

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA MECÁNICA

Tesis previa a la obtención del título de:

INGENIEROS MECÁNICOS

TEMA:

SISTEMATIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA  
REGIÓN SIERRA DE LA MAQUINARIA CORTADORA VERTICAL Y  
ENCHAPADORA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE ERP JD PARA LA  
EMPRESA DURINI INDUSTRIA DE LA MADERA C.A, EDIMCA.

AUTORES:

DANIEL ANTONIO RUEDA MACAY

BRYAN DAVID TIUMA GUANOTASIG

TUTOR:

MARCOS ANTONIO HECHAVARRÍA SÁNCHEZ

Quito, febrero del 2020

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotros Daniel Antonio Rueda Macay con documento de identificación N° 1723332217 y Bryan David Tiuma Guanotasig con documentos de identificación y N° 1718651613, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación intitulado: “SISTEMATIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA REGIÓN SIERRA DE LA MAQUINARIA CORTADORA VERTICAL Y ENCHAPADORA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE ERP JD EDWARDS PARA LA EMPRESA DURINI INDUSTRIA DE LA MADERA C.A, EDIMCA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingenieros Mecánicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en forma impreso y digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



Daniel Antonio Rueda Macay  
C.I 1723332217



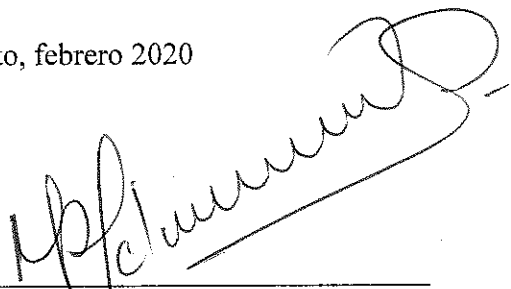
Bryan David Tiuma Guanotasig  
C.I 1718651613

Quito, febrero de 2020

## DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo Proyecto Técnico, “SISTEMATIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA LA REGIÓN SIERRA DE LA MAQUINARIA CORTADORA VERTICAL Y ENCHAPADORA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE ERP JD EDWARDS PARA LA EMPRESA DÚRINI INDUSTRIA DE LA MADERA C.A, EDIMCA” realizado por Daniel Antonio Rueda Macay y Bryan David Tiuma Guanotasig, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero 2020



Marcos Antonio Hechavarría Sánchez

C.I. 1756684369

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR .....	i
DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	iii
RESUMEN .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	3
1.1 Mantenimiento Correctivo.....	4
1.1.1 Ventajas del mantenimiento correctivo .....	5
1.1.2 Desventajas del mantenimiento correctivo.....	5
1.1.3 Gestión del mantenimiento correctivo.....	6
1.2 Mantenimiento preventivo .....	8
1.2.1 Fases del mantenimiento preventivo .....	9
1.2.2 Gestión del mantenimiento preventivo.....	9
1.2.3 Ventajas del mantenimiento preventivo .....	10
1.2.4 Desventajas del mantenimiento preventivo.....	11
1.3 Mantenimiento predictivo.....	11
1.3.1 Ventajas del mantenimiento predictivo .....	12
1.3.2 Desventajas del mantenimiento predictivo.....	13
1.4 Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.....	13
1.4.1 Beneficios del RCM .....	14
1.4.2 Análisis de modos y efecto de falla AMEF.....	14
1.4.3 Ventajas del AMEF .....	15
1.4.4 Desventajas del AMEF.....	15
1.5 Mantenimiento productivo total.....	16
1.6 Sistemas de planificación de recursos empresariales ERP .....	16
1.7 Empresa Durini Industria de Madera C. A Edimca .....	17
1.7.1 Proceso de manufactura de madera .....	17
1.7.2 Tablero Aglomerado Duraplac partículas.....	18
1.7.3 Tablero de fibra Fibraplac MDF.....	19
CAPÍTULO II.....	20

MARCO METODOLÓGICO.....	20
2.1 Mantenimiento productivo total (TPM).....	20
2.1.1 Estructura del TPM.....	20
2.1.2 Metodología 5s’ .....	23
2.1.3 Efectividad global de los equipos.....	25
2.2 Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....	26
2.2.1 Análisis de modo y efecto de falla AMEF .....	27
2.2.2 Modos de falla .....	27
2.2.3 Efectos de fallo .....	28
2.2.4 Medidas de control previstas .....	28
2.2.4.2 Frecuencia .....	29
2.2.4.3 Detectabilidad .....	30
2.2.4.4 Índice de Prioridad de Riesgo IPR.....	31
2.3 Metodología Oracle JD Edwards.....	32
2.4 Indicadores de mantenimiento.....	34
2.4.1 Tiempo medio entre fallas MTBF .....	34
2.4.2 Tiempo medio entre reparaciones MTTR .....	34
2.4.3 Disponibilidad inherente $D$ .....	34
2.4.4 Índice de falla $\lambda$ .....	35
2.4.5 Índice de reparación $\mu$ .....	35
2.4.6 Confiabilidad .....	35
2.4.7 Mantenibilidad $M$ .....	36
2.5 Planificación desde la ISO 9001 /2015.....	36
2.5.1 Diagramas de flujo de procesos.....	37
2.5.2 Caracterización del Procesos .....	37
2.5.3 Diagrama Sipoc .....	39
2.6 Metodología para la captación de datos.....	40
CAPÍTULO III.....	41
OPERACIÓN DE LA MAQUINARIA.....	41
3.1 Cortadora Vertical.....	41
3.1.1 Grupo bastidor .....	42
3.1.2 Plano deslizante eléctrico .....	42
3.1.3 Ruedas de transporte material y bloqueo.....	42

3.1.4	Dispositivo piezas cortas .....	43
3.1.5	Topes Horizontales .....	43
3.1.6	Paneles del plano .....	43
3.1.7	Montante .....	43
3.1.8	Carro .....	43
3.1.9	Contrapeso carro .....	43
3.1.10	Cabezal motor cuchilla .....	44
3.1.11	Incisor .....	44
3.2	Enchapadora Biesse 1320 .....	44
3.2.1	Encolador .....	45
3.2.2	Retestador .....	45
3.2.3	Refilador .....	46
3.2.4	Redondeador .....	47
3.2.5	Rascacola .....	47
3.2.6	Pulidores .....	48
3.3	Descripción general del proceso .....	48
3.4	Características de operación y mantenimiento .....	49
3.5	Adquisición de datos históricos .....	50
3.6	Indicadores de mantenimiento anual .....	50
3.6.1	Tiempo medio entre fallas MTBF y Tiempo medio entre reparaciones MTTR	
	51	
3.6.2	Disponibilidad inherente .....	52
3.6.3	Índice de falla y reparación .....	54
3.6.4	Confiabilidad .....	56
3.6.5	Mantenibilidad .....	58
CAPÍTULO IV .....		60
SISTEMATIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD .....		60
4.1	Sipoc .....	60
4.2	Deberes de los encargados en el proceso Sipoc .....	61
4.2.1	Coordinador de mantenimiento .....	61
4.2.2	Jefe Regional .....	61
4.2.3	Técnico de mantenimiento .....	61

4.2.4	Bodeguero de punto de venta .....	61
4.2.5	Operario .....	62
4.2.6	Jefe de punto de venta .....	62
4.2.7	Bodeguero Nacional .....	62
4.3	Skits de mantenimiento.....	62
4.3.1	Desarrollo de los Skits de mantenimiento .....	62
4.3.2	Bitácoras de mantenimiento .....	63
4.3.3	Tareas de mantenimiento.....	64
4.3.4	Skits SVP 420.....	72
4.3.5	Skits Biesse 1320.....	78
4.4	Planificación del mantenimiento preventivo programado .....	79
4.4.1	Ingreso de Skits de mantenimiento en el JD edwards .....	79
4.4.2	Impresión de órdenes de trabajo .....	83
4.5	Orden De Trabajo Correctivo .....	85
4.6	Control del JD EDWARDS en la gestión .....	86
4.6.1	Grupos de revisión del RCM en sipoc.....	87
4.7	Análisis de costos.....	88
4.7.1	Cortadora vertical SVP 420.....	88
4.7.2	Enchapadora Biesse 1320.....	90
CONCLUSIONES.....		94
RECOMENDACIONES .....		96
ANEXOS		

## Índice de Tablas

Tabla 1. Las siete preguntas básicas del RCM [18].	27
Tabla 2. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el usuario [20]	29
Tabla 3. Clasificación de la frecuencia de modo de fallo [20].	30
Tabla 4. Detectabilidad de una falla [20]	31
Tabla 5. Índice de los grupos de la cortadora vertical.	42
Tabla 6. Índice de los grupos de la enchapadora de bordo	45
Tabla 7. Características de operación y veces de mantenimiento en sucursales.	50
Tabla 8. Disponibilidad inherente en laminadora Biesse 1320.	53
Tabla 9. Disponibilidad inherente en cortadora SVP420.	53
Tabla 10. Bitácora de mantenimiento de la laminadora Biesse 1320	63
Tabla 11. Bitácora de mantenimiento de la cortadora SVP420.	64
Tabla 12. Plan de mantenimiento semanal de la biesse 1320	65
Tabla 13. Plan de mantenimiento Quincenal de la biesse 1320	65
Tabla 14. Plan de mantenimiento mensual de la biesse 1320	66
Tabla 15. Plan de mantenimiento trimestral de la biesse 1320	67
Tabla 16. Plan de mantenimiento anual de la biesse 1320.	68
Tabla 17. Plan de mantenimiento mensual de la cortadora SVP420	68
Tabla 18. Plan de mantenimiento trimestral de la cortadora SVP420	69
Tabla 19. Plan de mantenimiento bimensual de la cortadora SVP420.	70
Tabla 20. Plan de mantenimiento semestral de la cortadora SVP420.	71
Tabla 21. Plan de mantenimiento anual de la cortadora SVP420.	71
Tabla 22. Skit de mantenimiento 1 de la cortadora Svp 420.	72
Tabla 23. Skit de mantenimiento 2 de la cortadora Svp 420.	73
Tabla 24. Skit de mantenimiento 3 de la cortadora Svp 420.	73
Tabla 25. Skit de mantenimiento 4 de la cortadora Svp 420.	74
Tabla 26. Skit de mantenimiento 5 de la cortadora Svp 420.	74
Tabla 27. Skit de mantenimiento 6 de la cortadora Svp 420.	75
Tabla 28. Skit de mantenimiento 7 de la cortadora Svp 420.	75
Tabla 29. Skit de mantenimiento 8 de la cortadora Svp 420.	76
Tabla 30. Skit de mantenimiento 9 de la cortadora Svp 420.	76
Tabla 31. Skit de mantenimiento 10 de la cortadora Svp 420.	76



Tabla 32. Skit de mantenimiento 11 de la cortadora Svp 420.....	77
Tabla 33. Skit de mantenimiento 1 de la cortadora Svp 420. ....	77
Tabla 34. Skit de mantenimiento 1 de la enchapadora Biesse 1320 .....	78
Tabla 35. Skit de mantenimiento 2 de la enchapadora Biesse 1320 .....	78
Tabla 36. Skit de mantenimiento 3 de la enchapadora Biesse 1320 .....	79

## Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de flujo para la gestión del mantenimiento correctivo [5] .....	7
Figura 2. Curva vibración vs tiempo de un cojinete [10] .....	12
Figura 3. Ocho pilares para la implementación del TPM [15] .....	20
Figura 4. Caracterización de procesos [25] .....	39
Figura 5. Grupos de la cortadora vertical Putch Meniconi Svp 420 .....	41
Figura 6. Enchapadora Biesse 1320 .....	44
Figura 7. Grupo encolador .....	45
Figura 8. Grupo Retestador .....	46
Figura 9. Grupo Refilador .....	46
Figura 10. Grupo Redondeador .....	47
Figura 11. Grupo Rascacola .....	48
Figura 12. Grupo Pulidor .....	48
Figura 13. MTBF y MTTR en laminadora Biesse 1320 .....	51
Figura 14. MTBF y MTTR en cortadora SVP420 .....	52
Figura 15. Índices de falla y reparación en laminadora Biesse 1320 .....	54
Figura 16. Índices de reparación en laminadora Biesse 1320 .....	54
Figura 17. Índices de falla y reparación en cortadora SVP420 .....	55
Figura 18. Índices de reparación en cortadora SVP420 .....	56
Figura 19. Confiabilidad en laminadora Biesse 1320 .....	57
Figura 20. Confiabilidad en cortadora SVP420 .....	57
Figura 21. Mantenibilidad en la laminadora Biesse 1320 .....	58
Figura 22. Mantenibilidad en cortadora vertical SVP420 .....	59
Figura 23. Creación del Skit de mantenimiento .....	80
Figura 24. Anexos Orden de mantenimiento .....	80
Figura 25. Planificación del mantenimiento .....	81
Figura 26. Contabilidad en la orden de trabajo .....	82
Figura 27: Orden de trabajo JD Edwards .....	83
Figura 28. Consumo de repuestos JD Edwards .....	84
Figura 29. Generación de la orden de compra JD Edwards .....	84
Figura 30. Características de la orden correctiva JD Edwards .....	85
Figura 31. Generación de orden de mantenimiento correctiva JD Edwards .....	86

Figura 32. Costo del mantenimiento en cambio de repuestos en la maquinaria SVP 420 .....	88
Figura 33. Horas de paro de producción de la maquinaria SVP 420.....	89
Figura 34. Pérdidas por paro de producción en la maquinaria SVP 420.....	90
Figura 35. Horas de paro de producción de la maquinaria Biesse 1320 .....	91
Figura 36. Pérdidas por paro de producción en la maquinaria Biesse 1320.....	92
Figura 37. Proyección de pérdidas por paro de producción.....	93

## RESUMEN

La Gestión del Mantenimiento Industrial garantiza el incremento de disponibilidad de los equipos que intervienen dentro del proceso productivo de una empresa y disminuye los costos relacionados a actividades de mantenimiento. Sin embargo, no se cuenta con una sistematización de la planificación, ejecución y responsables de las tareas de mantenimiento, hace que esta gestión no cumpla con el objetivo en su totalidad. En este proyecto se presenta el diseño e implementación del proceso de sistematización de la gestión del mantenimiento de las máquinas cortadora vertical y enchapadora, mismas que son principales dentro de la línea de producción de corte y enchapado de la Empresa DURINI Industria de la Madera C.A, EDIMCA.

De acuerdo con el cronograma de actividades del proyecto, se comenzó con la recopilación de información de las rutinas de mantenimiento preventivo recomendadas por los fabricantes en manuales, las prácticas previas desarrolladas en mantenimientos correctivos y datos estadísticos de producción. Con la información obtenida se diseñó el Plan de Mantenimiento basados en la metodología RCM (mantenimiento centrado en confiabilidad). Para la aplicación del proyecto se seleccionó once sucursales de EDIMCA en la región sierra.

El proyecto se evaluó mediante el software ERP JD, con el ingreso de datos obtenidos a partir del cálculo de indicadores como disponibilidad y confiabilidad de los equipos, obteniendo resultados como un aumento de la confiabilidad de un 80% y reducción de costos en un 40% gracias a la metodología RCM, metodología que permitió identificar fallos comunes en donde no era necesario el cambio de elementos al momento de realizarse mantenimientos preventivos.

Palabras claves: mantenimiento, indicadores, disponibilidad, confiabilidad, costos de mantenimiento, preventivo, correctivos, cronograma.

