que busca el mejoramiento permanente de la productividad industrial con la participación de todos.

El TPM es un moderno sistema gerencial de soporte al desarrollo de la industria que permite contar con maquinaria siempre disponible. Su metodología, soportada por un buen número de técnicas de gestión, establece las estrategias adecuadas para el aumento continuo de la productividad, con miras a enfrentar el éxito, la competitividad y la internacionalización de los mercados.

El objeto del presente trabajo de grado es diseñar un programa de Mantenimiento Productivo Total – TPM para el área de Conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A., mediante la aplicación de teorías administrativas derivadas de la gerencia moderna y el proceso de mejoramiento continuo japonés. Se presentan los principios básicos, aplicación y metodología de la filosofía de las 5'S, el mantenimiento autónomo, la Eficiencia Global de Producción, el mantenimiento preventivo y las exigencias de capacitación y entrenamiento requeridos para el diseño y posterior implementación exitosa del programa TPM.

0.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

0.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

Cellux Colombiana S.A. es una compañía internacional que se dedica a la fabricación y comercialización de cintas adhesivas con tecnología Suiza. Cuenta básicamente con 3 procesos o áreas: Adhesivado, Conversión e Impresión.

La empresa Cellux Colombiana S.A. con el deseo de llevar a cabo un mejoramiento continuo de su proceso productivo, considera que el área de Conversión necesita un sistema de mantenimiento industrial que permita el alcance de mejores niveles de productividad y eficiencia, y el logro de los objetivos estratégicos financieros de aumentar la utilidad y el flujo de caja.

Actualmente Cellux Colombiana S.A. fundamenta la programación de los trabajos de mantenimiento en los resultados de un estudio realizado en el año 2002, en el que se estimó la frecuencia con la que se debe realizar mantenimiento a los componentes de las máquinas según las horas de operación de las mismas; determinando de esta manera la periodicidad del mantenimiento (semanal, quincenal o mensual). Esto resulta inconveniente dado que los tiempos de operación de las máquinas pueden variar de un período a otro y no existen horómetros que indiquen de una manera exacta el cumplimiento de dichos tiempos de operación, generando excesos o defectos en la cantidad de mantenimiento, lo que a su vez produce sobrecostos o fallas inesperadas en los equipos. En general, los trabajos de mantenimiento son correctivos.

El trabajo de mantenimiento no se programa en fechas calendario definidas, es decir, los mantenedores deciden libremente en que semana del mes realizan el trabajo programado, estos además tienen la responsabilidad exclusiva del trabajo de mantenimiento, pues los trabajadores sólo se limitan a operar las máquinas y no realizan lubricaciones, ajustes, ni reparaciones menores. De igual forma no se realizan inspecciones programadas para buscar evidencia de falla de equipos para corregirlas a tiempo.

Por otro lado, la carencia de un departamento de mantenimiento formalmente definido, impide un mayor control sobre la cantidad y calidad del trabajo de mantenimiento.

Desde ésta perspectiva, el programa de mantenimiento actual no es coherente con las técnicas modernas de administración de la producción; éste resulta rígido, no involucra al operario, no permite un control directo sobre la cantidad y calidad del trabajo de mantenimiento realizado y además, tiene una estructura en la que no se delimitan claramente los alcances, procedimientos y responsabilidades. Lo anterior incide directamente sobre los elevados tiempos muertos en planta debido a las fallas imprevistas de los equipos, lo cual genera sobrecostos operativos y de mantenimiento; a su vez afecta negativamente la calidad de la producción y el logro de los objetivos estratégicos financieros de aumentar la utilidad y el flujo de caja, y el alcance de mejores niveles de productividad y eficiencia.

0.1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿Qué mejoras son necesarias en la actual administración del mantenimiento del área de Conversión de Cellux Colombiana S.A. con el fin de alcanzar mayores niveles de calidad, eficiencia y productividad?

0.2 JUSTIFICACIÓN

Este proyecto surge de la necesidad de diseñar un programa de mantenimiento en el departamento de Conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A., debido a que el actual programa no cumple con las necesidades reales de la compañía. Se pretende que dicha empresa a partir del presente proyecto implemente posteriormente un Programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) que permita cumplir con los objetivos financieros de la empresa y con el compromiso de mejoramiento continuo.

“El área de Conversión procesa mensualmente un promedio de 2.000.000 m² de cintas adhesivas, cuenta con 18 máquinas y una fuerza laboral de 50 trabajadores”¹.

El programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implementadas permiten mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite satisfacer las necesidades de los clientes internos y externos de una organización a través de una mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos finales.²

Las razones por las cuales el departamento de Conversión de Cellux Colombiana S.A. debe adoptar un programa de TPM son:

- Resultados tangibles significativos: Luego de una inversión en tiempo, recursos humanos y financieros, en este departamento se logrará una minimización de tiempos muertos y pequeñas paradas, disminución de defectos de calidad, elevación de la productividad y reducción de los costos de personal, inventarios y accidentes de trabajo.
- Programa de mantenimiento organizado y estructurado: Con el programa de TPM los alcances y procedimientos del mantenimiento, así como las

¹ Información suministrada por la empresa Cellux Colombiana S.A.

² DUFFUA, Salih; RAOUF A. y DIXON CAMPBELL, Jhon. Sistemas de mantenimiento: Planeación y control. México: Limusa, 2002. p. 326

responsabilidades de los mantenedores estarán claramente definidos, permitiendo un control directo sobre la cantidad y calidad del trabajo de mantenimiento realizado.

- Transformación de los trabajadores: A medida que las actividades de TPM empiezan a rendir resultados concretos, los trabajadores se motivan, aumenta su integración en el trabajo y aportan sugerencias de mejora, participando y comprometiéndose con el programa de mantenimiento del área de Conversión.

Por lo anterior, se concluye que a partir de este proyecto, el departamento de Conversión de Cellux Colombiana S.A. contará con el diseño de un Programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM), que permite la posterior implementación de un sistema de mantenimiento industrial acorde a las necesidades de la empresa; lo que a su vez permitirá la obtención de productos de alta calidad, altos niveles de eficiencia y productividad, mínimos costos de producción, alta moral en el trabajo y una imagen de empresa excelente.

0.3 OBJETIVOS

0.3.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el área de Conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A.

0.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar un inventario de las máquinas del área de Conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A., incluyendo la revisión de hojas de vida y hojas técnicas de los equipos.
- Analizar el estado actual de la administración y ejecución del mantenimiento en el área de Conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A.
- Diseñar estrategias para recuperar y aumentar la eficiencia operativa de los equipos.
- Establecer los lineamientos necesarios para la filosofía de las 5's en el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A.
- Diseñar los lineamientos para el diseño de un programa de mantenimiento autónomo para el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A.
- Plantear un modelo para el diseño de un programa de mantenimiento preventivo para el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A.
- Proponer un plan de capacitación y entrenamiento dirigido a los trabajadores del área de Conversión de Cellux Colombiana S.A. para incrementar su nivel de habilidades de mantenimiento y crear una cultura de mantenimiento.

0.4 MARCO REFERENCIAL

0.4.1 MARCO HISTÓRICO

Desde el principio de la humanidad, el hombre ha tenido la necesidad de mantener sus equipos con el fin de que continúen realizando las funciones para las que fueron creados. Esto incluye desde la más rudimentaria herramienta hasta el más especializado de los equipos.

Con el paso del tiempo los equipos utilizados en los procesos industriales se han hecho más complejos, lo que ha obligado a la administración del mantenimiento a adaptarse al cambiante lugar de trabajo y a sus nuevas exigencias.

Hasta la II Guerra Mundial las industrias tenían pocas máquinas, las cuales eran sencillas, construidas para realizar funciones únicas a lo largo de un gran período y por lo general fáciles de reparar. Los volúmenes de producción eran bajos, por lo que los tiempos de parada no eran importantes. La prevención de fallas en los equipos no era de alta prioridad gerencial, y solo se aplicaba el mantenimiento correctivo o de reparación.³

Después de la guerra, las industrias incorporaron a sus procesos productivos maquinaria más compleja, lo que hizo que el mantenimiento fuera haciéndose más complicado. El tiempo improductivo resultante de las fallas de los equipos comenzó a preocupar a las empresas, ya que se dejaban de percibir ganancias por efectos de demanda. De allí la idea de que los fallos de la maquinaria se podían y debían prevenir, lo que conllevó a que en los 50's un grupo de ingenieros japoneses iniciaran un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de equipo acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos.⁴

Así mismo, después de la II Guerra Mundial el Dr. W. Edwards Deming's influyó positivamente en la industria Japonesa mostrándoles como podrían controlar la calidad de sus productos durante la manufactura mediante el análisis

³ www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistory.htm

⁴ www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistory.htm

estadístico. Al combinarse los procesos estadísticos y sus resultados directos en la calidad con la ética de trabajo propia del pueblo japonés, se creó toda una cultura de la calidad. De ahí surgió TQM, "Total Quality Management" o Manufactura de Calidad Total, un nuevo estilo de manejar la industria.

Cuando la problemática del mantenimiento fue analizada como una parte del programa de TQM, algunos de sus conceptos generales no parecían encajar en el proceso. La nueva tendencia se llamó "Mantenimiento Preventivo". Como resultado, los gerentes de planta se interesaron en hacer que sus supervisores, mecánicos, electricistas y otros técnicos, desarrollaran programas para lubricar y hacer observaciones clave para prevenir daños al equipo. Aún cuando ayudó a reducir pérdidas de tiempo, era una alternativa costosa ya que muchas partes se reemplazaban basándose en el tiempo de operación, mientras podían haber durado más tiempo. También se aplicaban demasiadas horas de mantenimiento innecesario.

En la década de los sesenta en el mundo del mantenimiento de las empresas japonesas se incorporó el concepto Kaizen o de mejora continua. Esto significó que no sólo corregir las averías era la función de mantenimiento, sino mejorar la fiabilidad de los equipos en forma permanente con la contribución de todos los trabajadores de la empresa.

En esta época se introdujo el "Mantenimiento Productivo", el cual fue la nueva tendencia que determinó una perspectiva más profesional, en la que se asignaron mayores responsabilidades a las personas relacionadas con el mantenimiento en la empresa y se hicieron consideraciones acerca de la confiabilidad y el diseño del equipo y de la planta. Fue un cambio profundo y se generó el término de "Ingeniería de la Planta" en vez de "Mantenimiento", las tareas a realizar incluían un más alto nivel de conocimiento de la confiabilidad de cada elemento de las máquinas y las instalaciones en general.⁵

Este progreso de las acciones de mejora llevo a crear el concepto de prevención del mantenimiento, realizando acciones de mejora de equipos en todo el ciclo de vida: diseño, construcción y puesta en marcha de los equipos productivos para eliminar actividades de mantenimiento.

⁵ ARCINIEGAS ÁLVAREZ, Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: UIS y CUTB, 1999. p. 23

Durante la década de los setenta aumenta la automatización en la industria e inicia la globalización del mercado; con ello se empieza a operar con volúmenes de producción más altos, se le da mayor relevancia a los tiempos de parada debido a los altos costos que implican y las máquinas alcanzan un mayor grado de complejidad y se consolida el desarrollo de mantenimiento preventivo. El mercado empieza a exigir productos y servicios de calidad, considerando con esto aspectos de seguridad y medio ambiente.⁶ En esta época se comprendieron los estándares de "Clase Mundial" en términos de mantenimiento del equipo y un sistema más dinámico tomó lugar en la industria japonesa, el TPM. Este constituye un concepto de mejoramiento continuo que implica la participación e involucramiento de todos y cada uno de los miembros de la organización hacia la optimización de cada máquina.

El origen del término "Mantenimiento Productivo Total" (TPM) es asociado al plan que se usaba en la planta Nippon Denso Co. Ltd, una manufacturera de partes eléctricas automotrices de Japón que fue precisamente la primera empresa japonesa en implementar dicha metodología de mantenimiento. Seiichi Nakajima un alto funcionario del Instituto Japonés de Mantenimiento de la Planta, (JIPM), recibe el crédito de haber definido los conceptos de TPM y de ver por su implementación en cientos de plantas en Japón.⁷

Luego de su exitosa implementación en miles de importantes empresas en Asia, hacia finales de los 70's el TPM comenzó a aplicarse en América en grandes organizaciones como Dupont, Kodak, Motorola, Ford Motor Co., Boeing, Harley Davidson y también el Servicio Postal de los EE.UU, obteniendo grandes ahorros en mantenimiento y mejora de la productividad.

En la década de los ochenta se introdujo el modelo de mantenimiento basado en el tiempo (TBM) como parte del modelo TPM. El aporte del sistema RCM (Reliability Center Maintenance) o mantenimiento centrado en la fiabilidad ayudó a mejorar la eficiencia de las acciones preventivas de mantenimiento. Los libros y artículos de Nakajima así como otros autores japoneses y americanos comenzaron a aparecer a fines de los 80's.

En 1990 se llevó a cabo la primera conferencia en la materia en los EEUU. Hoy día, varias empresas de consultoría están ofreciendo servicios para asesorar y

⁶ www.tpmonline.com/articles_on_total_productive_maintenance/tpm/tpmprocess/maintenanceinhistory.htm

⁷ DUFFUA, Op cit., p. 363

coordinar los esfuerzos de empresas que desean iniciar sus plantas en el promisorio sistema de TPM.

El TPM ha progresado muy significativamente y continuará beneficiando de los desarrollos recientes de las telecomunicaciones, tecnologías digitales y otros modelos emergentes de dirección y tecnologías de mantenimiento. Posiblemente en los siguientes años se incorporen al TPM modelos probados de gestión de conocimiento, nuevos sistemas económicos y financieros, tecnología para el análisis y estudio de averías automático y nuevos desarrollos.

0.4.2 ANTECEDENTES

Cellux Colombiana es una empresa productora de cintas adhesivas con tecnología Suiza, única planta para Latino América de su casa matriz. Inició actividades en Cartagena hace 11 años, ofreciendo como ventaja competitiva adicional a máxima calidad del mercado, la ubicación estratégica de la planta en uno de los puertos más importantes de Sur América, con la capacidad de producción de mayor tamaño en el mercado y la diversidad más amplia de productos y presentaciones que requiere el mercado a nivel de Hogar - Oficina - Taller - Industria y Colegio.

Para Cellux Colombiana S.A. es de suma importancia que sus procesos productivos constituyan un sinónimo de calidad y confiabilidad para sus clientes, por lo que en el año 2002 brindó su apoyo a la iniciativa de un estudiante de prácticas de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Bolívar en la realización de un estudio que estimó la frecuencia con la que se debe realizar mantenimiento a los componentes de las máquinas según las horas de operación de las mismas, determinando de esta manera la periodicidad del mantenimiento. Actualmente, los resultados de este estudio constituyen la base de la programación del mantenimiento realizado en la empresa.

De igual manera, se han realizado trabajos de grado relacionados con el diseño e implementación de programas de Mantenimiento Productivo Total que pueden servir de guía para la realización de este proyecto de investigación:

0.4.2.1 Trabajos de grado de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

- **Diseño e implementación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total en la sección de Latonería de la empresa Indufrial S.A.**⁸. En este estudio se diseñó un programa de Mantenimiento Productivo Total en la sección de Latonería de Indufrial S.A. y se llevó a la implementación del mismo, logrando un mejoramiento de las condiciones de la sección, a través del mejoramiento de los empleados y de los equipos.

- **Modelo de Mantenimiento Productivo Total para la empresa Productos Unidos Ltda.**⁹ En esta monografía se planteó un modelo de TPM aplicado a la parte operativa y administrativa de la empresa Productos Unidos Ltda. como medio para lograr la eficiencia total de sus procesos. Se destacan los programas de mantenimiento autónomo, preventivo y metodología de las 5´S.

- **Estudio de la implementación del Mantenimiento Productivo Total basado en el pilar de mantenimiento planificado en la empresa Syngenta para mejorar la gestión del mantenimiento.**¹⁰ Este proyecto surgió de la necesidad de la empresa Syngenta de mejorar la gestión del mantenimiento de sus equipos con el fin de lograr menores costos y mayores niveles de calidad, eficiencia y productividad centrando la implementación del TPM en el pilar de mantenimiento planificado.

0.4.3 MARCO TEORICO

“ El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se restablece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa...”¹¹

⁸ CÁRDENAS BARRIOS, Hernando Antonio. Diseño e implementación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total en la sección de Latonería de la empresa Indufrial S.A. Cartagena de Indias, 2000, 215p. Trabajo de grado (Ingeniería Industrial). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Industrial. Área de Mantenimiento.

⁹ TORRES CUESTA, Idelfonso. Modelo de Mantenimiento Productivo Total para la empresa Productos Unidos Ltda. Cartagena de Indias, 2001, 84p. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica. Área de Mantenimiento

¹⁰ CAMARGO FLÓREZ, Cristina. Estudio de la implementación del Mantenimiento Productivo Total basado en el pilar de mantenimiento planificado en la empresa Syngenta para mejorar la gestión del mantenimiento. Cartagena de Indias, 2004, 86p. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica. Área de Mantenimiento.

¹¹ DUFFUA, Op cit., p. 29

También puede ser considerado como "El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorable y de acuerdo a las normas de protección integral".¹²

"El mantenimiento productivo total (TPM) es un enfoque gerencial para el mantenimiento que se centra en la participación de todos los empleados de una organización en la mejora del equipo..."

El Instituto Japonés de Ingenieros de Planta definió el TPM con 5 metas claves:

- Maximizar la eficacia global del equipo, que incluye disponibilidad, eficiencia en el proceso y calidad del producto.
- Aplicar un enfoque sistemático para la confiabilidad, la factibilidad del mantenimiento y los costos del ciclo de vida.
- Hacer participar a operaciones, administración de materiales, mantenimiento, ingeniería y administración en el control del equipo.
- Involucrar a todos los niveles gerenciales y a los trabajadores.
- Mejorar el rendimiento del equipo mediante actividades de grupos pequeños y el desempeño del equipo de trabajadores.¹³

Significado de TPM

T significa *Total*

Total = " Mejoramiento de la eficiencia global "

Total = " Ciclo total de vida del sistema de producción "

Total = " Participación de toda la división de todos los empleados "

P significa *Productivo*

Productivo quiere decir luchar por un límite de eficiencia del sistema de producción, lograr " cero " pérdidas, incluyendo accidentes, defectos de fabricación, falla de equipos, entre otras.

¹² Centro Internacional de educación y desarrollo (CIED), filial de PDVSA (1995).

¹³ DUFFUA, Op cit., p 363

M significa *Mantenimiento*

Mantenimiento es lo que protege el ciclo de vida del sistema de producción y de toda la planta, incluyendo el sistema de producción de cada sistema.

En el TPM los equipos constituyen el punto principal, en su administración se comienza por la identificación de las pérdidas. Siempre que un equipo funciona por debajo del nivel requerido, la pérdida de funcionamiento se registra y se monitorea. Estas pérdidas pueden agruparse en 6 categorías: descomposturas, preparación y ajuste, trabajo en vacío y paros menores, reducción de la velocidad, defectos y pérdidas de rendimiento. Las descomposturas y preparaciones ocasionan tiempo muerto y producen un impacto en la disponibilidad, la reducción de la velocidad tiene un impacto en el tiempo del ciclo, y los defectos y pérdidas de rendimiento tienen un impacto en la calidad.

Con respecto a los equipos el TPM busca lograr cero paros, cero defectos y máximo rendimiento, para lo que se debe tener el monitoreo y control de las seis grandes pérdidas que son el obstáculo para la efectividad de la planta:

- **Tiempo Perdido**

- Falla de equipos. Su procedencia es: flujo del proceso, reordenamiento del inventario de línea, tiempo del ciclo, secuencia de producción, cambios de herramental, paros menores de línea, intervenciones de mantenimiento.
- Puesta a punto y ajustes. Causados por: reordenamiento del inventario de línea, tiempo del ciclo, secuencia de producción, cambios de herramental, paros de línea.

- **Pérdida de Velocidad**

- Tiempo ocioso y paros menores. Se originan por ciclos de operación, secuencia de producción, tiempos estándar de cambios de herramental, ajustes de operación, régimen de operación.
- Reducción de velocidad. Las causas son: ciclos de operación, secuencia de producción, tiempos estándar de cambios de herramental, paros de línea, defectos de calidad, mal funcionamiento de componentes periféricos.

- **Defectos de Calidad**

- Defectos en el proceso. Causados por mal funcionamiento del equipo, ciclos y secuencia de operación, cambios de herramental, régimen de operación. Sin defecto, solo lo hecho bien a la primera.
- Reducción de rendimiento. Origen, tiempo de régimen de operación, defectos en el proceso, estabilización de producción.

Por lo anterior, la meta fundamental del TPM con respecto al equipo es aumentar su eficacia hasta su máximo potencial y mantenerlo en dicho nivel. Esto puede lograrse entendiendo las pérdidas mencionadas anteriormente y diseñando medios para eliminarlas.

Dentro de los principales objetivos que busca TPM se encuentran:

- **Objetivos estratégicos.** El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta y reducción de costes operativos.
- **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 verdaderamente la capacidad industrial instalada.
- **Objetivos organizativos.** El TPM busca fortalecer el trabajo en equipo, incremento en la moral en el trabajador, crear un espacio donde cada persona pueda aportar lo mejor de sí, todo esto, con el propósito de hacer del sitio de trabajo un entorno creativo, seguro, productivo y donde trabajar sea realmente grato.¹⁴

¹⁴ TORRES CUESTA, Idelfonso. Modelo de Mantenimiento Productivo Total para la empresa Productos Unidos Ltda. Cartagena de Indias, 2001, 84p. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica. Área de Mantenimiento. P 29

El modelo original TPM propuesto por el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas sugiere utilizar pilares específicos para acciones concretas diversas:

- **Mejoras enfocadas.** Son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la Efectividad Global de Equipos, procesos y plantas; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos funcionales e interfuncionales que emplean metodologías específicas y centran su atención en la eliminación de las 6 pérdidas existentes en las plantas industriales.

- **Filosofía de las 5'S.** Basada en palabras japonesas que comienzan con una "S", esta filosofía se enfoca en trabajo efectivo, organización del lugar, y procesos estandarizados de trabajo. 5'S simplifica el ambiente de trabajo, reduce los desperdicios y actividades que no agregan valor, al tiempo que incrementa la seguridad y eficiencia de calidad.

- *Seiri* (clasificar). Se refiere a eliminar del área de trabajo todo aquello que no sea necesario, identificando los elementos que habrán de ser eliminados y los que son utilizables para otra operación. Este paso de ordenamiento es una manera excelente de liberar espacios de piso desechando cosas tales como: herramientas rotas, aditamentos o herramientas obsoletas, recortes y excesos de materia prima.

- *Seiton* (Ordenar). Se enfoca a sistemas de guardado eficientes y efectivos. Algunas estrategias para este proceso de "todo en Su lugar" son: pintura de pisos delimitando claramente áreas de trabajo y ubicaciones, tablas con siluetas, así como estantería modular y/o gabinetes para tener en su lugar cosas como un bote de basura, una escoba, trapeador, cubeta, entre otros. "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar."

- *Seiso* (Limpiar) Una vez que se haya eliminado los estorbos y la basura, y relocalizado lo que se necesita, viene una limpieza del área. Cuando se logre por primera vez, habrá que mantener una diaria limpieza a fin de conservar el buen aspecto y comodidad de esta mejora. Se desarrollará en los trabajadores un orgullo por lo limpio y ordenado que tienen su lugar de trabajo. Este paso de limpieza realmente desarrolla un buen sentido de propiedad en los trabajadores. Al mismo comienzan a resultar evidentes problemas que antes eran ocultados por el desorden y suciedad. Así, se dan cuenta de fugas de aceite, aire, refrigerante, partes con excesiva vibración o temperatura, riesgos de contaminación, partes fatigadas, deformadas y rotas. Estos elementos,

cuando no se atienden, pueden llevar a una falla del equipo y pérdidas de producción, factores que afectan las utilidades de la empresa.

▫ *Seiketsu* (Estandarizar) Al implementar las 5´S, se deben estandarizar las mejores prácticas en el área de trabajo. Es importante motivar a los trabajadores para que participen en el desarrollo de estos estándares o normas ya que constituyen una valiosa fuente de información en lo que se refiere a su trabajo.

▫ *Shitsuke* (Disciplina) Esta será, con mucho, la "S" más difícil de alcanzar e implementar. La naturaleza humana es resistir el cambio y no pocas organizaciones se han encontrado dentro de un taller sucio y amontonado a solo unos meses de haber intentado la implementación de las 5´S. Existe la tendencia de volver a la tranquilidad del "Status Quo" y la "vieja" forma de hacer las cosas. El sostenimiento consiste en establecer un nuevo "estatus quo" y una nueva serie de normas o estándares en la organización del área de trabajo.

Una vez bien implementado, la filosofía de las 5´S eleva la moral, crea impresiones positivas en los clientes y aumenta la eficiencia la organización. No solo se sienten los trabajadores mejor acerca del lugar donde trabajan, sino que el efecto de mejora continua genera menores desperdicios y mejor calidad de productos, los cuales, hacen a la organización más remunerativa y competitiva en el mercado.

• **Mantenimiento Autónomo.** Una de las actividades del sistema TPM es la participación del personal de producción en las actividades de mantenimiento. Este es uno de los procesos de mayor impacto en la mejora de la productividad. Su propósito es involucrar al operador en el cuidado del equipamiento a través de un alto grado de formación y preparación profesional, respecto de las condiciones de operación y conservación de los equipos.

“ El mantenimiento autónomo se fundamenta en el conocimiento y habilidades que el operador debe tener para dominar las condiciones del equipamiento, esto es, verificaciones diarias, lubricación, reemplazo de partes, reparaciones, verificar precisión y detección temprana de condiciones anormales ”¹⁵. Con este conocimiento los operadores podrán comprender la importancia de la conservación de las condiciones de trabajo, la necesidad de realizar inspecciones preventivas, participar en el análisis de problemas y la realización de trabajos de

¹⁵ www.solomantenimiento.com/articulos/mantenimiento-autonomo.htm

mantenimiento liviano en una primera etapa, para luego asimilar acciones de mantenimiento más complejas.

• **Mantenimiento Preventivo.** El mantenimiento preventivo se define como una serie de tareas planeadas previamente, que se llevan a cabo para contrarrestar las causas conocidas de fallas potenciales de las funciones para las que fue creado un activo. Puede planearse y programarse con base en el tiempo, el uso o la condición del equipo.

Este tipo de mantenimiento ofrece ventajas en la administración de los activos:

- Puede prevenir una falla prematura y reducir su frecuencia mediante una lubricación adecuada, ajustes, limpieza e inspecciones programadas.
- Puede reducir la severidad de la falla y mitigar sus consecuencias mediante inspección y medición periódica.
- Puede proporcionar un aviso de una falla inminente o incipiente para permitir una reparación planeada.
- Permite reducir el costo global de los activos.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad del equipo¹⁶.

Debido a que los equipos complejos y sus componentes tendrán varias causas posibles de falla, es necesario desarrollar una serie de acciones de mantenimiento preventivo - algunas basadas en las condiciones y otras en el tiempo - para el mismo equipo, y consolidar éstas en un programa de mantenimiento preventivo.

Las medidas utilizadas para controlar que el mantenimiento preventivo sea completo son: cobertura de mantenimiento preventivo, cumplimiento de mantenimiento preventivo y trabajo generado por la rutina de este mantenimiento.

¹⁶ Duffua, Op cit., p. 78

• **Mantenimiento Planeado.** Se refiere al trabajo de mantenimiento que se realiza con una planeación, previsión, control y registros por adelantado. Se incluye: estrategias de reemplazo, mantenimiento preventivo y correctivo.

Los pasos para desarrollar un programa de mantenimiento planeado son:

- Administración del plan.
- Inventario de las instalaciones.
- Identificación del equipo.
- Registro de las instalaciones.
- Programa específico de mantenimiento.
- Especificación del trabajo.
- Programa de mantenimiento.
- Control del Programa.

0.5 DISEÑO METODOLÓGICO

0.5.1 DELIMITACIÓN

0.5.1.1 Delimitación Espacial. El diseño de un Programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) se llevará a cabo en el área de Conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A., ubicada en la ciudad de Cartagena.

0.5.1.2 Delimitación Temporal. El diseño de un Programa de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en el área de Conversión de la Empresa Cellux Colombiana S.A. se realizará entre los meses de enero y junio del 2006

0.5.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

El presente proyecto sigue dos lineamientos en cuanto al tipo de investigación. Es descriptivo ya que se detallarán las características objeto de estudio en el diagnóstico del estado actual de la administración del mantenimiento. El otro lineamiento lo constituye la generación de una propuesta de un plan de mejoramiento (intervención de gestión).

0.5.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

0.5.3.1 Fuentes Primarias. Las fuentes primarias del presente proyecto están constituidas por la información suministrada por el personal operativo, de mantenimiento y de mandos medios del departamento de Conversión de Cellux Colombiana S.A.; así como la observación directa del trabajo de mantenimiento de la empresa.

0.5.3.2. Fuentes Secundarias. Las fuentes secundarias están conformadas por textos, diccionarios, revistas, páginas Web especializadas y trabajos de grado e investigaciones de la materia.

También constituyen fuentes secundarias todos los documentos entregados por la empresa tales como descripción de procesos, procedimientos de mantenimiento, hojas de vida de las máquinas y programa de mantenimiento utilizado actualmente.

0.5.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.

Dado el tamaño poblacional $N \leq 30$, para la realización de la investigación en el departamento de Conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A. se tomará como muestra el 100% de la población total, siendo entonces 18 máquinas.

En cuanto a la muestra de la población del personal operativo, de mantenimiento y de mandos medios a los cuales se les aplicaran las entrevistas, se establecerán criterios de selección cualitativa, tales como antigüedad, relación con el mantenimiento, entre otros. Lo anterior obedece a las necesidades de obtener información confiable.

1. LA EMPRESA

1.1 BREVE RESEÑA HISTÓRICA

Cellux Colombiana S.A. es una compañía fundada en 1986 con tecnología suiza de la firma Cellux A.G. Inicialmente sólo se dedicaba a importar y comercializar cintas adhesivas. Luego, se creó el área de Conversión, que inicialmente sólo cortaba rollos madres, posteriormente se introdujo el área de Adhesivado, en la que se trabajan procesos de adhesivado simple y contracolado. El área de impresión fue la última en abrirse utilizando tecnologías de impresión únicas en el país.

En la actualidad se encuentran en la ampliación de sus plantas, adquiriendo continuamente maquinaria para sus procesos; además de dotar sus plantas convertidoras en Venezuela y Costa Rica.

La planta de Cellux Colombiana S.A. es una de las más grandes de Latinoamérica y la primera en Colombia por su grado de ingeniería y maquinaria especializada.

Cellux Colombiana S.A. se encuentra certificada desde el año 2001 con la Norma ISO 9001 versión 2000.

1.2 UBICACIÓN

Cellux Colombiana S.A. está ubicada en la ciudad de Cartagena en el Km. 4 vía a la zona industrial de mamonal, donde se encuentra la planta productora con su sede administrativa y un área de 45.000 Km².