## ABSTRACT

Industrial maintenance management guarantees the increased availability of the equipment involved in the production process of a company and reduces the costs related to maintenance activities. However, to not have a systematization of the planning, execution and responsible for maintenance tasks, may not allow the fulfillment of its objectives. This project presents the design and implementation of the systematization process of maintenance management of vertical cutting and edge banding machines. These machines are the core within the cutting and veneer production line of the company DURINI Industria de la Madera C.A, EDIMCA.

According to the schedule of project activities, we began with the compilation of information on preventive maintenance routines recommended by manufacturers in manuals, previous practices developed in corrective maintenance and statistical production data. With the obtained information we designed the *Maintenance Plan* specified in the RCM methodology (Reliability Centered Maintenance). For the execution of the project, we selected eleven branches of EDIMCA in the Andean region. The project was evaluated using the ERP JD software with the data input determined from the calculation of indicators such as equipment availability and reliability, obtaining as results the increase in reliability of 80% and 40% cost reduction thanks to the RCM methodology; this methodology identifies common failures like unnecessary element changes during preventive maintenance.

Keywords: maintenance, indicators, availability, reliability, maintenance costs, preventive, corrective, schedule.

## INTRODUCCIÓN

En la forma en que se hace un bien, producto o servicio, que van dirigidos hacia un destinatario, interfieren sistemas, equipos de producción y distribución. Muchos de estos son de gran o poca complejidad dependiendo del producto final que se quiera ofertar al consumidor.

En un artículo de Schreiber et al. [1], menciona que, la volatilidad del mercado aumentó por el rápido desarrollo en el dominio de la comunicación haciendo que empresas enfrenten desafíos de reducción de tiempos de desarrollo de productos, conduciendo a un aumento de complejidad en la planta y sistema de producción, así como un aumento de requisitos de confiabilidad y disponibilidad de la planta mediante planificación del mantenimiento de la misma.

Al estar estas instalaciones y equipos operando en varios períodos de tiempo de producción, estos sistemas se pueden ver afectados por fallos que significan la interrupción del desarrollo de la producción del sistema.

La investigación de Dinis et al. [2], confirma que, el tener incertidumbre del trabajo de mantenimiento, como consecuencia de mantenimientos no programados, aumentan la carga en trabajos de mantenimiento en un 198 % lo que significa que por cada hora hombre de mantenimiento programado, puede requerirse casi dos horas hombre de mantenimiento no programado.

La empresa donde se desarrolla el proyecto de tesis es Durini Industria de la Madera Edimca, puntualmente, en el Departamento de Mantenimiento. La Empresa Edimca, está conformada por la Matriz y 30 sucursales de ellas 10 en la Región Sierra que forman parte del estudio, se presentan inconvenientes en la gestión del mantenimiento de su maquinaria cortadora de tableros vertical y enchapadora de borde, estas son las principales máquinas dentro de su línea de producción de corte y enchapado con un producto final para diferentes tipos de aplicaciones del negocio maderero.

Edimca cuenta con el ERP JD EDWARDS desarrollado por Oracle, uno de sus módulos el cual es desarrollado en este proyecto de tesis es el de mantenimiento. Este módulo permite establecer estrategias y planificación de mantenimiento, pero, es usado por el departamento

de mantenimiento simplemente para generar órdenes de trabajo con datos ingresados manualmente, lo que refiere al 5% de la capacidad de este módulo y un precario aporte en la gestión auditable.

La falta de un control adecuado de la gestión del mantenimiento mediante un medio digital JD EDWARDS genera una necesidad de sistematización a nivel de la región sierra que corrija las falencias en la actual forma de gestión de mantenimiento.

La sistematización del mantenimiento establece procedimientos para mantener en óptimas condiciones de operación a los equipos e instalaciones, evitando o disminuyendo los fallos, garantizando así el desempeño del proceso de producción.

El aumento de la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria luego de la implementación de la sistematización de la gestión del mantenimiento, incrementarán la productividad de los procesos en la empresa y la eficiencia del departamento de mantenimiento a nivel sierra; resultados de investigaciones muestran que al usar un mantenimiento planificado y correctamente gestionado se puede conseguir un aumento de producción de alrededor el 2.5% y reduce un promedio de inactividad de un 35% [1].

El objetivo general es sistematizar la gestión de mantenimiento para la región sierra de la maquinaria cortadora vertical y enchapadora de la Empresa Durini industria de la madera C.A, Edimca, con la aplicación del software ERP JD EDWARDS.

Los objetivos específicos son:

Estudiar la situación actual de la maquinaria, el índice de fallas, recopilar la información de las rutinas de mantenimiento preventivo recomendadas por los fabricantes, las prácticas desarrolladas en el mercado y recomendaciones de expertos.

Diseñar una propuesta de un Plan de Gestión del Mantenimiento con el uso de la metodología RCM.

Evaluar la gestión del Mantenimiento con el uso del software ERP JD EDWARDS, considerando la disponibilidad de la maquinaria y los costos de operación.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

Desde mediados del año 1750, la agricultura ocupaba el 75% en la forma de obtener recursos para subsistir, el 25% de la población vivía en las ciudades. La producción que se obtenía de esto no era comercializada. Esta actividad se desarrollaba de forma artesanal y asistida por máquinas accionadas por elementos mecánicos básicos que se beneficiaban de la energía proporcionada por la naturaleza (viento, saltos de agua, ríos, etc.).

En el año 1780 gracias al científico escocés James Watt y su invento, la máquina de vapor, revoluciona la vida del hombre y de la sociedad. Con este invento nace el desarrollo de máquinas que ayudan a desplazar la población, sustituyendo la forma de moverse a velocidades lentas a caballo y poder trasladarse más rápido con la invención del ferrocarril, además, se inventa el barco de vapor y se industrializa la agricultura y la ganadería.

En esta época de grandes transformaciones comienza el desarrollo de dos industrias de suma importancia dentro de la revolución industrial la del hierro y la del carbón. Esto provocó un cambio demográfico, la población que antes se dedicaba a la agricultura, se desplaza a las ciudades para contribuir con el surgimiento de estas industrias y otras que seguirían afianzándose.

A finales del siglo XVII y los inicios del siglo XIX, se consiguen importantes avances tecnológicos se crean las primeras máquinas para la producción en donde se comienza a controlar paradas y fallos de las máquinas y accidentes, ya que estos provocaban retrasos en la producción.

Con todos estos acontecimientos y la mecanización de las industrias para el año 1920 aparecen las primeras tareas de mantenimiento y surge el término de mantenimiento correctivo que su concepto era de reparar la máquina cuando se haya producido un fallo o paro en la producción.



## **1.1 Mantenimiento Correctivo**

Se define mantenimiento correctivo al conjunto de acciones que tienen como objetivo la reparación de un fallo, considerando que este, provoque que el sistema ya no cumpla con los requisitos operacionales especificados, el fallo en ocasiones no provoca daños al sistema hasta el punto de una falla funcional, sino que el sistema no puede desarrollar toda su capacidad o todas las etapas de su proceso productivo con normalidad. Este tipo de mantenimiento se considera como la base para la planificación del mantenimiento en sistemas, instalaciones y equipos.

Erkoyuncu et al [3], menciona que el principio del mantenimiento correctivo es el de actuar al momento de suscitarse un fallo pero que este no sea necesariamente grave, y con la ejecución del mantenimiento correctivo, se reemplazará el sistema, subsistema o componentes con fallas garantizando que se restaure la condición de operación completa y sin fallos.

Para una correcta ejecución del mantenimiento correctivo, es necesario que se tenga un seguimiento y control de los sistemas que se están analizando. Para esto se estandariza el proceso de ejecución del mantenimiento, siendo necesaria la comunicación entre el usuario del equipo y el personal que esté realizando el mantenimiento, para que, en la práctica se puedan tomar decisiones oportunas e inmediatas para la reparación del equipo. Dentro de esta estandarización surgen dos tipos de mantenimiento correctivo, el programado y no programado.

Mantenimiento correctivo programado se refiere a que la actuación del personal de mantenimiento tiene a su disposición las herramientas, conocimiento y materiales necesarios. Conjuntamente que la reparación puede ser susceptible a necesidades de producción, considerando que el sistema puede seguir operativo con ese fallo, llegando a coordinar la ejecución de la reparación en el momento más adecuado.

Mantenimiento correctivo no programado para este caso la reparación es inmediata al presentarse el fallo, no puede posponerse o planificarse para otro momento. En este tipo de

mantenimiento la avería obliga a parar rápidamente al equipo ejecutándose la reparación sin una planificación previa.

### **1.1.1 Ventajas del mantenimiento correctivo**

Con lo anterior mencionado del mantenimiento correctivo, se pueden obtener algunos beneficios dentro de una empresa. En muchos casos no será necesario o beneficioso realizar un seguimiento a un elemento que sea más factible esperar a que falle para cambiarlo o repararlo. Darles mayor importancia a estos elementos podría conllevar a un perjuicio por motivos económicos, complejidad y disponibilidad. García [4] menciona algunas ventajas del mantenimiento correctivo industrial teniéndolo como base de mantenimiento:

- a. Costos a corto plazo menores, no genera gastos fijos.
- b. Planificación mínima, no es necesario programar ni prever actividades.
- c. A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico.
- d. Mejor solución en ciertos casos, existen elementos que solo pueden ser reemplazados cuando han sufrido fallos como dispositivos electrónicos.

### **1.1.2 Desventajas del mantenimiento correctivo**

Dentro de un sistema de producción, el objetivo del mantenimiento es de minimizar los paros debido a fallos no programados, existen inconvenientes al momento de presentarse este tipo de mantenimiento entre estos se tiene:

- a. Pérdidas de producción, la producción es poco fiable debido a paros de producción.
- b. Disminuye la vida útil de los equipos.
- c. Impide desarrollar diagnósticos fiables de las causas que provocan los fallos.
- d. La corrección de fallos necesita de técnicos capacitados, contar con stock de repuestos importantes.
- e. El factor económico puede ser importante y de alto riesgo [4].

En ciertas empresas donde los procesos productivos son complejos existe maquinaria y sistemas, en donde el fallo de un elemento podría conllevar un alcance económico

importante. Una forma de presagiar estos eventos es con la contratación de un seguro privado que ayudarán en el momento de ocurrir estas grandes averías o hechos catastróficos dentro de las instalaciones.

La mayoría de las empresas optan por dejar de lado el mantenimiento correctivo dado que las ventajas de este no superan a las desventajas. Una empresa que centre su mantenimiento con acciones correctivas no ha analizado a profundidad el desempeño de su planta con criterios correctos de mantenimiento.

### **1.1.3 Gestión del mantenimiento correctivo**

Es importante disponer de elementos que sirvan de apoyo para el control dirección y manutención de equipos, en el caso de mantenimiento correctivo la información que se tiene para cumplir esta disposición es menor y sin estandarizar, debido a limitaciones de tiempo. Es complicado que se pueda gestionar la corrección de fallos si no se tiene un sistema de atención. La estandarización de este mantenimiento se puede llegar a poner en marcha luego de ciertas intervenciones en los equipos o experiencias previas en mantenimientos correctivos, para que cuando se produzcan averías, el personal sea competente de proporcionar una respuesta inmediata y realizar intervenciones rápidas, fiables y consumiendo la menor cantidad de recursos.

Gonzales et al [5], desarrolló una práctica de gestión de actividades correctivas en equipos biomédicos con la finalidad de mejorar la eficiencia en el desarrollo de estas, el flujograma de proceso se muestra en la Figura 1.

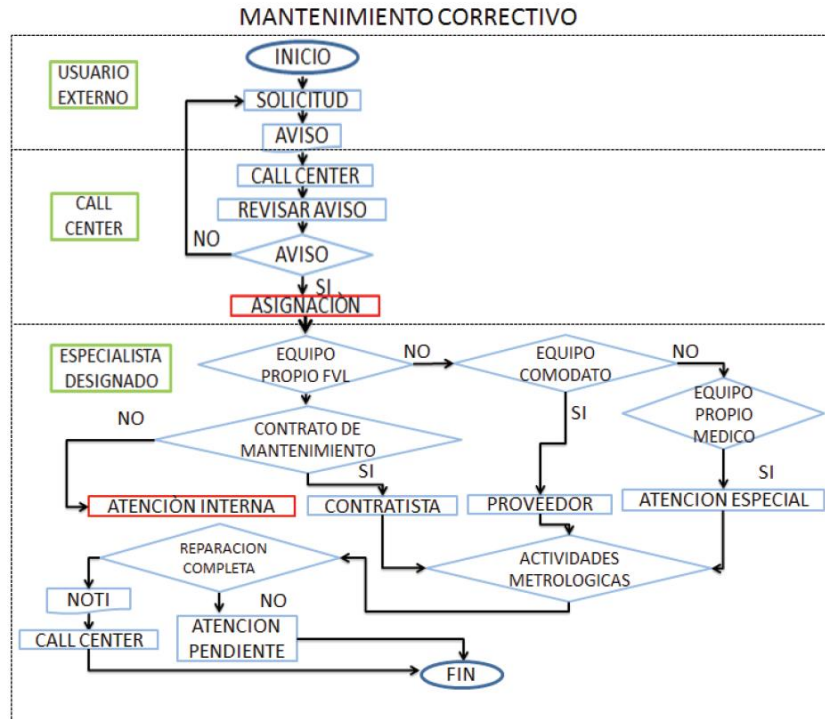


Figura 1. Diagrama de flujo para la gestión del mantenimiento correctivo [5]

Las fases principales que se pueden distinguir para la gestión son 3, en la primera parte se tiene la fase de solicitud que es el aviso del fallo ocurrido dentro del sistema o máquina. La segunda fase corresponde a la asignación, en donde se busca categorizar el tipo de prioridad como urgencia, orden de solicitud y el tipo de daño. La tercera fase es de atención, este proceso será desarrollado por el técnico o especialista de mantenimiento. Dentro de esto el técnico deberá escoger el proceso apropiado para la atención, que por recomendación o por hábito empieza por los pasos que se menciona a continuación:

- a. Verificación del equipo.
- b. Identificación de Falla.
- c. Medidas Correctivas.
- d. Pruebas de funcionamiento.

## **1.2 Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo es un paso importante para el mantenimiento industrial, pretende reducir daños pequeños o evitar grandes reparaciones, este consiste en realizar inspecciones periódicas de la máquina, ya sea con desmontaje total o parcial con el fin de revisar sus elementos, que una vez examinados se proceden a reparar o remplazar aquellos que se considere oportunos [6].

Por otro lado, suele llamarse mantenimiento preventivo a las tareas propias y rutinarias de la máquina como el cambio de aceite, lubricantes y limpieza, estas tareas deben ser realizadas por operadores, usuarios y equipo de mantenimiento.

Dentro del mantenimiento preventivo es muy importante la experiencia tanto de los técnicos como de los operadores de la máquina, se debe tener un histórico de las fallas de los sistemas, subsistemas y partes, para así poder implantar el correcto mantenimiento preventivo.

Teniendo en claro estos parámetros, se desarrolla un plan de mantenimiento con frecuencias de intervención o ejecución de actividades. Teniendo como principales y comunes en muchas industrias las siguientes:

- a. Limpieza de instalaciones y maquinaria.
- b. Ajustes de equipo.
- c. Calibración de maquinaria.
- d. Análisis de averías.
- e. Cambio de piezas.
- f. Reparación de equipo.

La funcionalidad del mantenimiento preventivo depende tanto de la periodicidad con la que se aplique como de los costos que involucre, si bien es cierto un período largo podría ocasionar severos daños, mientras que un período corto grandes costos, por tal razón es muy importante que una vez fijados los tiempos de mantenimiento, se verifique las incidencias

dentro del intervalo entre dos inspecciones para poder obtener un óptimo funcionamiento de la máquina al menor costo.

Cabe recalcar que el mantenimiento preventivo no va a evitar completamente los fallos o daños, sino minimizarlos, que de acuerdo con lo anunciado anteriormente debe tener concordancia con los costos.

### **1.2.1 Fases del mantenimiento preventivo**

Según Fumagalli et al [7], cuando se mantiene un equipo preventivamente o se lo reemplaza en caso de falla el enfoque está en la proporción en la que el equipo puede operar es decir la disponibilidad. Con esto seguir un correcto procedimiento de diseño de mantenimiento preventivo, al tener las intervenciones correctas la fiabilidad del sistema se podrá mantener. En la creación del plan de mantenimiento preventivo se tiene las siguientes operaciones importantes de identificar:

- a. Determinar metas y objetivos.
- b. Establecer requerimientos.
- c. Equipos y maquinaria para incluir.
- d. Revisión de mantenimientos previos realizados.
- e. Consulta de indicaciones de manuales.
- f. Designar responsables.
- g. Escoger el tipo de mantenimiento y planificarlo.
- h. Ejecutar las tareas del plan.
- i. Análisis e información del plan.

### **1.2.2 Gestión del mantenimiento preventivo**

Al poner en marcha un plan de mantenimiento preventivo es necesario desarrollar políticas de mantenimiento y un plan de operaciones, el mismo que debe de ser de conocimiento general y ser aprobado por autoridades de la empresa.

Este plan ayudara a establecer actividades en forma metódica y sistemática para ejecutarse en un lugar hora y fecha conocido.

El trabajar en conjunto con un plan de mantenimiento y planes de producción, según Amiri et al, los modelos de planificación de producción generalmente buscan equilibrar los costos de configuración del sistema con los costos de producción y mantenimiento de materiales, mientras que los modelos de mantenimiento intentan equilibrar los costos y beneficios de los planes de mantenimiento adecuados para optimizar el rendimiento de sistema de producción [8].

Como parte de la mejora continua en diferentes procesos es indispensable tener un manual de mantenimiento el mismo que optimizará el funcionamiento del equipo, prolongará la vida útil, anticiparse a eventualidades futuras. Actividades claves para elaborar un manual de mantenimiento:

- a. Inventario
- b. Cronograma de mantenimiento.
- c. Definir prioridades de quipos.
- d. Coordinar intervenciones de mantenimiento preventivo.
- e. Establecer personal a ejecutar el mantenimiento.
- f. Ejecución del mantenimiento
- g. Validar el mantenimiento preventivo.
- h. Descargar reporte de mantenimiento.
- i. Archivar hoja de vida del equipo.

### **1.2.3 Ventajas del mantenimiento preventivo**

- a. Es programado, al ser controlado se puede controlar la anticipación a fallos y paradas de máquina en producción.
- b. Disponibilidad de repuestos, permite encontrar a tiempo los repuestos evitando compras a última hora.

- c. Disponibilidad de técnicos, mejora la distribución de cargas en cada técnico se tiene una apreciación del personal a destinar para mantenimiento.
- d. Disminuye mantenimiento correctivo, al cumplir con las tareas previamente organizadas disminuirán los grandes fallos.
- e. Genera ahorros, el hecho de evitar el mantenimiento correctivo se disminuyen tiempos perdidos en máquinas aumentando la productividad de la empresa.

#### **1.2.4 Desventajas del mantenimiento preventivo**

Al generar un cronograma de acciones preventivas, son pocas las desventajas que presenta este mantenimiento:

- a. Si los equipos son de gran complejidad, las acciones preventivas no serán tan simples por lo que se necesitará personal capacitado para desarrollarlas.
- b. Al ejecutarse tareas de cierta periodicidad, no se puede saber la depreciación y desgaste de las piezas de los equipos.
- c. La empresa debe optar el modelo de cronograma de mantenimiento proporcionado por los fabricantes de los equipos, por lo que se puede subestimar la vida útil de los elementos que conformen los equipos.

#### **1.3 Mantenimiento predictivo**

Conocido también como mantenimiento condicional o mantenimiento basado en condición, se trata del monitoreo de parámetros que puedan indicar el comienzo de deterioro de ciertos elementos de un equipo y con esto establecer hasta que nivel se puede considerar valores normales e inadmisibles para detecciones de fallos con anterioridad. Según Olarte et al [9], el mantenimiento predictivo constituye realizar un seguimiento por medio de ensayos de tipo no destructivos al funcionamiento de un equipo, para descubrir signos que indiquen si el equipo está operando de manera correcta. Las tareas realizadas por un equipo de mantenimiento dentro de una línea de producción siguiendo este principio de mantenimiento, serán entre las más comunes:

- a. Monitoreo de vibración en maquinaria giratoria.



- b. Monitoreo infrarrojo de equipos eléctricos.
- c. Monitoreo de condiciones mecánicas.

En el desarrollo del mantenimiento predictivo, se necesita elaborar un histórico de variables seleccionadas y vida útil del elemento. Esto se consigue mediante la toma de lecturas en intervenciones periódicas hasta que el elemento falle.

En la Figura 2 se muestra la curva vibración vs tiempo de un cojinete, por el histórico se puede observar que a 41mm/s en 29 semanas de trabajo el cojinete tendrá un fallo, por lo que interpretando la curva se puede realizar un cambio de cojinete cuando se tiene una medida de 31mm/s aproximadamente. En algunas ocasiones los equipos que miden estas variables tienen valores de recomendación de cambio por lo que la elaboración de un histórico de fallos se hace innecesario.

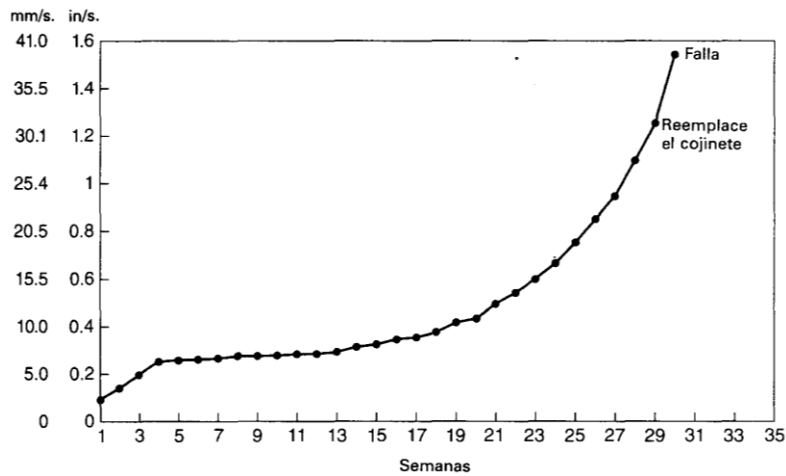


Figura 2. Curva vibración vs tiempo de un cojinete [10]

### 1.3.1 Ventajas del mantenimiento predictivo

- a. Al tener datos de monitorización, los fallos se detectarán en etapas iniciales brindando el tiempo suficiente para programar mantenimientos preventivos y correctivo de ser necesario.

- b. Las monitorizaciones de los equipos se pueden realizar “on condition”, consiguiendo de esta forma no interrumpir el trabajo de un equipo o afectar el proceso productivo.
- c. Reducción en el stock de piezas de repuesto, se solicita los repuestos en el momento oportuno de acuerdo con la planificación.
- d. Aumento de vida útil de componentes.

### **1.3.2 Desventajas del mantenimiento predictivo**

- a. Requiere de equipos especiales que por lo general son muy costos.
- b. Se debe contar con personal calificado, si bien para otro tipo de mantenimiento se requiere de personal con conocimiento de los equipos, puede aumentar el costo y dependiendo el área quizá no se cuenten con la disponibilidad a las necesidades.
- c. Aumento de costos, al intervenir al equipo por variaciones en las mediciones, al inicio puede causar varios paros en la producción para la verificación de funcionamiento.

### **1.4 Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM**

Reliability Centred Maintenance nace en los años 60 en el campo aeronáutico buscando erradicar accidentes aéreos, aunque no eran muchos los suscitados, se buscaba tener este índice en cero.

Es una técnica apropiada para utilizarla dentro de una empresa industrial. El RCM presenta algunas ventajas sobre otros planes de mantenimiento.

Según SKF Reliability Systems [11], define a RCM como un enfoque que emplea prácticas y estrategias de mantenimiento reactivo, preventivo y proactivo en una forma integrada aumentando la probabilidad de que un mecanismo o maquina trabaje de manera requerida a lo largo de su ciclo de vida, con intervenciones mínimas de mantenimiento.

El proceso del RCM formula 7 preguntas acerca del sistema o equipo que se pretende analizar:

- a. ¿Cuáles son las funciones y los estándares de funcionamiento en cada sistema?, lo que el usuario desea que la máquina haga.
- b. ¿Cómo falla cada equipo?, razones por las que deja de hacer lo que el usuario desea que haga.
- c. ¿Cuál es la causa de cada fallo?, que pudo causar la falla funcional.
- d. ¿Qué parámetros monitorizan o alertan de un fallo?
- e. ¿Qué consecuencias tiene cada fallo?, razones por las que importa que no falle.
- f. ¿Cómo puede evitarse cada fallo?
- g. ¿Qué debe hacerse si no es posible evitar un fallo?

#### **1.4.1 Beneficios del RCM**

Aumenta la integridad y salud ambiental: se considera no solo los aspectos operacionales, también considera las implicaciones ambientales. Lo que significa que se delimita y se eliminan riesgos de los equipos identificables, relacionados con la seguridad y ambiente de trabajo. Funcionamiento estratégico: el servicio al cliente mejora, se asegura que para cada equipo se ejecutará la opción más efectiva de mantenimiento teniendo cantidad y calidad en el producto final. Se conocen y planifica medidas para casos donde el mantenimiento presente inconvenientes

La mayor eficiencia del mantenimiento se enfoca en la atención a las acciones de mantenimiento que tienen mayor efecto en la planta, significa que los recursos destinados a mantenimiento se inviertan en áreas donde se puedan obtener altos resultados. Además, si se emplea correctamente a sistemas de mantenimiento ya existentes reducirá la cantidad de trabajo de rutina. Aumento de vida útil de componentes. Base de datos global: la revisión del RCM finaliza con el registro de las exigencias de mantenimiento de los equipos dentro de la organización.

#### **1.4.2 Análisis de modos y efecto de falla AMEF**

El AMEF es una herramienta para la mejora de procesos que permite su rediseño para evitar fallos antes de que estos ocurran. Esta metodología analítica asegura que problemas de riesgo sean analizados durante el proceso de fabricación de un producto. Este resultado se evidencia

con los expedientes de conocimientos de manera simple o grupal de sistemas multifuncionales. [12].

Modo de falla puede ser definido como un evento que pueda originar un fallo funcional de un activo físico sistema o proceso como por ejemplo suciedad, corrosión, erosión, lubricación. Es importante analizar los modos de fallos de una máquina dado que en operación los fallos pueden darse por distintos motivos, y dentro de un sistema de producción podrían ser cientos de razones. Al tener la documentación de las distintas discusiones y soluciones que se hayan dado a los fallos, se tendrá una idea clara de las tareas proactivas a realizarse en las intervenciones anteriores o al presentarse el fallo.

El efecto de fallo describe la información de apoyo para la valoración efectos de la falla, se menciona algunas de ellas:

- a. Evidencias existentes que indiquen la falla se ha dado.
- b. Como puede significar una amenaza para el medio ambiente o seguridad
- c. Que daños existen producidos por la falla
- d. Acciones que tomar para reparar el fallo

#### **1.4.3 Ventajas del AMEF**

- a. Mejora la calidad, fiabilidad y seguridad de los productos o procesos.
- b. La recopilación de información de los fallos mejora el desempeño y conocimiento del personal de mantenimiento al suscitarse un fallo.
- c. La identificación y eliminación temprana de fuentes de fallos, evita cambios repentinos y su relación directa al costo.

#### **1.4.4 Desventajas del AMEF**

Para obtener el listado de causas y efectos de un fallo es necesario contar con personal con experiencia amplia en la máquina o proceso a analizar, si no se encuentra fallos es necesario contactar a consultores especializados en fallos y problemas.

## **1.5 Mantenimiento productivo total**

Conocido como TPM Total Productive Maintenance su nombre en inglés, es una metodología de mejora que busca asegurar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos y sistemas, eliminando pérdidas de producción consiguiendo así lo que su nombre indica producción máxima o total.

El TPM hace referencia también de la participación total, adquiriendo responsabilidades el personal de mantenimiento y de producción. Este principio está basado en seis principios:

- a. Mejoras orientadas
- b. Trabajos autónomos
- c. Planificación de mantenimiento
- d. Calidad en ejecución de mantenimiento
- e. Educación y entrenamiento
- f. Seguridad y medio ambiente

El TPM asume el desafío de cero fallos cumpliendo estos principios, cero incidencias y cero defectos, reduciendo costos, stocks explotando al máximo los sistemas básicos del proceso productivo.

El TPM tiene como propósito ser un mantenimiento de modelos de búsqueda permanente de mejora. Asegura una participación diaria de todos los miembros y cargos de la organización, con énfasis en los departamentos relacionados con el proceso productivo estos buscan mejorar comportamientos técnicos del proceso.

## **1.6 Sistemas de planificación de recursos empresariales ERP**

Un sistema ERP integra y automatiza actividades de aspecto operativo durante un sistema de producción de una empresa, con el objetivo de mostrar la información para todos los miembros en cualquier momento.

Permiten apresurar las actividades de trabajo de distintos usuarios, reduciendo tiempos en realizar operaciones repetitivas y aumentando la comunicación entre áreas de trabajo pudiendo controlar evaluar y gestionar su actividad económica en distintos ámbitos.

## **1.7 Empresa Durini Industria de Madera C. A Edimca**

En 1934, Juan Manuel Durini Palacios, inició su emprendimiento comercializando productos de madera para el sector de la construcción. Comienza su vida empresarial con la compra de Aserradero el Cóndor fabricando puertas y ventanas debido a la alta demanda que existía en ese entonces por productos de madera. En el año 1945 se asocia a su amigo Federico Arteta Rivera, continúa creciendo el negocio tras un viaje en 1959 a Europa luego de visitar el pabellón de madera de la Gran Expo en Bélgica, surge la idea de montar una planta de contrachapado. En 1965 se establece el compromiso de la preocupación por los bosques al crear directrices para el correcto aprovechamiento forestal y de proyectos de reforestación.

La Empresa Durini se convierte en EDIMCA el 28 de julio de 1964, Empresa Durini Industria de Madera C.A siendo una empresa mediana con locales en la calle Cordero y otro en el sector de San Bartolo en la ciudad de Quito. En 1976 se forma Enchapes Decorativos ENDESA, empresa que fabricaba tablero contrachapado triplex, posteriormente en 1978 se crea Aglomerados Cotopaxi S.A que se dedicaría a la elaboración de tableros aglomerados de partículas, los cuales se comercializaban a través de EDIMCA.