1.3 MISIÓN

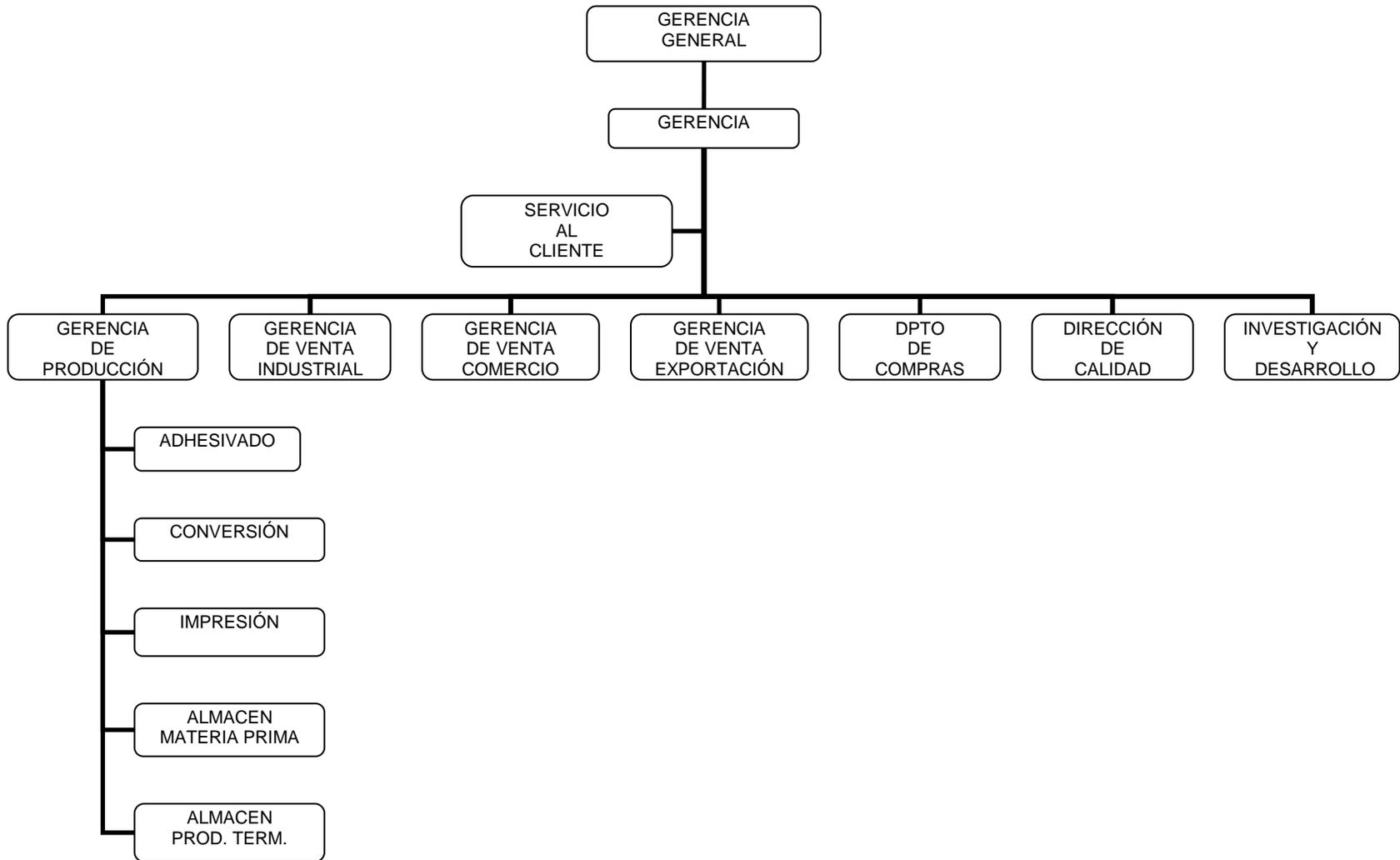
Fabricar y comercializar cintas adhesivas de excelente calidad, elaboradas mediante procesos que utilizan la tecnología más efectiva.

Contamos con un equipo humano altamente capacitado y comprometido con los valores de la empresa, para cumplir con las expectativas de nuestros clientes, accionistas, empleados y comunidad.

1.4 VISIÓN

Ser la primera compañía en ventas de cintas adhesivas en los mercados de Colombia, Comunidad Andina de Naciones (CAN), Centroamérica y el Caribe, mediante el manejo de un portafolio de productos adecuados a estos mercados y ofreciendo a nuestros clientes un valor agregado en los campos de producción, mercadeo, ventas y capacitación para lograr los márgenes de utilidad que satisfagan los objetivos de la compañía.

1.5 ORGANIGRAMA



1.6 DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN

El departamento de producción de Cellux Colombiana S.A. es el encargado de las funciones de planeación anual de la producción, programación mensual de los trabajos de las áreas del proceso productivo y elaboración de las órdenes de trabajo con la ayuda del software Visual Manufacturing.

1.6.1 Organización. El departamento de producción está formado de la siguiente manera:

- Gerente de Producción
- Jefe de adhesivado
- Jefe de Conversión
- Jefe de Impresión
- Jefe de Almacén
- Jefe de despacho

1.6.2 Áreas. El proceso del departamento de Producción está conformado por tres áreas o etapas secuenciales.

1.6.2.1 Adhesivado. Es el proceso inicial en el cual se le aplica adhesivo a las bobinas de polietileno, polipropileno y papel crepé. Este proceso tiene dos variaciones:

- **Adhesivado Convencional.** Consiste e adhesivar las películas de papel crepé y polietileno o polipropileno monotratado para obtener una bobina adhesivada por una cara para cintas sin impresión o impresas con tratamiento corona (en el caso de polietileno y polipropileno).
- **Adhesivado para Fácil Impresión.** La película de polietileno o polipropileno nitrada es adhesivada por la cara de mayor tratamiento y por la otra es sometida a un proceso de releasado, el cual consiste en adicionar una solución especial que prepara este lado de la bobina adhesivada para el proceso de Fácil Impresión.

Las bobinas adhesivadas obtenida en este proceso constituyen la materia prima del proceso de Conversión o Corte.

1.6.2.2 Conversión o Corte. En este proceso se transforma la bobina adhesivada de distintos materiales en rollos más pequeños en ancho y largo para obtener cintas adhesivas sin impresión y quesos.

Las cintas que no van a ser impresas son empacadas y pasan al Almacén de Productos Terminados.

Los quesos o bobinas para marcar son rollos de polipropileno cortados con un largo comprendido entre 500 y 1500 metros y un ancho de 96 a 300 milímetros, utilizados para imprimir los diferentes pedidos según los requerimientos del cliente.

Además de la bobina adhesivada que constituye la materia prima del proceso de Conversión, éste requiere de los siguientes insumos:

- Tucos o Taras. Son rollos de cartón con una longitud de 72 centímetros y un diámetro que oscila entre 1 y 3 pulgadas que son cortados para obtener los anillos en los que se enrolla la cinta adhesiva. En el centro tiene un papel bond impreso con el logotipo de las marcas.
- Cajas de cartón. Utilizadas para el embalaje de los productos terminados empacados en el área de Conversión.
- Material de Empaque. Películas de polietileno, polipropileno y PVC utilizadas para el empaque de los rollos de cinta adhesiva.
- Polipropileno (separadores).
- Cintillo. Cinta de papel bond colocada al final del rollo de cinta adhesiva que permite un fácil desprendimiento inicial de ésta y que además le garantiza al cliente que el rollo contiene el metraje indicado.

La infraestructura necesaria para llevar a cabo el proceso de Conversión es:

- Maquinaria. Compuesta por siete (7) cortadoras, cuatro (4) empacadoras, cuatro (4) rebobinadoras y tres (3) cortatucos.

- Sistemas. Computadores, servidor, Software Visual Manufacturing.
- Equipos de soporte: vehículos, montacargas, pallets y herramientas para mantenimiento.
- Instalaciones amplias y adecuadas para producción y almacenamiento de productos en proceso.

1.6.2.3 Impresión. Es un proceso opcional que consiste en fijar textos y/o logotipos que los clientes solicitan en las cintas adhesivas.

Este proceso tiene dos variaciones:

- **Impresiones por el reverso.** La cinta es impresa por el lado del adhesivo. Generalmente se da para impresiones pequeñas.
- **Impresiones por el anverso.** La cinta es impresa por el lado de la película que no está adhesivado. Puede ser:
 - Por tratamiento. Una vez la impresa la cinta es sometida a un proceso de *releasado* que permite que la tinta se fije en la película y no se retire cuando el usuario la desenvuelva.
 - Fácil Impresión. No requiere releasado posterior a la impresión ya que la tinta contiene una solución especial que se funde con la misma solución presente en la capa de *release* previamente realizada en Adhesivado, lo que permite una adherencia de dicha tinta.

1.7 PRINCIPALES PRODUCTOS

Con un gran número de referencias en cintas adhesivas y soluciones prácticas para cualquier necesidad, Cellux Colombiana S.A. ofrece una amplia gama de cintas, logrando con su avanzada tecnología, un producto para cada aplicación.

1.7.1 Cintas para hogar, escuela y oficina. Como su nombre lo indica, esta familia soluciona necesidades en el hogar, el colegio y la oficina, entre éstas se encuentran:

1.7.1.1 C-460 Cinta Transfer. Útil para adhesivar superficies de materiales como ABS, acetatos, aluminio, papel, cemento, cerámica, caucho sintético y plástico. Tiene la propiedad de resistir altas temperaturas.

1.7.1.2 C-700 | C-701. Cintas de polipropileno biorientadas en colores transparente y habano utilizadas en empaque liviano. Éstas pueden ser impresas según las necesidades del cliente.

1.7.1.3 C-702 | C-703 |C-704. Cintas de polipropileno transparente, habano y blanco respectivamente desarrolladas para empaque multipropósito utilizando dispensadores o máquinas.

1.7.1.4 C-566 Multipropósito. Cinta de enmascarar de gran resistencia a la humedad, solventes y aceites. Permite una alta adhesión en superficies rugosas. Está diseñada para proteger en pinturas vinílicas y acrílicas, aplicadas con brochas o sopletes.

1.7.1.5 C-810 Aislante de Bajo Voltaje. Cinta en PVC recomendada para aislamiento eléctrico para cables de baja tensión. Ideal para uso externo. Tiene variedad de colores para la identificación de líneas eléctricas según normas de seguridad.

1.7.1.6 C-563. Cinta de enmascarar para uso doméstico. Ideal para trabajar en el hogar y colegio porque permite rotular, proteger e identificar superficies como vidrio, papel, cartón y plástico.

1.7.1.7 C-101 | C-102. Cintas para la oficina de colores transparente y amarillo oro respectivamente, útiles para sellado liviano. Por su tecnología de fabricación permiten un fácil corte.

1.7.1.8 C-900 Cinta Invisible. Es una cinta invisible con acabado mate, utilizada en la reparación de cheques, billetes, objetos valores y fotocopiado.

1.7.1.9 C-225 Rebordeadora de planos. Posee una película de PVC rígida recubierta con un adhesivo blanco. Es resistente a la humedad, solventes, ácidos y bases. Tiene gran aplicación en sector de diseño, ingeniería y arquitectura.

1.7.2 Cintas para enmascarar. En este grupo se encuentran cintas de papel crepé impermeabilizado útiles en el hogar y en la industria en general.

1.7.2.1 C-560. Cinta de enmascarar de rotulación. Cinta de alta adhesión a superficies como metal, vidrio, caucho y plástico. Es ideal para rotular y demarcar muestras, numeración de referencias y stock. Fácil remoción.

1.7.2.2 C-563. ...Véase en el numeral 1.7.1.6...

1.7.2.3 C-566. Multipropósito. ... Véase en el numeral 1.7.1.4...

1.7.2.4 C-573. Cinta de enmascarar de alta resistencia al calor. Ideal para la industria automotriz y del mueble, así como para la marcación de control de fábricas, laboratorios médicos y químicos.

1.7.2.5 C-583. Masking Professional. Cinta de enmascarar con alta resistencia a la rotura y a la humedad, solventes y aceites Diseñada para pinturas al horno, por su gran resistencia a las altas temperaturas.

1.7.3 Cintas de empaque. Cellux ha diseñado un paquete integral de cintas para empaque y embalaje, que le permite al usuario encontrar un producto adecuado a las necesidades de su empresa e industria, alcanzando un precio, un producto y una tecnología desarrollada para cubrir cualquier necesidad específica.

1.7.3.1 C-700 | C-701. ... Véase en el numeral 1.7.1.2...

1.7.3.2 C-790. Cinta de polietileno transparente útil en procesos de empaque y embalaje expuestos a constantes cambios de condiciones ambientales. Tiene buena adhesión en plásticos, bolsas y cajas corrugadas.

1.7.3.3 C-702 | C-703 |C-704. ... Véase en el numeral 1.7.1.3...

1.7.3.4 C-722. Cinta BOPP. Cinta utilizada para empaque industrial. Diseñada para soportar pesos de 35 Kg. en promedio. Muy utilizada en la industria alimenticia y farmacéutica.

1.7.3.5 C-712 | C-713 | C-714. Cintas para empaque de alta adhesión aplicadas a usos industriales como selladoras de cajas corrugadas con aplicadores manuales o máquinas automáticas.

1.7.3.6 C-300. Cinta removible, reposicionable, con recubrimiento de adhesivo acrílico base agua. Es utilizada para proteger superficies y sostener objetos. Se recomienda en empaques promocionales, empaques con contacto indirecto con alimentos, laminar o proteger vidrios.

1.7.4 Cintas para refrigeración. Son cintas resistentes al agua y a la humedad, ideales para ductos de aire acondicionado, sistemas de refrigeración y calefacción.

1.7.4.1 C-386 Duct Tape. Cinta diseñada para trabajos de refrigeración en general.

1.7.4.2 C-387 Foil de aluminio reforzado. Cinta diseñada para ductos de aire acondicionado, sistemas de refrigeración, sistemas de calefacción y calentamiento de fluidos industriales.

1.7.5 Cinta Aislante.

1.7.5.1 C-810 Aislante de Bajo Voltaje. ... Véase en el numeral 1.7.1.5...

1.7.6 Cintas especiales.

1.7.6.1 C-460 Cinta Transfer. ... Véase en el numeral 1.7.1.1...

1.7.6.2 C-566 Enmascarar Multipropósito. ... Véase en el numeral 1.7.1.4...

1.7.6.3 C-386 Duct Tape. ...Véase en el numeral 1.7.4.1...

1.7.6.4 C-791. Cinta de polietileno para invernaderos. Ideal en la industria agrícola y plástica. Puede ser aplicada con dispensador o manualmente.

1.7.6.5 C-407 Tejido no Tejido. Cinta para empalmes en la industria textil, papelera, de electrodomésticos, zapatería y automotriz. Resiste altas temperaturas y puede adaptarse a superficies ásperas o regulares.

1.7.6.6 C-400. Cinta doble faz en PVC blanco, usada en la industria automotriz, fotográfica, litográfica y para el cierre de bolsas.

1.7.6.7 C-476 | 477 | 478 Espumas negras. Cintas para aplicaciones automotrices tales como: montaje de marcas, biseles, emblemas y accesorios. Útiles en la industria del vidrio. Tiene alta fijación exterior.

1.7.6.8 C-483 | C-484 | 486 Cintas de espuma doble faz útiles en el montaje y unión de marquillas, biseles, emblemas, reflectores y accesorios; y en la fijación de artículos de metal, plástico y vidrio.

1.7.6.9 C-900 Cinta Invisible. ...Véase en el numeral 1.7.1.8...

1.7.6.10 C-420 Duplo Print. Cinta utilizada para el montaje de cireles o fotopolímeros en la industria flexográfica.

1.7.6.11 C-300. ...Véase en el numeral 1.7.3.6...

1.8 PRINCIPALES MERCADOS

Cellux Colombiana S.A. comercializa sus productos en el mercado nacional e internacional.

1.8.1 Mercado nacional. En el mercado interno Cellux Colombiana S.A. se dirige principalmente a los sectores comercial e industrial. El primero lo constituyen empresas que compran el producto terminado para comercializarlo, tales como almacenes de depósito, ferreterías, papelería y cacharrerías.

En el sector industrial se encuentran las empresas que compran cintas adhesivas para uso en su proceso productivo. En este segmento la línea de empaque es la de mayor consumo, aunque también se ofrecen soluciones a los sectores automotriz, de refrigeración, petroquímico, litográfico, construcción, textil, flexográfico, entre otros.

1.8.2 Mercado internacional. Cellux Colombiana S.A. exporta cintas adhesivas y bobinas adhesivadas, las cintas adhesivas son exportadas a los mercados de Venezuela, Perú, Ecuador, Uruguay, Panamá, Aruba, Curazao y El Salvador.

Por otro lado, las bobinas adhesivadas de cintas de enmascarar y empaque son vendidas a las empresas filiales en Costa Rica y Venezuela. Estas se encargan de transformarlas en cintas adhesivas que son comercializadas en los mercados internos de dichos países y Centroamérica.

2. MÁQUINAS DEL ÁREA DE CONVERSIÓN DE LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.

El área de Conversión de Cellux Colombiana S.A. cuenta con 18 máquinas, entre las que se encuentran:

- Siete (7) cortadoras (ver Cuadro 1).
- Cuatro (4) empacadoras. (ver Cuadro 2).
- Cuatro (4) rebobinadoras. (ver Cuadro 3)
- Tres (3) cortatucos. (ver Cuadro 4).

En la actualidad estas máquinas no cuentan con registros técnicos. Sólo seis (6) de las dieciocho (18) máquinas tienen placas con información técnica. No existen catálogos o manuales de las máquinas.

Las hojas de vida de las máquinas no se encuentran actualizadas, lo que dificulta hacer un análisis de fallas basado en datos históricos y la toma de decisiones de reparaciones, mejoras y modificaciones.

Los técnicos de mantenimiento manejan una bitácora, que es un libro donde se registran únicamente las actividades de mantenimiento que éstos realizan diariamente a las máquinas como un control de tareas mas no como un historial de la misma.

En el Cuadro 5 se muestra el resultado del inventario realizado a las máquinas del área de Conversión, en este se evidencia la ausencia de registros técnicos

Cuadro 1. Máquinas cortadoras del área de Conversión.

MÁQUINA	FUNCIÓN	SISTEMAS	PARTES	OBSERVACIONES
M-3000	Cortar la bobina adhesivada y embobinarla en rollos de cinta de 3 pulgadas de diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Hidráulico •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Portabobinas •Cuerpo •Cargador de tucos •Panel de control 	
M-2500	Cortar la bobina adhesivada y embobinarla en rollos de cinta de 1 pulgada de diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Hidráulico •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Portabobinas •Cuerpo •Cargador de tucos •Panel de control 	Es un modelo actualizado de la M-3000. La diferencia radica en las mejoras realizadas tales como sensor de proximidad en el cuerpo de la máquina, cabina antisonora en el portabobinas y cargador de tucos automático.
TG 410	Cortar la bobina de polipropileno adhesivada en quesos o rollos de cinta que pasan al proceso de impresión y miden de 500 a 1500 mt.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Hidráulico •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Portabobinas •Cuerpo •Cargador de tucos •Panel de control 	Tiene una cabina antisonora en el portabobinas.
TS 200	Cortar especialmente bobinas adhesivadas de polipropileno y papel crepé en rollos de cinta adhesiva de diferentes diámetros.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Hidráulico •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Portabobinas •Cuerpo •Cargador de tucos •Panel de control 	Posee un sensor de proximidad en el cuerpo de la máquina.

MÁQUINA	FUNCIÓN	SISTEMAS	PARTES	OBSERVACIONES
ARROW	Cortar especialmente bobinas adhesivadas de papel crepé en rollos de cinta adhesiva de diferentes diámetros.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Hidráulico •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Portabobinas •Cuerpo •Cargador de tucos •Panel de control 	<p>Es la máquina más antigua del grupo de las cortadoras.</p> <p>El cargador de tucos es manual.</p>
LONG ROLL	Cortar la bobina adhesivada en <i>long roll</i> (rollos largos) que posteriormente son cortados en el Torno 2 en cintas adhesivas de la línea de especiales, en diámetros de 1 y 3 cm.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Portabobinas •Cuerpo •Panel de control 	Esta cortadora procesa las líneas cuyos materiales son espumas y aislantes.
TORNO 2	Cortar el <i>long roll</i> en rollos de cinta de la línea de especiales (espumas y aislante)	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Hidráulico •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Carro de traslación del long roll •Sistema de corte •Panel de control •Banda transportadora 	

Cuadro 2. Máquinas empacadoras del área de Conversión.

MÁQUINA	FUNCIÓN	SISTEMAS	PARTES	OBSERVACIONES
Mimi	Empacar en plástico (polietileno) rollos de cinta en forma individual.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Estructura única (bastidor) •Panel de control •Bandeja para la salida del producto 	
Berreti	Empacar en plástico (polietileno) rollos de cinta en presentaciones de 6 unidades.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Estructura única (bastidor) •Banda transportadora •Panel de control 	Posee un sistema de sensores de carga en la banda de alimentación del producto.
Iman Pack	Empacar en plástico (BOPP) rollos de cinta de 1 y 3 pulgadas de diámetro en forma individual.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Banda transportadora •Cuerpo •Banda de salida del producto •Panel de control eléctrico y de temperatura 	
Blister	Empacar rollos de cinta en empaque blister (PVC).	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Bandejas laterales de alimentación del producto •Cuerpo •Panel de control eléctrico y de temperatura 	

Cuadro 3. Máquinas rebobinadoras del área de Conversión.

MÁQUINA	FUNCIÓN	SISTEMAS	PARTES	OBSERVACIONES
Rebobinadora 1	Embobinar y cortar rollos de cinta adhesiva de 1 y 3 pulgadas de diámetro.	<ul style="list-style-type: none">•Mecánico•Eléctrico	<ul style="list-style-type: none">•Cuerpo (contiene todos los componentes de la máquina)•Panel de control	
Rebobinadora 2	Embobinar rollos de cinta adhesiva tipo B (rollos que presentan algún tipo de defecto que se puede corregir)	<ul style="list-style-type: none">•Mecánico•Eléctrico	<ul style="list-style-type: none">•Cuerpo (contiene todos los componentes de la máquina)•Panel de control	
Rebobinadora 3	Embobinar y cortar rollos de cinta adhesiva de 1 y 3 pulgadas de diámetro.	<ul style="list-style-type: none">•Mecánico•Eléctrico	<ul style="list-style-type: none">•Cuerpo (contiene todos los componentes de la máquina)•Panel de control	
Rebobinadora 4	Embobinar y cortar rollos de cinta adhesiva de 1 y 3 pulgadas de diámetro.	<ul style="list-style-type: none">•Mecánico•Eléctrico	<ul style="list-style-type: none">•Cuerpo (contiene todos los componentes de la máquina)•Panel de control	

Cuadro 4. Máquinas cortatucos del área de Conversión.

MÁQUINA	FUNCIÓN	SISTEMAS	PARTES	OBSERVACIONES
Cortatucos 1	Cortar tucos de 1 pulgada de diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Cuerpo •Panel de control 	
Cortatucos 2	Cortar tucos de 3 pulgada de diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Cuerpo •Panel de control 	
Cortatucos 3	Cortar tucos de 3 pulgada de diámetro.	<ul style="list-style-type: none"> •Mecánico •Neumático •Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> •Cuerpo •Panel de control 	

Cuadro 5. Inventario de máquinas del área de Conversión.

CANT.	MÁQUINA	MODELO	FABRICANTE	AÑO	VOLTAJE
	Cortadoras				
1	M-3000	M-3000	F. LLI Mandotti-v	1994	220, 3PH
1	M-2500	M-2500. 1. 1650. 80	F. LLI Mandotti-v	1997	220, 3PH
1	TG 410	410/1500	GHEZZI & ANNONI Srl.	1992	460, 3PH
1	TS 200	-	-	-	220, 3PH
1	Arrow	-	-	-	220, 3PH
1	Long Roll	-	-	-	220, 3PH
1	Torno	-	-	-	220, 3PH
	Empacadoras				
1	Mimi	Roll 25	-	2001	220, 3PH
1	Berreti	TR 630	-	1996	220, 3PH
1	Iman Pack	-	-	-	220, 3PH
1	Blister	-	K. L. & LING International Inc.	-	220, 3PH
	Cortatucos				
1	Cortatucos 1	-	-	-	220, 3PH
1	Cortatucos 2	-	-	-	220, 3PH
1	Cortatucos 3	-	-	-	220, 3PH
	Rebobinadoras				
1	Rebobinadora 1	-	-	-	220, 3PH
1	Rebobinadora 2	-	-	-	220, 3PH
1	Rebobinadora 3	-	-	-	220, 3PH
1	Rebobinadora 4	-	-	-	220, 3PH

3. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL DE LA ADMINISTRACIÓN Y EJECUCIÓN DEL MANTENIMIENTO EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.

La administración del mantenimiento en Cellux Colombiana S.A. es responsabilidad de cada uno de los jefes de área, con el apoyo del Gerente de Producción.

No existe un departamento de mantenimiento formalmente definido ni un Jefe de Mantenimiento. Los trabajos correctivos y preventivos son ejecutados por dos mecánicos y un electricista; quienes están vinculados directamente a la empresa con un contrato a término indefinido. Estos técnicos son programados para prestar el servicio de mantenimiento en cada una de las áreas del departamento de producción con la participación de contratistas externos, cuando los trabajos lo requieren.

La ejecución de los trabajos de mantenimiento es responsabilidad exclusiva de los técnicos encargados, pues los operadores no están capacitados para llevar a cabo actividades de lubricación y reparaciones menores (sustitución simple de piezas y reparaciones temporales), según lo muestran sus hojas de vida e información suministrada por ellos mismos. La limpieza diaria de las máquinas es responsabilidad del operario.

Actualmente el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A. tiene un programa de mantenimiento preventivo periódico que incluye las actividades de revisión, limpieza y lubricación de los diferentes componentes de las máquinas (Ver anexo A).

Las actividades periódicas de mantenimiento preventivo son programadas con base en los resultados de un estudio realizado en el año 2001, que determinó la periodicidad del mantenimiento (mensual, trimestral, semestral o anual) a partir de los requerimientos de las máquinas y la estimación del período en que se cumplen las horas de operación para las que se requieren mantenimiento. En el Cuadro 6 se muestra el formato del programa de mantenimiento preventivo utilizado en el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A. desde la implementación del programa hasta la fecha.

Cuadro 6. Formato del programa de mantenimiento preventivo del área de conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A.

Ver archivo Excel CUADROS

El formato del Programa de Mantenimiento Preventivo presenta la siguiente estructura:

- Columna 1. Contiene la enumeración de las actividades de mantenimiento a realizar.
- Columna 2. Listado de cada una de las máquinas del área de Conversión con sus respectivas partes.
- Columna 3. Frecuencia con la que se debe realizar las actividades de revisión, limpieza y lubricación a cada una de las partes de la máquina.
- Columna 4. Lubricante a utilizar en el caso que se requiera.
- Columna 5. Horas efectivas de funcionamiento de la máquina para la realización del mantenimiento.
- Las columnas siguientes están constituidas por los meses del año, divididas en cuatro casillas que representan las semanas de cada mes; éstas se utilizan para que los técnicos de mantenimiento indiquen la realización de los trabajos marcando con una X. Al lado de estas casillas se encuentra el espacio para el visto bueno del jefe de conversión que indica la recepción a conformidad del trabajo de mantenimiento realizado.

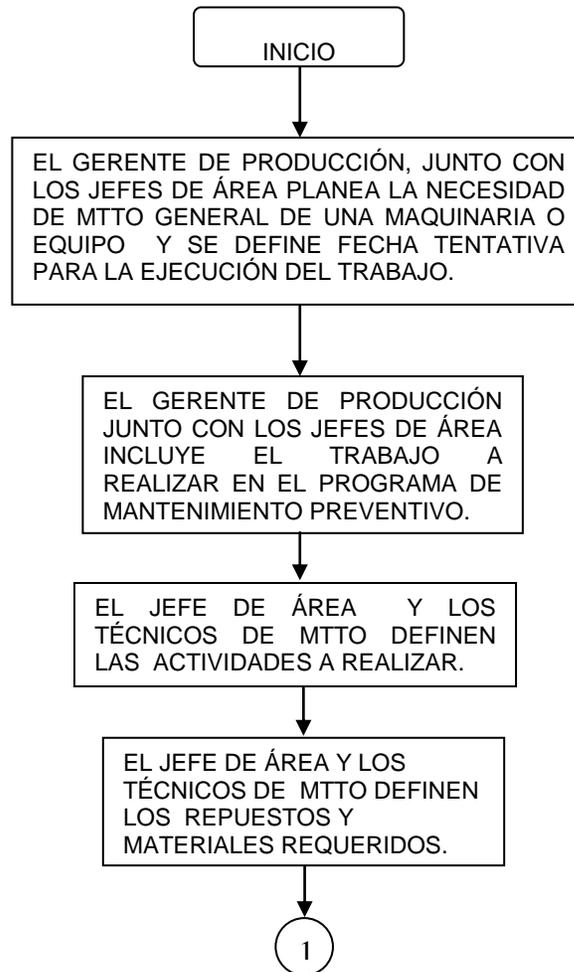
La programación de los trabajos de mantenimiento no se realiza en fechas calendario definidas, ni considera el cumplimiento de las horas efectivas de operación de las máquinas al no contar con horómetros que lo indiquen. Esto resulta inconveniente en la medida en que los tiempos de operación de las máquinas en cada período sean variables, ya que se generan excesos o defectos en la cantidad de mantenimiento, lo que a su vez produce sobrecostos por mantenimientos innecesarios o por fallas inesperadas en las máquinas.