En el año 1980, se funda Bosques Tropicales S.A BOTROSA planta de contrachapado. En 1997 Aglomerados Cotopaxi monta una planta de tableros de fibra de madera MDF.

EDIMCA en 2006 inaugura el Mega Centro en Quito, para en el 2010 remodelarlo y convertirlo en su sucursal matriz. En la actualidad la Empresa EDIMCA posee 30 sucursales a nivel nacional, agregó a su gama de productos nuevas categorías como perfilería en aluminio, pérgolas y centro de diseño. [13]

### **1.7.1 Proceso de manufactura de madera**

Edimca es la empresa que distribuye al cliente final los tableros de madera fabricados por Aglomerados Cotopaxi. Dentro de sus principales productos presenta tres descritos a continuación:

- a. Tableros de fibra Fibraplac MDF.

- b. Tableros de aglomerados Duraplac partículas.
- c. Madera aserrada de pino.

El proceso productivo comienza desde la plantación de especies forestales que previamente fueron investigadas para la producción de plántulas en viveros. Las especies son pino radiata y pátula, en estos viveros están alrededor de dos o tres meses. Luego de este tiempo pasan a un vivero en donde se consigue que las plántulas cumplan con un proceso de aclimatación ante posibles agentes externos que estarán expuestos en el bosque. Cuando la plántula es lo suficiente fuerte se la traslada al bosque donde se controlará su desarrollo.

A partir de los 15 a 20 años de vida del árbol, se procederá a la extracción de los árboles del bosque que comprenderán procesos de corte y limpieza del árbol [14]

### **1.7.2 Tablero Aglomerado Duraplac partículas**

La materia prima que se utiliza para este tipo de tablero es pino. El aglomerado es un material que está conformado por la unión de varias partículas de madera mediante una resina. La mayor parte de estas partículas son hechas en la línea de producción de los tableros o proporcionadas de desperdicios de madera de los aserraderos. El proceso de fabricación de aglomerado tiene varios procesos, se describen los principales:

Descortezado de la madera. - los árboles que son cortados en campo, son descortezados y cortados a medida según requerimiento para ubicarlos en camiones que los llevarán a la planta.

- Astillado. - Los troncos pasan por grandes máquinas que los convierten en astillas rápidamente en diferentes tamaños de astillas.
- Limpieza y secado. - Las astillas son procesadas por una serie de cribas que separa residuos no deseados como tierra, arenas metales entre otros. Luego del secado son clasificadas según el tamaño.
- Encolado. - Consiste en la aplicación de resina a las partículas de madera. Para luego mediante máquinas que clasifican la ubicación de las astillas, repartir las partículas

de gran tamaño a los lados del tablero y las de menor tamaño en la mitad del tablero. Luego de esto pasará a una prensa que controlando variables de temperatura, presión y velocidad formarán el tablero aglomerado.

El tablero es cortado a dimensiones requeridas, lijado para ser trabajado, o para ser recubierto con chapa de madera.

### **1.7.3 Tablero de fibra Fibraplac MDF**

Las siglas de su nombre hacen referencia a tableros de fibra de densidad media, la fabricación es similar al proceso de los tableros de aglomerado con la diferencia de que se extrae la fibra antes de reducirla a partículas, para obtener astillas uniformes libres de corteza.

Luego estas astillas son sometidas a un proceso de ablandamiento para ser desfibrada obteniendo un producto compacto similar al algodón. Más tarde se procede a mezclar las fibras con las resinas donde se forma un colchón de madera, para pasar por las prensas sometidas a presión temperatura.

Posteriormente se corta a medida de fabricación para luego pasar al proceso de lijado y el corte final del tablero para obtener las dimensiones estandarizadas.



## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Mantenimiento productivo total (TPM)

Es un sistema surgido de una filosofía del instituto japonés de planta en los años setenta que buscaba eliminar pérdidas de procesos productivos conocidas como las seis grandes pérdidas e implementar la forma de trabajo justo a tiempo, desarrollado para industrias de fabricación y ensamble, buscando hacer uno solo a producción y mantenimiento. Su objetivo es lograr la máxima eficiencia de equipos a través de la participación total como gerencias, operadores, ingenieros y personal de mantenimiento. Al tener una mejor comunicación entre todos estos niveles de la empresa, se tendrá una mayor organización y administración del mantenimiento y productividad de la industria.

##### 2.1.1 Estructura del TPM

Para poder conseguir el objetivo del TPM, es necesario tener claro procesos fundamentales denominados pilares, que buscan organizar la producción gestionar y dar soporte a los equipos.

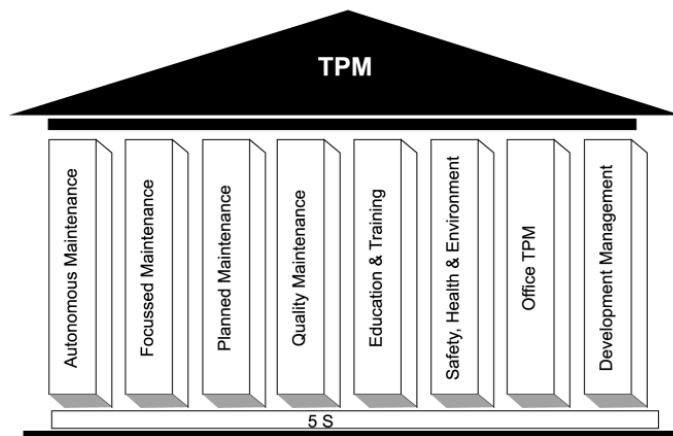


Figura 3. Ocho pilares para la implementación del TPM [15]

En la Figura 3 se muestra los ocho pilares para la implementación del TPM, como base se tiene la ejecución de las 5S, mientras que como columnas se tiene el mantenimiento autónomo, mantenimiento enfocado en mejoras, mantenimiento planificado, mantenimiento

de eficacia y calidad, educación y entrenamiento, seguridad salud y medio ambiente, TPM en oficinas, gestión del desarrollo.

Mantenimiento autónomo: la colaboración del personal de producción en el mantenimiento es uno de los métodos fundamentales en la búsqueda de mejorar la productividad. El mantenimiento autónomo surge desde la experiencia de los operadores de los equipos o instalaciones, su formación y preparación profesional en la ejecución de sus tareas de trabajo y de identificar las condiciones óptimas de los distintos elementos que conformen las instalaciones. Dando importancia de realizar tareas preventivas de mantenimiento liviano, participación en intervenciones de los equipos para luego tomar responsabilidades de ejecución de mantenimiento más complejas. Dentro de las tareas de iniciación de mantenimiento se tiene limpieza, lubricación, apriete, ajuste, inspección, reajuste y fomentar en compromiso de propiedad, máquina operador.

El mantenimiento enfocado en mejoras para lograr maximizar la efectividad de los equipos se desarrolla mediante actividades que mantengan o mejoren las condiciones de estos donde se pueda conseguir la meta de cero fallas.

El TPM menciona las 6 grandes pérdidas que hacen a un equipo presentar fallos disminuyendo su capacidad de producción y su efectividad.

- a. Fallas del equipo, paros imprevistos en la máquina.
- b. Ajuste de máquinas, se presenta cuando existen cambios de procesos productivos y es necesario el cambio de elementos de la máquina o cambios de lugar de trabajo.
- c. Detenciones menores, pequeñas pérdidas de tiempo al encontrarse obstrucciones o condiciones no apropiadas para el desarrollo de la máquina.
- d. Velocidad de trabajo reducida, la máquina no trabaja a las condiciones de diseño.
- e. Desperfectos en el proceso, cuando se obtiene producto final en malas condiciones o no se ajustan a parámetros estandarizados y se debe de corregir estos productos.
- f. Pérdidas de tiempo, refiere al tiempo que se tarda en desarrollar un proceso nuevo, puesta en marcha, períodos de pruebas.

El mantenimiento planificado es considerado también como mantenimiento progresivo. Son las actividades que se realizan metódicamente para prevenir fallos en los equipos. Para desarrollar estas actividades se necesita tener información o experticia sobre los equipos a intervenir, así el objetivo de este mantenimiento será que el operario tenga la habilidad de informar al equipo de mantenimiento las posibles causas y soluciones para corregir un fallo.

El mantenimiento de calidad, considerando el enfoque de mantenimiento se entiende que una línea de producción trabaja con normalidad sin problemas cuando los equipos no muestran fallos o paros. Sin embargo, en el desarrollo de la producción pueden existir cambios en el producto final, que tiene repercusión en la calidad. Entonces, el mantenimiento de calidad está encaminado al cuidado del producto resultante del proceso productivo, entendiendo que el objetivo de mantenimiento, al conseguir cero fallos en la máquina, deberá tener como salida un producto con cero defectos. Se mencionan algunos principios del mantenimiento de calidad:

- a. Determinación de la frecuencia y formas en cómo se presentan los defectos en el producto final.
- b. Realizar análisis de mantenimiento preventivo en los elementos que son posibles causantes de los defectos.
- c. Establecer períodos de revisión de características críticas.

La educación y entrenamiento tiene como objetivo entrenar y habilitar a todas las personas que están implicadas en el funcionamiento de los procesos.

Puntualmente, el entrenamiento estará dirigido a que el personal desarrolle las siguientes actividades:

- a. Detección de problemas en equipos
- b. Entender el funcionamiento de los equipos
- c. Comprender la relación de los elementos de las máquinas con el desarrollo del proceso y las características del producto final.

- d. Capacidad de resolver problemas de funcionamiento y de operación del proceso.
- e. Habilidad para trabajar o adaptarse a las diferentes áreas con relación al proceso.

La seguridad salud y medio ambiente significa que una mala ubicación de una máquina o las malas condiciones del lugar puede llegar a producir el mal funcionamiento o desempeño, al igual que la contaminación en el puesto de trabajo puede llegar a ser objeto de accidentes. Como cimientos del TPM se tienen las 5s, que describe la metodología para conseguir una estación de trabajo y ambiente laboral sin accidentes y sin contaminación.

El TPM en oficinas se refiere a las áreas de apoyo para el mantenimiento, como actividades operacionales que se desarrollan en oficinas, laboratorios, almacenes. Al tener seguridad en estas áreas se garantizará y acompañará el área fabril.

La gestión y desarrollo del TPM implica llevar indicadores de gestión en donde se mostrará el avance del proyecto, los desarrollos de la implementación de los pilares. No, necesariamente, deberán seguir un orden o todos al mismo tiempo, para esto es importante desarrollar grupos de trabajo encargados de la ejecución de las actividades sugeridas por los pilares. Como recomendación se tiene que las evaluaciones del desarrollo del TPM pueden ser semanales al comienzo de la implementación para luego evaluarlas de manera mensual y anual según la necesidad [16].

### **2.1.2 Metodología 5s”**

Como se mencionaba uno de los pilares del TPM a la seguridad salud, medio ambiente. Esta metodología hace referencia a la ejecución de una serie de actividades para tener condiciones de trabajo de modo que se recorte el desperdicio y se puedan ejecutar las labores de forma organizada, segura y limpia.

Estas condiciones de trabajo se obtendrán insertando hábitos de comportamiento personal y cultural que crearán ambientes de trabajo productivos y eficientes.

Estas actividades son de origen japonés y son conocidas como 5s”, debido a que sus fonemas comienzan con la letra S.

Clasificar (Seiri) hace referencia a clasificar y eliminar elementos que son innecesarios para las tareas que se desempeñan en el lugar de trabajo. La clasificación de estos elementos ayuda a evitar pérdidas de tiempo, en localizar cosas, falta de espacio, incremento de tiempo en inventarios.

Ordenar (Seiton) una vez localizados los elementos necesarios para laborar, se los sitúa de manera adecuada para que se pueda encontrarlos con facilidad y se define su lugar de ubicación identificándolo de alguna manera.

Una manera correcta de ordenar y asignar un lugar es identificando el grado de utilidad, para disminuir desplazamientos largos.

Limpiar (Seiso) considerada como una actividad fundamental, limpiar significa reconocer el entorno y conservar el buen aspecto. Como observación a esta actividad, implica que el objetivo no es tener personas que más limpien, más bien evitar ensuciar. Con la buena práctica de esta acción se logra:

- a. Eliminar fuentes de contaminación.
- b. Crear ambientes seguros ya que la presencia de líquidos o suciedad puede ocasionar accidentes.
- c. Conservación de elementos porque con la limpieza se podrá constatar elementos faltantes en máquinas y adecuarlos antes de que puedan ser causa de un fallo.
- d. Sentido de propiedad y compromiso de los operarios hacia los equipos.

Estandarizar (Seiketsu) consiste en el seguimiento de las tres primeras actividades, es decir mantener la organización ya alcanzada, elaborar procedimientos y normas de apoyo, utilizar elementos visuales que indiquen como mantener las áreas y los equipos de trabajo, utilizar tableros donde se muestren instructivos de procedimientos.

Disciplina (Shitsuke) con las anteriores actividades ya consolidadas, la disciplina busca mantener los objetivos ya alcanzados. Debido a la naturaleza humana al querer resistirse al cambio existe la posibilidad de que una empresa vuelva al desorden del inicio. Esta última actividad consistirá en establecer una cultura de respeto y autocontrol a los logros ya alcanzados, los mismos que deberán ser publicados a manera de resultados en un lugar visible luego de las auditorías internas del cumplimiento de las 5s”.

Un estudio presentado por García et al. [17], indica que, una cultura de cinco meses hace a los trabajadores multidisciplinarios con espacios de trabajos limpios y organizados, facilitando actividades de programación de acciones en líneas de producción.

### 2.1.3 Efectividad global de los equipos

La efectividad global del equipo OEE es un indicador que permite evaluar el rendimiento del equipo cuando está en marcha. Representa la capacidad de una producción sin defectos, además la disponibilidad y rendimiento de los equipos involucrados.

Su cálculo es diario para un equipo o grupos de máquinas estableciendo un balance entre el número de piezas que hubiesen podido producirse si el proceso se hubiera desarrollado afinadamente, y las unidades que se han producido realmente sin defecto. Para obtener este índice se necesitan tener índices de disponibilidad, eficiencia y calidad.

- **Disponibilidad:** Es el resultado entre la división del tiempo disponible para producir y el tiempo total de parada, es decir para el tiempo disponible de producción, se deberá considerar las paradas programadas y no programadas debido a fallos ajustes entre otros. Se calcula mediante la ecuación 1.

$$Disponibilidad = \frac{(TO - PP) - PNP}{(TO - PP)} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

*TO* Tiempo de operación

*PP* Paradas programadas

*PNP* Paradas no programadas

- **Eficiencia:** Muestra el nivel de funcionamiento del equipo tomando en cuenta las pérdidas por rendimiento causadas por tiempos muertos, funcionamiento operativo más bajo que a sus condiciones de diseño y paradas menores. Se calcula con la ecuación 2.

$$Eficiencia = \frac{Tiempo\ ideal\ de\ ciclo \times Cantidad\ procesada}{Tiempo\ de\ funcionamiento\ real} \quad (2)$$

- **Calidad:** Denota la relación entre el número de unidades producidas que cumplen con las especificaciones y el número de unidades producidas. Se calcula con la ecuación 3.

$$Tasa\ de\ calidad = \frac{Piezas\ producidas - Rechazos}{Piezas\ producidas} \quad (3)$$

## 2.2 Mantenimiento centrado en la confiabilidad

Para tener un correcto desarrollo de un mantenimiento centrado en la confiabilidad, es necesario y de carácter obligatorio ante toda avería en la maquinaria plantearse las 7 preguntas básica [18], presentadas en la tabla 1 en su orden.

Tabla 1. Las siete preguntas básicas del RCM [18].

N°	Pregunta
1	¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2	¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3	¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4	¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5	¿En qué sentido es importante cada falla?
6	¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7	¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Estas preguntas sirven para estructurar la información de fallas y averías producidas en la maquinaria de Edimca, como proceso antecedente y necesario para la toma de decisiones mediante un análisis de modo de falla y sus efectos.

### 2.2.1 Análisis de modo y efecto de falla AMEF

Según Moubray [18], cuando se precisan funciones y parámetros de funcionamiento de un equipo físico específico, se define los objetivos de mantenimiento con respecto a él. La definición de fallas funcionales permite establecer, exactamente, a lo que se refiere al decir "falla". Estos temas son considerados para las primeras dos preguntas del proceso RCM.

Se presenta a continuación, de manera metódica y esquemática los pasos y la información necesaria para documentar en la hoja de análisis AMEF, para la aplicación de este método de forma general.

### 2.2.2 Modos de falla

Los modos de fallas pueden ser humanos, de desgaste por operación, físicos, etc. Se debe trabajar rigurosamente con causas raíz y no con causas básicas, inmediatas, efectos o indicios, ya que estos no eliminan el problema. Se procura más atención a la falla en sí y a su modo de falla que a los eventos o circunstancias anexas [18].

Los modos de falla, según Mora [19], se pueden clasificar en:



- a. Falla completa: Cuando el sistema o equipo pierde completamente la funcionalidad.
- b. Falla parcial: Existen posibles restricciones para que el equipo opere adecuadamente.
- c. Falla intermitente: Esta se presenta de forma variable en un tiempo, lo más conveniente es que falle invariablemente para valorar la posible causa raíz.
- d. Falla con el tiempo: sucede en el transcurso del trabajo de elementos como el desgaste.
- e. Sobre desempeño de la función: el manejo del equipo es inadecuado por encima (o por debajo) de su diseño y capacidad de trabajo.

### **2.2.3 Efectos de fallo**

Según Bestratén [20], se trata de poder observar o detectar consecuencias no deseadas del fallo. Estos deben referirse a condiciones de rendimiento o eficiencia del proceso, describiendo los síntomas tal cual lo haría el operador del equipo. Si el análisis es solo de un elemento, deberá de ser tomada en cuenta la repercusión negativa que pueda ocasionar al conjunto del sistema, ofreciendo así una representación clara del fallo.

### **2.2.4 Medidas de control previstas**

Las medidas de control en el AMEF estarán expuestas en la Hoja de Información del RCM detallada en la Tabla 2. Se tiene en cuenta que las percepciones del valor de estas medidas serán analizadas y debatidas por el facilitador a cargo de la implementación del RCM. A continuación, se puntualizan los índices:

#### **2.2.4.1 Gravedad**

Establece el grado o severidad del efecto del modo de fallo potencial en la maquinaria, estima la gravedad de las consecuencias, aumentando el valor del índice en función del costo de reparación, insatisfacción de la producción, la disminución de las prestaciones esperadas. Es posible conseguir mejoras en este índice mediante trabajos en el diseño; y no debe ser perjudicado por los controles originados por la aplicación del AMEF o de revisiones periódicas de calidad.

Tabla 2. Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el usuario [20]

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy baja repercusiones imperceptibles	El cliente es probable que no notará el fallo. No es sensato esperar que este fallo de pequeña importancia cause efecto serio o alguno en el rendimiento del sistema.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	Este tipo de fallo causará un ligero inconveniente al cliente. Seguramente, éste mostrará efectos negativos reduciendo el rendimiento del sistema, pero sin importancia. Es fácilmente subsanable	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema	4-6
Alta	El fallo alcanza ser crítico, puede verse inutilizado el sistema. Muestra un grado de insatisfacción alto.	7-8
Muy alta	El fallo es de potencial muy crítico, afecta el trabajo de seguridad del producto o proceso. Puede conseguir que se incumplan normas reglamentarias. Si estos incumplimientos son graves muestra un índice de 10	9-10

#### 2.2.4.2 Frecuencia

Indica la posibilidad de que se produzca un modo de fallo, por una causa potencial de fallo o causa específica. Según Bestratén [20], la principal manera de disminuir el índice de frecuencia es mediante:

- a. Rediseño de elementos, para acortar la probabilidad de que el fallo pueda originarse.
- b. Aumento u optimización de los sistemas de control y prevención, que imposibilitan el origen de la causa de fallo.

Una posible clasificación de la frecuencia se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de la frecuencia de modo de fallo [20]

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy baja improbable	Es concebible, los fallos no se asocian a procesos idénticos, estos fallos no se han ocurrido en el pasado	1
Baja	Son poco probables que sucedan, son aislados en procesos idénticos o similares. Es prudentemente que pueda ocurrir en la vida del sistema,	2-3
Moderada	Defecto que ocurre esporádicamente en procesos similares o previos al actual. Probablemente ocurrirá ciertas veces en la vida del sistema o componente.	4-5
Alta	Muestra una estadística de cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos a procesos que han fallado.	6-8
Muy alta	Es indudable que se produzcan frecuentemente fallos, pueden ser vistos como casi inevitables.	9-10

#### **2.2.4.3 Detectabilidad**

Este índice muestra que si se puede detectar el fallo antes de la entrega al cliente final. Teniendo que para un índice bajo mostrará un riesgo alto ya que, no será posible detectar el fallo. Para un indicador alto, el fallo puede ser fácilmente detectable. Es preciso detallar que si se logra la detección no implica el control, pues pueden existir controles muy fuertes, pero si la producción defectuosa llega al cliente, por error, etc., este índice poseerá un valor alto, según lo menciona Bestratén [20].

Mora [19], muestra dos opciones para incrementar la detectabilidad:

- a. Desarrollar más controles. Si bien se conseguirá mejorar la calidad y mejorar de producción, podría aumentar el costo de producción.
- b. Rediseñar, interviniendo en lugares identificados con la falla.

En la Tabla 4 define los criterios de detectabilidad y su valor:

Tabla 4. Detectabilidad de una falla [20]

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy alta	El defecto es innegable. Es improbable que no sea descubierto por los controles	1
alta	El defecto es fácilmente detectable, se debería contar con más de un control, pues podría pasar el primero, pero sin duda sería detectado en el posterior	2-3
Mediana	El defecto es detectable y tal vez no llegue al cliente. Con seguridad se podrá detectar en la etapa final de producción.	4-6
Pequeña	Este defecto es complicado detectarlo, con los controles existentes no ha sido posible inspeccionarlo.	7-8
Improbable	El defecto con certeza no puede controlarse. Es seguro que el cliente recibirá productos con desperfectos	9-10

#### 2.2.4.4 Índice de Prioridad de Riesgo IPR

Según Mora [20], el IPR es el resultado del producto de los factores de gravedad, frecuencia, detectabilidad. Este índice indica la precedencia de intervención del equipo. No se tiene establecido criterios para su categorización. Su cálculo es individual para todas las causas de fallo encontradas.

El IPR facilita la toma de decisiones para acciones preventivas. Si se tienen índices inferiores a 100 no será prescindible actuar, a menos que esta actuación mejore la calidad de producción. El ordenamiento numérico de cada causa de fallo invita a la valorización del impacto de cada una de las tres variables. Al tener un índice numérico se debe evaluar las puntuaciones según las condiciones de la planta de producción [19]. La ecuación para su cálculo es la 4.

$$IPR = D * G * R \quad (4)$$

Donde:

*D* es Detectabilidad,

*G* es Gravedad,

$R$  es frecuencia.

Para llevar un control técnico informativo para la recopilación de información de las averías suscitadas en la maquinaria se diseñó una Hoja de RCM como se muestra en el Anexo A, de esta manera se garantiza que la información será categorizada mediante un análisis a modo de falla y efecto.

### **2.3 Metodología Oracle JD Edwards**

Según la metodología de la compañía Oracle [21], la gestión exitosa del mantenimiento puede significar la diferencia entre un trabajo eficiente y uno que esté bloqueado por fallas de equipos. Una maquinaria inactiva que espera una pieza o una que lesiona a un empleado cuando funciona mal puede costar miles de dólares.

Applications Implementation Methodology (AIM) [22], es una metodología de ejecución de ERP de Oracle, con las etapas descritas a continuación:

- a. Definición: Donde se analiza la viabilidad del proyecto, se concretan los objetivos y se establecen los tiempos de ejecución.
- b. Análisis operacional: Luego de elaborar los objetivos en la etapa de definición, se lleva a cabo la fase metódica, donde se determinan requisitos, etc.
- c. Diseño de la solución: Se cotejan diseños, se elige al mejor que atienda a los requisitos trazados anteriormente.
- d. Construcción: Se plasman las ideas y diseños. Se hacen pruebas iniciales.
- e. Transición: Si las primeras pruebas están aprobadas, se pasa a la fase de producción.
- f. Producción: En esta etapa se utilizan todos los recursos de producción.

Según Versi [22], para preservar la seguridad de los empleados y maximizar la productividad de los activos el ERP de Oracle, JD Edwards utiliza su módulo de la Gestión de Mantenimiento de plantas y equipos enfocado en la metodología AIM para mantenimiento preventivo integrando.

Con esta metodología se obtiene visibilidad, en toda la empresa, de los detalles de la maquinaria, incluyendo:

- a. Información de adquisición, depreciación y garantía.
- b. Estado actual e historial de uso.
- c. Presupuesto y costes reales, incluido el mantenimiento.
- d. Tasas de facturación externa e interna.
- e. Problemas e historial de reparaciones.
- f. Programas de mantenimiento preventivo basados en los umbrales de uso que defina.

Con JD Edwards se puede automatizar los programas de mantenimiento preventivo en función de los umbrales que definir. Al utilizar hasta tres categorías únicas por máquina, puede crear alertas de mantenimiento mediante la elección de varias medidas de uso, incluido el medidor de horas utilizadas, millas recorridas, combustible utilizado, fechas específicas e intervalos de tiempo. Y, puede realizar un seguimiento de las fechas de planificación del mantenimiento crítico, incluidos los vencimientos de la garantía, renovaciones de licencias y renovaciones de seguros muestra Versi [22].

Versi [22] señala que para minimizar el tiempo de inactividad en el taller, puede integrar el mantenimiento predictivo con la planificación de requisitos para reservar capacidad y garantizar la disponibilidad de piezas con órdenes de trabajo y órdenes de compra generadas por el sistema; y así obtener la visibilidad que necesita programar la producción en torno al servicio de la máquina.

Según Versi [22], se igualarán los costos del proyecto con ingresos con mayor precisión para la asignación adecuada de los gastos generales de equipos y contrato o facturación de servicios. Se incrementa la vida del equipo con servicio óptimo. Al monitorear los registros de mantenimiento, se puede apuntar maquinaria, potencialmente, problemática para tomar decisiones oportunas de reparación o reemplazo.

## 2.4 Indicadores de mantenimiento

Los indicadores de mantenimiento serán utilizados para cuantificar, medir, calificar el departamento de mantenimiento.

### 2.4.1 Tiempo medio entre fallas MTBF

Es el promedio de tiempo que transcurrió entre las fallas y/o averías suscitadas en la maquinaria antes de entrar en mantenimiento correctivo. Se calcula mediante la ecuación 5.

$$MTBF = \frac{hp}{Nf} \quad (5)$$

Donde:

$hp$  es el tiempo total de corrida de equipo.

$Nf$  es el número de fallas

### 2.4.2 Tiempo medio entre reparaciones MTTR

Es la suma de todo el tiempo que llevó a cabo la reparación/es de una falla/s en la maquinaria, teniendo en cuenta paros por falta de repuestos, fabricación o maquinado de piezas o partes y todos los contratiempos que se relación con el mantenimiento de la falla, dividido para el número de fallas obteniendo el promedio de tiempo que demora en ser corregida una falla. Se calcula mediante la ecuación 6.

$$MTTR = \frac{\sum hr}{Nr} \quad (6)$$

$hr$  es el tiempo de reparación de fallas

$Nr$  es el número de reparaciones

### 2.4.3 Disponibilidad inherente $D$

Este indicador es utilizado para determinar la probabilidad de la máquina de estar operativa ante circunstancias adversas, como fallos y averías identificadas, mientras mayor y más minucioso sea el AMEF en la maquinaria, la disponibilidad será alta. Se calcula con la ecuación 7.

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (7)$$

#### 2.4.4 Índice de falla $\lambda$

Es el inverso del tiempo medio entre fallas, utilizado para el cálculo de la confiabilidad de la maquinaria con la ecuación 8.

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (8)$$

$\lambda$  es el índice de falla.

#### 2.4.5 Índice de reparación $\mu$

Inverso del tiempo medio entre reparaciones, es utilizado para el cálculo de la mantenibilidad. Se calcula mediante la ecuación 9.

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (9)$$

$\mu$  es el número total de reparaciones realizadas en correlación al total de horas de reparación del equipo.

#### 2.4.6 Confiabilidad

Probabilidad de que un equipo trabaje en un período  $t$  especificado. Se calcula mediante la ecuación 10.

$$R = e^{-\lambda t} \quad (10)$$

Donde

$R$  es la confiabilidad.

$\lambda$  es el índice de falla.

$t$  es el período especificado.

$e$  es la base logarítmica natural (aprox. 2.719)



#### **2.4.7 Mantenibilidad M**

Representa la probabilidad de la maquinaria de ser restituida ante un fallo, se debe de tener en cuenta que en la maquinaria de Edimca al estar constituida por varios grupos que conforman una misma máquina, la mantenibilidad puede ser mayor en ciertos grupos que en otros, debido a la dificultad que puede presentarse al realizar el mantenimiento en cada parte. Se calcula mediante la ecuación 11.

$$M = 1 - e^{-\mu T} \quad (9)$$

$e$  es la base logarítmica natural (aprox. 2.719)

$T$  es el tiempo previsto de reparación.

#### **2.5 Planificación desde la ISO 9001 /2015**

La planeación estratégica define procesos organizacionales involucrando actividades administrativas para conseguir objetivos en el largo plazo.

El desarrollo de un plan estratégico está orientado a mostrar resultados en el largo plazo, pero que a corto plazo permite desarrollar planes y objetivos. Así que cuando se presenten complicaciones en una empresa este plan servirá de guía para afrontarlas.

El objetivo, entonces, de una planificación basada en la ISO 9001 es de instituir procesos necesarios para cumplir con los objetivos de una organización como su misión, visión, etc. Así mismo, para la parte productiva busca mejorar las condiciones de trabajo, ambiente laboral, calidad en los productos alcanzando eficiencia y efectividad en cada proceso productivo.

Según Del Castillo et al [23], se pueden mencionar efectos positivos de una empresa adherida a la ISO 9001 como gestión de la producción controlada, instituir responsabilidades y normas, progreso en la relación con proveedores, mejora del método de gestión de procesos, innovación, mejora de los procedimientos internos para detectar inconformidades.

Por otra parte, la percepción de planificación del Sistema de Gestión de la Calidad vincula procesos precisos para compensar la necesidad del cliente de una empresa del sector de producción o empresas de servicios.