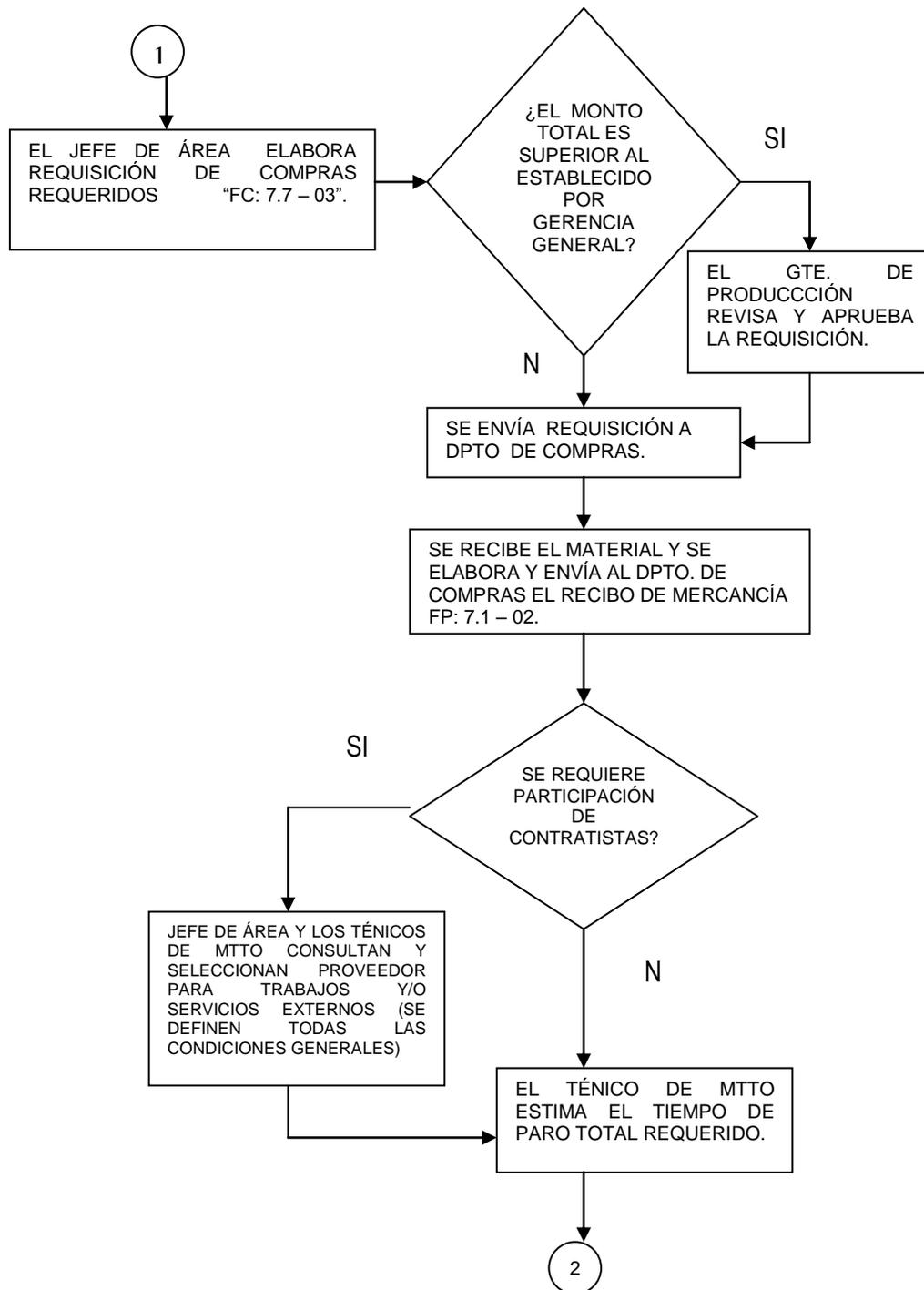
3.1 MANTENIMIENTO PREVENTIVO

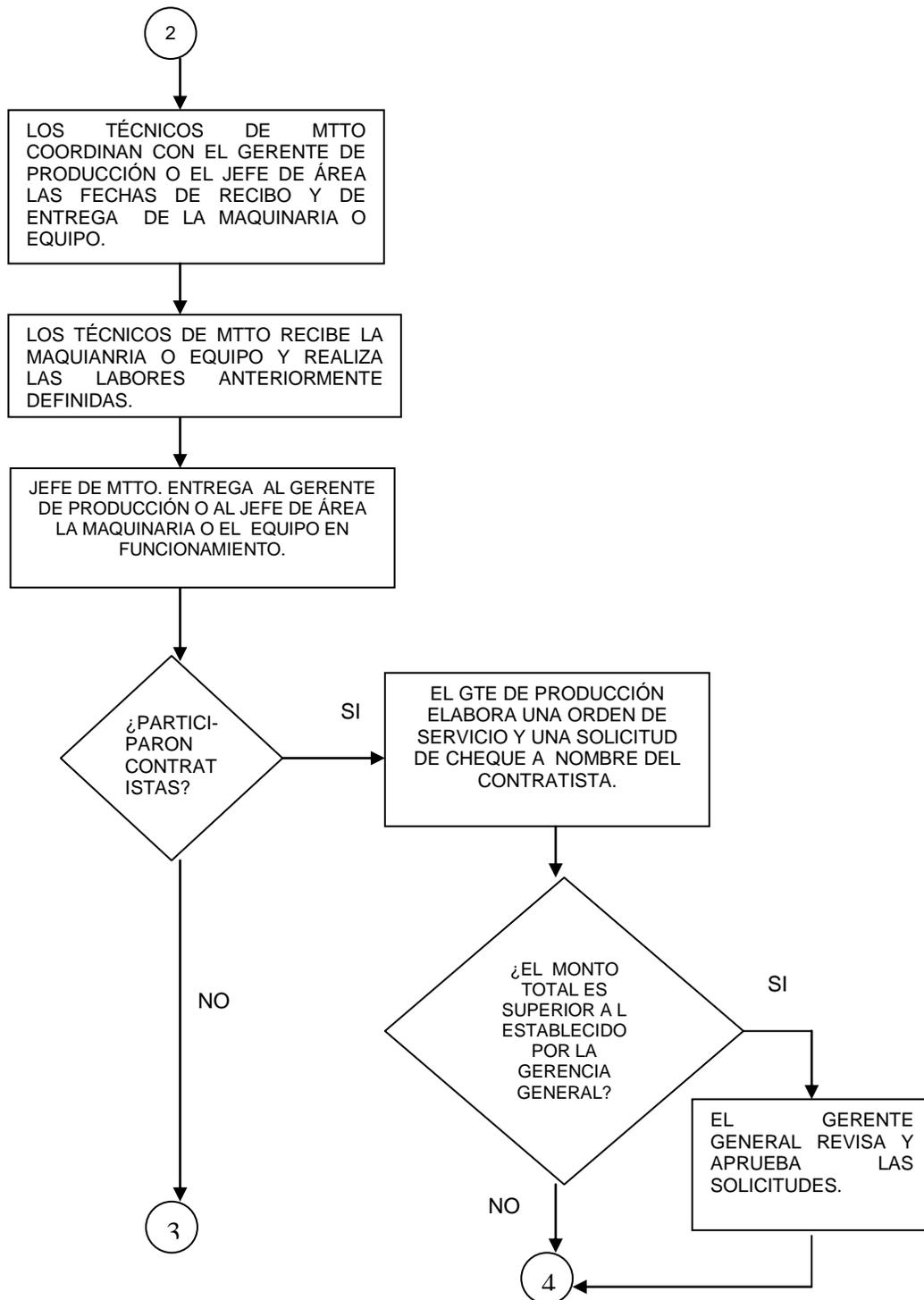
Cellux Colombiana S.A. define mantenimiento preventivo en su Sistema de Gestión de la Calidad como la “actividad o grupo de actividades que se programan y realizan a un equipo de proceso, de servicio, de infraestructura física o cualquier otro activo fijo de la compañía, con el propósito de anticiparse a una posible falla en el mismo y evitar paros forzados y atrasos de producción. Cuando estas fallas se preven en un repuesto específico, generalmente se hace con base en el tiempo de vida útil estimado para este, mediante la confirmación visual de un estado de deterioro considerable, o la conveniencia de una modificación al equipo o instalación”.

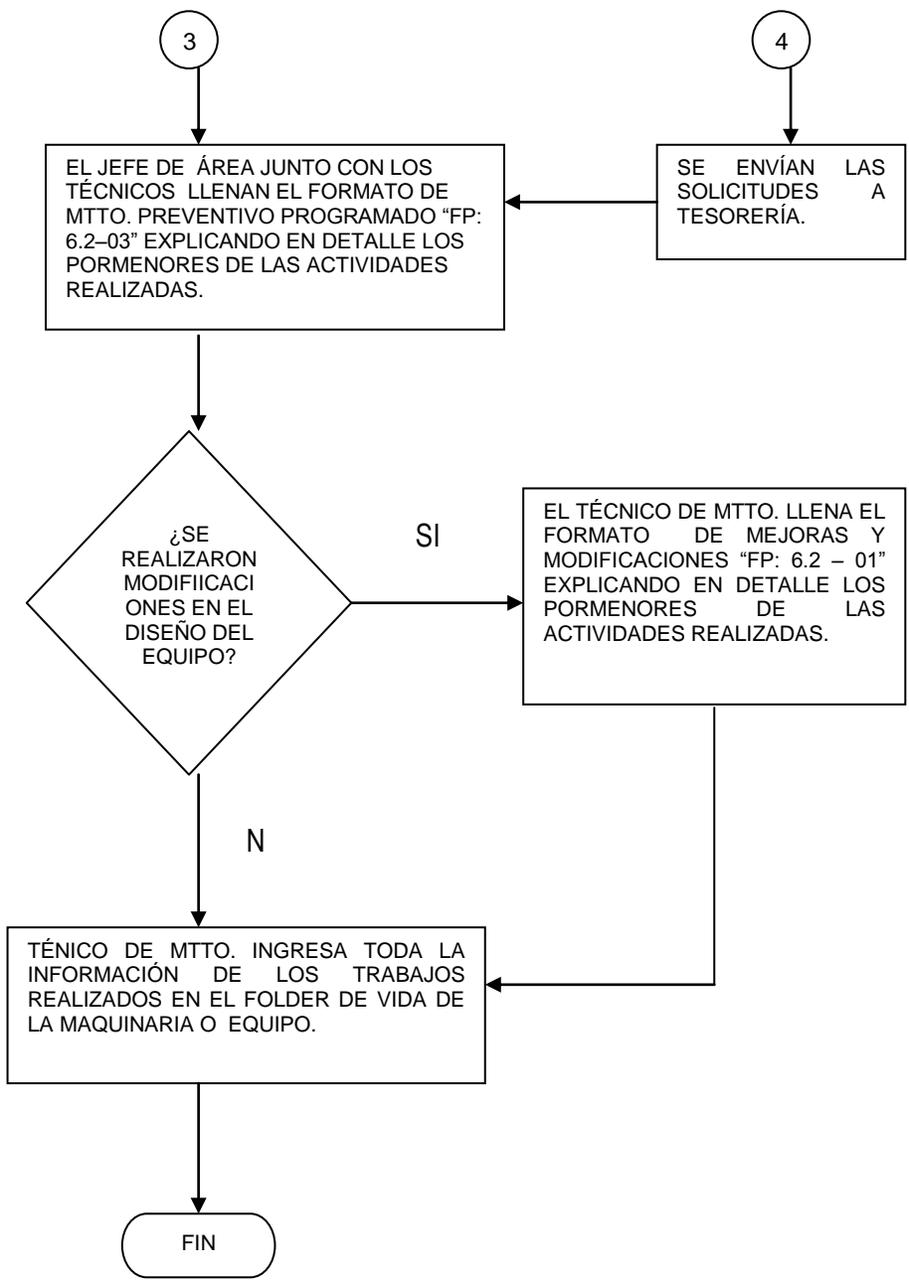
En la Figura 1 se muestra la descripción del mantenimiento preventivo en el área de Conversión según la descripción de procesos del Sistema de Gestión de la Calidad.

Figura 1. Descripción del proceso de mantenimiento preventivo en el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A.









Del proceso descrito anteriormente se puede concluir:

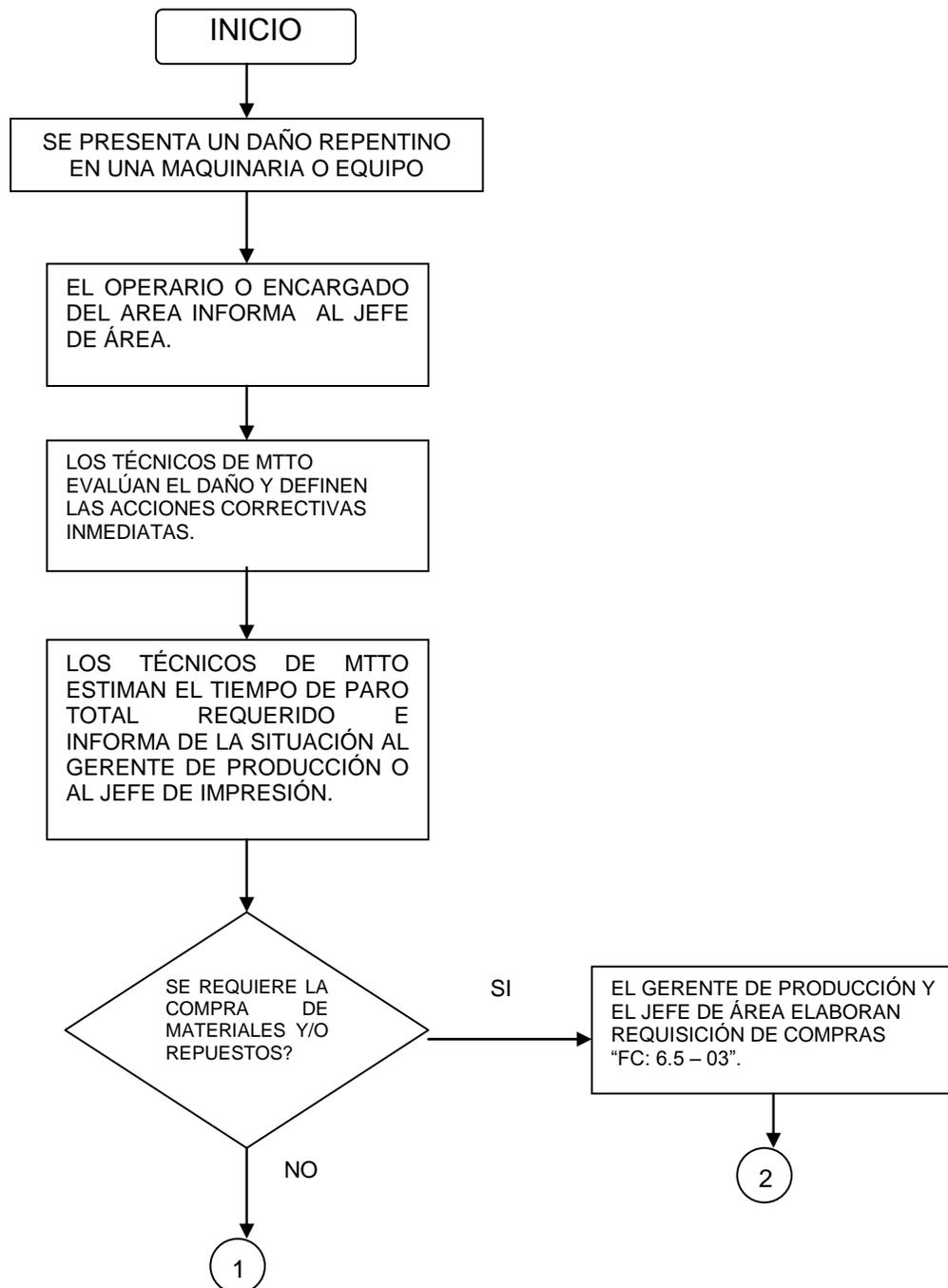
- No existe un líder o responsable directo de la planeación, programación y control del mantenimiento ante la inexistencia del cargo Ingeniero o Jefe de Mantenimiento. Esta función la cumple el gerente de producción, quien no cuenta con el tiempo, las capacidades ni la experiencia requerida para cumplir eficientemente esta labor.
- La actividad de la descripción del proceso de mantenimiento preventivo que indica que los jefes de área en conjunto con el gerente de producción incluyen en el programa de mantenimiento preventivo actividades que respondan a las necesidades detectadas no se cumple en la realidad, ya que el formato de este programa presenta la misma estructura desde su diseño inicial en el año 2001; es decir, no ha sido mejorado o modificado, lo que hace que el programa de mantenimiento sea rígido al no adaptarse al surgimiento de nuevas necesidades de mantenimiento de las máquinas según el uso y el tiempo.
- La planeación de repuestos, mano de obra, y tiempo necesario para los trabajos de mantenimiento se realizan de una manera informal, es decir, no existen órdenes de trabajo que soporten dicha planeación.
- Una vez finalizan los trabajos de mantenimiento, los jefes de área y técnicos de mantenimiento deben diligenciar los formatos de MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO y MEJORAS Y MODIFICACIONES para anexarlos al fólder de vida de la máquina. En la realidad esto no se lleva a cabo, lo que se evidencia en el hecho de que las hojas de vida de las máquinas se encuentran desactualizadas.

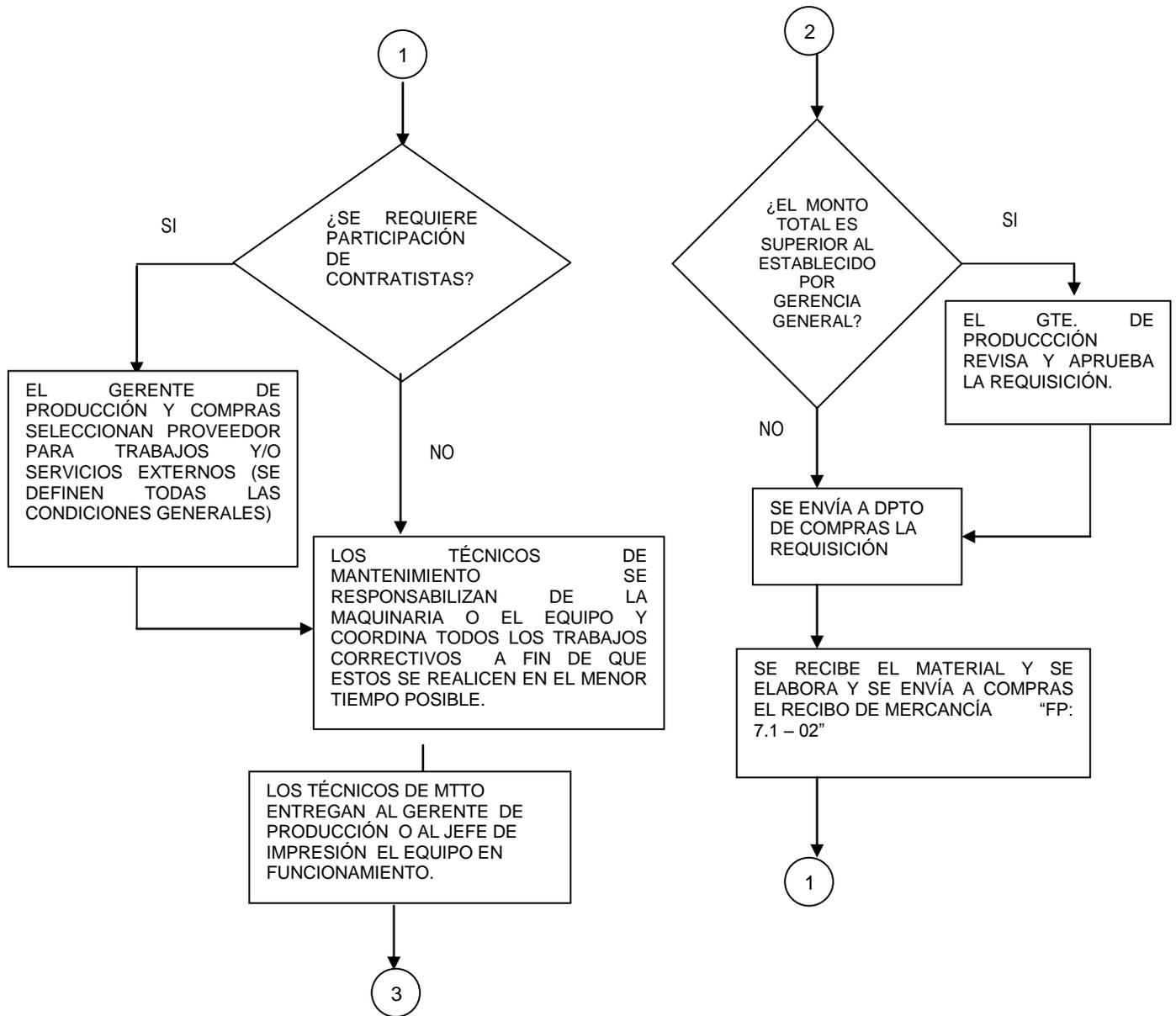
3.2 MANTENIMIENTO CORRECTIVO

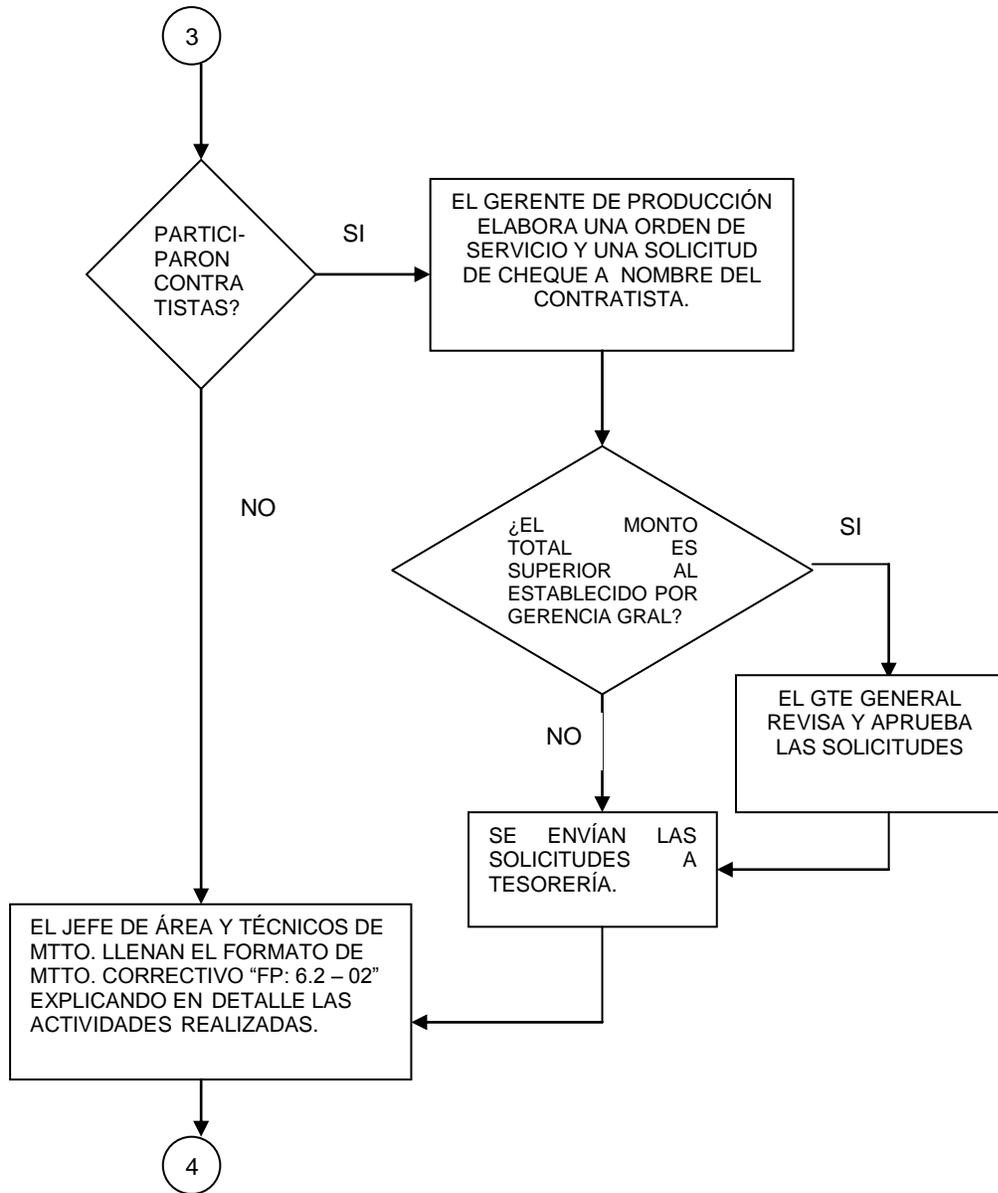
El Sistema de Gestión de la Calidad define mantenimiento correctivo como la “actividad o grupo de actividades que se realizan a un equipo de proceso, de servicio, de infraestructura física o cualquier otro activo fijo de la compañía, cuando se presenta un daño repentino que impide que este siga prestando su servicio conforme a sus condiciones de operación normales. Este tipo de fallas genera siempre un paro forzado y por consiguiente una interrupción del proceso involucrado”.

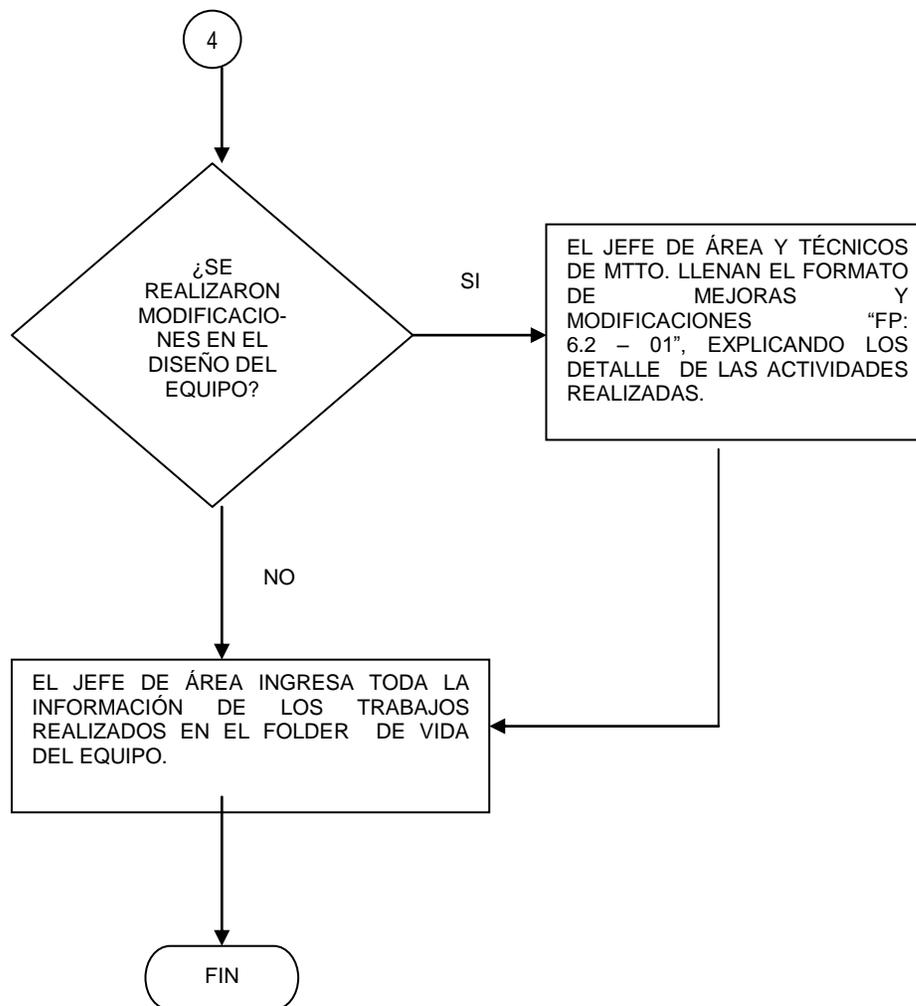
En la Figura 2 se muestra la descripción del proceso de mantenimiento correctivo en el área de Conversión según el Sistema de Gestión de la Calidad.

Figura 2. Descripción del proceso de mantenimiento correctivo en el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A.









Del proceso de mantenimiento correctivo descrito anteriormente se puede concluir:

- No se manejan solicitudes formales de servicio de mantenimiento ni órdenes de trabajo, lo que impide la planeación y control de los materiales, mano de obra y tiempo implicados en los trabajos de mantenimiento correctivo, así como el costeo exacto del mantenimiento.
- La evaluación de los daños, la estimación del tiempo de paro total y la coordinación de los trabajos correctivos son realizados por los técnicos de

mantenimiento y no por una persona de jerarquía con el debido conocimiento y experiencia en el campo del mantenimiento.

- En este proceso no se evidencia la elaboración de los debidos contratos de prestación de servicio con los contratistas.
- Aunque en los trabajos de mantenimiento participen contratistas, la responsabilidad de dichos trabajos recae siempre en los técnicos de mantenimiento.
- El diligenciamiento de los formatos de MANTENIMIENTO CORRECTIVO y MEJORAS Y MODIFICACIONES que conforman el historial de las máquinas, no se cumple, ya que estas se encuentran desactualizadas.

3.3 INDICADORES DE MANTENIMIENTO

En la actualidad en el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A. se maneja un (1) indicador de mantenimiento con el objetivo de medir el grado de cumplimiento del Programa de Mantenimiento Preventivo.

3.3.1 Índice de cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo. Muestra el porcentaje de actividades de mantenimiento preventivo realizadas con respecto a las estipuladas en el Programa de Mantenimiento Preventivo.

$$\text{Índice de mttto preventivo} = \frac{\text{Actividades de mttto preventivo ejecutadas}}{\text{Actividades de mttto preventivo programadas}} * 100\%$$

La meta de este indicador es 100%.

Lo ideal es que este indicador no se calcule con base en las operaciones de mantenimiento preventivo, sino en las órdenes de trabajo, ya que estas son los documentos que planean y soportan las diferentes actividades de mantenimiento.

3.4 HOJAS DE VIDA Y HOJAS TÉCNICAS DE LAS MÁQUINAS

Una vez se ha realizado mantenimiento preventivo o correctivo a las máquinas del área de Conversión se deben diligenciar los formatos MANTENIMIENTO PREVENTIVO, MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y MEJORAS Y MODIFICACIONES. Dichos formatos constituyen el historial de cada una de las máquinas (Ver anexos B, C y D). A pesar de esto, como se mencionó en el Capítulo 2 (Máquinas del área de Conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A.), las hojas de vida de las máquinas se encuentran desactualizadas, lo que limita considerablemente llevar a cabo análisis históricos de fallas, tomar decisiones de reparaciones, mejoras o modificaciones preventivas y realizar evaluaciones y mejoras al Programa de Mantenimiento Preventivo. Lo anterior manifiesta una gran debilidad en la administración del mantenimiento.

Por otro lado, las máquinas del área de Conversión no cuentan con registros técnicos confiables, en algunos casos debido a la antigüedad de algunas de ellas y en otros, debido a las adaptaciones que se les han realizado. Sólo seis (6) de las dieciocho (18) máquinas tienen placas con información técnica y además no existen catálogos o manuales de las máquinas. Lo anterior genera un desconocimiento de las condiciones operativas de las máquinas, lo que impide operarlas correctamente y ejercer un monitoreo y control constante para detectar cualquier anomalía. De esta manera se aumenta la probabilidad de que existan condiciones de fabricación inestables y averías derivadas de esta situación.

3.5 ÓRDENES DE TRABAJO Y COSTEO DEL MANTENIMIENTO

En el área de Conversión no se utilizan solicitudes ni órdenes de trabajo para mantenimiento. Esto dificulta la planeación de las actividades de mantenimiento, el conocimiento y control de los costos, la visualización de la tendencia de las labores de mantenimiento y el control de estas labores.

Dado que no existen órdenes de trabajo, no es posible realizar un costeo exacto de los trabajos de mantenimiento realizados en el área de Conversión. El departamento de Contabilidad carga los costos de los repuestos de cada una de las máquinas como un costo indirecto de fabricación (CIF) y el salario de los técnicos de mantenimiento está incluido en la nómina de la empresa, siendo considerado como un costo directo.

4. ESTRATEGIAS PARA EL AUMENTO DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE PRODUCCIÓN-EGE

Uno de los objetivos de la aplicabilidad del Mantenimiento Productivo Total - TPM consiste en permitir que las empresas hagan uso intensivo de su maquinaria; combinando las mejores prácticas de la calidad total, el mantenimiento y la gestión de la producción, para lograr un nivel de productividad lo más alto posible. Este nivel de productividad se mide con un indicador llamado Eficiencia Global de Producción – EGP.

Una de las necesidades más importante de las empresas es el aumento de la productividad como mecanismo para aumentar la capacidad de fabricación y dar así respuesta oportuna a la demanda de sus productos.

El incremento de la productividad es también necesario como mecanismo de consecución de una tasa de rentabilidad más alta, o lo que es lo mismo, como medio para sacar un mayor beneficio de las inversiones realizadas.

En general la EGP es una medida total de la efectividad de las máquinas y el TPM busca maximizarla mediante dos tipos de actividad:

- Cuantitativa: aumentando la disponibilidad total de la máquina y mejorando su productividad dentro de un período de tiempo operativo.
- Cualitativa: reduciendo el número de productos defectuosos, estabilizando y mejorando la calidad.

Una de las metas del TPM es aumentar la eficacia de las máquinas de tal manera que cada parte de estos pueda ser manejada y mantenida en este nivel. La maquinaria debe funcionar estable bajo condiciones de averías y defectos cero. Es posible que sea difícil lograr averías y defectos cero, pero constituye un excelente principio creer que esto es posible.

4.1 SEIS GRANDES PÉRDIDAS QUE LIMITAN LA EFICACIA DEL EQUIPO

La medición de la Eficiencia Global de Producción permite conocer las posibilidades de mejora existentes, además de detallar y cuantificar la pérdida de productividad debida a causas conocidas como las 6 grandes pérdidas:

Tiempo perdido. (Disponibilidad)

- Pérdidas por averías o fallas de equipos.
- Pérdidas de preparación y ajustes.

Pérdida de velocidad. (Eficiencia)

- Inactividad y pérdidas por paradas menores.
- Pérdidas de velocidad reducida.

Defectos. (Calidad)

- Pérdidas de puesta en marcha.
- Defectos de calidad y repetición del trabajo.

4.1.1 Pérdidas por averías o fallas de equipos. Las averías de la maquinaria causan dentro del proceso productivo dos problemas básicamente: pérdidas de tiempo cuando la producción se detiene y por ende se reduce la productividad, y pérdidas causadas por productos defectuosos.