ISO-9001, por su lado, define a esta planificación como una parte de la Gestión de la Calidad que interviene en el establecimiento de los objetivos y en la especificación de procesos y recursos necesarios. Del mismo modo, hace hincapié en la importancia de tener claro hacia dónde se dirigen los esfuerzos de la organización, punto en que es esencial el concepto de procesos.

### **2.5.1 Diagramas de flujo de procesos**

Al analizar estrategias de procesos para realizar o mejorar lo adecuado será seguir los lineamientos de ISO9001. Además, es muy importante conocer, en su totalidad, las etapas y actividades propias de los distintos procesos.

Se necesita del diseño y estudio de los diferentes procesos administrativos que suceden en la Empresa para elaborar un Sistema de Gestión de la Calidad con un diagrama de flujo.

Estos diagramas constituyen símbolos que analizan y organizan el proceso dentro del Sistema de Gestión de la Calidad, visualizando de manera fácil puntos claves o actividades para el mejoramiento continuo del Sistema de Gestión.

### **2.5.2 Caracterización del Procesos**

Se define proceso como un conjunto de actividades conectadas entre sí que, partiendo de una actividad de entrada conducen a una salida o consecución de un objetivo.

Todas las actividades realizadas a diario en una organización, ordenadas de manera correcta muestran procesos determinados.

Para planificar el trabajo diario y tener evaluaciones de los resultados, es fundamental la creación de procesos. Estos dirigirán de manera básica los lineamientos para desarrollar el trabajo y conseguir los objetivos deseados, para cada día, en diferentes áreas.

Teniendo en cuenta la importancia de creación de Sistemas de Gestión, se tienen algunos componentes importantes para caracterizar procesos. Se desarrolla una planificación estratégica de manera táctica que busque conseguir los objetivos claves o de mayor importancia en un tiempo determinado dentro de la organización.

En una primera etapa, encontramos el inicio y el final de nuestro proceso, de manera general encontraremos actividades, representación de movimientos secuenciales en el proceso como entradas que es la actividad clave que dará inicio a nuestro proceso. Salidas que de manera corta significa la aprobación o conclusión del proceso. En ciertos casos esta salida puede convertirse en entrada para un nuevo proceso dentro del conjunto de gestión.

La segunda etapa involucra los recursos necesarios para satisfacer la necesidad del cliente, que es el que recibe el resultado de todo el proceso. Recursos son los elementos necesarios para realizar las actividades en cada proceso. Proveedores abastecen elementos para consumir el proceso. Todas estas actividades estarán bajo la responsabilidad de un líder.

Objetivo es el fin alcanzado por la correcta ejecución del proceso. Alcance hasta donde podemos llegar dentro de nuestro objetivo. Documentos es la sustentación relacionada al proceso. Y los parámetros de control involucran el control de las particularidades del producto a entregar. Requisitos permiten verificar las características necesarias para cumplir con las medidas que el producto debe cumplir según el sector productivo en el que se encuentre.

En la Figura 4 se muestra la relación de los elementos dentro de la caracterización de procesos como son mapas de procesos, caracterización, procedimientos, formatos instructivos, planes y guías [24].

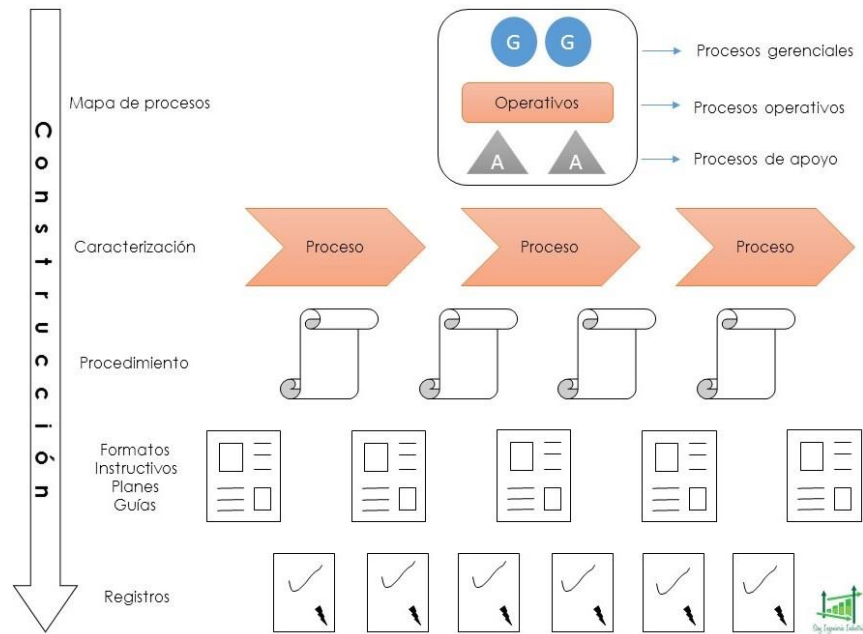


Figura 4. Caracterización de procesos [25]

### 2.5.3 Diagrama Sipoc

El Diagrama SIPOC, es un esquema gráfico de un determinado proceso de gestión. Proporciona una imagen de manera macro del flujo de proceso adjudicando a distintas actividades responsables. Define el alcance del proceso y puntos en los que se requiera mejorar.

Según Krishnaiyer et al [26], SIPOC es una metodología sistemática, que es útil para comprender el contexto más amplio de diseño y planificación de sistemas de planificación, con un cliente que reciba las salidas con las entradas requeridas y los proveedores de las entradas.

El SIPOC identifica a las partes implicadas en el proceso, visualizándolas de manera sencilla. De la traducción de cada una de las letras que componen su sigla tenemos los siguientes ítems: La primera letra *S* de supplier, proveedor contribuye recursos necesarios para el proceso. Recursos (*inputs*) que son los elementos necesarios para realizar el proceso como información, materiales e incluso personas. Proceso (*process*) que son las actividades que

ayudan a convertir las entradas en una salida deseada. Cliente (*customer*) que es el individuo que recibe el producto como resultado del proceso, el mismo que deberá satisfacer al cliente.

## **2.6 Metodología para la captación de datos**

Para la evaluación del desarrollo del nuevo modelo de mantenimiento para Edimca, se utilizará metodología descriptiva y cuantitativa.

De este punto de vista, estos métodos ayudarán a que mediante descripciones que se obtengan de las bitácoras de mantenimiento pasada, se pueda dar una calificación entre un rango establecido según convenga.

Para la aplicación de las diferentes ecuaciones y evaluación, se realizará un análisis histórico de los equipos tomando y analizando la información registrada en las bitácoras de mantenimiento, órdenes de producción, tiempo de trabajo, analizadas desde el año 2018 hasta la presente fecha.



Tabla 5. Índice de los grupos de la cortadora vertical

Tab.	Descripción
1	Bastidor
2	Plano deslizante eléctrico
3	Ruedas para transporte material y bloqueo
4	Dispositivo piezas cortas
5A	Topes Horizontales
5B	Tope horizontal visualizado
6	Paneles del plano
7	montante
8	Carro
9	Contrapeso Carro
10	Dispositivo de corte en tiras
11	Cabezal motor cuchilla
12	Cabezal, dispositivos y carenados
13	Cabezal, Rotación y seguridad
14	Tubo aspiración y botonera
15	Aspiración TRK/ECO
16	Accesorios bastidor
17A	Motorización inserción incisor
17B	Incisor

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

### 3.1.1 Grupo bastidor

El grupo bastidor lo conforma el soporte estructural de todo el sistema, así como las bases plásticas de apoyo de los tableros para su corte.

### 3.1.2 Plano deslizante eléctrico

Sistema encargado del desplazamiento de los paneles acorde al movimiento del cabezal de corte, evitando así el corte de estos por la sierra en modo de corte horizontal.

### 3.1.3 Ruedas de transporte material y bloqueo

Permiten el deslizamiento del tablero apoyado sobre las bases de apoyo.

### **3.1.4 Dispositivo piezas cortas**

Son piezas en forma de uñas de apoyo posicionadas más abajo de la mitad de los tableros del bastidor. Su función es evitar que el operador se agache y tenga que bajar la pieza para poder cortar, de esta manera se evitan accidentes, baja en la calidad del producto.

### **3.1.5 Topes Horizontales**

Sirven de referencia para la medida de corte en la regleta. Se marca la medida deseada en la que se requiera cortar el tablero y se apoya el tablero en su costado al tope.

### **3.1.6 Paneles del plano**

Consiste en un conjunto de partes y piezas que conforman los paneles, incluyendo los listones de plásticos en donde se reclina el tablero, el material de los listones hace que el tablero no sufra rayones al ser apoyado y de igual forma aporta para evitar el deslizamiento al momento del corte.

### **3.1.7 Montante**

Sistema que corre por los rieles del bastidor. Es portador del cabezal, el cual se transporta verticalmente sobre el brazo de deslizamiento, contiene sistemas de fijación para corte vertical.

### **3.1.8 Carro**

El carro o carro sierra, es el sistema que contiene las herramientas cortadoras y sus motores, se desplazada verticalmente sobre el montante y horizontalmente junto al mismo sobre el bastidor.

### **3.1.9 Contrapeso carro**

Su función es facilitar al operador el desplazamiento hacia arriba del montante y mantener suspendido al carro.



### 3.1.10 Cabezal motor cuchilla

Cabezal que en su interior aloja todo el sistema de transmisión y potencia para el corte de la sierra y el incisor.

### 3.1.11 Incisor

El grupo incisor es una sierra de menor diámetro que la sierra de corte principal, otorga un pre-corte en el tablero para evitar el despostillamiento del filo del tablero y disminuir la energía utilizada por el motor de la sierra principal.

## 3.2 Enchapadora Biesse 1320

En la Figura 6 se muestra la enchapadora Biesse 1320 de bordo para las piezas seccionadas de los tableros.



Figura 6. Enchapadora Biesse 1320.  
Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

La enchapadora Biesse 1320 está conformada por 6 grupos como se muestra en la Tabla 6, que realizan actividades secuenciales independientes para entregar piezas enchapadas con el bordo determinado.

Tabla 6. Índice de los grupos de la enchapadora de bordo

Tab.	Descripción
1	Encolador
2	Retestador
3	Refilador
4	Redondeador
5	Rascacola
6	Pulidor

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

### 3.2.1 Encolador

Es el grupo se muestra en la Figura 7 conformado por un depósito de goma que mediante una resistencia la derrite. La goma es bombeada hacia un rodillo giratorio que adhiere la goma hacia la parte donde se enchapará el tablero. El rodillo hala bordo, tira al canto de donde estaba enrollado y mediante la señal del sensor que dimensiona la longitud del tablero, pega el borde con la longitud necesaria para el enchape dejando 2cm de excedente a cada lado. Los cilindros de presión estrujan al borde contra el filo engomado para su adherencia final.



Figura 7. Grupo encolador. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

### 3.2.2 Retestador

Este grupo se muestra en la Figura 8, lo conforma, principalmente, un motor con sierra que corta el bordo excedente del tablero. Una leva en la parte trasera del grupo mide la longitud

del tablero mediante un conjunto de electroválvulas que accionan el movimiento calibrado en el recorrido de la sierra.



Figura 8. Grupo Retestador. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

### 3.2.3 Refilador

El proceso del grupo Refilador consta de dos herramientas de corte motorizadas, inferior y superior como se muestra en la Figura 9, que refilan el borde excedente del espesor del tablero. El tablero es presionado por el puente presor superior que previamente es calibrado para su espesor, pasa por dos discos copiadores, inferior y superior, los que están calibrados para la profundidad del corte de ambas herramientas.

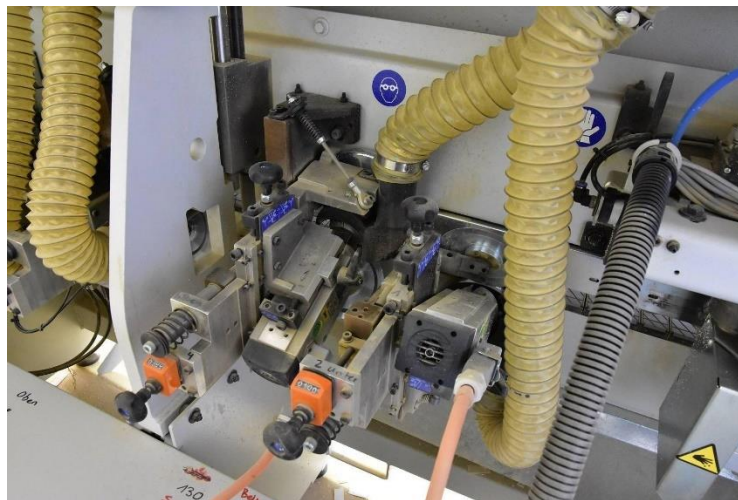


Figura 9. Grupo Refilador. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

### 3.2.4 Redondeador

En la Figura 10 se muestra al grupo redondeador, al igual que el Refilador. Este grupo consta de dos discos copiadores calibrados para la profundidad de la herramienta de corte redondeadora para canto duro. A diferencia del grupo Refilador, este grupo no acciona las herramientas de corte con motores, las herramientas de corte son estáticas. La calibración al igual que el Refilador es mecánica.

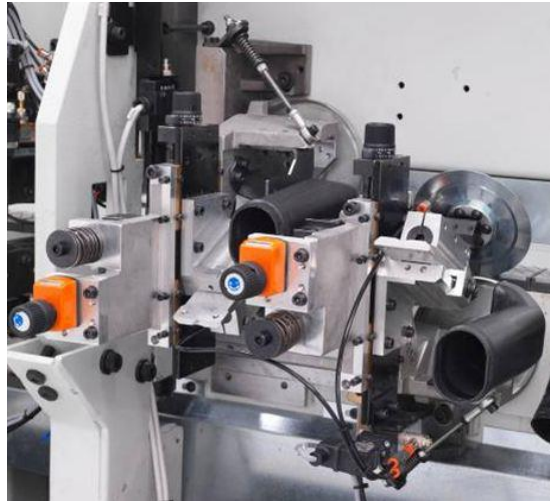


Figura 10. Grupo Redondeador. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

### 3.2.5 Rascacola

En la Figura 11 se muestra el grupo rascacola, diseñado para sacar la goma seca que se queda en el filo del tablero cuando esta excede su espesor, consta de dos herramientas biseladas estáticas en forma triangular que están calibradas de acuerdo con el espesor del tablero para no lastimarlo o rayarlo.



Figura 11. Grupo Rascacola. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

### 3.2.6 Pulidores

Los pulidores son el grupo que consta de dos motores con felpas circulares en sus ejes como se muestra en la Figura 12, dicha felpas son las encargadas quitar restos de goma seca en el tablero y de dar brillo para la entrega del producto terminado.



Figura 12. Grupo Pulidor. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

### 3.3 Descripción general del proceso

Los tableros son dispuestos en la cortadora vertical previamente con un plano de corte aprobado, el plano de corte es generado mediante software donde indica las medidas de las piezas, los sobrantes dentro del tablero y las cantidades posibles para refilar. Así mismo indica los bordes de las piezas que deben ser enchapados por la máquina enchapadora, color y metraje de bordo a consumir.

La cortadora vertical no exige ningún tipo de programación previa. La calibración de la herramienta de corte, la preparación y experiencia por parte del operario al momento de cortar es la parte que mayor incidencia tiene para garantizar que las medidas sean las correctas y lograr satisfacer las necesidades del cliente.