Hay pequeñas averías esporádicas o fallos repentinos que se resuelven sencillamente en pocas horas. A estas les corresponde un alto porcentaje de las pérdidas totales, por ello se debe invertir tiempo en buscar el modo de evitarlas, sin embargo, es demasiado difícil eliminarlas. De igual manera hay averías más serias que pueden interrumpir la producción más de un día.

Las averías menores crónicas o repetitivas son ignoradas a menudo o descuidadas después de fallar en reiterados intentos de corregirlas.

Para maximizar la eficacia del equipo, todas las averías deben reducirse a cero. Esto es posible sin realizar un gran esfuerzo o inversión, aunque al principio pueden ser necesarias algunas inversiones menores. No obstante, como se mencionó anteriormente, es necesario cambiar primero la creencia convencional del mantenimiento de que las averías son inevitables.

En las pérdidas de tiempo por averías y fallos de la maquinaria se debe incluir también el tiempo dedicado al mantenimiento, ya sea planeado o imprevisto:

- **Mantenimiento previsto:** Incluye las actividades diarias de TPM (rutinas de limpieza, inspección, cambios de montaje), tiempo planeado de mantenimiento y actividades periódicas del mantenimiento preventivo.
- **Mantenimiento imprevisto:** Incluye los trabajos requeridos por las interrupciones inesperadas que se presentan en el proceso a causa de fallas de la máquina o de diagnósticos por la aparición de señales anormales.

La pérdida de tiempo innecesario durante el mantenimiento planeado o imprevisto es muestra de un inadecuado programa de mantenimiento preventivo y de una planeación ineficiente de los procedimientos a seguir y la disposición de los recursos ante fallas inesperadas de la maquinaria.

4.1.2 Pérdidas por preparación y ajustes. Estas pérdidas se dan generalmente por el arranque de la maquinaria y los cambios de montaje requeridos en el proceso.

Cuando finaliza la producción de un determinado artículo y se le realizan cambios en el montaje a la máquina para atender los requerimientos de un nuevo producto, se producen pérdidas durante la preparación y ajustes al aparecer tiempos muertos y productos defectuosos como consecuencia de estos cambios.

4.1.3 Inactividad y pérdidas por paradas menores. Las paradas menores surgen cuando la producción se interrumpe por un mal funcionamiento temporal o cuando la máquina está inactiva. Se trata de pequeñas interrupciones, como son

complicaciones en la limpieza de un mecanismo o bloqueos en el sistema de alimentación de una máquina, que se corrigen de inmediato, pero que sumadas dan un porcentaje significativo de paradas.

Estos tipos de paradas menores difieren claramente de las averías en que no paralizan la producción por largo tiempo y la causa no es el mantenimiento, ya que el proceso se restituye simplemente moviendo los elementos que obstaculizan la marcha, reajustando el equipo o limpiando el mecanismo implicado.

Otras causas típicas de inactividad y paradas menores pueden ser la espera de materia prima o partes, o espera de la orden de trabajo u otra información requerida para iniciar el proceso o puesta en marcha de la máquina.

4.1.4 Pérdidas de velocidad reducida. Se refiere a la diferencia entre la velocidad diseñada para el equipo y la velocidad real operativa. Es típico que en la operación de la máquina la pérdida de velocidad no sea tenida en cuenta, aunque constituya un gran obstáculo para su eficacia.

La meta para evitar esta pérdida debe ser disminuir la diferencia entre la velocidad diseñada y la velocidad real sin causar daños a la máquina.

Es común que las máquinas operen a una velocidad inferior a la de diseño por diferentes razones, tales como problemas mecánicos, calidad defectuosa de los productos elaborados, antecedentes y temor de abusar de la máquina o sobrevalorarla. A menudo simplemente se desconoce la magnitud de la velocidad óptima.

4.1.5 Pérdidas de puesta en marcha. Son pérdidas de rendimiento que se ocasionan durante las fases iniciales de producción, desde la puesta en marcha de la máquina hasta su estabilización. Por lo general durante el arranque de la máquina se presentan unidades defectuosas, cuyo volumen varía con el grado de estabilidad de las condiciones del proceso; el nivel de mantenimiento de la máquina, habilidad técnica del operador, etc.

En la práctica, el volumen de este tipo de pérdidas es muy alto. Estas están latentes y la posibilidad de eliminarlas es a menudo obstaculizada por falta de sentido crítico que las acepta como inevitables.

4.1.6 Pérdidas por defectos de calidad y repetición del trabajo. Las pérdidas por defectos de calidad y repetición del trabajo son pérdidas de calidad causadas por el mal funcionamiento de las máquinas.

En los procesos se presentan defectos esporádicos que se corrigen fácil y rápidamente al normalizarse las condiciones de trabajo de la máquina. Estos incluyen aumentos repentinos en la cantidad de defectos u otros fenómenos. También se presentan defectos crónicos, cuyas causas son de difícil identificación. Por lo general, requieren la repetición de los trabajos, lo que genera pérdidas crónicas.

Las pérdidas de la calidad deben incluir el tiempo perdido en el cual esté trabajando la calidad (pruebas y ensayos), en las actividades relacionadas con la calidad rutinaria y el tiempo necesario para volver a trabajar las piezas de mala calidad (retrabajos o reprocesos).

El Cuadro 7 expone las metas de mejora para reducir las 6 grandes pérdidas mencionadas anteriormente.

Cuadro 7. Metas de mejora de pérdidas crónicas.

TIPO DE PÉRDIDA	META	EXPLICACIÓN
1. Pérdidas por Averías.	0	Reducidas a cero en todas las máquinas.
2. Pérdidas por preparación y ajustes.	Minimizar	Reducir los cambios de útiles.
3. Pérdidas de velocidad.	0	Llevar la velocidad de operación actual a la prevista en diseño, hacer mejoras para elevar la velocidad de diseño.
4. Pérdidas por paradas menores e inactividad.	0	Reducidas a cero en todas las máquinas.
5. Pérdidas por puesta en marcha.	Minimizar	
6. Pérdidas por defectos de calidad y reprocesos.	0	Ocurrencias aceptables sólo extremadamente ligeras.

4.2 MEDICIÓN DE LA EFICIENCIA GLOBAL DE PRODUCCIÓN (EGP)

La Eficiencia Global de los Producción es un índice de control fundamental bajo el cual se establecen las comparaciones del rendimiento de una máquina, esta depende de las seis grandes pérdidas, de tal forma que un bajo valor de EGP

significa que alguna ó varias de ellas están fuera de control en la máquina analizada. Su cálculo se establece con la ecuación desarrollada por Seichi Nakajima (1988) y presentada de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia Global de Producción} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

4.2.1 Disponibilidad (Tasa operativa). Es el tiempo total durante el cual la máquina está disponible para operar satisfactoriamente. Incluye el tiempo que estando en receso, puede trabajar sin contratiempos. La disponibilidad de las máquinas se mejora con la eliminación de averías y pérdidas en la preparación y ajustes.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo de operación programado} - \text{Tiempo de paradas}}{\text{Tiempo de operación programado}}$$

4.2.2 Eficiencia. Es la velocidad de producción real de un equipo comparada con la ideal o de diseño. Se mejora con la eliminación de las pérdidas de velocidad reducida, paradas menores y tiempos muertos.

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Velocidad real de la máquina}}{\text{Velocidad de diseño de la máquina}}$$

4.2.3 Calidad. Es la relación entre la cantidad de producción de buena calidad y la producción total. Este indicador se mejora con la eliminación de las pérdidas de puesta en marcha y pérdidas por defectos de calidad y reprocesos.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Cantidad producida} - \text{Cantidad de productos defectuosos}}{\text{Cantidad de productos defectuosos}}$$

4.2.4 Niveles y metas propuestas para la Eficiencia Global de Producción (EGP). Los niveles de eficiencia global difieren dependiendo de cada industria, características de la maquinaria y sistemas de producción implicados. El promedio de la efectividad de equipos era de 40% a 60% en las compañías que investigó el Instituto Japonés de Mantenimiento de Plantas (JIPM), así:

- Maquinaria automática: 51.3% - 78.4%
- Ensamblaje automático: 38% - 80.7%
- Embalaje automático: 72%

Este estándar puede incrementarse al 85% o 95% a través de diferentes actividades de mejora TPM o estrategias para la reducción de las seis grandes pérdidas que limitan la EGP.

4.3 ESTRATEGIAS PARA RECUPERAR Y AUMENTAR LA EFICIENCIA GLOBAL DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.

La Eficiencia Global de los Producción sólo se mejora actuando de manera sistemática sobre las seis grandes pérdidas mencionadas anteriormente, para ello se requiere de la aplicación de técnicas y disciplinas organizacionales, fundamentadas en conservación, confiabilidad, mantenibilidad y diseño de los equipos.

4.3.1 Cálculo de la Eficiencia Global de Producción. El primer paso para la mejora de la Eficiencia Global de Producción es la medición lo más exacta posible de este indicador en el área de Conversión durante un periodo de 3 meses.

Como se mencionó anteriormente, este indicador es el producto de tres elementos: disponibilidad, rendimiento y tasa de calidad. El análisis de cada uno de ellos por separado permite ver donde se logra mayor eficiencia y evaluar el potencial de mejora.

La medición inicial no solo va dirigida a determinar la EGP, sino también a cuantificar con precisión cada una de las seis grandes causas de pérdida de productividad. Para ello se requiere:

- Capacitación a los operadores y técnicos de mantenimiento con respecto a la EGP.
- Diseñar un formato que permita registrar los datos de las pérdidas durante cada turno. El diseño del formato es responsabilidad del comité TPM.
- Realizar un análisis para detectar las pérdidas que se presentan en el área de Conversión, las cuales deben ser agrupadas y codificadas según afecten cada uno de los factores de la EGP (disponibilidad, eficiencia y calidad).
- Encargar a los operarios que diligencien este formato (colección e ingreso de datos).
- Recopilar los datos después del cambio de turno, lo cual debe ser responsabilidad del jefe de Área. Para ello el área puede apoyarse en herramientas informáticas de captura de datos para facilitar la obtención de resultados de forma adecuada y lo más verídica posible.

4.3.2 Cambio de actitud frente a las averías. En la mayoría de los casos las averías en la maquinaria causan la mayor parte de las pérdidas en los procesos. A pesar de esto, las empresas no realizan grandes esfuerzos para reducir el alcance de dichas pérdidas debido a una falta de conciencia al respecto.

Las averías de las máquinas se pueden clasificar en dos categorías:

- Averías de reducción de función. Son deterioros (no fallas) de partes y componentes específicos de las máquinas, que no paran totalmente el proceso, pero causan otro tipo de pérdidas, tales como largos tiempos de preparación y ajustes, tiempos muertos frecuentes, disminución de la velocidad del proceso, así como el aumento de defectos. Se consideran menos serias que las averías de pérdida de función.
- Averías de pérdida de función. Son averías inesperadas que paran todo el funcionamiento de la máquina. Aunque la causa se encuentre en una función específica, la avería tiene como resultado que todas las funciones del equipo se paren.

En las empresas es común que se pasen por alto las averías de reducción de función. Sin embargo pueden llegar a ser responsables de la mayor proporción de las pérdidas totales de la máquina o constituyen potenciales averías de pérdida de función o fallas de la maquinaria.

El punto de partida en la reducción de pérdidas por fallas de las máquinas lo constituye una nueva forma de considerar las averías, es decir, un cambio de mentalidad del recurso humano implicado en el proceso, con respecto a las fallas de la maquinaria y la utilización de ésta, para lo cual se requiere un proceso de formación y capacitación.

En japonés, el sentido original del término avería (*kosho*) significa destruir deliberadamente algo viejo; lo cual sugiere que las averías de los equipos son a menudo causadas por supuestos y acciones humanas tales como:

- Las actividades de inspección no están incluidas en las responsabilidades del operador.

- Las averías son inevitables, es decir, tarde o temprano las máquinas se dañan.
- Las averías se pueden localizar fácilmente.

Para iniciar, el personal del área de Conversión en general debe cambiar su posición respecto a las máquinas y su utilización. Por ejemplo, el personal de mantenimiento debe reemplazar el supuesto de que todas las máquinas y equipos eventualmente se averían, por la convicción de que estos nunca deberían averiarse. De esta manera, es más probable que el resto del personal, en especial los operadores, acepten la idea de que las máquinas pueden utilizarse de una forma que nunca se dañen, aumentando así el sentido de pertenencia y compromiso de estos con su máquina.

4.3.3 Crear y mantener condiciones para facilitar la detección de defectos ocultos y la eliminación de averías. Los defectos de las máquinas son desórdenes que causan averías crónicas. Estos defectos pueden permanecer ocultos por diferentes causas, lo que dificulta su detección y corrección. Por lo anterior se hace necesario llevar a cabo acciones para facilitar la detección de los defectos de las máquinas con el fin de tratarlos correcta y oportunamente y de esta manera lograr averías cero.

4.3.3.1 Mantener las condiciones básicas de las máquinas. Esta acción evita el deterioro de las máquinas y ayuda a eliminar las causas potenciales de averías mediante tres factores implicados: Limpieza, lubricación y sujeción de tornillos.

El establecimiento de las condiciones básicas del equipo constituye una importante actividad del mantenimiento autónomo, por lo que se tratarán más ampliamente en el respectivo capítulo.

• **Limpieza.** Las actividades de limpieza permiten eliminar el polvo y la contaminación causantes de fricciones, obstrucciones, fugas, aumento de la presión en partes móviles y en general funcionamiento defectuoso.

De igual manera, con la limpieza no sólo se elimina la suciedad y el polvo, sino que también permite a los operadores descubrir defectos ocultos tales como abrasión, tornillos y tuercas flojas, excesos de calor, vibraciones, ruidos anormales, etc. Así la limpieza se convierte en inspección, lo que le genera una

mayor conocimiento de la máquina al operario y en general un mayor sentido de pertenencia y compromiso con ésta.

- **Lubricación.** Una máquina no puede funcionar óptimamente sin la reposición de aceite y la lubricación adecuada. La negligencia en cuanto a este factor causa diferentes pérdidas, tales como abrasión y exceso de calor, lo que afecta el estado en conjunto del equipo.

- **Sujeción de Tornillos.** Las piezas de conexión sueltas o rotas, tales como tornillos y tuercas, juegan un papel importante en las averías del equipo. Por ejemplo un solo tornillo suelto puede causar una avería inmediata y por ende una parada o un producto defectuoso, lo que implica una pérdida de tiempo y dinero. Además, un tornillo desajustado puede aumentar las vibraciones, lo que a su vez hace que otros tornillos se desacoplen. Esto desencadena una reacción en serie que puede traducirse en una avería seria antes de ser detectada.

La falla en las piezas de sujeción es una forma común de defecto oculto.

4.3.3.2 Mantener las condiciones operativas. Las condiciones operativas son aquellas que requieren las máquinas para funcionar correctamente, tales como voltaje, amperaje, temperatura, presión, velocidad de operación, entre otras. Es necesario que el operador conozca las condiciones operativas de su máquina, lo que le permitirá operarla correctamente y ejercer un monitoreo y control permanente sobre estas para detectar cualquier anomalía.

Las condiciones operativas deben ser claras y completas por lo que deben seguir un estándar, el cual debe estar consignado en un formato que debe manejar el operador de cada máquina.

Todos los problemas de la máquina deben tratarse teniendo en cuenta los estándares operativos, ya que pasarlos por alto generará condiciones de fabricación inestables y seguirán existiendo las averías derivadas de esta situación.

4.3.3.3 Restaurar el deterioro. Comúnmente cuando se produce una avería en una máquina, sólo se reparan las piezas directamente implicadas, sin tener en cuenta el deterioro de otras piezas del sistema y herramientas. Esto trae como

resultado la reincidencia de las averías, ya que no se establece un equilibrio entre la precisión, la resistencia de la máquina y las herramientas.

Cuando el desequilibrio causado en la maquinaria se da por errores de diseño o fabricación, este debe ser corregido rectificando dichos defectos de diseño. Sin embargo, si la avería ha sido causada en parte por el deterioro oculto de las partes estructurales, la restauración o rediseño parciales no eliminarán las averías.

Restablecer el equilibrio entre la precisión y resistencia de la máquina constituye el punto de partida de la estrategia de restaurar el deterioro y por ende de la eliminación de las averías. Para establecer correctamente la operatividad del equipo es necesario estandarizar los pasos e instrumentos para descubrir y predecir el deterioro, así como los métodos utilizados para su restablecimiento. Para esto son de gran utilidad los chequeos periódicos aplicando estándares de inspección y técnicas de diagnóstico de máquina, lo cual se trata más ampliamente en el capítulo de Mantenimiento Autónomo.

Este restablecimiento operativo además de basarse en los anteriores estándares de mantenimiento, se debe apoyar en la destreza y experiencia acumulada por los técnicos de mantenimiento.

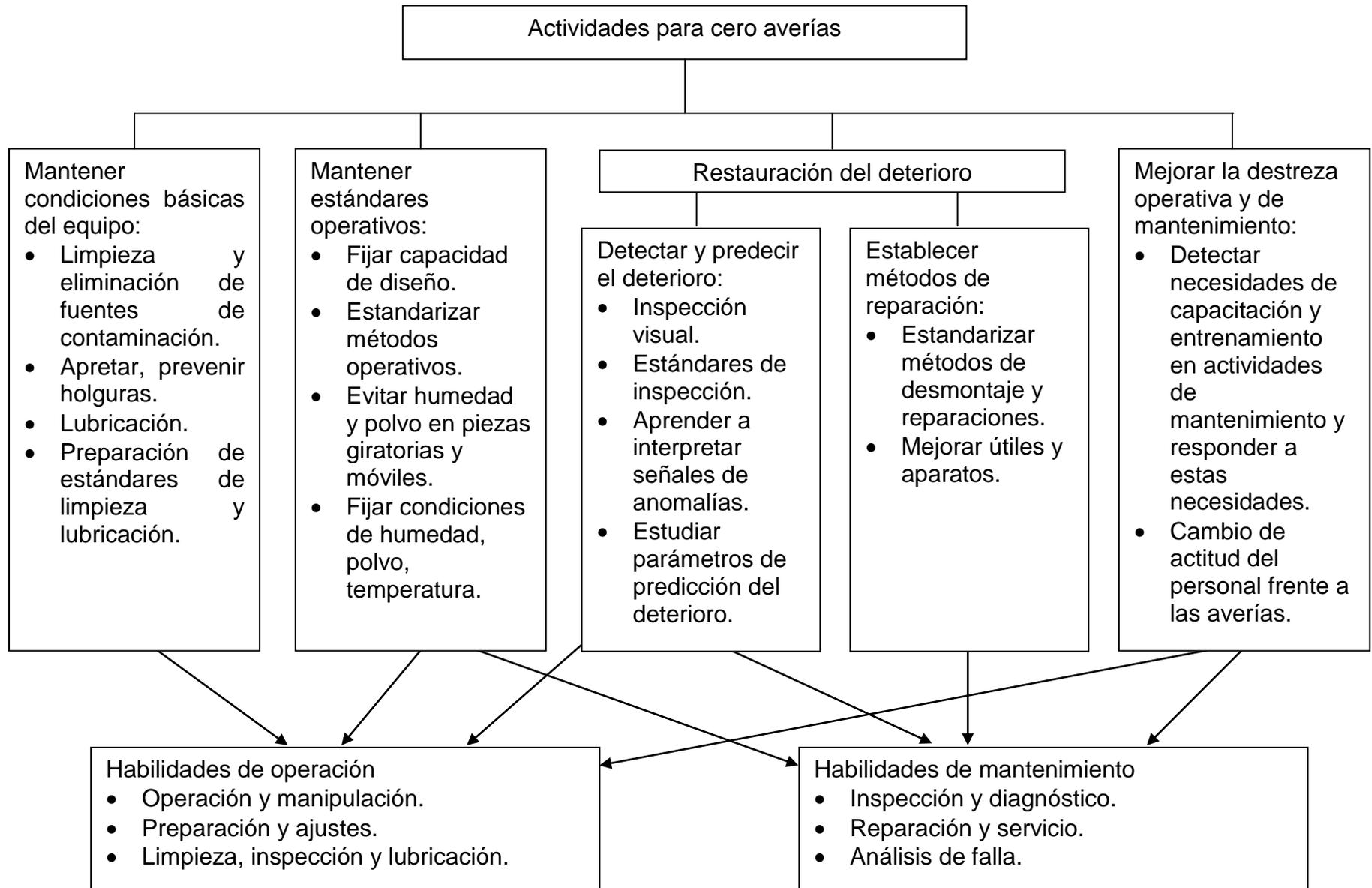
4.3.3.4 Mejorar la destreza operativa y de mantenimiento. La reducción de las averías a cero depende en gran medida del nivel de formación y adiestramiento de los operadores y técnicos de mantenimiento.

Muchas averías se causan o se agudizan por falta de destreza. Los errores humanos frecuentemente no se detectan, lo que dificulta su eliminación. Las responsabilidades de los operadores y de los técnicos de mantenimiento deben quedar claras y su nivel de destreza debe aumentar por medio de formación y adiestramiento.

El TPM requiere nuevas formas de contemplar las averías y los defectos, por lo que la formación y el adiestramiento permiten mejorar la destreza y el conocimiento.

Las actividades que se han descrito deben seguirse conscientemente. El descuido de una de ellas puede desencadenar una avería inmediata. En la Figura 3 se esquematizan las anteriores actividades para lograr averías cero.

Figura 3. Actividades para lograr averías cero.



4.3.4 Producción Vs. Mantenimiento. Con el TPM, la relación entre los operadores y los técnicos de mantenimiento debe replantearse. El trabajo para la eliminación de averías empezará a mostrar resultados en la medida que cambien los supuestos y creencias erradas de los ingenieros, del personal de mantenimiento y de los operadores de las máquinas, en especial aquellas relacionadas con a la tradicional división del trabajo entre los departamentos de producción y mantenimiento. Los operadores y los técnicos de mantenimiento deben trabajar conjuntamente y compartir la responsabilidad del mantenimiento de las máquinas.

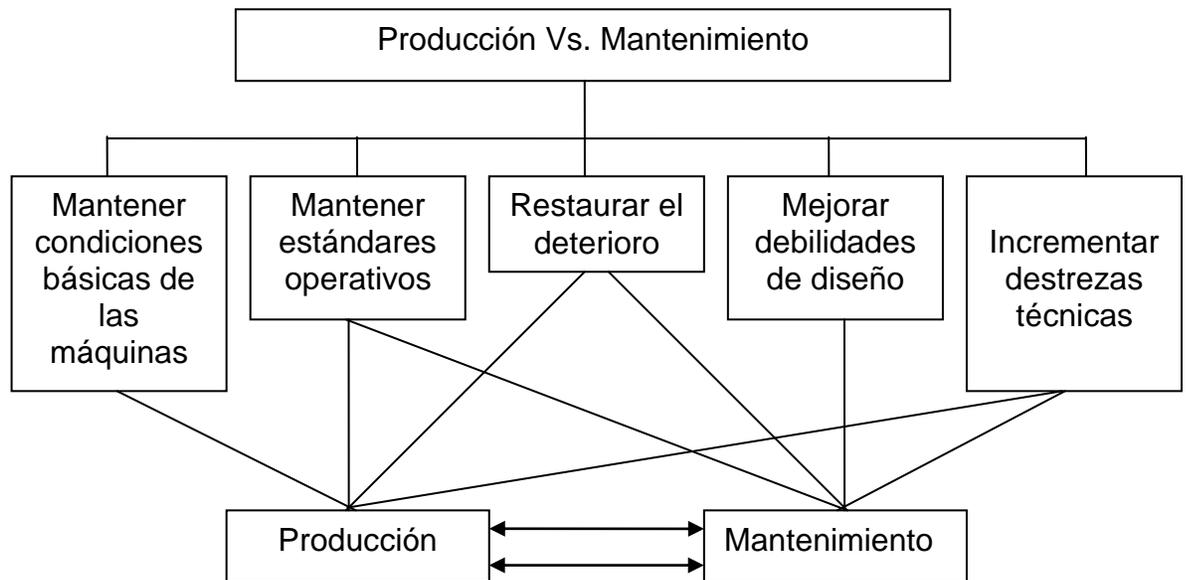
Las responsabilidades de los implicados en el mantenimiento serán complementarias en el logro del objetivo de cero averías. Por lo anterior se determinarán así en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Responsabilidades de los operadores y técnicos de mantenimiento en el logro de cero averías.

OPERADOR	TÉCNICO DE MANTENIMIENTO
Mantener las condiciones básicas del equipo (Limpieza, lubricación y fijación de tornillos).	Proporcionar soporte técnico a las actividades autónomas de mantenimiento.
Mantener las condiciones operativas (operación correcta e inspección visual).	Restablecer la operatividad cuidadosa y precisamente utilizando inspecciones, supervisión de condiciones y repaso general.
Descubrir deterioros a través de la inspección visual y la temprana identificación de anomalías durante la operación de la máquina.	Contribuir en la determinación de estándares operativos y realizar las mejoras apropiadas.
Intensificar las destrezas en la operación del equipo, preparación, ajustes, inspección visual y seguimiento de estándares.	Intensificar las destrezas de mantenimiento en lo que se refiere al chequeo, supervisión de condiciones, inspecciones y repaso general.

Las actividades descritas para los operadores constituyen las responsabilidades autónomas de estos, las cuales serán tratadas en el capítulo de Mantenimiento Autónomo. Por su parte, las actividades del personal de mantenimiento mencionadas anteriormente han sido tradicionalmente responsabilidad de este. Ver Figura 4.

Figura 4. Responsabilidades de los departamentos de operaciones y mantenimiento.



4.3.5 Organizar el Mantenimiento Preventivo. El programa de mantenimiento preventivo constituye una sistematización de todas las actividades y estrategias destinadas a prevenir las fallas de las máquinas con el fin de garantizar la disponibilidad de la maquinaria e instalaciones productivas para atender el programa de producción con eficiencia, productividad y calidad.

Incluye actividades de programación de inspecciones (de funcionamiento y de seguridad), ajustes, reparaciones, análisis, limpieza, lubricación y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan establecido.

Este tipo de mantenimiento permite detectar las fallas de las máquinas en su fase inicial y por ende, corregirlas en el momento oportuno; todo esto con el fin de minimizar y eliminar las pérdidas por averías o fallas de la maquinaria.

La organización de un adecuado programa de mantenimiento preventivo se tratará más ampliamente en el capítulo de Mantenimiento Preventivo.

4.3.6 Implementar un programa de Mantenimiento Autónomo. La estrategia que complementa el logro del objetivo de recuperar y aumentar la Eficiencia Global de Producción del área de Conversión de Cellux Colombiana S.A. la constituye la estructuración de un programa de mantenimiento autónomo en dicho departamento, el cual incluye algunas de las estrategias antes mencionadas. Los lineamientos para la organización y diseño de este programa se establecen en el capítulo Mantenimiento Autónomo.

El mantenimiento autónomo se fundamenta en la responsabilidad compartida entre los operadores y los técnicos de mantenimiento para lograr un óptimo funcionamiento de la maquinaria.

El propósito del mantenimiento autónomo es el de enseñar a los operadores cómo mantener su equipo llevando a cabo:

- Verificaciones diarias.
- Lubricación.
- Reemplazo de partes.
- Reparaciones menores.
- Verificar precisión.
- Detección temprana de condiciones anormales.

El mantenimiento autónomo requiere capacitación y entrenamiento. Se trata de elevar en los operadores el conocimiento y entendimiento del principio de operación de sus máquinas. De esta manera estos deben desarrollar tres habilidades:

- Habilidad para conservar las condiciones normales.
- Habilidad para determinar y juzgar si las condiciones de operación se vuelven anormales.

- Habilidad para responder con rapidez a las anomalías, ya sea reparándolas o encargando a los técnicos de mantenimiento de resolverlas, en caso de no contar con suficiente conocimiento, habilidad o recursos.

5. LINEAMIENTOS NECESARIOS PARA IMPLEMENTAR LA FILOSOFÍA DE LAS 5´S EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.

5.1 GENERALIDADES DE LAS 5´S

La estrategia de las 5´S constituye una filosofía enfocada al trabajo efectivo, la organización del lugar de trabajo y procesos estandarizados de orden y limpieza.

Esta metodología se orienta hacia la Manufactura de la Calidad Total originada en el Japón después de la II Guerra Mundial bajo la influencia de W. Edwards Deming y que está incluida dentro de lo que se conoce como mejoramiento continuo o *Gemba Kaizen*.

La filosofía de las 5´S recibe este nombre porque representa acciones que son principios expresados con cinco palabras japonesas que comienzan por la letra S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar limpio, organizado y seguro donde trabajar. Estas cinco palabras son:

- *Seiri*. Clasificar.
- *Seiton*. Ordenar.
- *Seiso*. Limpiar.
- *Seiketsu*. Limpieza Estandarizada.
- *Shitsuke*. Disciplina.

Las 5´S como pilar fundamental de un Programa de Mantenimiento Productivo Total permite orientar la empresa y las áreas operativas hacia las siguientes metas:

- Ayuda a los empleados a adquirir autodisciplina en el cumplimiento de los estándares ya que tienen la posibilidad de participar en la elaboración de procedimientos de limpieza, lubricación y ajustes.

- Facilita crear las condiciones para aumentar la vida útil de los equipos, gracias a la inspección permanente por parte de la persona quien opera la maquinaria.
- Da respuesta a la necesidad de mejorar el ambiente de trabajo, eliminación de despilfarros producidos por el desorden, falta de aseo, fugas, contaminación, etc.
- Permite reducir las causas potenciales de accidentes de trabajo mediante la eliminación de ambientes inadecuados y operaciones inseguras.
- Aumenta la conciencia de cuidado y conservación de los equipos y demás recursos de la compañía.
- Facilita la reducción de pérdidas por calidad, tiempo de respuesta y costos con la intervención del personal en el cuidado del sitio de trabajo e incremento de la moral por el trabajo.
- Reduce el movimiento innecesario y el trabajo agotador ya que permite a los trabajadores disponer oportunamente de los materiales y herramientas necesarios para llevar a cabo su labor.

5.1.1 Seiri (Clasificar). *"Desechar lo que no se necesita"*. Seiri consiste en diferenciar en el área de trabajo los elementos necesarios de aquellos que no lo son, para luego proceder a eliminar estos últimos.

Frecuentemente, las áreas de trabajo se llenan de elementos, herramientas, cajas con productos, carros, útiles y elementos personales que pueden ser considerados como indispensables para la realización del trabajo pero que en realidad generan problemas. Estos elementos perjudican el control visual del trabajo, impiden la circulación por las áreas de trabajo, inducen a cometer errores en el manejo de materias primas y en numerosas oportunidades pueden generar accidentes de trabajo.

Dentro de la filosofía de las 5´S, *SEIRI* propone métodos y recomendaciones para evitar la presencia de elementos innecesarios. De esta manera *SEIRI* consiste en:

- Separar en el sitio de trabajo las cosas que realmente sirven de las que no sirven o nada tienen que ver con el trabajo.

- Clasificar lo necesario de lo innecesario para el trabajo rutinario.
- Mantener lo que necesitamos y eliminar lo excesivo.
- Separar los elementos empleados de acuerdo a su naturaleza, uso, seguridad y frecuencia de utilización con el objeto de facilitar la agilidad en el trabajo.
- Organizar las herramientas en sitios donde los cambios se puedan realizar en el menor tiempo posible.
- Eliminar elementos que afectan el funcionamiento de los equipos y que pueden conducir a averías.
- Eliminar información innecesaria y que puede conducir a errores de interpretación o de actuación.

La aplicación del principio *SEIRI* prepara el lugar de trabajo para que este sea más productivo y seguro. El primer y más directo impacto de dicho principio se relaciona con la seguridad, en la medida que elimina los elementos innecesarios para generar un ambiente de trabajo cómodo, que permita una visión completa de las máquinas y áreas de trabajo en general y mantenga siempre despejadas las salidas de emergencia.

La práctica del *SEIRI* además de los beneficios en seguridad permite:

- Liberar espacio útil en planta y oficinas.
- Reducir los tiempos de acceso al material, documentos, herramientas y otros elementos de trabajo.
- Mejorar el control visual de stocks de repuestos y elementos de producción, carpetas con información, planos, etc.
- Eliminar las pérdidas de productos o elementos que se deterioran por permanecer un largo tiempo expuestos en un ambiente no adecuado.
- Facilitar el control visual de las materias primas que se van agotando y que requieren para un proceso en un turno, etc.

- Preparar las áreas de trabajo para el desarrollo de acciones de mantenimiento autónomo, ya que se puede apreciar con facilidad los escapes, fugas y contaminaciones existentes en los equipos y que frecuentemente quedan ocultas por los elementos innecesarios que se encuentran cerca de los equipos.

El no aplicar el *SEIRI* agudiza la existencia de las siguientes dificultades:

- Inseguridad en el área de Producción, lo que facilita la ocurrencia de accidentes de trabajo. En caso de una señal de alarma, las vías de emergencia al estar ocupadas con productos o materiales innecesarios impiden la salida rápida del personal.
- Pérdida de tiempo para encontrar algún material, lo que incide directamente en la productividad.
- Si no se diferencia entre elementos necesarios e innecesarios, ni se eliminan estos últimos, el costo financiero se verá afectado en la medida que se requiera disponer de armarios y espacio para ubicar los materiales inútiles.
- El cumplimiento de los tiempos de entrega se pueden ver afectados debido a las pérdidas de tiempo al ser necesario mayor manipulación de los materiales y productos.

5.1.2 Seiton (Ordenar). *"Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"*. Seiton implica disponer en forma ordenada todos los elementos que se han clasificado como necesarios de manera que se tenga fácil acceso a estos. Significa también suministrar un lugar conveniente, seguro y ordenado a cada elemento y mantenerlo en dicho lugar.

Los elementos requeridos con mayor frecuencia deben ser ubicados e identificados de tal manera que se minimice el tiempo de búsqueda y se facilite el retorno de los mismos una vez han sido utilizados. Esto hace necesario que cada elemento disponga de una ubicación, un nombre y un volumen.

El *SEITON* es una estrategia que agudiza el sentido de orden a través de la marcación y utilización de ayudas visuales. Estas ayudas sirven para estandarizar

acciones y evitar despilfarros de tiempo, dinero, materiales y lo más importante, eliminar riesgos potenciales de accidentes del personal.

Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. Los gráficos permiten la estandarización y estos se convierten en controles visuales. Cuando sucede esto, sólo hay un sitio para cada cosa y podemos decir de modo inmediato si una operación particular está procediendo normal o anormalmente. Los controles visuales están íntimamente relacionados con los procesos de estandarización.

Aplicar *SEITON* en mantenimiento tiene que ver con la mejora de la visualización de los elementos de las máquinas e instalaciones industriales para detectar posibles fallas, fugas y averías.

De esta manera *SEITON* permite:

- Disponer de un sitio adecuado para cada elemento utilizado en el trabajo de rutina para facilitar su acceso y retorno al lugar.
- Disponer de sitios identificados para ubicar elementos que se emplean con poca frecuencia.
- Disponer de lugares para ubicar el material o elementos que no se usarán en el futuro.
- En el caso de maquinaria, facilitar la identificación visual de los elementos de los equipos y del sistema en general, tales como sistemas de seguridad, alarmas, controles y sentidos de giro.
- Identificar y marcar todos los sistemas auxiliares del proceso como tuberías, aire comprimido, combustibles.
- Lograr que el equipo tenga protecciones visuales para facilitar su inspección autónoma y control de limpieza.
- Incrementar el conocimiento de los equipos por parte de los operadores de producción.
- Mejorar la organización de los documentos en el sitio de trabajo para evitar errores en el manejo de la información.

- Facilitar el aseo y limpieza de las áreas de trabajo y de las máquinas.
- Mejorar la presentación de la planta.
- La seguridad se incrementa debido a la demarcación de todos los sitios de la planta y a la utilización de protecciones transparentes especialmente los de alto riesgo.

El no aplicar el *SEITON* en el sitio de trabajo conduce a los siguientes problemas:

- Incremento del número de movimientos innecesarios. El tiempo de acceso a un elemento para su utilización se incrementa.
- Un equipo sin identificar sus elementos (sentido de giro o movimiento de componentes) puede conducir a deficientes montajes, mal funcionamiento y errores graves al ser operado. El tiempo de lubricación se puede incrementar al no saber fácilmente el nivel de aceite requerido, tipo, cantidad y sitio de aplicación. Todo esto conduce a desperdicios de tiempo y dinero.
- El desorden no permite controlar visualmente los stocks en proceso.
- La falta de identificación de lugares inseguros o zonas del equipo de alto riesgo puede conducir a accidentes y pérdida de moral en el trabajo.

5.1.3 Seiso (Limpiar). *"Limpiar el entorno trabajo. Prevenir la suciedad y el desorden"*. Seiso significa eliminar el polvo y suciedad de todos los elementos del área de trabajo, lo cual incluye máquinas y herramientas, al igual que pisos, paredes y otras áreas.

Desde el punto de vista de un programa de Mantenimiento Productivo Total - TPM, *SEISO* además implica un proceso que permite al operario realizar una inspección del equipo durante el proceso de limpieza donde se identifican problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de defecto existente en el sistema productivo.

La limpieza se relaciona estrechamente con el buen funcionamiento de los equipos y la habilidad para producir artículos de calidad. Esta limpieza no significa mantener los equipos dentro de una estética agradable únicamente. *SEISO*

implica un pensamiento superior a limpiar. Exige la realización de un trabajo creativo de identificación de las fuentes de suciedad y contaminación para tomar acciones de raíz para su eliminación con el fin de mantener limpio y en buen estado el área de trabajo.

Para aplicar *SEISO* se debe:

- Integrar la limpieza como parte del trabajo diario.
- Asumir la limpieza como una actividad de mantenimiento autónomo: "la limpieza es inspección".
- Capacitar al operario en cuanto a conocimiento sobre el equipo con el fin de que este realice correctamente el trabajo de limpieza – inspección.
- Elevar la acción de limpieza a la búsqueda de las fuentes de contaminación con el objeto de eliminar sus causas primarias ya que no se trata únicamente de eliminar la suciedad.

Por lo anterior *SEISO* permite:

- Reducir el riesgo potencial de que se produzcan accidentes, ya que un área de trabajo limpia y despejada facilita la detección de factores de riesgo y la evacuación en caso de emergencia.
- Mejorar el bienestar físico y mental del trabajador.
- Incrementar la vida útil del equipo al evitar su deterioro por contaminación y suciedad.
- Identificar fácilmente las averías.
- La limpieza conduce a un aumento significativo de la Efectividad Global del Equipo.
- Reducir los desperdicios de materiales y energía debido a la eliminación de fugas y escapes.
- Contribuir a mantener la calidad del producto en la medida que se evitan las pérdidas por suciedad y contaminación del producto y empaque.

5.1.4 Seiketsu (Estandarizar). *"Preservar altos niveles de organización, orden y limpieza"*. Seiketsu es la metodología que permite mantener los logros alcanzados con la aplicación de las tres primeras "S". Si no existe un proceso para conservar los logros, es posible que el lugar de trabajo nuevamente llegue a tener elementos innecesarios y se pierda el nivel de orden y limpieza alcanzado.

SEIKETSU implica elaborar estándares de limpieza y de inspección para realizar acciones de autocontrol permanente. Los estándares deben ser preparados por el mismo operario ya que cuando éstos son impuestos, no se cumplen satisfactoriamente en comparación con aquellos que se desarrollan a partir de un proceso de formación previo y un trabajo conjunto entre el operario y la dirección.

Es muy conocido el principio escrito en numerosas compañías y que se debe cumplir cuando se finaliza un turno de trabajo: *"Dejaremos el sitio de trabajo limpio como lo encontramos"*. Este tipo frases sin un correcto entrenamiento en estandarización y sin el espacio para que se puedan realizar estos estándares, difícilmente serán cumplidos por los operarios.

SEIKETSU o estandarización pretende:

- Mantener el estado de limpieza alcanzado con las tres primeras S.
- Enseñar al operario a realizar normas con el apoyo de la dirección y un adecuado entrenamiento.
- Establecer normas que contengan los elementos necesarios para realizar el trabajo de limpieza, determinar el tiempo empleado y las medidas de seguridad a tener en cuenta e implantar los procedimientos a seguir en caso de identificar algo anormal.
- Crear mecanismos que permitan verificar el cumplimiento de los estándares.
- Establecer normas de limpieza, lubricación y ajustes que constituyen la base del mantenimiento autónomo.

En la medida que *SEIKETSU* se lleve a cabo permite obtener los siguientes beneficios:

- Mejorar el bienestar del personal al crear un hábito de conservar permanentemente limpio el área de trabajo.
- Los operarios aprenden a conocer en profundidad el equipo.
- Se evitan errores en la limpieza que puedan conducir a accidentes o riesgos laborales innecesarios.
- La dirección y los operarios se comprometen más en el mantenimiento de las áreas de trabajo al intervenir en la aprobación y promoción de los estándares en un trabajo conjunto.
- Se prepara el personal para asumir mayores responsabilidades en la gestión del puesto de trabajo.
- Los tiempos de intervención se mejoran y se incrementa la productividad de la planta.

5.1.5 Shitsuke (Disciplina). *"Crear hábitos basados en las 4'S anteriores".* Shitsuke o disciplina significa convertir en hábito el empleo y utilización de los métodos establecidos y estandarizados para la limpieza en el lugar de trabajo.

Este principio permite mantener los beneficios alcanzados con las primeras "S" en la medida que logra crear un ambiente de respeto a las normas y estándares establecidos.

Las cuatro "S" anteriores se pueden implantar sin dificultad si en los lugares de trabajo se mantiene la disciplina. Su aplicación garantiza que la seguridad será permanente, la productividad se mejore progresivamente y la calidad de los productos sea excelente.

SHITSUKE implica el desarrollo de la cultura del autocontrol dentro de la empresa. Si la dirección de la empresa estimula que cada uno de los integrantes aplique el Ciclo Deming¹⁷ en cada una de las actividades diarias, es muy seguro que la

¹⁷ Es una técnica desarrollada por Shewart entre 1930 y 1940 para organizar el trabajo y seguimiento de proyectos. En 1950 E. Deming la toma y la difunde como una alternativa para lograr el mejoramiento continuo mediante la práctica de las actividades de Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

práctica del *SHITSUKE* no tenga ninguna dificultad. Los hábitos desarrollados con la práctica del Ciclo Deming o Ciclo PHVA se constituyen en un buen modelo para lograr que la disciplina sea un valor fundamental en la forma de realizar un trabajo.

SHITSUKE implica:

- Crear una cultura de respeto de las normas y estándares establecidos para conservar el sitio de trabajo impecable.
- Realizar un control personal y el respeto por las normas que regulan el funcionamiento de una organización.
- Promover el hábito de autocontrolar o reflexionar sobre el nivel de cumplimiento de las normas establecidas.
- Comprender la importancia del respeto por los demás y por las normas en las que el trabajador seguramente ha participado directa o indirectamente en su elaboración.

La práctica de *SHITSUKE* permite obtener los siguientes beneficios:

- La disciplina permite mantener las 4 “S” anteriores.
- Se crea una cultura de sensibilidad, respeto y cuidado de los recursos de la empresa.
- Se crea en los empleados el hábito de respetar y utilizar correctamente los procedimientos, estándares y controles previamente desarrollados. La disciplina constituye una forma de cambiar hábitos.
- Se siguen los estándares establecidos y existe una mayor sensibilización y respeto entre personas.
- La moral en el trabajo se incrementa.
- Los niveles de calidad serán superiores debido a que se han respetado íntegramente los procedimientos y normas establecidas, lo cual contribuirá a elevar la satisfacción de los clientes.
- El sitio de trabajo será un lugar agradable para llegar cada día.

5.2 PASOS PARA IMPLEMENTAR 5´S EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.

5.2.1 Sensibilización y capacitación. Esta etapa debe ser liderada por el comité TPM. La sensibilización constituye el primer paso en el proceso de implementación de la metodología de las 5´S. Consiste en concientizar al personal del departamento de Conversión de la importancia de la filosofía de las 5´S dentro del programa de TPM, teniendo en cuenta que previamente se han realizado capacitaciones al personal en la etapa inicial del TPM.

Las capacitaciones deben centrarse en temas como:

- 5´S como filosofía (generalidades, principios, finalidad e importancia).
- Limpieza del área de trabajo.
- Técnicas 5´S (identificación y separación de elementos necesarios, tarjetas de color, señalización, diseño y mejoramiento de estándares).

La importancia de esta etapa radica en que crea las condiciones para introducir la cultura de las 5´S a través de un proceso educativo, evitando imponerla como una obligación.

5.2.2 Implementación. La implementación de las 5´S se fundamenta en la aplicación de técnicas y actividades para llevar a cabo cada uno de los cinco principios de esta filosofía. También incluye el alcance de un estado o condición ideal fundamentado en estandarización, disciplina, monitoreo y principios de las personas implicadas.

5.2.2.1 Seiri (Clasificar)

• **Identificar elementos innecesarios.** El primer paso en la implantación del *SEIRI* consiste en la identificación de los elementos innecesarios en los diferentes puestos de trabajo del área de Conversión de Cellux Colombiana S.A.

Para llevar a cabo este primer paso se parte de una lista de elementos innecesarios, la cual se puede obtener mediante dos métodos a saber: grupo de reconocimiento y tarjetas de color.

Independientemente de cual de las dos estrategias se utilice, en general las personas responsables de la elaboración de la lista deben plantearse los siguientes interrogantes:

- ¿Es necesario este elemento?
- ¿Si es necesario, es necesario en esta cantidad?
- ¿Si es necesario, tiene que estar localizado aquí?

Grupo de reconocimiento. Un grupo conformado por los operarios, los técnicos de mantenimiento, el Jefe del Área de Conversión, el Jefe de Producción se reúnen durante el tiempo en que se inicie con la campaña *SEIRI* para realizar una evaluación de las áreas de trabajo del departamento de Conversión con el fin de detectar e identificar los elementos innecesarios presentes éstas y así consignarlos en una lista.

Esta lista permite registrar el elemento innecesario, su ubicación, cantidad encontrada, posible causa y acción sugerida para su eliminación.

Tarjetas de color. Este tipo de tarjetas permiten marcar o "denunciar" que en el sitio de trabajo existe algo innecesario y que se debe tomar una acción correctiva. Esta marcación debe ser realizada por todas las personas del área de Conversión.

Cada tarjeta de color tiene un significado sobre el elemento innecesario detectado; así:

COLOR	SIGNIFICADO
Verde	Problema de contaminación
Azul	Elemento de producción innecesario
Rojo	Elemento que no pertenece al trabajo

Una vez marcados los elementos se procede a registrarlos en la lista de elementos innecesarios. Esta lista permite posteriormente realizar un seguimiento sobre todos los elementos identificados.

Las tarjetas de color también constituyen un elemento de control y monitoreo de la conservación de las condiciones de orden, que puede seguir utilizándose para el seguimiento de la estrategia de las 5`S. Además contribuyen a la motivación del personal para conservar su lugar de trabajo en óptimas condiciones de orden y aseo.

Características de las tarjetas de color. Las tarjetas utilizadas pueden ser de diferentes tipos:

- Una ficha con un número consecutivo. Esta ficha puede tener un hilo o cualquier otro mecanismo que facilite su ubicación sobre el elemento innecesario. Indican la presencia de un problema y en un formato se puede saber para el número correspondiente, la novedad o el problema.
- Tarjetas reutilizables. Estas tarjetas no contienen ningún dato, por lo que pueden ser reutilizadas, su finalidad es “denunciar” la presencia de un elemento innecesario en el área de trabajo.
- Tarjetas de colores intensos. Estas tarjetas se fabrican en papel de color fluorescente para facilitar su identificación a distancia. El color intenso sirve de ayuda como mecanismos de control visual para informar que sigue presente el problema "denunciado". Estas tarjetas contienen la siguiente información: nombre del elemento innecesario, cantidad, porqué se considera innecesario, área de procedencia del elemento innecesario, posibles causas de su permanencia en el sitio, plan de acción sugerido para su eliminación. En la Figura 5 se muestra un ejemplo de una tarjeta de color.

• **Plan de acción para retirar los elementos innecesarios.** Durante la jornada SEIRI se logra eliminar una gran cantidad de elementos innecesarios, ya que el destino de estos depende de decisiones simples como guardar en un sitio, eliminar si es de bajo costo y no es útil o moverlo a un almacén.

Figura 5. Tarjeta de color para la identificación de elementos innecesarios.

Nombre del elemento innecesario _____
Cantidad _____
¿Porqué es innecesario? _____

Área de procedencia _____
Posibles causas de su permanencia en el sitio _____

Acciones sugeridas para su eliminación _____

Sin embargo, es posible que queden equipos, herramientas y materiales que no se pueden retirar por problemas técnicos, por no tener una decisión clara sobre que hacer con ellos o porque en la decisión interviene la dirección y debe consultarse. En estos casos la acción a seguir exige una espera y por lo tanto, el material o equipo debe quedar en su sitio, mientras se toma la decisión final.

Para estos materiales también es posible preparar un plan para eliminarlos gradualmente. En este punto se podrá aplicar la filosofía del Ciclo Deming (PHVA) para desarrollar las acciones que permitan retirarlos. El plan debe contemplar los siguientes puntos:

- Mantener el elemento en igual sitio.
- Mover el elemento a una nueva ubicación dentro de la planta.
- Almacenar el elemento fuera del área de trabajo.
- Eliminar el elemento.

El plan debe indicar los métodos para eliminar los elementos: desecharlo, venderlo, devolverlo al proveedor, darle de baja contablemente, destruirlo o utilizarlo.

• **Control e informe final.** Es necesario preparar un informe donde se registre y se informe el avance de las acciones planificadas, como las que se han implantado y los beneficios aportados. El jefe del área debe preparar este documento y publicarlo en el tablón informativo sobre el avance del proceso 5S.

5.2.2.2 Seiton (Ordenar). La implantación del *SEITON* requiere la aplicación de métodos simples desarrollados por los trabajadores. El *SEITON* es una estrategia que agudiza el sentido de orden a través de la marcación y utilización de controles visuales. Estos son estándares representados mediante elementos gráficos o físicos, de color o numéricos que se utilizan para informar de una manera fácil entre otros los siguientes temas:

- Sitio donde se encuentran los elementos.
- Frecuencia de lubricación de un equipo, tipo de lubricante y sitio donde aplicarlo.
- Estándares sugeridos para cada una de las actividades que se deben realizar en un equipo o proceso de trabajo.
- Dónde ubicar el material en proceso, producto final y si existe, productos defectuosos.
- Sitio donde deben ubicarse los elementos de aseo, limpieza y residuos clasificados.
- Sentido de giro de motores.
- Conexiones eléctricas.
- Sentido de giro de botones de actuación, válvulas y actuadores.
- Flujo del líquido en una tubería, marcación de esta, etc.
- Franjas de operación de manómetros (estándares).
- Lugar donde ubicar la calculadora, carpetas, bolígrafos y lápices en el sitio de trabajo.

Para la implementación del *SEITON* se siguen los siguientes pasos:

• **Ubicación de equipos, útiles y herramientas.** Este primer paso consiste en decidir donde ubicar cada elemento del área de Conversión de una forma ordenada, segura y conveniente, garantizando el fácil acceso a este.

Los criterios o principios para encontrar las mejores localizaciones de herramientas y útiles son:

- Localizar los elementos en el sitio de trabajo de acuerdo con su frecuencia de uso.
- Los elementos usados con más frecuencia se colocan cerca del lugar de uso.
- Los elementos de uso no frecuente se almacenan fuera del lugar de uso.
- Si los elementos se utilizan juntos se almacenan juntos, y en la secuencia con que se usan.
- Los lugares de almacenamiento deben ser más grandes que las herramientas, para retirarlos y colocarlos con facilidad.
- Eliminar la variedad de plantillas, herramientas y útiles que sirvan en múltiples funciones.
- Almacenar las herramientas de acuerdo con su función o producto, lo cual consiste en almacenar juntas las herramientas que tienen funciones similares.
- El almacenaje basado en productos consiste en almacenar juntas las herramientas que se usan en el mismo producto. Esto funciona mejor en la producción repetitiva.

Para llevar a cabo este primer paso es de gran utilidad la observación directa de las áreas de trabajo y la elaboración de un Mapa 5'S. Este es un gráfico que mostrará la ubicación de los elementos que se van a ordenar en el área de Conversión.

El Mapa 5'S permite mostrar donde ubicar el almacén de herramientas, elementos de seguridad, extintores de fuego, duchas para los ojos, pasillos de emergencia y vías rápidas de escape, armarios con documentos o elementos de la máquina, etc.

- **Marcación de la ubicación.** Una vez que se ha decidido las mejores localizaciones, es necesario un modo para identificar estas localizaciones de forma que cada uno sepa donde están las cosas y cuántas cosas de cada elemento hay en cada sitio.

Para la identificación de las localizaciones de los elementos del área de trabajo se pueden utilizar métodos como la marcación con colores o la identificación de los contornos:

- **Marcación con colores.** Es un método para identificar la localización de puntos de trabajo, ubicación de elementos, materiales y productos, nivel de un fluido en un depósito, sentido de giro de una máquina, etc. La marcación con colores se utiliza para crear líneas que señalen la división entre áreas de trabajo y movimiento, seguridad y ubicación de materiales. Las aplicaciones más frecuentes de las líneas de colores son: localización de almacenaje de carros con materiales en proceso, dirección de pasillo, localización de elementos de seguridad: extintores, válvulas de agua; localización de herramientas y materiales y líneas cebra para indicar áreas en las que no se debe localizar elementos ya que se trata de áreas con riesgo.

- **Identificación de los contornos.** En este método se usan dibujos o plantillas de contornos para indicar la colocación de herramientas, partes de una máquina, elementos de aseo y limpieza, bolígrafos, grapadora, calculadora y otros elementos de oficina. En cajones de armarios se puede construir plantillas en espuma con la forma de los elementos que se guardan. Al observar y encontrar en la plantilla un lugar vacío, se podrá rápidamente saber cual es el elemento que hace falta.

Otros métodos que pueden ser utilizados para la marcación de la ubicación son: indicadores de cantidad, letreros y tarjetas, nombre de las áreas de trabajo, localización de stocks, lugar de almacenaje de equipos, rotulado de puntos de lubricación.

Cabe destacar que los métodos anteriormente planteados para llevar a cabo *SEITON* son puntos de partida o guías en la implementación de esta estrategia, ya que la elección del más adecuado depende del resultado obtenido de la dinámica de los operadores en la puesta en marcha de *SEITON*.

5.2.2.3 Seiso (Limpiar). *SEISO* ayuda a crear el hábito de mantener el sitio de trabajo en correctas condiciones. Su proceso de implantación debe apoyarse en un programa de entrenamiento al personal, en el suministro de los elementos necesarios para su realización así como en el tiempo requerido para su ejecución. *SEISO* implica seguir los siguientes pasos:

- **Campaña o jornada de limpieza.** El área de Conversión debe organizar una campaña de orden y limpieza. En esta jornada se eliminarán los elementos innecesarios y se limpiarán máquinas, pasillos, pisos, paredes y otras áreas del lugar de trabajo.

Esta limpieza inicial constituye el punto de partida de *SEISO*, ya que se trata de una preparación para la práctica de la limpieza permanente. Esta jornada de limpieza ayudará a obtener un estándar de la forma como deben estar los equipos permanentemente. Las acciones *SEISO* permitirán mantener el estándar alcanzado el día de la jornada inicial. Como evento motivacional compromete a la dirección y operarios en el proceso de implantación seguro de las 5S.

Esta jornada crea la motivación y sensibilización para iniciar el trabajo de mantenimiento de la limpieza y progresar a etapas superiores *SEISO*. En ella deben participar todos los operarios del área de Conversión, así como el Jefe del Área y el Jefe de Producción.

- **Planificar el mantenimiento de la limpieza.** Una vez ha culminado la jornada de limpieza se hace necesario asignar responsabilidades que permitan mantener las condiciones de limpieza logradas con la campaña; para ello el Jefe del Área debe asignar un contenido de trabajo de limpieza en el departamento de Conversión. De esta manera será necesario dividir dicho departamento por área de trabajo (en este caso por máquina y área circundante) y asignar responsabilidades a cada operario. Esta asignación se debe registrar en un gráfico en el que se muestre el área de responsabilidad de cada persona (gráfico de asignación de áreas).

• **Preparar el manual de limpieza.** Es muy útil la elaboración de un manual de entrenamiento para limpieza. Este manual debe incluir:

- Propósitos de la limpieza.
- Gráfico de asignación de áreas.
- Elementos que se deben utilizar para la limpieza y forma de utilizar estos elementos, tales como detergentes, jabones, agua, escobas, cepillos, waípe.
- Elementos de seguridad que se deben utilizar para la limpieza.
- Frecuencia y tiempo medio establecido para la labor de limpieza.
- Mapa de seguridad del equipo que indique los puntos de riesgo que se pueden encontrar durante el proceso de limpieza.
- Estándares para procedimientos de limpieza para que el operario conozca este procedimiento y pueda realizarlo correctamente utilizando eficientemente el tiempo. El estándar puede contener fotografías que sirvan de referencia sobre el estado en que debe quedar el equipo.
- Diagrama de flujo a seguir.

• **Preparar elementos para la limpieza.** Este paso consiste en aplicar el *SEITON* a los elementos de limpieza, almacenados en lugares fáciles de encontrar y devolver. El personal debe estar entrenado sobre el empleo y uso de estos elementos desde el punto de vista de la seguridad y conservación de los mismos.

• **Implantación de la limpieza.** Con *SEISO* las actividades de limpieza después de la jornada o campaña deben quedar implantadas en el área de Conversión y además deben hacer parte del trabajo rutinario de los operadores.

SEISO implica retirar y limpiar profundamente la suciedad, los desechos, el polvo y otras materias extrañas de todas las superficies, así como de las cajas de control eléctrico, ya que allí se deposita polvo y no es frecuente por motivos de seguridad, abrir y observar el estado interior.

La limpieza es una actividad de vital importancia para conocer el equipo e identificar a través de la inspección posibles fallas y averías y en general las mejoras que requiere este; la información que se recoge debe ser consignada en fichas o listas para su posterior análisis y planificación de las acciones correctivas.

Las actividades de limpieza deben incluir la Inspección antes del comienzo de cada turno; la que se realiza durante el trabajo, y la que se hacen al final del turno. Es importante establecer tiempos para estas actividades de modo que lleguen a formar parte de la rutina del trabajo diario.

Durante la limpieza es necesario tomar información sobre las áreas de acceso difícil, ya que en un futuro será necesario realizar acciones de mejora continua para su eliminación, facilitando las futuras limpiezas de rutina.

5.2.2.4 Seiketsu (Estandarizar). *SEIKETSU* es la etapa de conservar lo que se ha logrado aplicando estándares a la práctica de las tres primeras "S". Esta cuarta está fuertemente relacionada con la creación de los hábitos para conservar el lugar de trabajo en perfectas condiciones.

La limpieza estandarizada se define como el estado que existe cuando los tres primeros principios (organización, orden y limpieza), se mantienen apropiadamente. Es por esto, que *Seiketsu* no es una actividad, sino un estado estandarizado o condición.

Por lo anterior para implantar *SEIKETSU* se requieren las siguientes condiciones:

- **Asignación de trabajos y responsabilidades.** Para mantener las condiciones de las tres primeras S, cada operario debe conocer exactamente cuáles son sus responsabilidades sobre lo que tiene que hacer y cuándo, dónde y cómo hacerlo. Si no se asignan a las personas tareas claras relacionadas con sus lugares de trabajo, *SEIRI*, *SEITON* y *SEISO* tendrán poco significado.

Deben darse instrucciones sobre las tres S a cada persona, sobre sus responsabilidades y acciones a cumplir con relación a los trabajos de limpieza y mantenimiento autónomo. Los estándares pueden ser preparados por los operarios, pero esto requiere una formación para que progresivamente se vayan mejorando los tiempos de limpieza y métodos.

Las ayudas que se emplean para la asignación de responsabilidades son:

- Gráfico de asignación de tareas de limpieza preparado en *SEISO*.
- Manual de limpieza.
- Tablero de gestión visual donde se registra el avance de cada S implantada.
- Programa de trabajo de mejora continua para eliminar las áreas de difícil acceso, fuentes de contaminación y mejora de métodos de limpieza.

• **Integración las acciones *Seiri*, *Seiton* y *Seiso* en los trabajos de rutina.**

El estándar de limpieza de mantenimiento autónomo facilita el seguimiento de las acciones de limpieza, lubricación y control de los elementos de ajuste y fijación. Estos estándares ofrecen toda la información necesaria para realizar el trabajo. El mantenimiento de condiciones básicas debe ser una parte natural de los trabajos regulares de cada día.

En caso de ser necesaria mayor información, se puede hacer referencia al manual de limpieza preparado para implantar *SEISO*. Los sistemas de control visual pueden ayudar a realizar "vínculos" con los estándares, entre estos se encuentran:

- Marcación de los rangos apropiados en indicadores de temperatura, presión, flujo y velocidad.
- Rotulación de los puntos de lubricación.
- Marcación de la dirección de flujo, alimentación o rotación para evitar errores de instalación y conexión.
- Codificación de los recipientes de los lubricantes con colores que indiquen el tipo de grasa.
- Rotulación del número de banda, filtro, medidas de cadena y números de parte sobre el equipo para ahorrar tiempo en el mantenimiento.

- Rotación de líneas neumáticas y dispositivos para agilizar la localización de fallas.
- Rotulación de cables en tableros y dispositivos para agilizar la localización de fallas.
- Marcación de tuercas y tornillos para indicar visualmente que están manteniendo su posición y ajuste adecuados originales.

5.2.2.5 Shitsuke (Disciplina). La disciplina no es visible y no puede medirse a diferencia de la clasificación, el orden, la limpieza y la estandarización; por lo tanto esta será, la "S" más difícil de alcanzar e implementar, ya que esta es lo que permite a su vez alcanzar y mantener las tres (3) primeras S (*Seiri, Seiton y Seiso*).

Dado que la naturaleza humana se resiste al cambio es posible que luego de haber intentado la implementación de las 5'S se vuelva al estado inicial de desorden ante la falta de constancia y disciplina, las cuales sólo existen en la mente y en la voluntad de las personas; sin embargo, al interior de la empresa se deben crear condiciones que estimulen la práctica de la disciplina, para lo que debe trabajar continuamente el Comité TPM mediante las siguientes estrategias:

- **Visión compartida.** Para el desarrollo de una organización es fundamental que exista una convergencia entre la visión de esta y la de sus empleados. Por lo tanto, es necesario que la dirección de la empresa considere la necesidad de liderar esta convergencia hacia el logro de metas comunes de prosperidad de las personas, clientes y organización.

Una forma de lograr este fin consiste en la creación de estándares a través de espacios de trabajo conjunto entre la empresa y los trabajadores, en los cuales se les dará a los empleados participación en la elaboración de sus propios patrones y pautas de trabajo, contando siempre con la asesoría de una persona capacitada en el tema de diseño de estándares y mantenimiento. Esto permitirá una actitud de entrega y respeto a los estándares y buenas prácticas de trabajo.

- **Formación.** La implementación de las 5S no parte de una orden dada mediante un documento "Implante las 5S". Es necesario educar e introducir mediante el entrenamiento de "aprender haciendo" cada una de las S.