Una vez terminada la fase de corte, los tableros pasan al proceso de enchapado de borde o canteado, donde la pieza del tablero es presionada por el operario contra una guía que mediante una banda transportadora y el puente presor es desplazado por los 5 grupos del sistema, donde la pieza es refilada para obtener homogeneidad, encolada, encanteada o pegada el bordo, retestada del borde sobrante en los extremos, refilada del borde sobrante al espesor del tablero, redondeada al borde por todo el largo superior e inferior del canto. El siguiente grupo saca la goma seca excedente en los bordes y finaliza con un pulido mediante felpas, de esta manera se logra un enchapado en producción industrial.

La máquina enchapadora a diferencia de la cortadora depende, totalmente, del mantenimiento preventivo programado y la calibración adecuada para garantizar un producto final con estándares de calidad.

### **3.4 Características de operación y mantenimiento**

En la Tabla 7 se indica el promedio de producción en metros de corte de tablero, metros de bordo enchapado y las veces de mantenimiento preventivo y correctivo efectuado en cada máquina, todos los datos son tomados de índices de producción, bitácoras y órdenes de trabajo realizadas entre el mes de febrero 2018 hasta febrero 2019 de las sucursales de Edimca en la Región Sierra.

Tabla 7. Características de operación y veces de mantenimiento en sucursales

Sucursal	CORTADORA PUTCHE MENICONI SVP420			ENCHAPADORA BIESSE 1320		
	Metros de corte	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo	Metros de Enchapado	Mantenimiento preventivo	Mantenimiento correctivo
Matriz	1023990,05	12	4	870391,5425	12	5
Cotacollao	162297	11	1	137952,45	11	7
Comité del pueblo	159110	12	1	135243,5	12	3
Mariscal sucre	785357,27	12	3	667553,6795	12	3
San Bartolo	372206,3	12	1	316375,355	12	4
Tumbaco	255032	11	3	216777,2	11	1
San Rafael	193204,406	12	3	164223,7451	12	2
Calderón	145304,18	10	1	123508,553	10	2
Guamaní	392624	10	1	333730,4	10	4
Otavalo	97082	11	4	82519,7	11	5

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

### 3.5 Adquisición de datos históricos

Se analizan los datos históricos de los mantenimientos preventivos y correctivos en las carpetas donde se encuentra archivada dicha información, la misma que integra:

- a. Fecha en que se produjo el fallo.
- b. Descripción de la falla.
- c. Horas de paro.
- d. Tiempo de reparación.
- e. Tiempo transcurrido a partir del último fallo.

Las bitácoras registradas y órdenes de trabajo registradas no se acatan a ningún tipo de régimen de registro de mantenimiento y solo han sido registradas a manera de informativa, el hecho de que las hojas se archiven en una carpeta complica el manejo de la información en el momento que sea requerido. Se convertía en un archivo pasivo de acumulación de datos.

### 3.6 Indicadores de mantenimiento anual

A continuación, se presentan los valores obtenidos por datos de las bitácoras de mantenimiento y la experiencia de los técnicos de mantenimiento de paros de producción y fallos en maquinaria en el período comprendido entre febrero 2018 y febrero 2019.

### 3.6.1 Tiempo medio entre fallas MTBF y Tiempo medio entre reparaciones MTTR

En las Figuras 13 y 14 se muestran los valores de la tasa de fallas anuales tomadas de las bitácoras de la maquinaria, el Cálculo del tiempo medio entre fallas (MTBF) se realiza mediante la Ecuación 5, teniendo como datos los recolectados en las bitácoras y el tiempo de trabajado en el año igual a 1.920 horas en promedio, para el cálculo del valor del tiempo medio entre reparaciones (MTTR) se realiza mediante la Ecuación 6, el valor de las horas de reparación es tomado de las órdenes de mantenimiento correctivo, en las cuales el técnico que llevó a cabo el mantenimiento detalló.

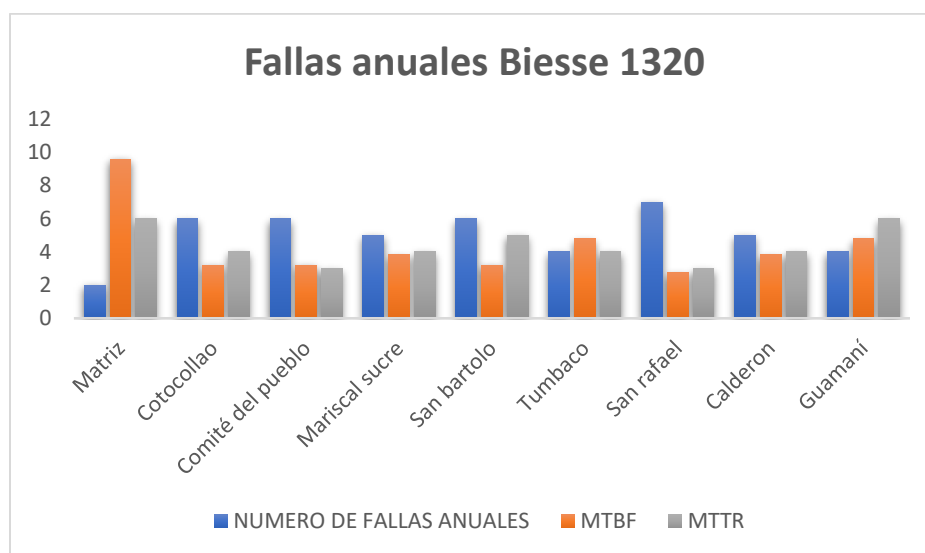


Figura 13. MTBF y MTTR en laminadora Biesse 1320. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuna

En la Figura 13 los valores del tiempo medio entre fallas son proporcionales al tiempo medio de reparación, es decir que en las sucursales donde se presentan fallas anuales por encima de 5 veces, los tiempos de reparación son inferiores a 4 horas, lo que deriva en que son fallos repetidos en la máquina.



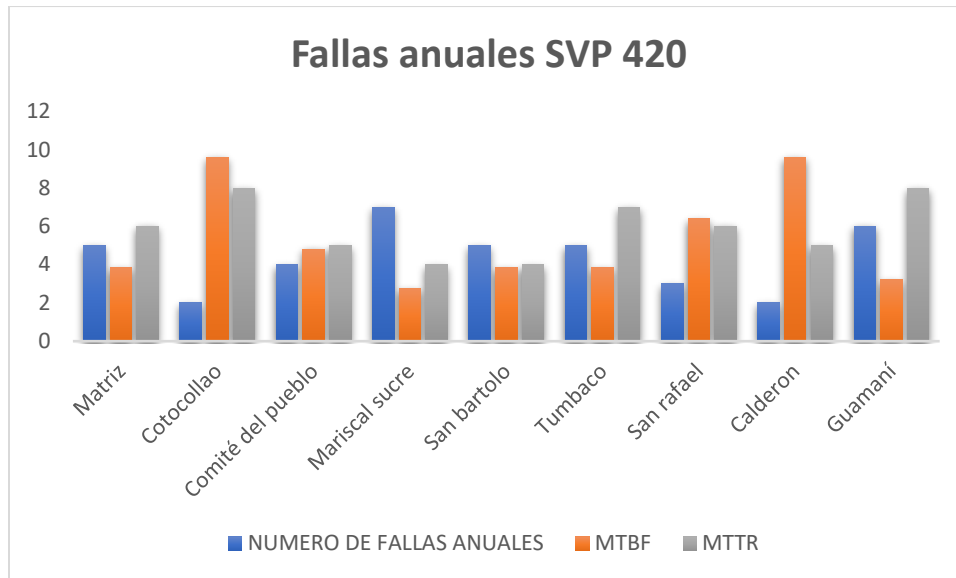


Figura 14. MTBF y MTTR en cortadora SVP420. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Figura 14, el 55% de los valores del MTTR son de 3 horas debido a que la cortadora vertical al ser una máquina, mayormente, mecánica, sus paros por correctivos. Se simplifican a arreglos puntuales. La Sucursal Mariscal Sucre presenta el mayor número de paros anuales, compensado con 3 horas de paro en cada paro, lo que en un balance general da 3 días de paro al año en correctivos.

### 3.6.2 Disponibilidad inherente

Los valores de disponibilidad inherente son resultados obtenidos mediante la Ecuación 7 con las variables de MTBF y MTTR, mostrados a continuación en las tablas 8 y 9 para la biesse 1320 y svp 420 respectivamente.

Tabla 8. Disponibilidad inherente en laminadora Biesse 1320

<b>SUCURSAL</b>	<b>DISPONIBILIDAD INHERENTE</b>
Matriz	99%
Cotocollao	98%
Comité del pueblo	98%
Mariscal sucre	99%
San bartolo	99%
Tumbaco	100%
San Rafael	98%
Calderón	99%
Guamaní	98%

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Tabla 8, la disponibilidad inherente no refleja en ninguna sucursal valores menores a 98%. En todos los casos la maquinaria nunca ha tenido una parada de producción total en un período extenso, siempre la máquina vuelve a estar operativa, los valores menos de 100% son técnicamente relativos por horas-paro acumuladas en una misma sucursal

Tabla 9. Disponibilidad inherente en cortadora SVP420

<b>SUCURSAL</b>	<b>DISPONIBILIDAD INHERENTE</b>
Matriz	98%
Cotocollao	99%
Comité del pueblo	99%
Mariscal sucre	99%
San bartolo	99%
Tumbaco	98%
San Rafael	99%
Calderón	99%
Guamaní	98%

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Tabla 9 los valores se pueden interpretar de igual manera que la disponibilidad inherente en las laminadoras, sin embargo, existen solo 3 sucursales con porcentaje de 98% lo cual es positivo y es producto que los mantenimientos correctivos son más manejables y con soluciones puntuales en la maquinaria cortadora.

### 3.6.3 Índice de falla y reparación

En la Figura 15 y 16 se muestra el índice de falla y de reparación calculados con las ecuaciones 8 y 9 respectivamente.

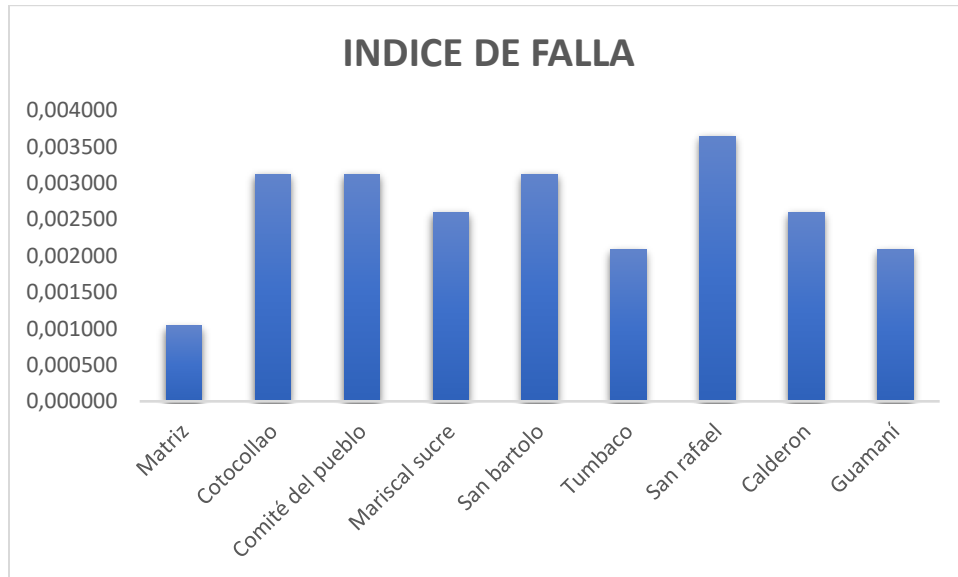


Figura 15. Índices de falla y reparación en laminadora Biesse 1320. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

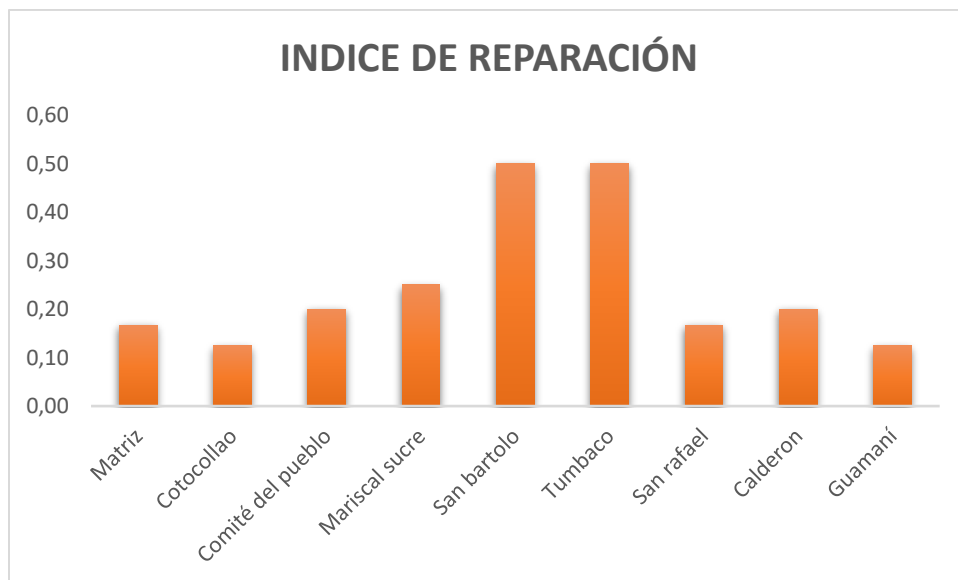


Figura 16. Índices de reparación en laminadora Biesse 1320. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Figura 15 se muestran que el índice de falla mayor está en la Sucursal de San Rafael, debido a que es una de las sucursales con mayor producción a nivel regional, 35% sobre la media, que al disponer de una máquina antigua y discontinuada la vuelven propensas a sufrir paros imprevistos. Sin embargo, la eficiencia de su índice de reparación del 0.17 reduce significativamente el impacto de los paros como se muestra en la Figura 16.

La Sucursal de San Bartolo presenta un conflicto entre falla y reparación, un índice de falla elevado no es compensado por la capacidad de respuesta en el mantenimiento con el 0.5 de índice de reparación, esto se debe a que la máquina Laminadora en esta sucursal presenta daños irreversibles en su grupo Retestador, los cuales son simplemente suprimidos por cortos períodos de tiempos por los técnicos.