Para lograr una formación efectiva se hace necesario seguir algunas de las siguientes recomendaciones:

- Es necesario que los empleados participen activamente en las etapas de sensibilización e implementación de la filosofía de las 5'S en el área de Conversión.
 - No es muy efectivo construir "carteles" con frases, eslóganes y caricaturas divertidas como medio para sensibilizar al trabajador. Estas técnicas inicialmente resultan útiles, pero es posible que pierdan su propósito debido a la costumbre o que durante la campaña *SEIRI* sea necesario eliminar dichos carteles, ya que pueden ser considerados innecesarios al no hacer parte del trabajo.
 - Este proceso, al igual que todos los procesos de creación de cultura y buenos hábitos en el trabajo se logran preferiblemente con el ejemplo. No se le puede pedir a los operarios que mantengan sus puestos de trabajo en orden, si los jefes tienen desordenados sus escritorios o áreas de trabajo.
-
- **Tiempo para aplicar las 5S.** Para la implementación de la estrategia de las 5'S se requiere dar el espacio y el tiempo necesario para que el empleado la practique, deben evitarse comportamientos que los presionen en el cumplimiento de metas de producción, ya que esto sólo logra que dejen de realizar las acciones 5'S; además, hace que el empleado pierda credibilidad al pensar que éste no es un programa serio y que falta el compromiso de la dirección. Es de vital importancia tener el apoyo de la dirección para sus esfuerzos en lo que se refiere a recursos, tiempo y reconocimiento de los logros alcanzados.
 - **El papel de la Dirección.** Es responsabilidad de la dirección de la empresa mediante el Comité TPM, crear las condiciones que promuevan y favorezcan la Implantación del *SHITSUKE* y de las 5'S en general; es por ello que debe:
 - Educar al personal sobre los principios y técnicas de las 5S y mantenimiento autónomo.
 - Enseñar con el ejemplo las acciones de 5'S.
 - Crear equipos promotores o líderes para la implantación en toda el Área de Conversión.

- Asignar el espacio y el tiempo necesario para la práctica de las 5´S.
 - Suministrar los recursos requeridos para la implantación de las 5´S.
 - Motivar y participar directamente en la promoción de sus actividades.
 - Evaluar el progreso y evolución de la implantación en el Área de Conversión.
 - Participar en las auditorias de progresos semestrales o anuales.
 - Demostrar su compromiso y el de la empresa para la implantación de esta filosofía.
- **El papel del empleado.** El papel que el empleado debe cumplir en el desarrollo de la filosofía de las 5´S es:
- Asumir con entusiasmo la implantación de las 5´S.
 - Difundir el conocimiento adquirido en toda la empresa.
 - Diseñar y respetar los estándares de conservación del lugar de trabajo.
 - Realizar las inspecciones de rutinarias establecidas.
 - Pedir al jefe del Área de Conversión los recursos que necesitan para implantar las 5´S.
 - Participar en la formulación de planes de mejora continua para eliminar problemas y defectos del equipo y áreas de trabajo.
 - Participar activamente en la promoción de las 5´S.

5.2.2.6 Cuatro “S” complementarias. El modelo original japonés considera la necesidad de aplicar cuatro "S" adicionales utilizadas para estimular al individuo y a la organización con el propósito de que la aplicación práctica de las 5´S sea una realidad en el lugar de trabajo.

De estas cuatro “S”, las dos primeras están relacionadas con la persona y las dos siguientes con la organización; así:

- **Shikari (constancia).** Es la capacidad de una persona para mantenerse firme en una línea de acción, la voluntad de lograr una meta. Existe una palabra japonesa *konyo* que en castellano traduce algo similar a la entereza o el estado de espíritu necesario para continuar en una dirección hasta lograr las metas. La constancia en una actividad, mente positiva para el desarrollo de hábitos y lucha por alcanzar un objetivo.

- **Shitsukoku (Compromiso).** Es cumplir con lo pactado. Los procesos de conversación generan compromiso. Cuando se empeña la palabra se hace todo el esfuerzo por cumplir. Es una ética que se desarrolla en los lugares de trabajo a partir de una alta moral personal. *SHITSUKOKU* significa perseverancia para el logro de algo, pero esa perseverancia nace del convencimiento y entendimiento de que el fin buscado es necesario, útil y urgente para la persona y para toda la sociedad.

- **Seishoo (Coordinación).** Esta S tiene que ver con la capacidad de realizar un trabajo con método y teniendo en cuenta a las demás personas que integran el equipo de trabajo. Busca unir esfuerzos para el logro de un objetivo establecido. En la empresa los equipos deben trabajar en forma coordinada.

- **Seido (Sincronización).** En el trabajo debe existir un plan de trabajo, normas específicas que indiquen lo que cada persona debe realizar. Los procedimientos y estándares ayudarán a armonizar el trabajo.

6. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO

6.1 GENERALIDADES DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO.

El mantenimiento autónomo constituye la principal característica que diferencia al TPM de otros sistemas de mantenimiento. Inicialmente se da en las etapas de la preparación de las condiciones para la implantación del TPM. Más adelante, en la etapa de implantación, es una actividad importante en la formación del personal y en el mantenimiento de las condiciones que hacen posible el éxito del TPM.

El principio del mantenimiento autónomo es que quien opere la máquina, contribuya en su conservación, es decir, que los operadores y técnicos de mantenimiento compartan la responsabilidad de mantener las máquinas en óptimas condiciones de operación. Inicialmente, esta condición será difícil de alcanzar, ya que a los operadores y técnicos de mantenimiento se les dificultará dejar su forma habitual de trabajo debido a que tradicionalmente los primeros trabajan exclusivamente en la producción, dejando la responsabilidad de las reparaciones al personal de mantenimiento, quienes la asumen en su totalidad.

El mantenimiento autónomo está basado en capacitación y entrenamiento, lo cual implica proporcionar a los operadores tanto el conocimiento y entendimiento del principio de operación de sus máquinas, como el conocimiento y entrenamiento requerido para que este lleve a cabo verificaciones diarias, lubricaciones, reemplazo de partes, reparaciones menores, verificaciones de precisión y detección temprana de condiciones anormales.

En general el trabajo de mantenimiento autónomo realizado por los operadores se diseña para apoyar y complementar el esfuerzo planificado del departamento de mantenimiento. Una vez iniciadas, las actividades de ambos departamentos deben continuar cooperativa y paralelamente.

Los beneficios del mantenimiento autónomo son numerosos; entre los más importantes se encuentran:

- Mejora el conocimiento de la máquina por parte de los operadores y por ende la operación y funcionamiento de la misma, ya que la calidad de las

inspecciones mejora en la medida que se realizan de acuerdo a un programa cuidadosamente establecido.

- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Una fuerza de trabajo altamente entrenada y motivada. Los trabajadores no sólo están adiestrados, sino que presentan alto grado de motivación para ejecutar las tareas de mantenimiento. Entienden cómo sus equipos trabajan y saben cómo mantenerlo en buenas condiciones.
- Mejora la calidad del producto debido a la disminución de productos defectuosos por causas como averías, malas condiciones y mal funcionamiento de las máquinas.
- Reducción del tiempo de falla, ya que cuando la máquina se avería no permanece mucho tiempo fuera de servicio debido a que en muchos casos los operadores están entrenados para saber qué hacer para poner a funcionar la máquina nuevamente.
- El mantenimiento realizado por los operadores de las máquinas o mantenimiento autónomo contribuye significativamente en la Eficiencia Global de los Equipos (EGE), mediante la prevención del deterioro.

Es importante que las personas implicadas en el desarrollo del mantenimiento autónomo comprendan que las actividades de este en todas las fases son obligatorias y necesarias, lo cual no implica una actitud de imposición por parte de mandos medios, sino un entendimiento y concientización de la importancia de este sistema en el logro de los objetivos de producción, de mantenimiento y de la empresa en general.

6.2 DESARROLLO DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.

Para desarrollar el Mantenimiento Autónomo en el área de Conversión se deben seguir 7 pasos o fases. Estas fases representan una óptima división de responsabilidades entre producción y mantenimiento para la realización de las actividades de mantenimiento y mejora.

En la implementación del mantenimiento autónomo, cada fase se compone de diferentes actividades y metas de desarrollo, y cada una se basa en un

entendimiento completo y la práctica de los pasos anteriores. Las fases para el mantenimiento autónomo son:

1. Limpieza inicial.
2. Acciones contra las fuentes de polvo y contaminación.
3. Desarrollo de estándares de limpieza y lubricación. Promoción de atornillados correctos.
4. Inspección general.
5. Inspección autónoma.
6. Organización.
7. Término de la implantación del mantenimiento autónomo. Continuidad. Implementación total.

Los tres (3) primeros pasos constituyen las acciones de mantenimiento autónomo para la prevención, detección y mantenimiento de las condiciones básicas de las máquinas. Los pasos cuatro (4) y cinco (5) generalizan la inspección concienzuda de las máquinas y el posterior mantenimiento y estandarización. Y finalmente los pasos seis (6) y siete (7) permiten una evaluación de las actividades para mejorar continuamente el mantenimiento autónomo y lograr que el este sistema mantenga y no se tome como una moda y luego desaparezca.

6.2.1 Establecimiento de las condiciones básicas de las máquinas. El establecimiento de las condiciones básicas de las máquinas se compone de los tres primeros pasos del Mantenimiento Autónomo.

6.2.1.1 Limpieza inicial. La limpieza significa remover suciedad, polvo, residuos y todo tipo de materias extrañas que se adhieren a todos los elementos del área de trabajo, tales como máquinas, herramientas, pisos y paredes. Como se mencionó anteriormente, este procedimiento implica además, una inspección que permita mirar y tocar cada componente de la máquina con el fin de detectar problemas de escapes, averías, fallos o cualquier tipo de defecto existente en el sistema productivo.

El efecto de la combinación de polvo, abrasión, suciedad, superficies dañadas holguras, fugas en la maquinaria y herramientas causan deterioro y problemas continuos. La limpieza es el método más eficaz para detectar tales defectos y prevenir posibles averías.

Al realizar la limpieza, los operadores tienen la posibilidad de ganar mayor conocimiento de sus máquinas, eliminan fuentes de suciedad y contaminación y logran desarrollar estándares de limpieza que facilitan este trabajo.

Limpiar la máquina y tocar cada pieza puede ser en muchos casos una experiencia nueva para los operadores, la cual implica un trabajo en el que se ven a simple vista los resultados. Esta actividad genera muchos descubrimientos y preguntas, las cuales pueden ser socializadas en las reuniones de los grupos de trabajo TPM. Todo esto servirá de estímulo en los operadores para mantener limpia la máquina.

Esta primera etapa del mantenimiento autónomo puede ser trabajada conjuntamente con la metodología de las 5'S, ya que los dos conllevan el mismo punto de partida en su implementación: LIMPIEZA o *SEISO*...Véase en los numerales 5.1.3 y 5.2.2.3...

Para lograr esta limpieza el área de Conversión debe organizar una campaña de orden y limpieza inicial, al igual que en el primer paso de la implementación de la metodología de las 5'S. En esta jornada se eliminarán los elementos innecesarios y se limpiarán máquinas, pasillos, pisos, paredes y otras áreas del lugar de trabajo.

Esta limpieza inicial constituye el punto de partida del mantenimiento autónomo, ya que se trata de una preparación para la práctica de la limpieza permanente. Esta jornada ayudará a obtener un estándar de la forma como deben estar los equipos permanentemente.

La jornada de limpieza debe ser realizada por los operadores del área y por los técnicos de mantenimiento bajo la supervisión del Jefe del Área y el Jefe de Producción. Esta jornada crea la motivación y sensibilización para iniciar el trabajo de mantenimiento de la limpieza y progresar a etapas posteriores del mantenimiento autónomo.

6.2.1.2 Acciones contra las fuentes de polvo y contaminación. Una vez los operadores de la maquinaria han aceptado hacer la limpieza y dediquen sus esfuerzos a lograr este fin, experimentarán la necesidad de encontrar y proponer medidas para combatir las causas de la generación de desorden, suciedad y desajustes.

Para estimular estas iniciativas de los operarios se propone manejar un documento de sugerencias e ideas que permitan disminuir la contaminación y los tiempos de limpieza. Este es un formato abierto que deben diligenciar los operadores en forma voluntaria. En el Cuadro 9 se muestra dicho formato.

Cuadro 9. Formato de sugerencias de los operadores para disminuir la contaminación.

	
Área: _____	Fecha: _____
Operario: _____	Máquina: _____
Descripción de la fuente que genera contaminación: _____ _____ _____ _____ _____	
Propuesta de mejora: _____ _____ _____ _____ _____	
_____ Firma Operario	_____ Firma Jefe de Área

Las ideas presentadas por los operadores en este formato serán evaluadas por el Comité TPM y de esta manera se tomarán las medidas necesarias para eliminar las fuentes de contaminación, teniendo en cuenta la participación del operador que presente la sugerencia de mejora. Esto estimula a los operadores para que propongan modos prácticos de mejora de las máquinas y aumenta la satisfacción que sienten cuando dichas mejoras tienen éxito.

En general, el objetivo de la eliminación de las fuentes de contaminación es facilitar el trabajo de limpieza e inspección, reducir los tiempos requeridos para estas actividades y en general mejorar las condiciones de orden y aseo del lugar de trabajo. De igual forma, estas mejoras pueden influir en la calidad del producto, la frecuencia de las averías, la preparación y ajustes y otros factores.

6.2.1.3 Desarrollo de estándares de limpieza y lubricación. Las actividades de limpieza y acciones contra las fuentes de contaminación realizadas durante un período de tiempo, permiten a los operarios y técnicos de mantenimiento obtener un estándar de las condiciones de limpieza. Este estándar permite que las actividades de mantenimiento básico sean más rápidas y eficaces.

El mayor obstáculo en el desarrollo de estándares lo constituye el hecho de que las personas que fijan los estándares no son las mismas que deben seguirlos. Cuando los supervisores consideran los estándares como reglas que cumplir, desconocen la necesidad de explicar porqué son necesarios, cómo seguirlos adecuadamente o cómo proporcionar el tiempo necesario para alcanzarlos. Por su parte los operadores, al tener que cumplir normas impuestas no conocerán la razón de ser de seguir los estándares, ni lograrán la motivación requerida para llevarlos cabo.

De esta manera si no existe motivación, habilidad y oportunidad los estándares no cumplirán sus objetivos, ya que al igual que la mayoría de las actividades relacionadas con el mantenimiento autónomo, el desarrollo de estándares depende de la destreza y motivación de los operadores que los ejecutan en la práctica.

La mejor forma de asegurar la adhesión por parte de los operadores a los estándares, es que ellos los fijen con ayuda de los técnicos de mantenimiento y bajo la dirección y asesoría de un Ingeniero de Mantenimiento. La participación de este último en el proceso es de vital importancia, ya que es el precisamente quien cuenta con la capacitación y experiencia requerida para tal fin. En realidad este es el primer paso en el establecimiento del control autónomo. Se requieren las siguientes acciones:

- Realizar capacitaciones a los operadores y técnicos de mantenimiento en diseño y mejoramiento de estándares, teniendo en cuenta que estos han recibido previamente las respectivas capacitaciones para adquirir los

conocimientos y habilidades requeridas con respecto a los procedimientos a estandarizar.

- Asignar responsabilidades a los operarios con respecto a la limpieza y lubricación previo diseño de la ruta de lubricación.
- Explicar con claridad la importancia de seguir el estándar.
- Crear espacios como talleres y reuniones en las que los operadores y técnicos de mantenimiento desarrollen y fijen estándares bajo la dirección y coordinación del Ingeniero de Mantenimiento.

Una vez los implicados en el mantenimiento autónomo han preparado sus estándares, definen sus propias obligaciones y se comprometen a cumplirlas.

En la preparación de estándares debe tenerse en cuenta los límites de tiempo necesarios para que la producción no se afecte negativamente; estos límites deben ser establecidos por el jefe de área. Si se desarrollan estándares que no se puedan cumplir dentro de los tiempos previstos, se deben buscar formas para reducir dichos tiempos. Obviamente, es necesario que el Ingeniero de Mantenimiento coopere para simplificar y mejorar los procedimientos de limpieza y lubricación, a través de medidas como la lubricación centralizada, intervalos de lubricación más largos o más cortos, recolocación de lubricadores, marcas de límites en los indicadores de nivel de aceite y diferentes acciones contra las fuentes de contaminación.

Para el desarrollo de estándares de limpieza y lubricación en el área de Conversión, las actividades de mantenimiento autónomo también deben realizarse de la mano con la metodología de las 5'S, más específicamente con el paso *Seiketsu* o estandarización... Véase en los numerales 5.1.4 y 5.2.2.4...

En el Cuadro 10 se muestra un formato de un estándar de limpieza y lubricación que puede ser utilizado en el área de Conversión.

Cuadro 10. Estándar de limpieza y lubricación.

					
ESTÁNDARES DE LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN				CONVERSIÓN	
CÓDIGO DE LA MÁQUINA					
Estándares de limpieza	Método de limpieza	Tiempo	Período		
			Día	Sem	Mes
Estándares de lubricación	Método de lubricación	Tiempo	Periodo		
			Día	Sem	Mes
Observaciones: _____					

Por último, es necesario tener en cuenta que los estándares de limpieza y lubricación deben realizarse teniendo en cuenta los puntos críticos particulares de cada una de las máquinas del área de Conversión. Los tiempos de la limpieza y lubricación estandarizados se establecen mediante consenso a partir de la opinión de los operadores, experiencia de los técnicos de mantenimiento y límites definidos por el Jefe de área; siempre bajo la dirección del Ingeniero de Mantenimiento.

• **Promoción de la lubricación.** Asegurar una lubricación correcta es de gran importancia en el establecimiento y mantenimiento de las condiciones básicas de la máquina. La lubricación previene el deterioro de la máquina y preserva su fiabilidad.

Las pérdidas causadas por una lubricación inadecuada incluye no sólo aquellas que son el resultado de obstrucciones, sino también la lubricación insuficiente que conduce a pérdidas indirectas, tales como disminución de la operación de las partes móviles y sistemas neumáticos, así como a un desgaste más rápido que acelera el deterioro, causa más defectos e incrementa los tiempos de ajuste.

En esta etapa del mantenimiento autónomo cabe una mejora a la lubricación, la cual puede evaluar el estado actual de la lubricación y determinar cambios necesarios, tales como cambiar el tipo de lubricante o fijar etiquetas de instrucciones.

De igual forma, la lubricación no sirve para nada si sus mecanismos no funcionan o no se encuentran en buen estado, por lo que se hace necesario que se realicen inspecciones a las máquinas para detectar y posteriormente limpiar depósitos de aceite, lubricadores o engrasadores sucios y con sedimentos o tuberías obstruidas en los sistemas de lubricación.

6.2.1.4 Atornillados correctos. Los operadores son las personas más indicadas para asegurar diariamente que todos los elementos de sujeción de la máquina se encuentren correctamente ajustados. El atornillado correcto es otra de las formas que tienen los operadores para restablecer y mantener las condiciones básicas de las máquinas.

La holgura o falta de tuercas, tornillos y otros elementos de anclaje pueden causar pérdidas, es posible que un solo tornillo o perno suelto sea la causa de un defecto o avería de la máquina. En muchos casos un perno suelto, causa vibraciones que

aflojan otros pernos; la vibración genera más vibración, la holgura produce más holgura; lo cual generaliza el deterioro, disminuye la precisión del funcionamiento y finalmente se dañan las piezas y las máquinas.

6.2.2 Inspección General. En el programa de mantenimiento autónomo se debe capacitar y adiestrar a los operadores para que realicen inspecciones de rutina según las listas de chequeo, con el fin de detectar las evidencias del deterioro, defectos en la máquina y en general necesidades de mantenimiento. A partir de los resultados de una inspección general se deben generar las correspondientes solicitudes de mantenimiento y órdenes de trabajo, según las anomalías detectadas.

Los resultados de una inspección pueden verse limitados por razones como:

- La inspección es una obligación impuesta, por lo que los operarios no conocen la importancia de esta en la prevención del deterioro de la máquina y por ende no se encuentran motivados.
- No se dispone del tiempo suficiente para llevar a cabo la inspección.
- La inspección implica revisar demasiados elementos.
- En el diseño de las hojas de chequeo no participan los operadores.
- Los operadores no cuentan con las destrezas necesarias para realizar la inspección.

6.2.2.1 Inspección general eficiente. El principal requerimiento para realizar una inspección general eficiente consiste en disponer de operadores que conozcan su máquina. Una vez estos han sido capacitados y adiestrados para llevar a cabo inspecciones generales, están en la capacidad de preparar sus propias hojas de chequeo con la asesoría de los técnicos de mantenimiento y del jefe de área. Además, es importante, que los operadores no se limiten a las listas de chequeo, sino que estén en capacidad de hacer juicios basados en su propio conocimiento del estado del equipo e identificar los defectos de funcionamiento durante la limpieza, la lubricación y el funcionamiento de la máquina.

Por otro lado, simplificar las inspecciones diarias permite alcanzar mejores resultados de la inspección; es decir, seguir una inspección demasiado detallada

puede ser tedioso y significar una pérdida de tiempo, ya que algunos elementos de la máquina no requieren un examen diario de su estado e implican mucho tiempo.

De esta manera, limitar las inspecciones diarias a los elementos necesarios para evitar problemas de seguridad y calidad, permite a los operarios dominar el procedimiento de inspección hasta integrarlo a su rutina de trabajo.

Finalmente, una inspección general eficiente requiere del tiempo adecuado para realizarla, según la complejidad e importancia del sistema a inspeccionar; para ello se hace necesario que los operadores dispongan de un período de tiempo para dedicarse exclusivamente a ésta, incluso si fuera necesario alargar el tiempo entre inspecciones.

6.2.2.2 Listas de chequeo para el área de Conversión. Las listas de chequeos deben ser diseñadas para cada una de las máquinas del área de Conversión por el ingeniero de mantenimiento quien está capacitado para tal tarea; es necesaria la participación de los técnicos de mantenimiento.

Para mayor practicidad y organización estas listas de chequeo deben subdividirse en cada uno de los sistemas de la máquina (neumático, hidráulico, mecánico y eléctrico) y sus respectivas actividades de chequeo.

Los tiempos de inspección para las actividades de las listas de chequeo deben ser determinados a partir de la experiencia del personal de mantenimiento (técnicos e ingenieros de mantenimiento). También puede ser útil realizar un ejercicio en el que se mida el tiempo empleado por los técnicos de mantenimiento en la realización de esta inspección, adaptando el resultado a las capacidades de los operadores.

Los tiempos resultantes de este ejercicio están sujetos a modificaciones dependiendo de los registros posteriores de inspección, según los operadores vayan adquiriendo destreza en las actividades de chequeo.

En el Cuadro 11 se muestra un ejemplo de la estructura de la lista de chequeo propuesta para las máquinas del área de Conversión.

Cuadro 11. Lista de chequeo.

		LISTA DE CHEQUEO CONVERSIÓN CÓDIGO DE LA MÁQUINA	
SISTEMA	COMPONENTE	INSPECCIÓN	TIEMPO
SISTEMA NEUMÁTICO	Tubería y equipo	¿Tiene fugas algún equipo neumático? ¿Hay pernos sueltos, vibración anormal o tubos doblados? ¿Hay alguna fuga de aire?	
	Válvulas	¿El flujo de aire se corta completamente cuando se cierran las válvulas? ¿Las válvulas presentan dificultad para abrir o cerrar? ¿Los indicadores de presión de aire están limpios y en buen estado?	
SISTEMA HIDRÁULICO	Tuberías y mangueras	¿Hay holguras en mecanismos o tuberías? ¿Las placas de los mecanismos pueden ser leídas con facilidad? ¿Hay tuberías flexibles o juntas con fugas?	
SISTEMA MECÁNICO	Correas	¿Hay superficies con desgaste, cuarteadas o contaminadas de aceite? ¿Es uniforme la tensión de las correas? ¿Las poleas se encuentran alineadas?	
	Cadenas	¿Es deficiente el engranaje entre cadenas y dientes por el estiramiento de la cadena?	
SISTEMA ELÉCTRICO	Control y fuerza	¿Están los contactos sulfatados? ¿Las cajas de Control y sus componentes se encuentran limpias y en buen estado.	

6.2.3 Inspección Autónoma. En esta etapa, los estándares de limpieza y lubricación e inspección establecidos, son comparados con la realidad, y evaluados para eliminar cualquier inconsistencia y asegurar las actividades del mantenimiento autónomo.

Esta fase es posible sólo cuando los operadores y técnicos de mantenimiento están completamente entrenados para conducir la inspección general, la cual le dará las herramientas necesarias para seguir un proceso de mejoramiento continuo de los estándares.

El mejoramiento continuo de estándares a partir de la inspección autónoma se da en diferentes pasos:

6.2.3.1 Primer paso. Consiste en la evaluación de los lineamientos que componen los estándares existentes. Para ello se organizarán reuniones periódicas de los grupos de trabajo TPM, con la participación del Jefe de Área y del Ingeniero de Mantenimiento. Cabe destacar que estas personas involucradas en el proceso de evaluación y mejoramiento de los estándares deben contar con una capacitación previa en el diseño y mejoramiento de estándares.

Esta evaluación se fundamenta en formular las siguientes preguntas respecto a cada una de las actividades de los estándares:

- ¿Qué se debe hacer?
- ¿Quién lo debe hacer?
- ¿Cuándo se debe hacer?
- ¿Cómo se debe hacer?
- ¿Para qué se debe hacer?

Las respuestas a estas preguntas deben estar explícitas en los estándares, en caso contrario, estos deberán ser mejorados. Estos mismos cuestionamientos también deben ser aplicados a los nuevos estándares a incorporar. De igual forma, se hace necesario comparar los estándares establecidos con lo que se lleva a cabo en la práctica; de esta manera el estándar podrá ser modificado.

6.2.3.2 Segundo paso. El Ingeniero de Mantenimiento debe redactar el nuevo estándar o la modificación en forma clara y precisa, para facilitar el entendimiento por parte de las personas involucradas. De igual forma debe establecer la fecha a partir de la cual comienza a aplicar el estándar y las áreas implicadas, de tal manera que se eviten confusiones. Así la aplicación de estándar se realizará simultáneamente.

6.2.3.3 Tercer paso. El Ingeniero de Mantenimiento en conjunto con el Jefe de Área deben crear medios para divulgar las actualizaciones y/o nuevos estándares, asegurando que todas las personas involucradas conozcan los cambios. Para esto, debe utilizarse la comunicación mediante circulares y en lo posible reuniones, las cuales facilitan más la explicación clara del cambio, sus razones y demás aspectos importantes.

6.2.3.4 Cuarto paso. Asegurarse de que todos los operadores estén en la capacidad de ejecutar el nuevo procedimiento estándar, para lo que se puede recurrir al entrenamiento en el puesto de trabajo.

6.2.3.5 Quinto paso. Establecer un sistema de revisión periódica de los estándares, con su respectivo cronograma, para evitar que estos caigan en la rutina y la obsolescencia. Este sistema de revisión debe ser diseñado y liderado por el comité TPM.

6.2.4 Organización. En esta fase se busca complementar la implantación del mantenimiento autónomo con la evaluación del papel de los operarios y técnicos de mantenimiento y la reasignación de responsabilidades.

6.2.4.1 Funciones de los operadores. Con el mantenimiento autónomo los operadores asumen nuevas responsabilidades que los comprometen más con el cuidado de sus máquinas, el mantenimiento de las condiciones básicas y la prevención del deterioro. Entre estas se encuentran:

- Operar el equipo correctamente.
- Mantener las condiciones básicas del equipo (limpieza, lubricación y sujeción de tornillos).
- Realizar los ajustes necesarios.

- Anotar datos de averías y otros defectos de funcionamiento e informar oportunamente.
- Realizar inspecciones diarias utilizando los cinco sentidos.
- Realizar las inspecciones periódicas programadas.
- Realizar reparaciones menores (sustitución simple de piezas y reparaciones temporales).
- Colaborar con el departamento de mantenimiento en la reparación de averías esporádicas.
- Trabajar en el diseño y mejoramiento continuo de los estándares.

6.2.4.2 Obligaciones del personal de mantenimiento. El mantenimiento autónomo no es posible sin la participación de los técnicos de mantenimiento. Este debe participar en todas las actividades de preparación e implantación del mantenimiento autónomo, tales como:

- Proporcionar soporte técnico a las actividades autónomas de mantenimiento. Instruir a los operarios.
- Restablecer la operatividad cuidadosa y precisamente utilizando inspecciones, supervisión de condiciones y repaso general.
- Contribuir en el diseño, desarrollo y mejoramiento continuo de estándares de mantenimiento.
- Intensificar las destrezas de mantenimiento en lo que se refiere al chequeo, supervisión de condiciones, inspecciones y repaso general.

6.2.5 Término de la implantación del mantenimiento autónomo. Continuidad. Implementación total. Una vez implementado el mantenimiento autónomo los operadores estarán más capacitados y entrenados, y lograrán una alta moral en el trabajo. Estos alcanzarán cierto grado de independencia y autonomía, lo cual le permite generar su propio trabajo y el mejoramiento de su máquina, proceso y herramientas.

Cabe destacar que el mantenimiento autónomo tiene alto grado de interdependencia con la filosofía de las 5'S, el mantenimiento preventivo y la eficiencia global de producción. De la misma manera implica un alto grado de capacitación, entrenamiento y compromiso por parte de todos los implicados en este proceso.

Es necesario trabajar para mantener permanentemente el estado alcanzado de mantenimiento autónomo, ya que este no es una moda o campaña, sino una cultura de mantenimiento vital en la implementación del Mantenimiento Productivo Total.

7. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

El mantenimiento preventivo consiste en inspeccionar periódicamente las máquinas, optimizando así la gestión del mantenimiento de las mismas desde la concepción y diseño. Su finalidad es detectar las condiciones de operación que puedan ocasionarles averías, detención de la producción o pérdidas que perjudiquen la función, combinada con mantenimiento destinado a eliminar, controlar o remediar tales condiciones en sus fases iniciales.

El objetivo es pues, crear una medida preventiva que permita una máquina de fácil operación y mantenimiento y así elevar los niveles de fiabilidad, economía y seguridad.

El mantenimiento preventivo se lleva a cabo para asegurar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas. La disponibilidad puede definirse como la probabilidad de que una máquina sea capaz de funcionar siempre que se requiera. La confiabilidad es la probabilidad de que la máquina esté funcionando en un momento t . En general el mantenimiento preventivo busca aumentar al máximo la disponibilidad y la confiabilidad de la máquina.

7.1 PRINCIPIOS BÁSICOS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los principios básicos del mantenimiento preventivo están basados en un conjunto de actividades que tienen como única finalidad la inspección de las máquinas y de esta manera mantenerlas en buenas condiciones para su operación. Tales actividades son:

- Inspecciones programadas para buscar evidencia de falla en las máquinas o instalaciones, para corregirlas en un lapso de tiempo que permita programar la reparación, sin que haya paro intempestivo (Inspecciones periódicas).
- Actividades repetitivas de Inspección, lubricación, calibraciones, ajustes y limpieza (mantenimiento diario de rutina para prevenir el deterioro).
- Programación de esas actividades repetitivas con base en frecuencias diarias, semanales, quincenales, mensuales, anuales, etc.

- Programación de actividades repetitivas en fechas calendario perfectamente definidas, siguiendo la programación de frecuencias de actividades, que deberán respetarse o reprogramarse en casos excepcionales.
- Control de esas actividades repetitivas con base en formatos de ficha técnica, órdenes o solicitudes de trabajo, hojas de vida, programa de Inspección, programa de lubricación, programa de calibraciones, etc.

Un programa de mantenimiento preventivo debe contar con una serie de requisitos, los cuales deben ser planteados y/o realizados por el comité TPM: fijación de estándares de mantenimiento, preparación y ejecución de planes de mantenimiento, diseño de registros de mantenimiento y realización de actividades para el restablecimiento de las condiciones de las máquinas.

7.2 ESTANDARIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Las actividades de mantenimiento deben estandarizarse por diferentes razones:

- Las actividades de rutina, las reparaciones menores y la mantenibilidad de las máquinas, no pueden realizarse eficazmente si los operadores las realizan de cualquier manera.
- Es muy demorado adquirir la destreza necesaria y dominar las técnicas de mantenimiento. Además, cuando sólo los empleados experimentados saben aplicar estas técnicas, las peticiones que recibe el departamento de mantenimiento por lo general sobrepasan su capacidad y no se alcanzan las metas propuestas.
- El trabajo de mantenimiento de las máquinas es por lo general menos eficiente que el de producción, debido esencialmente a que éste no es repetitivo y requiere una gran preparación y grandes márgenes de error que no pueden ser permisibles.

La estandarización trata cada uno de los problemas que se pueden presentar en la maquinaria, tales como: averías, detención en la producción, etc. Por esta razón es indispensable disponer de manuales comprensivos y estándares que incorporen las experiencias y tecnologías derivadas de situaciones pasadas de la compañía. Tales documentos permiten que un gran número de trabajadores

incluyendo los recientemente incorporados, lleven a cabo las actividades que sólo los empleados experimentados podían realizar.

7.3 VENTAJAS DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Un programa de Mantenimiento Preventivo tiene entre otras las siguientes ventajas:

- Con el tiempo se disminuyen los paros imprevistos de máquinas, ya que son reemplazados por paros programados.
- Se mejora notoriamente la eficiencia de las máquinas y por lo tanto de la producción.
- Mejora notablemente la imagen del Departamento de Mantenimiento, al entregar reparaciones más confiables.
- Después del tiempo de estabilización del programa, se obtienen una reducción real de costos por:
 - Disminución de las fallas repetitivas.
 - Disminución de duplicación de reparaciones: una para desvarar la máquina y otra para repararla adecuadamente.
 - Disminución de grandes reparaciones, al programar oportunamente las fallas incipientes.
 - Mejor control del trabajo debido a la utilización de programas y procedimientos adecuados.
 - Menores costos de producción por menor cantidad de productos defectuosos, debido a la correcta graduación de las máquinas.
 - Disminución de los pagos por tiempo extra al disminuir los paros intempestivos.
 - Disminución de accidentes durante la ejecución de mantenimientos, debido al trabajo programado según procedimientos escritos y no trabajos de emergencia bajo alta presión, para entregar la máquina lo más pronto posible.

7.4 LIMITACIONES DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

A pesar de sus ventajas el mantenimiento preventivo tiene ciertas limitaciones:

- Al principio pueden aumentarse aparentemente los costos de mantenimiento, debido a que se deben seguir programas de frecuencias y fechas calendario que antes no se llevaban a cabo. Igualmente los costos de lubricantes y otros insumos posiblemente aumenten, ya que anteriormente no se gastaban con la frecuencia requerida para lograr el correcto funcionamiento de la máquina.
- Se generan costos administrativos por el diseño de formatos, registro de máquinas, búsqueda de información, consignación de datos, programación., etc. Posiblemente se requiera mínimo, una persona adicional para encargarse de las labores de mantenimiento.
- Cuando se requieran operarios para desarrollar trabajos de mantenimiento correctivo, al comienzo del programa preventivo, éstos pueden estar ocupados en trabajos programados de mantenimiento preventivo.
- Posiblemente se debe parar más veces la producción que antes, al menos inicialmente, para cumplir los programas de inspecciones, lubricación etc. Sin embargo estos paros serán programados, permitiendo a producción adecuar sus propios programas con la debida anticipación.
- Cuando falle alguna máquina y se deba realizar mantenimiento correctivo, se pueden generar críticas destructivas del programa preventivo.
- Si no se respetan las fechas y frecuencias programadas, el programa de mantenimiento preventivo no funcionará.
- El líder de un programa preventivo debe tener una excelente comunicación y relaciones con todos los departamentos de la empresa, si no se cumple ésta condición será muy difícil sacar adelante el programa.

7.5 ORGANIZACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.

La organización del mantenimiento preventivo en el área de Conversión de la empresa Cellux Colombiana S.A. es responsabilidad del Departamento de mantenimiento conformado por el Ingeniero o Jefe de Mantenimiento y los

técnicos. En algunas tareas de esta organización del mantenimiento, pueden participar los operadores de las máquinas según sea necesario.

El mantenimiento preventivo en el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A. debe contar con la siguiente estructura:

7.5.1 Programa de mantenimiento. El programa de mantenimiento constituye una sistematización de todas las actividades y estrategias destinadas a prevenir los daños. Su objetivo básico es garantizar la disponibilidad de la instalación para atender el programa de producción con calidad, productividad y asegurar costos adecuados.

Para elaborar el programa de mantenimiento, se deben tener en cuenta lo siguiente:

- Registro de máquina.
- Descripción de las actividades para el mantenimiento.
- Plan de mantenimiento.

7.5.2 Fichas de trabajo. Para ejecutar el programa de mantenimiento se requiere elaborar unas fichas o formatos que servirán para solicitar, reportar y controlar las actividades que se van a realizar. Entre estas fichas se encuentran:

- Solicitud de servicio y orden de trabajo de mantenimiento
- Solicitud de repuestos y materiales.
- Reporte semanal de mantenimiento.
- Historial de las máquinas.

7.5.3 Manuales de mantenimiento. Los manuales son procedimientos de trabajo que se preparan para ayudar al personal de mantenimiento. Se elaboran teniendo en cuenta los catálogos de las máquinas suministrados por el fabricante y la

experiencia de los técnicos. Para esto se elaboran el siguiente manual de mantenimiento de la máquina.

7.5.4 Almacén. Un programa de mantenimiento preventivo debe contar con una adecuada planeación y control de los repuestos, materiales y accesorios utilizados en los trabajos, ya que esto repercute directamente en las políticas de reducción de costos de mantenimiento y por ende en el éxito de la implantación del mantenimiento preventivo en la organización.

Entre los factores que determinan la cantidad de repuestos, están los siguientes:

- La cantidad utilizada
- La frecuencia de reemplazo.
- Los efectos en la operación o depreciación, lo cual es importante para no invertir dinero en partes o piezas que, por lo general, se reemplazan con baja frecuencia.

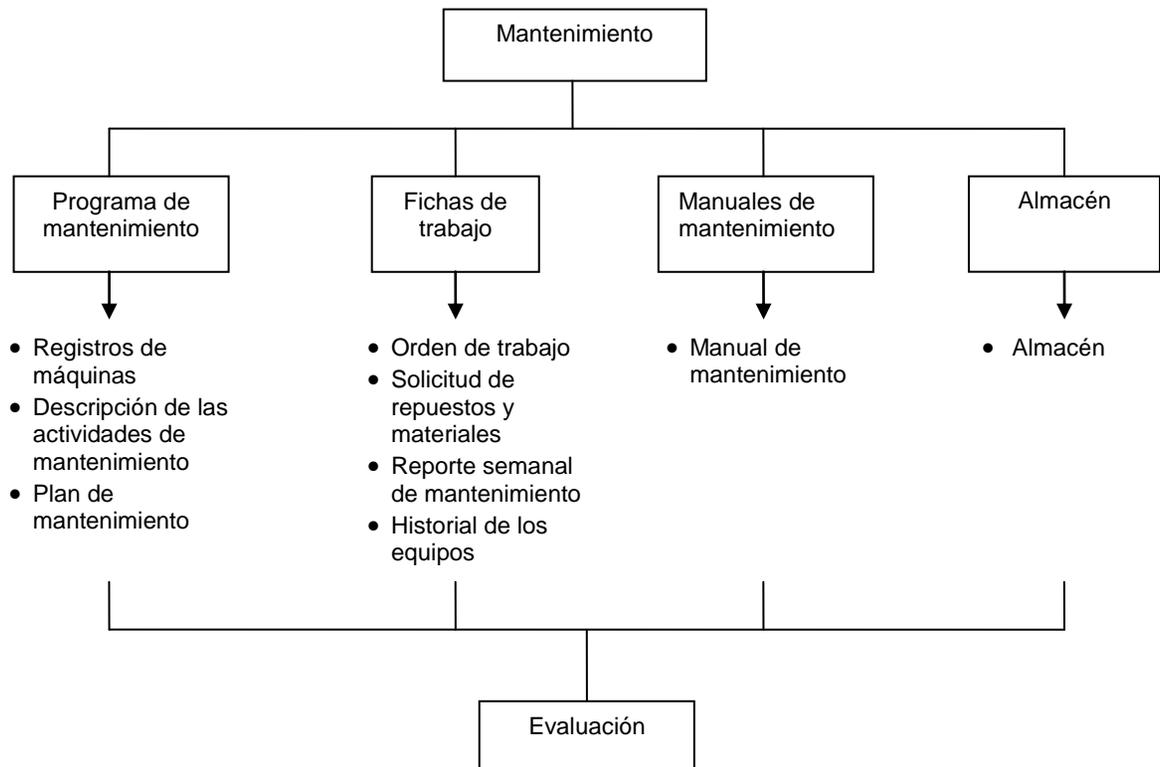
7.5.5 Evaluación. En esta actividad se emplean datos históricos para anticiparse al futuro, teniendo en cuenta que sin una evaluación, cualquier sistema de mantenimiento tiende a fracasar. Para la evaluación, se analizan los datos o la información contenida en las fichas de trabajo.

Esta evaluación hace posible lo siguiente:

- Ajustar el programa y mantener actualizados los manuales de mantenimiento.
- Analizar los trabajos realizados y los materiales empleados a fin de determinar los costos de mantenimiento, para efectos de programación y control del presupuesto.
- Determinar los costos que demanda la gestión administrativa del almacenamiento, adquisición y uso de los repuestos.
- Informar a los demás sobre lo que se ha realizado y lo que se pretende realizar.

En la Figura 6 se muestra la estructura de la organización del mantenimiento preventivo.

Figura 6. Organización del mantenimiento preventivo.



7.6 ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.

Una vez se ha organizado las actividades de mantenimiento preventivo se sigue con su elaboración; es decir, se prepara el programa de mantenimiento, las fichas de trabajo, los manuales de mantenimiento y el almacén.

7.6.1 Programa de Mantenimiento. El programa de mantenimiento permite la conservación y protección de los diferentes componentes de las máquinas para obtener así una condición óptima, especialmente en lo que se refiere a su eficiencia y bajo costo de operación. Para la preparación de un buen programa de

mantenimiento se debe tener en cuenta la elaboración de documentos tales como, registro de las máquinas, descripción de las actividades y por último el plan de mantenimiento.

7.6.1.1 Registro de máquinas.

• **Inventario de máquinas.** El primer paso para la elaboración del programa de mantenimiento consiste en inventariar y recopilar información de todas las máquinas e identificar su ubicación física, además de la información de las partes asociadas para su operación. Esta es una tarea que debe ser desempeñada por los operadores y técnicos de mantenimiento.

Una vez inventariada la maquinaria, se procede a agruparlas, codificarlas y clasificarlas.

• **Codificación de máquinas.** Es esencial desarrollar un sistema mediante el cual se identifique de manera única cada máquina del área. Se deberá establecer un sistema de códigos que facilite el proceso de sistematización y organización de la información de las máquinas y del mantenimiento preventivo.

Cada máquina puede ser identificada mediante un código alfanumérico de dos (2) letras y un (1) número; la primera letra indicará el área a la cual pertenece la máquina, en este caso será C que equivale a Conversión y la segunda letra indicará el tipo de máquina agrupada según su función; así:

- CC = Conversión. Máquina Cortadora
- CT = Conversión. Máquina Cortatucos
- CN = Conversión. Torno
- CE = Conversión. Máquina Empacadora
- CR = Conversión. Máquina Rebobinadora

El número indicará el número de la máquina entre el grupo al cual ella corresponde, así:

- CC1 = Conversión. Máquina Cortadora 1 (M-3000)
- CC2 = Conversión. Máquina Cortadora 2 (M-2500)
- CC3 = Conversión. Máquina Cortadora 3 (TG-410)
- CC4 = Conversión. Máquina Cortadora 4 (TS-200)
- CC5 = Conversión. Máquina Cortadora 5 (Arrow)
- CC6 = Conversión. Máquina Cortadora 6 (Long Roll)
- CT1 = Conversión. Máquina Cortatucos 1
- CT2 = Conversión. Máquina Cortatucos 2
- CT3 = Conversión. Máquina Cortatucos 3
- CN2 = Conversión. Torno 2
- CN3 = Conversión. Torno 3
- CE1 = Conversión. Máquina Empacadora 1 (MIMI)
- CE2 = Conversión. Máquina Empacadora 2 (Berretti)
- CE3 = Conversión. Máquina Empacadora 3 (Iman Pack)
- CE4 = Conversión. Máquina Empacadora 4 (Blister-Termoselladora)
- CE5 = Conversión. Máquina Empacadora 5 (Fung Yuan)
- CR1 = Conversión. Máquina Rebobinadora 1
- CR2 = Conversión. Máquina Rebobinadora 2
- CR3 = Conversión. Máquina Rebobinadora 3
- CR4 = Conversión. Máquina Rebobinadora 4

Para ser efectiva la codificación es necesaria la identificación de cada máquina con su código asignado, por lo que se debe colocar una etiqueta en un lugar

visible de la máquina. Esto facilitará que los operarios, técnicos de mantenimiento y jefe de área se familiaricen con los códigos y se estandarice una forma única de identificar las máquinas.

• **Clasificación de las máquinas por criticidad.** Para una buena clasificación se debe tener en cuenta también la criticidad de las máquinas:

Criticidad 1. Máquina absolutamente necesaria para garantizar la continuidad de operación de la planta. Su falta ocasiona graves perjuicios a la producción.

Criticidad 2. Necesario para la operación de la planta, pero puede ser parcial o totalmente reemplazado.

Criticidad 3. No esencial para los procesos de la planta, fácilmente reemplazable.

Con la información recopilada sobre cada máquina, se elabora la ficha llamada Registro de máquina, que es un formato electrónico o en papel que identifica la máquina y contiene las características y datos más importantes, tales como:

- Código de la máquina
- Fabricante y año en que fue fabricada
- Modelo
- Número de serie
- Fecha de adquisición e instalación
- Capacidad real e instalada de la máquina
- Velocidad
- Características técnicas
- Partes principales
- Criticidad

Los datos para llenar las fichas de “Registro de la máquina” se obtienen de las placas de las máquinas suministradas por las firmas proveedoras o fabricantes, de los manuales y de la experiencia de los técnicos de mantenimiento.

En el Cuadro 12 se muestra un formato de la ficha registro de máquina para el Área de Conversión.

7.6.1.2 Descripción de las actividades de mantenimiento. Esta descripción contiene las actividades de mantenimiento que se deben realizar a cada máquina, con la finalidad de eliminar o disminuir los problemas más frecuentes que puedan provocar la paralización intempestiva de una o varias máquinas.

Estas actividades de mantenimiento se obtienen de los manuales de los fabricantes y de la experiencia del Ingeniero de mantenimiento, trabajadores y técnicos de mantenimiento.

En el Cuadro 13 se muestra el formato donde se describirán las actividades para el mantenimiento de cada una de las máquinas, la frecuencia de trabajo (diario, semanal, mensual, semestral o anual) y los materiales y repuestos que serán utilizados durante dicha actividad. Además, contiene datos como: nombre de la empresa, código de la máquina y sección a la que pertenece.

Este formato se compone de la siguiente estructura:

- En la primera columna se enumeran las actividades de mantenimiento.
- En la segunda columna se describen las actividades de mantenimiento que se deben realizar a cada sistema de la máquina.
- En la tercera columna se coloca la frecuencia o periodicidad de los trabajos de mantenimiento.
- En la cuarta y última columna se listan los materiales o repuestos indispensables para ejecutar dicha actividad.

Esta descripción de las actividades para el mantenimiento de las máquinas será utilizada posteriormente en la elaboración del plan de mantenimiento.

Cuadro 12. Ficha de registro de la máquina.

		NOMBRE DE LA MÁQUINA				Área:		
Código:						Inventario N°.		
Proceso de adquisición		Indicaciones		Serie:		Modelo:		
Fecha:	Adquisición:		Capacidad:		Altura manométrica:		Tipo:	
	Instalación:		Fabricante:		Año de fabricación:		Criticidad:	
						Velocidad:		
Características técnicas				Principales partes sobre plano				
				1.		7.		
Amperaje	Tensión (Voltaje)	PH	Rpm	2.		8.		
				3.		9.		
				4.		10.		
				5.		11.		
				6.		12.		
Observaciones:								

Cuadro 13. Formato de descripción de las actividades de mantenimiento.

		DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	
Código de la máquina:		Mantenimiento Preventivo	
Número de la actividad	Actividad que se debe realizar	Frecuencia de trabajo	Materiales y repuestos
	<i>Sistema mecánico</i>		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	<i>Sistema hidráulico</i>		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	<i>Sistema eléctrico</i>		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		
	*		

7.6.1.3 Plan de mantenimiento. Este plan es elaborado por el Ingeniero de Mantenimiento para programar y atender las actividades que se deben realizar para el mantenimiento periódico durante cada mes a la máquina.

En el Cuadro 14 se muestra el formato del plan de mantenimiento, el cual tiene la siguiente estructura:

- En la primera columna se ubica la actividad a realizar.
- En las siguientes columnas se colocan los días del mes. Estas casillas permiten determinar la programación de cada actividad de mantenimiento en una fecha definida y la ejecución de cada una de estas actividades de mantenimiento. Para esto se utiliza la siguiente simbología:
 - El símbolo “o” indica una actividad programada.
 - El símbolo “x” se introduce una vez ha sido ejecutada la actividad.

Por ejemplo si se toma una actividad cualquiera de la descripción de actividades y esta tiene una frecuencia de trabajo semanal; entonces, la actividad debe estar programada en el plan estratégico cada siete días, para efectuar el mantenimiento.

Para actividades diferentes a la inspección de las máquinas como desmontaje y cambio de piezas deberán elaborarse fichas de trabajo.

Cuadro 14. Formato de programación del plan de mantenimiento.

Ver archivo Excel CUADROS

7.6.2 Fichas de trabajo. Para que el programa de mantenimiento cumpla las actividades, se deben elaborar fichas de trabajo que contemplen las órdenes, los materiales y los repuestos, para finalmente reportar y hacer un historial de las máquinas. Esto servirá para retroalimentar el programa de mantenimiento.

Cada documento que se implemente debe tener un fin específico, ser muy claro y no muy elaborado, pues una forma muy complicada es una pérdida de tiempo, al mismo tiempo una forma muy simple puede incurrir en falta de información.

7.6.2.1 Solicitud de servicio y órdenes de trabajo. Para el manejo de la información de mantenimiento se busca un sistema sencillo y práctico que permita acumular y consultar información del mantenimiento para evaluar las actividades.

Las solicitudes de servicio y las órdenes de trabajo de mantenimiento son la fuente de información para los registros históricos, son documentos que contienen información básica de tiempos, actividad, solicitantes, máquinas, horas – hombre, materiales y costos de mantenimiento.

Las órdenes de trabajo tienen dos objetivos claros: conocer y controlar los costos por máquinas, oficios y componentes intervenidos en períodos de tiempo variables y visualizar correctamente la tendencia de los trabajos de mantenimiento.

Las órdenes de mantenimiento pueden ser:

- **Correctivas.** Órdenes de mantenimiento inmediatas. Dan respuestas a daños inesperados de las máquinas.
- **Planificables.** Órdenes de mantenimiento que resultan de inspecciones y verificaciones y que requieren ser realizadas para evitar paros intempestivos.
- **Periódicas.** Órdenes de trabajo de las actividades periódicas del programa de mantenimiento preventivo.

Además de estos tipos, las órdenes de mantenimiento se pueden encontrar en diversos estados:

- Creada o generada. Constituye la solicitud de servicio. Tiene número y nombre, aún no tiene fecha prevista de realización.
 - Planificada. Una vez la solicitud de servicio es aprobada por el jefe de área, esta se convierte en una orden de trabajo planificada en la que se le asignan los recursos y una fecha de realización.
 - Lanzada. La orden de trabajo es impresa y entregada al técnico de mantenimiento para que la ejecute.
 - Finalizada. En la orden de trabajo se han consignado todos los datos necesarios y se dan por cerradas.
- **Manejo de las solicitudes de servicio y órdenes de trabajo.** El manejo de las solicitudes y órdenes de trabajo depende del tipo de éstas.

Cuando los operadores detectan necesidades de mantenimiento a partir de defectos o anomalías encontradas en las inspecciones realizadas, generan una solicitud de servicio; ésta debe ser aprobada, planeada y firmada por el Ingeniero de Mantenimiento para poder convertirse en una orden de trabajo. La planeación de la orden de trabajo implica la determinación de las actividades a realizar y la asignación de recursos de mano de obra, repuestos e insumos. Éstas constituyen las órdenes de trabajo planificables.

Cuando se presenta una falla, el operador de la máquina en que se presenta debe informar inmediatamente al jefe de área, para que genere la solicitud de servicio correspondiente. El Ingeniero de Mantenimiento aprueba, planea y firma la solicitud de servicio y esta se convierte en una orden de trabajo de mantenimiento.

Las órdenes de trabajo de las actividades del Programa de Mantenimiento Preventivo son generadas y planeadas por el Ingeniero de Mantenimiento cuando programa estas actividades en el plan de mantenimiento.

Una vez son planeadas las órdenes de trabajo, éstas son impresas y entregadas a los técnicos de mantenimiento para que las ejecuten.

Las solicitudes de servicio y órdenes de trabajo propuestas a la empresa Cellux Colombiana S.A. se manejarán en un solo formato en el cual se incluyen los dos documentos, para permitir un mejor manejo, estimación y acumulación adecuada.

Debe tenerse en cuenta que ningún trabajo podrá iniciarse sin la respectiva orden y sin que las condiciones requeridas para dicha labor hayan sido verificadas personalmente por el jefe del área. Para esto se debe tener en cuenta la siguiente jerarquía:

- **Emergencia.** Son aquellos trabajos que atañen a la seguridad de la planta, averías que significan grandes pérdidas de dinero o que pueden ocasionar grandes daños a otras unidades. Estos trabajos deben iniciarse de forma inmediata y ser ejecutados de forma continua hasta su completa finalización. Pueden tomar horas extra.
- **Urgente.** Son trabajos en los que debe intervenir lo antes posible, en el plazo de 24 a 48 horas después de solicitada la orden. Este tipo de trabajos sigue el procedimiento normal de programación. No requiere sobretiempos, salvo que ello sea solicitado explícitamente por el solicitante.
- **Normal.** Son trabajos rutinarios cuya iniciación es tres días después de solicitada la orden de trabajo, pero pueden iniciarse antes, siempre que exista la disponibilidad de recursos. Sigue un procedimiento normal de programación.
- **Permanente.** Son trabajos que pueden esperar un buen tiempo, sin dar lugar a convertirse en críticos. Su límite de iniciación es dos semanas después de haberse solicitado la orden de trabajo. Sigue la programación normal y puede ser atendido en forma cronológica de acuerdo con lo programado.

La importancia del uso de las solicitudes de servicio y las órdenes de trabajo consiste en que permiten:

- Obtener información acerca de un trabajo requerido.
- Contar con una lista de actividades pendientes en un registro de trabajo.
- Realizar planes de trabajo para conseguir materiales o repuestos.
- Establecer prioridades de acuerdo con las necesidades de la planta.

- Registrar las horas - hombre para cada trabajo por oficio.
- Asegurar la asignación de los costos precisos.
- Consignar datos para la historia de la planta.
- Totalizar la actividad por ocupaciones u oficios.
- Conocer las partes de la máquina que son intervenidas.
- Costear los repuestos consumidos
- Realizar estudios estadísticos

En el Cuadro 15, se muestra el formato de solicitud de servicio y orden de trabajo de mantenimiento que deberá ser utilizado por Cellux Colombiana S.A.; en el cual se debe anotar:

Cuadro 15. Formato solicitud de servicio y orden de trabajo.

 <p>Cellux Cintas Adhesivas TECNOLOGIA SUIZA</p>		SOLICITUD DE SERVICIO ORDEN DE TRABAJO			
SOLICITUD DE SERVICIO					
Código de la máquina:				D__ M__ A__	
Solicitado por:				Turno:	
Descripción del problema:					
Firma del solicitante			Firma Jefe de Mantenimiento		
ORDEN DE TRABAJO					
Prioridad	E	U	N	P	Orden N°
Criticidad	1	2	3	Tipo de trabajo	E M H
ACTIVIDADES					
Costo total estimado:			Tiempo total estimado:		
FECHA DE INICIO: D__ M__ A__			Hora:		
FECHA DE ENTREGA: D__ M__ A__			Hora:		
Centro de costo:					
MANO DE OBRA					
ESPECIALIDAD	H-H Pptadas	H-H Reales	COSTO H-H	VALOR TOTAL	
MATERIAL Y REPUESTO					
NOMBRE	CANTIDAD	COSTO UNIT	COSTO TOTAL		
OBSERVACIONES:					

- Código de la máquina. En esta casilla se coloca el código que se ha asignado previamente a la máquina; el cual, lo identifica dentro del área de Conversión y es vital para evitar confusiones.
- Fecha
- Turno: Se coloca el turno en el cual se presentó la solicitud del servicio de mantenimiento.
- Descripción del problema. En este punto, el usuario de la máquina realiza una breve explicación del defecto o mal funcionamiento que presenta la máquina y da a conocer el servicio solicitado.
- Aprobación. Es una forma de controlar el proceso de cada solicitud y su ejecución, se exige el visto bueno del Jefe de mantenimiento, como también de la persona solicitante.
- Prioridad del trabajo. E si es de emergencia, U si es urgente, N si es normal o P si es permanente.
- Criticidad. Es esta casilla se define el nivel en que se encuentra clasificada la máquina según el impacto que esta causa en la producción cuando presenta una falla.
- Número de la Orden: el cual es un número consecutivo. En caso de presentarse una solicitud de emergencia, se realiza la actividad y posteriormente se regula la documentación.
- La naturaleza de la inspección, E si es eléctrica, M si es mecánica o H si es hidráulica.
- Actividades: En este punto de la orden o solicitud de trabajo el Ingeniero de Mantenimiento describe las actividades de mantenimiento a realizar.
- Costo total estimado. Es la sumatoria de los costos de mano de obra, materiales y repuestos presupuestados en la orden de trabajo.
- Tiempo tota estimado. Es el tiempo total presupuestado para la ejecución de la orden de trabajo.
- Fecha de inicio del trabajo y fecha de entrega.
- Centro de costo.

- Mano de obra: incluye especialidad del técnico de mantenimiento, horas-hombre presupuestadas, costo de la hora-hombre y valor total de la mano de obra.
- Repuestos utilizados: nombre del repuesto, cantidad, costo unitario y costo total.
- Observaciones.

El volumen de solicitudes y órdenes de servicio de mantenimiento procesadas en un año puede ser muy grande. Por lo tanto, el éxito de este sistema depende en gran medida, del control cuidadoso del estado de cada orden desde el momento en que se origina la solicitud de servicio y la reciba el jefe del área, hasta el momento en que entra al archivo de órdenes terminadas tanto en mantenimiento como en el área de Conversión.

7.6.2.2 Solicitud de repuestos y materiales. Para proveer de materiales y repuestos al personal de mantenimiento, se elabora una ficha denominada solicitud de repuestos y materiales, donde el jefe de área solicita a almacén los insumos necesarios para llevar a cabo los trabajos de mantenimiento una vez los técnicos de mantenimiento han determinado los materiales requeridos.

Esta ficha servirá para llevar un control adecuado de repuestos y materiales. Además, debe ir acompañada siempre de la orden de trabajo.

En el Cuadro 16 se muestra el formato de solicitud de repuestos y materiales, donde debe anotarse el número de solicitud, la fecha, el turno, el código de la máquina, la sección a la que pertenece y la descripción de los repuestos o materiales que se piden.

7.6.2.3 Reporte semanal de mantenimiento. El reporte semanal de mantenimiento sirve para registrar el estado de las órdenes de trabajo al finalizar cada semana, es decir, permite verificar que órdenes de trabajo fueron ejecutadas y cuales se encuentran en este proceso.

Un registro de programación es un documento o medio para visualizar y verificar el desarrollo de las actividades, debe ser comprensible, sencillo y práctico, puede realizarse en tableros, carteleras, hojas de cálculos o simplemente en un formato manejado por el Jefe del Área de Conversión. Debe contar preferiblemente con los siguientes datos:

- Fecha del reporte. Día, mes y año en que se lleva a cabo el reporte de mantenimiento
- Número de la orden de trabajo. Es el número consecutivo que identifica la orden de trabajo.
- Fecha de la orden de trabajo. Corresponde a la fecha en que se planeó la orden de trabajo.
- Código de la máquina. En esta casilla se coloca el código que se ha asignado previamente a la máquina para su identificación dentro del área de Conversión.
- Estado de la orden de trabajo. Indica el grado de ejecución en el cual se encuentran las órdenes de trabajo planeadas. Cuando una orden no ha sido completamente realizada al momento del reporte, el estado debe expresarse con el porcentaje de actividades cumplidas de la orden con respecto al total de las actividades de ésta. Por otro lado cuando la orden esté finalizada el estado se expresa con la palabra “ejecutada”.
- Fecha de finalización de la orden de trabajo. Cuando la casilla anterior tiene la palabra “ejecutada”, en esta parte se debe relacionar la fecha en que se finalizó la orden de trabajo.
- Tiempo real de los trabajos de la orden de trabajo. Indica la duración total de los trabajos de mantenimiento planeados en cada orden de trabajo.
- Observaciones.
- Firma del responsable del reporte, que debe ser el Jefe de Mantenimiento.

El tener la información del tiempo de duración estimado de los trabajos contra el tiempo real, permite documentar informes de cumplimiento o también ayuda a mejorar los métodos de pronóstico de la duración de los mismos, con esto los desfases se ven minimizados día a día.

En el Cuadro 17 se muestra el formato reporte semanal de mantenimiento, donde se debe anotar la fecha, el código de la máquina, el número de orden, el trabajo que se realizó, los materiales y los costos en que se incurrieron.

7.6.2.4 Historial u hoja de vida de la máquina. Después de intervenir cada máquina, se registra en la ficha Historial de la máquina la fecha, los servicios y reposiciones realizadas y los materiales usados. Esta ficha también servirá para controlar la operación, calidad y modificar el programa de mantenimiento preventivo. En general, la hoja de vida es una recopilación histórica de los trabajos realizados en las máquinas, la cual se complementa con la orden de trabajo.

En el Cuadro 18 se muestra un formato de la ficha Historial de la máquina; la cual contiene la siguiente información:

- Código de la máquina. Código que se ha asignado previamente a la máquina para su identificación dentro del área de Conversión.
- Fecha en que se realizó el trabajo de mantenimiento.
- Número de la orden de trabajo. Es el número consecutivo que identifica la orden de trabajo.
- Descripción de los servicios y reposiciones realizadas. Reseña de los trabajos de mantenimiento y reposiciones o modificaciones realizados a la máquina.
- Materiales utilizados. Listado de los materiales más importantes utilizados en el trabajo de mantenimiento realizado.
- Persona encargada de hacer el mantenimiento. Especialidad de mantenimiento requerida y asignada para los trabajos (mecánico, electricista, etc.)
- Tiempo empleado. Tiempo real utilizado en los trabajos de mantenimiento realizados a la máquina.
- Responsable del turno. Persona responsable del turno o turnos en que se ejecutaron los trabajos de mantenimiento.

Cuadro 18. Formato de historial u hoja de vida de la máquina.

Ver archivo Excel CUADROS

7.6.3 Manuales de mantenimiento

7.6.3.1 Manual de mantenimiento. El manual de mantenimiento es un conjunto de instrucciones organizadas que indican los procedimientos correctos y pasos que se deben seguir para realizar un adecuado mantenimiento de las máquinas.

Este manual debe ser diseñado a partir de los estándares de las condiciones operativas de las máquinas, información técnica suministrada por los proveedores y experiencia del Ingeniero de Mantenimiento y técnicos de mantenimiento.

El Manual de Mantenimiento es un documento indispensable para cualquier tipo y tamaño de industria. Refleja la filosofía, política, organización, procedimientos de trabajo y de control de esta área de la empresa. Disponer de un manual es importante por cuanto:

- Constituye el medio que facilita una acción planificada y eficiente del mantenimiento.
- Es la manifestación a clientes, proveedores, autoridades competentes y al personal de la empresa del estado en que se encuentra actualmente este sistema.
- Permite la formación de personal nuevo.
- Induce el desarrollo de un ambiente de trabajo conducente a establecer una conducta responsable y participativa del personal y al cumplimiento de los deberes establecidos.

En el Manual de Mantenimiento se indicará la Misión y Visión de la Empresa, las políticas, y objetivos de mantenimiento, los procedimientos de trabajo, de control y las acciones correctivas. Es importante señalar que deben incluirse sólo los procedimientos que se aplican y las instrucciones en un lenguaje afirmativo.

Inicialmente el Departamento de Mantenimiento programará reuniones periódicas para el diseño del Manual de Mantenimiento; en éstas participarán el Ingeniero de Mantenimiento, técnicos de mantenimiento y operadores. La aprobación del manual está en manos de la Dirección.

Periódicamente, se procederá a actualizar el Manual de Mantenimiento, eliminando las instrucciones para deberes y obligaciones que estén descontinuándose incorporando las instrucciones para las nuevas obligaciones.

Por último, considerar el diseño del Manual de Gestión de Mantenimiento como un fin puede ser un error. Por el contrario, debe ser considerado como un medio para mejorar continuamente la función de mantenimiento de la empresa y hacerla cada día más competitiva.

El manual de mantenimiento debe contener:

- **Introducción.** Contiene información general sobre la empresa, Misión y Visión, origen y evolución, tipo de productos que elabora, capacidad de producción, entre otras.

- **Organización del Departamento de Mantenimiento.** En esta parte se define la estructura organizativa del mantenimiento y su lugar en la empresa, determinando la responsabilidad, autoridad y el rol de cada persona involucrada en el Área de Mantenimiento.

- **Políticas.** Las políticas generales de la empresa, incluyendo las de mantenimiento deben describirse en el manual en forma concisa y clara.

- **Objetivos.** Contiene la finalidad de la organización con la implementación de un sistema de mantenimiento de sus máquinas.

- **Metas.** Las metas constituyen los logros cuantitativos a alcanzar en períodos de tiempo razonables. Son imprescindibles para motivar al personal involucrado en su alcance y para medir los resultados operativos del Área de Mantenimiento. Se recomienda establecerlas para períodos trimestrales y someterlas a revisión al concluirse cada uno de ellos.

- **Responsabilidades.** En esta parte se incluyen las responsabilidades de cada uno de las personas involucradas en los trabajos de mantenimiento (gerencia, mandos medios y personal operativo).

- **Funciones de mantenimiento de operadores y técnicos.**

- **Documentos de la administración y ejecución del mantenimiento.** Se deben anexar los formatos relacionados con la función mantenimiento de la empresa y su explicación, tales como solicitudes de mantenimiento, órdenes de trabajo, solicitud de materiales y repuestos, historial de equipos, etc.

- **Indicadores de mantenimiento.** Indica los índices manejados por la empresa en su Sistema de Gestión de la Calidad para la función de mantenimiento.

- **Procedimientos de mantenimiento.** Esta parte del manual contendrá los diagramas de flujo operacionales que utilizan en la empresa para desarrollar las intervenciones no planificadas (emergencias) y planificadas, en particular Mantenimiento Preventivo.

7.6.4 Almacén de repuestos. El almacén de repuestos es un factor importante para las políticas de reducción de costo, permite un adecuado control de los repuestos, materiales y accesorios de mantenimiento. Si no se planea correctamente el manejo del almacén se podría incurrir ya sea en sobrecostos por altos inventarios o en paros largos en la producción debido a la falta de los recursos necesarios para hacer los trabajos de mantenimiento a tiempo.

Es importante tener un registro de control de materiales para conocer lo siguiente:

- ¿Qué se debe tener en *stock*?
- ¿Cuándo hacer un pedido de repuestos?

Para ello se deben establecer puntos de reorden al inventario de repuestos e insumos para mantenimiento, es decir, determinar los niveles de inventario en los que se hace necesario realizar nuevos pedidos con el fin de mantener un stock mínimo seguro y que no implique altos costos. Posteriormente se procede a elaborar una ficha que sirve para tener un registro de existencias del almacén. De esta manera, es posible que cuando el inventario esté llegando al nivel mínimo aceptable se realicen los respectivos pedidos.

En el Cuadro 19 se muestra un formato de la ficha Registro de existencias.

7.6.5 Cálculo de los índices de mantenimiento. Para el control y evaluación del Programa de Mantenimiento Preventivo es necesario utilizar índices de mantenimiento. Dentro de estos índices se encuentran:

- **Índice de cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo.** Este índice mide el grado de cumplimiento del programa de mantenimiento preventivo mediante la relación entre las órdenes de trabajo planeadas en el plan de mantenimiento y las órdenes de trabajo ejecutadas.

$$\text{Índice de cumplimiento del prog. de mtto prev.} = \frac{\text{OT ejecutadas}}{\text{OT planeadas}} * 100\%$$

La meta de este indicador debe ser del 100%

- **Índice de trabajos de mantenimiento correctivos.** Este indicador mide el porcentaje de órdenes de trabajo de mantenimiento correctivo con respecto al total de órdenes de trabajo ejecutadas durante un período.

$$\text{Índice de trabajos de mtto correct.} = \frac{\text{OT mtto correctivo}}{\text{OT totales}} * 100\%$$

La meta de este indicador es del 0%

8. CAPACITACIONES Y ENTRENAMIENTOS DIRIGIDOS A LOS TRABAJADORES DEL ÁREA DE CONVERSIÓN DE CELLUX COLOMBIANA S.A.

La enseñanza y el entrenamiento constituyen el eje fundamental alrededor del cual gira el concepto TPM. No podría realizarse mantenimiento si el aprendizaje y entrenamiento no están presentes, es decir, el TPM no tendría razón de ser si el proceso enseñanza-entrenamiento no se produce, teniendo en cuenta que este sistema de mantenimiento genera un cambio que lógicamente implica cierto grado de resistencia por parte del personal implicado.

Precisamente, uno de los puntos más fuertes del concepto consiste en aprender cosas nuevas constantemente, sumarlo al conocimiento anterior y desechar aquel conocimiento que repentinamente es inadecuado.

El entrenamiento tiene dos caras, los empleados deben ser educados en habilidades de producción y mantenimiento. Esto implica la toma de diversas decisiones, entre ellas detectar las habilidades que tiene cada miembro del personal para aprender rápidamente y al mismo tiempo, para enseñarlo en la misma medida.

Todos los trabajadores deben tener conciencia que pertenecen a un grupo y que cada grupo y cada uno debe tomar un punto o actividad donde hacerse fuerte, pero sin descuidar la base común que les permita a todos comunicarse en los problemas interdisciplinarios. Para esto resulta de gran utilidad capacitaciones con respecto al trabajo en equipo.

Los trabajadores deben tener claro que la fortaleza del grupo se apoya en el nivel de calificación y experticia que sobre su actividad, posea cada uno de los miembros del equipo.

8.1 ENTRENAMIENTO Y DESARROLLO DE HABILIDADES DE OPERACIÓN

Las habilidades tienen que ver con la correcta forma de interpretar y actuar de acuerdo a las condiciones establecidas para el buen funcionamiento de los procesos. Es el conocimiento adquirido a través de la reflexión y experiencia acumulada en el trabajo diario durante un tiempo. El TPM requiere de un personal

que haya desarrollado habilidades para el desempeño de las siguientes actividades:

- Identificar y detectar problemas en las máquinas.
- Comprender el funcionamiento de las máquinas.
- Entender la relación entre los mecanismos de los equipos y las características de calidad del producto.
- Analizar y resolver problemas de funcionamiento y operaciones de los procesos.
- Conservar el conocimiento y enseñar a otros compañeros.
- Trabajar y cooperar con áreas relacionadas con los procesos industriales.

8.2 CAPACITACIÓN Y ENTRENAMIENTO

Las capacitaciones requeridas se dividen en campaña educativa TPM, Eficiencia Global de Producción, cambio de actitud frente a las averías, 5'S y mantenimiento autónomo, mantenimiento preventivo y trabajo en equipo.

8.2.1 Capacitaciones de la campaña educativa TPM. En este grupo se encuentran las capacitaciones cuyo objetivo es la sensibilización y divulgación del sistema TPM, las cuales se dan en la etapa inicial del proceso de implementación.

8.2.2 Capacitaciones con respecto a la Eficiencia Global de Producción. Incluyen temas como Eficiencia Global de Producción, cálculo, importancia, relación con las seis grandes pérdidas, condiciones operativas de las máquinas.

8.2.3 Capacitación del cambio de actitud frente a las averías. Capacitación encaminada al cambio de la posición que tienen los operadores y técnicos de mantenimiento con respecto a la ocurrencia de averías en las máquinas. También trata temas como análisis de causa-raíz y análisis del modo de fallas y efectos.

8.2.4 Sensibilización y capacitación en 5'S y mantenimiento autónomo. Este grupo constituye el más amplio en cuanto temas de capacitación, ya que incluye la enseñanza y adiestramiento de mantenimiento requerido por los operarios para

llevar a cabo un programa de TPM, en especial las actividades de la filosofía de las 5'S y mantenimiento autónomo. En este tipo de capacitaciones se encuentran limpieza, lubricación, diseño y mejoramiento de estándares, inspecciones generales y verificaciones.

8.2.5 Capacitación del Mto. Preventivo dirigidos a operadores y técnicos de mto. En general se incluyen todas las capacitaciones que los operadores requieren para dar una respuesta eficiente a los programas de mantenimiento preventivo y autónomo de la maquinaria, equipo, herramientas y elementos periféricos. Incluye el manejo de los formatos de Mantenimiento Preventivo.

Este grupo de capacitaciones también puede incluir refuerzos básicos de electricidad, mecánica, neumática e hidráulica; así como lógica secuencial y condiciones operativas de las máquinas, los cuales deben hacer parte de la formación previa de los operadores y técnicos de mantenimiento.

8.2.6 Enseñanza y entrenamiento en técnicas de comunicación para el grupo de trabajo. Desde la preparación del TPM hasta su implementación y constante evaluación se requiere permanentemente el trabajo en equipo; para lo que resulta de gran utilidad brindar a los grupos de trabajo talleres, conferencias y ejercicios que requieran y fortalezcan el trabajo en equipo como pilar fundamental para la eficiente realización del trabajo y el logro de los objetivos del mantenimiento.

El entrenamiento constituye un complemento del conocimiento teórico para lograr mayores resultados. Es conveniente aclarar que éste campo de conocimientos está en constante actualización, debido a la aparición de nuevas tecnologías o nuevos conocimientos que permitan mejorar la seguridad laboral, la productividad de la empresa o la competitividad de ésta en el mercado.

Es útil entender que gran parte de éste intercambio de conocimientos se puede hacer dentro de la empresa, utilizando personal de la misma o captando personal del sistema educativo formal entrenado en los procesos productivos por largos períodos para acentuar la dualidad de los conocimientos teóricos y prácticos.

En el Cuadro 20 se muestra el plan de capacitaciones propuesto para la implementación del Programa TPM.

Cuadro 20. Plan de capacitaciones propuesto.

CAPACITACIÓN	TIEMPO				
Campaña educativa del TPM	■				
Capacitación dirigida a operarios y técnicos de mto. con respecto a la EGP		■			
Capacitación del cambio de actitud frente a las averías			■		
Sensibilización y capacitación en 5´S y mantenimiento autónomo				■	
Capacitación del Mto. Preventivo dirigidos a operadores y técnicos de mto.				■	
Capacitación en técnicas de comunicación para el grupo de trabajo.					■

9. IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL EN LA EMPRESA CELLUX COLOMBIANA S.A.

La implementación del TPM realiza mejoras dentro del sistema productivo de la empresa a través de una optimización de sus recursos físicos y humanos. Es por ello que exige gran atención e inversión de tiempo y recursos. Este proceso requiere que la empresa cuente con la mejor asesoría posible, pues es un programa a largo plazo en el que se invertirá un altísimo esfuerzo, no solo de los directivos, sino del personal en general.

9.1 ETAPAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROGRAMA TPM

Los pasos para implementar el programa de Mantenimiento Productivo Total - TPM en el área de Conversión de Cellux Colombiana S.A. se agrupan en 4 etapas:

- Preparación
- Implantación
- Consolidación

9.1.1 Etapa de Preparación. En esta etapa se realiza una cuidadosa preparación para la filosofía TPM, desarrollando los siguientes pasos:

9.1.1.1 Anuncio de la alta dirección de la introducción del TPM. Una vez la alta dirección se ha concientizado de la necesidad e importancia de adoptar este programa de mantenimiento; debe informar a sus empleados la decisión tomada con respecto a la implementación de dicho programa.

Esta introducción se puede realizar mediante reuniones con todos los niveles de la empresa en las que se dé a conocer el TPM, porqué introducirlo en la empresa, beneficios, compromisos y esfuerzos requeridos por parte del personal operativo, mandos medios y alta dirección.

Es importante no confundir las actividades de este paso con las actividades de capacitación, las cuales son requeridas en etapas posteriores. La preparación para la implantación implica crear un entorno propicio para un cambio efectivo.

Es de gran importancia, el apoyo constante y el firme liderazgo de la alta dirección y en general la participación total de los miembros de la organización, en este caso del departamento de Conversión.

El anuncio de la decisión de la alta dirección de implementar TPM constituye sólo el punto de partida, pero genera un compromiso mutuo de seguir el programa TPM hasta su finalización.

9.1.1.2 Lanzamiento de una campaña educativa. El segundo paso es la capacitación inicial y promoción del programa, que debe empezar tan pronto como sea posible. El objetivo de este paso no es solamente explicar el TPM, sino elevar la moral y romper la resistencia al cambio. Los operarios de producción pueden pensar que el TPM incrementa su carga de trabajo, mientras que el personal de mantenimiento estará escéptico sobre las capacidades de los operarios con respecto a sus nuevas tareas. La responsabilidad del lanzamiento del TPM es exclusiva de la alta dirección.

Puede ser necesario contratar las capacitaciones con expertos o instituciones especializadas, puesto que por ser un programa tan amplio, requiere de una gran experiencia y de medios didácticos adecuados, lo cual no se consigue simplemente leyendo libros sobre el tema o asistiendo a una charla de un día.

Una buen sistema para las capacitaciones consiste en organizarlas por niveles jerárquicos, en las que cada grupo de operativos, mandos medios y directivos recibirá la información que a su vez divulgarán al resto de empleados con la asesoría del capacitador, para que al final todos los empleados tengan un conocimiento básico, sólido y comprendan los fundamentos y técnicas del TPM.

9.1.1.3 Creación de organizaciones para promover el TPM. La estructura promocional del TPM se basa en una matriz organizacional, conformada por el Comité TPM y grupos de trabajo TPM en cada nivel de la organización. La creación de estos grupos debe llevarse a cabo mediante una reunión organizada para tal fin.

El Comité TPM es un grupo conformado por:

- Gerente general
- Jefe de Producción
- Jefe del área de Conversión
- Ingeniero de Mantenimiento
- Coordinador de Calidad

Aparte de la promoción del TPM, entre las funciones de este comité se encuentran:

- Liderar las actividades de implementación del TPM y crear procedimientos para mantener dichas actividades.
- Preparar el plan maestro de TPM
- Evaluar el progreso de los grupos TPM.
- Dirigir campañas sobre temas específicos.
- Liderar la sensibilización, capacitaciones y entrenamientos desarrolladas en la introducción del TPM y en cada uno de los programas, filosofías y actividades de mantenimiento que hacen parte del Programa TPM.
- Divulgar información y organizar la publicidad del TPM.
- Estimular a los operadores para que propongan modos prácticos de mejora de las máquinas, a través de mecanismos de participación que permitan aumentar la satisfacción de los operadores cuando dichas mejoras son exitosas.
- Establecer un sistema de revisión periódica de los estándares.

Los grupos de trabajo conformados para la promoción del TPM tienen la característica de ser grupos horizontales solapados, es decir, cada nivel de la organización conforma grupos en los cuales los líderes son miembros de los del siguiente nivel más alto. Entre las funciones de estos grupos se encuentran:

- Promoción del programa TPM.
- Apoyo constante a la oficina central TPM.
- Participación en el diseño y mejoramiento de estándares.
- Participación en cada una de las actividades y programas TPM.
- Realizar reuniones para socializar experiencias en cada una de las actividades del programa TPM, así como para evaluar su evolución.

Para la promoción del TPM y su implementación en general debe establecerse una oficina central TPM, en la cual el Ingeniero o Coordinador de Mantenimiento dedica tiempo a este programa. Para ello deberá crearse nuevamente este cargo en la empresa Cellux Colombiana S.A.

9.1.1.4 Establecer políticas y metas para el TPM. Las políticas constituyen el punto de partida para el establecimiento de metas, pero a pesar de que éstas son proposiciones abstractas, las metas deben ser claras, cuantitativas y precisas, especificando el objetivo (qué y para qué), la cantidad (cuánto) y el lapso de tiempo (cuándo).

La definición de políticas y metas es responsabilidad de la alta dirección y el comité TPM. Esto se logra mediante reuniones semanales llevadas a cabo por estos dos agentes.

Para fijar una meta alcanzable debe medirse y comprenderse el nivel actual. El análisis de las condiciones reales existentes y el establecimiento de metas razonables en cada uno de los componentes del programa TPM, permiten aumentar el éxito del proceso.

De igual forma las políticas y metas deben estar de acuerdo con la Visión y Misión de la empresa, es decir a sus metas estratégicas como negocio.

9.1.1.5 Formular un Plan Maestro para el desarrollo del TPM. Este plan maestro debe incluir el programa diario de promoción y diseño del programa TPM, empezando por la fase de preparación, los diferentes componentes del programa TPM y las capacitaciones. La estructuración del plan maestro es responsabilidad

del Comité TPM y de la alta dirección. Este plan se debe basar en:

- Mejoramiento de la Eficiencia Global de Producción.
- Filosofía de las 5´S.
- Programa de Mantenimiento Autónomo.
- Programa de Mantenimiento Preventivo.
- Plan de capacitación y entrenamiento.

9.1.2 Etapa de Implantación. En esta etapa, los trabajadores cambian sus rutinas de trabajo diarias tradicionales y empiezan a practicar el TPM mediante el desarrollo de cada uno de los programas, metodologías y filosofías propuestas según la secuencia del Plan Maestro.

9.1.2.1 Conducir la capacitación y entrenamiento para mejorar habilidades.

La educación técnica y el entrenamiento para la formación de habilidades de operación y mantenimiento deben ajustarse a los requerimientos particulares del área. La capacitación es una inversión en personal que rinde múltiples beneficios en la medida que permite y facilita el desarrollo del TPM.

En general la empresa debe invertir en capacitación y entrenamiento para permitir a sus trabajadores entender la dimensión del programa TPM, gestionar apropiadamente sus equipos y afirmar sus habilidades en operación y mantenimiento.

La capacitación y entrenamiento constituye el punto de partida de la implantación del TPM y no se debe llevar a cabo como un paso de la secuencia, sino como el antecedente y complemento de cada uno de los programas y estrategias siguientes en el desarrollo del TPM.

...Véase en el capítulo 8...

9.1.2.2 Mejora de la Eficiencia Global de Producción. ...Véase en el Capítulo 4... El área de Conversión debe realizar la medición de la Eficiencia Global de Producción y el análisis de las causas de baja efectividad. El personal de esta área se debe organizar en equipos que analicen la existencia de las seis grandes pérdidas y que propongan estrategias para su mejoramiento.

9.1.2.3 Establecer la filosofía de las 5'S y el Programa de Mantenimiento Autónomo. El Mantenimiento autónomo por operadores es una característica única del TPM. En la promoción del TPM, desde la dirección hasta los operarios deben creer en la factibilidad de que los operarios realicen el mantenimiento y sean responsables de las máquinas, y el trabajo conjunto y complementario del área de Conversión y Mantenimiento...Véase en los capítulos 5 y 6...

9.1.2.4 Establecer un Programa de Mantenimiento Preventivo. En este paso se busca maximizar la disponibilidad y confiabilidad de las máquinas del área de Conversión. Un buen programa de mantenimiento preventivo permitirá disminuir las pérdidas por averías como complemento del mejoramiento de la eficiencia de las máquinas.

La característica principal de este programa de mantenimiento es que hace uso de la inspección general alcanzada en el mantenimiento autónomo para detectar las fallas de las máquinas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. De esta manera el número de averías disminuye ampliamente y por ende decrece el volumen de trabajo de mantenimiento.

9.1.2.5 Desarrollo temprano de un Programa de Gestión de Máquinas. Cuando se instala una máquina nueva, a menudo aparecen problemas durante el arranque aunque en las etapas de diseño, fabricación y montaje todo parezca marchar bien. Se necesitan inspecciones y revisiones en el período inicial: ajustes, reparaciones, limpieza y lubricación para evitar el deterioro. La gestión temprana de máquinas debe ser realizada por el personal de mantenimiento y Conversión como parte de un enfoque de prevención de mantenimiento.

9.1.3 Etapa de consolidación.

9.1.3.1 Implantación plena del TPM. El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación y fijar metas futuras más elevadas. Durante este período de estabilización, cada uno trabaja continuamente para

mejorar los resultados, lo cual marca el comienzo real del programa de mejoramiento continuo empresarial.

En el Cuadro 21 se muestra la secuencia de las actividades de implementación del TPM.

Cuadro 21. Secuencia de las actividades de implementación del TPM.

Ver archivo Excel CUADROS

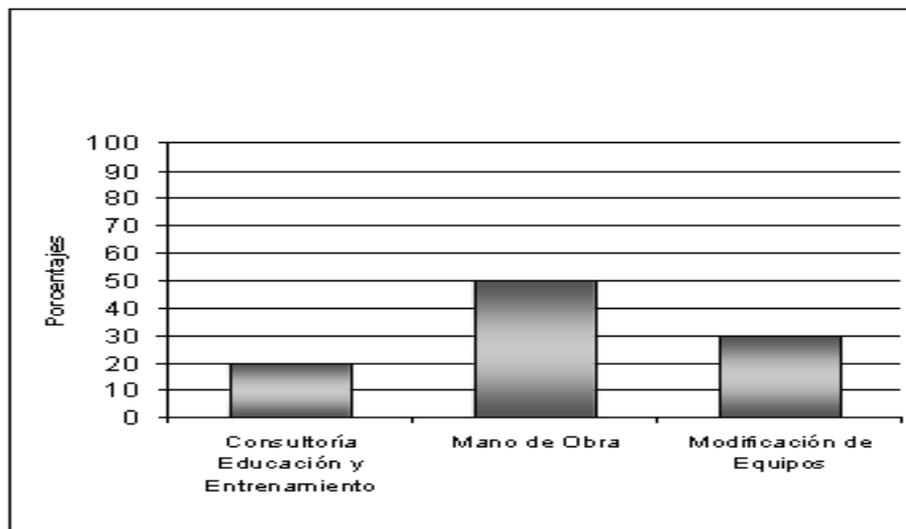
9.2 DISTRIBUCIÓN DE COSTOS PARA IMPLEMENTAR TPM

Los costos en que incurre una empresa para implementar un programa TPM varían según el tipo, tamaño y estado inicial de ésta.

Una forma muy sencilla y empírica de estimar los costos que ocasionará la implementación de un programa de TPM consiste en considerar el costo del tiempo asignado a los empleados para desarrollar labores de TPM y multiplicarlo por el número de empleados involucrados. Esto constituirá el 50% del costo. Se asume otro costo igual, es decir, otro 50% distribuido en 30% para gastos de materiales para modificación de equipos o corrección de averías y un 20% para gastos de consultoría, capacitación y entrenamiento. Este costeo se estima para el tiempo que se proyecta desarrollar el TPM.

En la Figura 7 se muestra la distribución los costos según lo explicado.

Figura 7. Distribución de costos para implementar TPM.



9.3 SISTEMA DE SEGUIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL PROGRAMA TPM.

Para evaluar la efectividad del programa TPM debe implementarse un sistema de evaluación que permita la medición de los resultados del programa TPM. Este sistema de evaluación se fundamenta en el diseño, cálculo y monitoreo permanente de indicadores de la efectividad del TPM.

9.3.1 Indicadores. La filosofía de TPM establece un conjunto de indicadores que permiten medir el proceso de gestión, con el fin de evaluar si se cumplen las metas trazadas en la etapa de preparación del programa TPM y complementar el mejoramiento continuo que hace parte de la última etapa de la implementación de dicho programa.

9.3.1.1 Eficiencia Global Producción (EGP). Es el principal indicador del programa TPM, ya que permite medir el cumplimiento de uno de los objetivos del TPM, como es la maximización de la Eficiencia Global de Producción... Véase en el numeral 4.2...

Además, la medición de este indicador es uno de los pasos de la implantación del programa TPM, lo que constituye el punto de partida o diagnóstico inicial del estado de la eficiencia de producción y de las seis grandes pérdidas que la limitan.

Esto permite evaluar la evolución del indicador en general y de los componentes de este, que son en si mismos indicadores de las seis grandes pérdidas – disponibilidad, eficiencia y calidad –.

Para evaluar la EGP se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia Global de Producción} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

Donde:

- **Disponibilidad** =
$$\frac{\text{Tiempo de operación programado} - \text{Tiempo de paradas}}{\text{Tiempo de operación programado}}$$

- **Eficiencia** =
$$\frac{\text{Velocidad real de producción}}{\text{Velocidad de diseño de la máquina}}$$

- **Calidad** =
$$\frac{\text{Cantidad producida} - \text{Cantidad de productos defectuosos}}{\text{Cantidad de productos defectuosos}}$$

9.3.1.2 Tiempo Medio entre Fallas (MTBF). Como su nombre lo indica este indicador permite conocer el tiempo medio entre fallas, es decir, en cuantas horas promedio se produce una falla en una máquina, componente o área de producción, según el alcance que se determine para el cálculo de este indicador. Se puede decir que este indicador permite comparar la efectividad del programa del Mantenimiento Preventivo del TPM de un período a otro.

Lo ideal es que el tiempo medio entre fallas sea lo más alto posible y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\text{MTBF} = \text{Numero de fallos} / \text{Tiempo de la Jornada}$$

9.3.1.3 Tiempo por Fallo. Mide el tiempo promedio empleado por el departamento de mantenimiento en la reparación de una avería o falla con el fin de reestablecer la máquina a su funcionamiento. Se puede decir que mide la capacidad de respuesta del área de mantenimiento y del almacén de repuestos.

En la práctica se espera que este tiempo sea el menor posible.

$$\text{Tiempo por falla} = 1 / \text{MTBF}$$

CONCLUSIONES

El mantenimiento se define como la combinación de actividades mediante las cuales una máquina o sistema se mantiene en, o se reestablece a un estado en que puede realizar las funciones designadas para las que fue creado. Es un factor importante en la calidad de los productos y puede utilizarse como una estrategia para una competencia exitosa. Las inconsistencias en la operación del equipo de producción dan por resultado una variabilidad excesiva en el producto y en consecuencia, ocasiona una producción defectuosa. Para producir con un alto nivel de calidad, el equipo de producción debe operar en condiciones de cero averías, lo cual puede alcanzarse mediante un Programa de Mantenimiento Productivo Total.

Un sistema de mantenimiento bien estructurado y organizado contribuye al logro de metas como incrementar las utilidades y la satisfacción del cliente; éstas se logran reduciendo al mínimo el tiempo muerto de la planta, mejorando la calidad, incrementando la productividad y entregando oportunamente los pedidos.

Para llevar a cabo una eficiente planeación e implementación del Programa de Mantenimiento Productivo Total, Cellux Colombiana S.A. debe seguir las siguientes recomendaciones:

- Se debe conformar nuevamente un departamento de mantenimiento, liderado por un profesional con los conocimientos, habilidades y experiencia requeridos para desempeñar el cargo de Ingeniero o Jefe de Mantenimiento. Éste debe tener la responsabilidad de la organización, desarrollo y toma de decisiones del mantenimiento en general de la empresa, en especial del programa TPM en el Área de Conversión.
- Es necesario que la empresa reconozca la importancia de un mantenimiento organizado para el alcance de mayores niveles de eficiencia, productividad y calidad.
- En el proceso de implementación del TPM es necesario invertir tiempo y recursos en capacitaciones, ya que estas permiten introducir la filosofía TPM y darle a los operadores, técnicos de mantenimiento y personal en general los conocimientos requeridos para llevar a cabo un programa de TPM exitoso. Puede

resultar de gran beneficio contratar servicios externos de expertos o instituciones con la experiencia y metodologías más adecuadas.

- El Departamento de Mantenimiento y el Área de Conversión deben trabajar conjuntamente en el logro de los objetivos TPM; es decir, compartiendo la responsabilidad del mantenimiento de las máquinas.
- La empresa debe organizar su programa de mantenimiento preventivo e implementar el manejo de los respectivos documentos o fichas de trabajo que permitan la planeación, control y costeo del mantenimiento; así como la recopilación de información que permita una acertada toma de decisiones.
- Las personas implicadas en el desarrollo del TPM deben comprender que las actividades implicadas en este son necesarias, lo cual no implica una actitud de imposición por parte de mandos medios y alta gerencia, sino un entendimiento y concientización de la importancia de esta cultura en el logro de objetivos de producción, de mantenimiento y de la empresa en General.
- La función de mantenimiento en Cellux Colombiana S.A. y sus respectivos indicadores debe ser incluidos en el Sistema de la Gestión de la Calidad.
- Para el desarrollo del TPM es importante que exista una convergencia entre la visión de la organización y la de sus empleados. Por lo tanto la dirección de la empresa debe liderar dicha convergencia hacia el logro de metas comunes de las personas, clientes y organización.
- El mantenimiento productivo total constituye en si mismo una filosofía o cultura de mantenimiento, no debe ser considerado como una moda sino como el medio de elevar la productividad de la planta.

BIBLIOGRAFÍA

- DUFFUA, Salih; RAOUF A. y DIXON CAMPBELL, Jhon. Sistemas de mantenimiento: Planeación y control. México: Limusa, 2002.
- ROSALER, Robert C. y RICE, James O. Manual de mantenimiento industrial. México: Mc Graw Hill, 1989. 5v.
- TAMAYO DOMINGUEZ, Carlos Mario. Mantenimiento Preventivo. Cartagena de Indias: CUTB, 2000.
- ARCINIEGAS ÁLVAREZ, Carlos Alberto. Mantenimiento Productivo Total. Bucaramanga: UIS y CUTB, 1999.
- REED, RUDELL. Localización, layout y mantenimiento de planta. Buenos Aires: El Ataneo, 1979.
- CÁRDENAS BARRIOS, Hernando Antonio. Diseño e implementación de un sistema de Mantenimiento Productivo Total en la sección de Latonería de la empresa Indufrial S.A. Cartagena de Indias, 2000, 215p. Trabajo de grado (Ingeniería Industrial). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Industrial. Área de Mantenimiento.
- TORRES CUESTA, Idelfonso. Modelo de Mantenimiento Productivo Total para la empresa Productos Unidos Ltda. Cartagena de Indias, 2001, 84p. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica. Área de Mantenimiento.
- CAMARGO FLÓREZ, Cristina. Estudio de la implementación del Mantenimiento Productivo Total basado en el pilar de mantenimiento planificado en la empresa Syngenta para mejorar la gestión del mantenimiento. Cartagena de Indias, 2004, 86p. Trabajo de grado (Ingeniería Mecánica). Universidad Tecnológica de Bolívar. Facultad de Ingeniería Mecánica. Área de Mantenimiento.

- www.universitycommerce.edu/ingindustrial/tpm.htm
- www.solomantenimiento.com/m_ptm.htm
- www.solomantenimiento.com/articulos/mantenimiento-autonomo.htm

ANEXOS