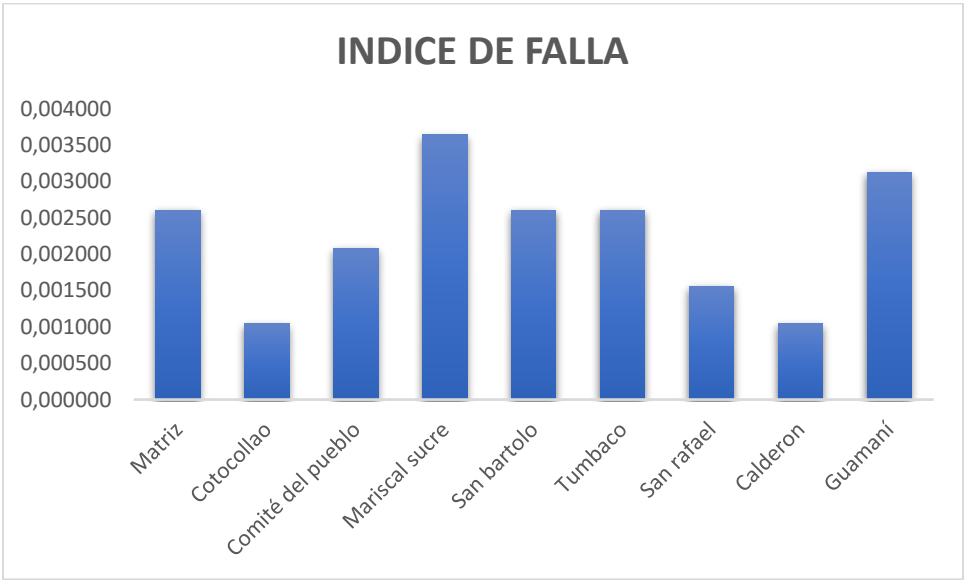


Figura 17. Índices de falla y reparación en cortadora SVP420. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Figura 17 el índice de falla es teóricamente nominal en 0.002 en el 80% de sucursales, la Sucursal Mariscal Sucre presenta el mayor índice con un 0.003646, aproximadamente el doble que el 60% de sucursales debido a que existe una falla del TAV del voltaje de entrada en la sucursal, lo que provoca paros por apagones. Por otra parte, el índice de reparación de mariscal sucre es el más bajo de todos como se muestra en la Figura 18, otorgando balance en el control de mantenimiento en dicha sucursal

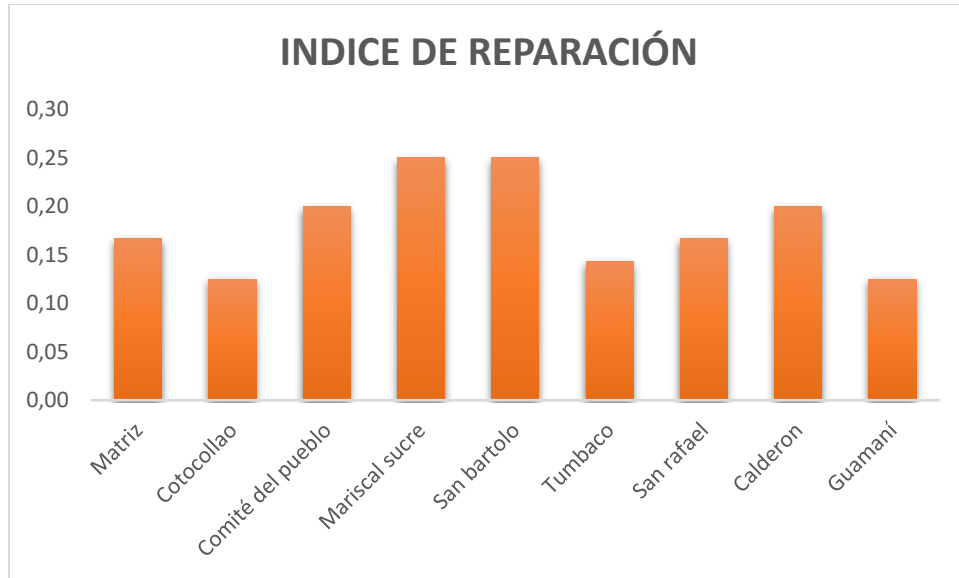


Figura 18. Índices de reparación en cortadora SVP420. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

Los índices de reparación están en promedio entre 0.15 a 0.20 como se muestra en la figura 18, los índices más altos se encuentran en las sucursales del sur debido a los problemas con la alimentación trifásica que mantienen estas sucursales debido a que se maneja maquinaria industrial en zonas urbanas no industriales.

### 3.6.4 Confiabilidad

La confiabilidad actual de la maquinaria esta especificada durante período de tiempo en meses y calculada mediante la Ecuación 10, considerando que los mantenimientos preventivos son mensuales en todas las máquinas, las proyecciones de Edimca mediante un RCM es aumentar la confiabilidad de la maquinaria a los 3 meses entre un 96 a 100%

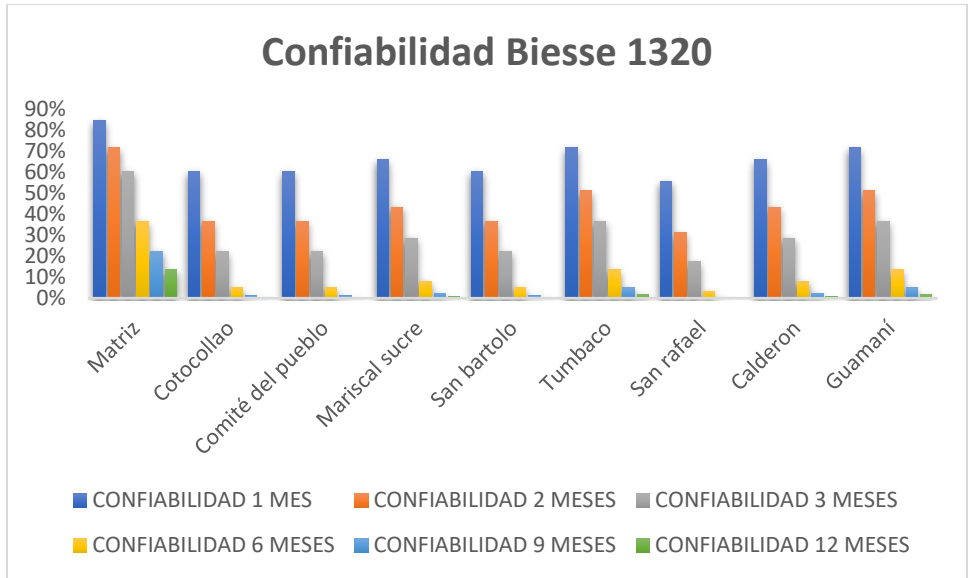


Figura 19. Confiabilidad en laminadora Biese 1320. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Figura 19, los porcentajes de confiabilidad tienen una tendencia marcada a partir del tercer mes, al disminuir a menos del 30% de confiabilidad el 50% de sucursales y a partir de ese período la confiabilidad es prácticamente nula, lo que supone que no es económica ni productivamente viable una gestión de mantenimiento solo trimestral o basado en la espera del fallo.

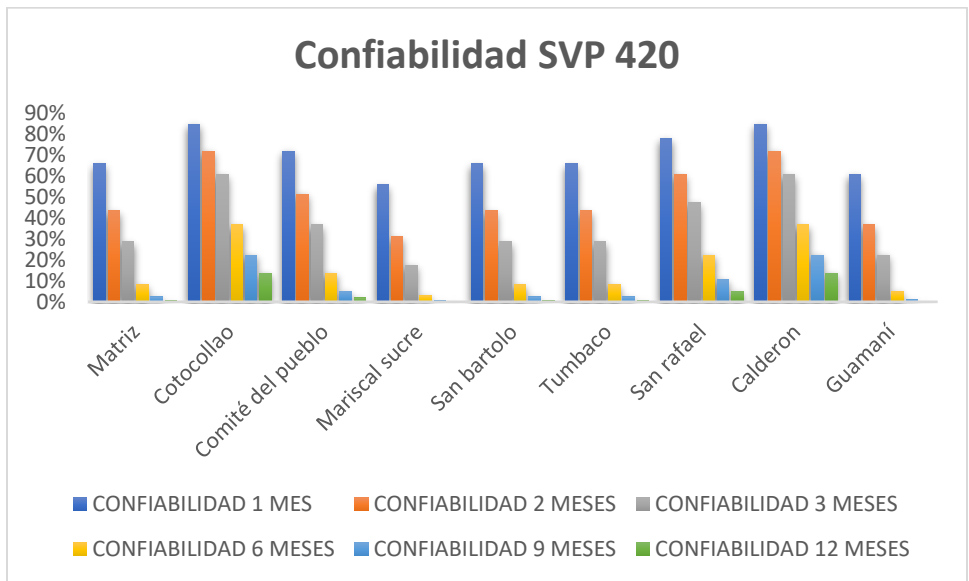


Figura 20. Confiabilidad en cortadora SVP420. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Figura 20, de igual manera la tendencia es la misma en todas las sucursales. Las sucursales con mayor confiabilidad a partir de los 3 meses son Calderón y Cotocollao. Esto debido a su producción por debajo de la nominal; sin embargo, no es preciso determinar un mantenimiento diferenciado para estas sucursales porque la nueva Gestión del Mantenimiento está cimentada en RCM y experticia; no por horas ni lotes de producción.

### 3.6.5 Mantenibilidad

La respuesta de los técnicos de mantenimiento se ve reflejada en las Figuras 21 y 22, con los valores de mantenibilidad calculados mediante la Ecuación 11, que se encuentran altos entre 3 y 6 horas, mantener una mantenibilidad dentro de 4 horas es la proyección de Edimca.

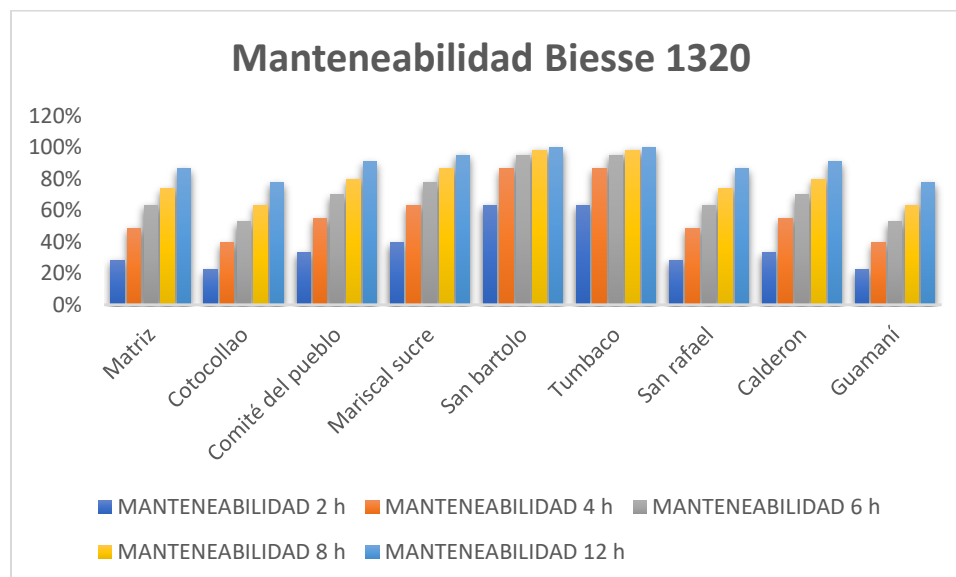


Figura 21. Mantenibilidad en la laminadora Biese 1320. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiama

En la Figura 21, la mantenibilidad en las laminadoras a 2 horas es en un 70-78% improbable en 6 de las 9 sucursales, en el caso de San Bartolo con 63% no es un valor alentador como supondría, la laminadora en esta sucursal está sometida a un mantenimiento correctivo de que solo soluciona los fallos por cortos períodos de tiempo y no son una solución definitiva, con la sistematización se tendrán valores entre 80 y 90% de mantenibilidad en 4 horas.

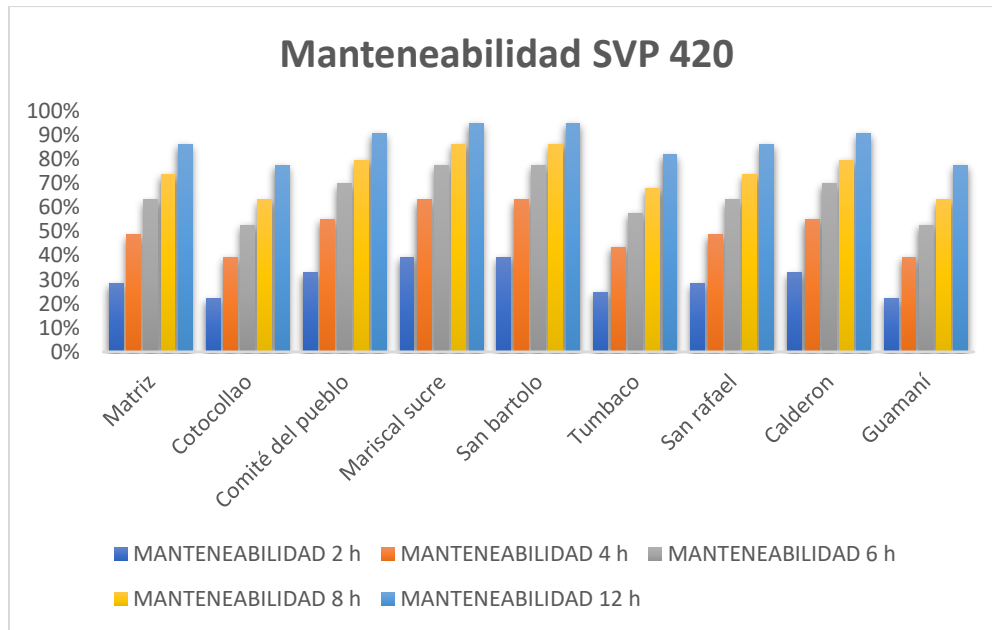


Figura 22. Manteneabilidad en cortadora vertical SVP420. Elaborado por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Figura 22, la manteneabilidad en las cortadoras luce un panorama más optimista para el mantenimiento, el conocimiento de fallos específicos y su solución al igual que el fácil acceso a repuestos crea garantía al asegurar que la mayoría de los fallos estudiados y analizados serán resueltos en menos de 6 horas.



## **CAPÍTULO IV**

### **SISTEMATIZACIÓN DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD**

Para la sistematización del proceso de la Gestión del Mantenimiento se instituye un formato tabular Proveedor-Entrada-Proceso-Salida-Cliente “SIPOC”, a manera de simplificar el proceso utilizando en gran parte la herramienta digital con el software ERP JD Edwards.

La sistematización del mantenimiento esta cimentada en una planificación programada, que se genere automáticamente mediante el ERP JD Edwards. Esta planificación es sustentada mediante la creación de un conjunto de tareas y recursos determinados para un mantenimiento específico en tiempo y orden de ejecución sobre una máquina en particular. A este conjunto se le llama skit denominado así de la unión de las palabras small kit, el cual, al ser ingresado junto con los parámetros de planificación de tiempo al ERP, generará automáticamente una orden de trabajo.

Al tener días específicos para el mantenimiento preventivo mensual en cada sucursal. Los skits de mantenimiento serán 12 para cada máquina, 1 por cada mes, distribuidos acorde a la estrategia RCM para eliminar y distribuir fallos.

#### **4.1 Sipoc**

El nuevo proceso tabular este cimentado en la metodología SIPOC, simplificando aspectos trascendentales para un eficaz proceso. Este SIPOC pretende evitar la creación de cuellos de botella comunes, ya sea por falta de stock de repuestos y/o aprobaciones innecesarias que frenen el proceso. El diagrama se encuentra en el Anexo B, del cual sus características principales son:

- a. Fácil comprensión del proceso.
- b. No afecta el proceso de compras ni adquisiciones.
- c. Agiliza la adquisición de repuestos para futuros mantenimientos.

- d. Involucra directamente a 7 personas por mantenimiento preventivo en cada sucursal.
- e. Fácil acceso a la información de cada máquina.
- f. Planificación sistematizada en cambio de repuestos en mantenimientos preventivos.

## **4.2 Deberes de los encargados en el proceso Sipoc**

Los deberes son tareas que deben asegurarse de cumplir y ser cumplidas los encargados e involucrados dentro del proceso SIPOC de mantenimiento.

### **4.2.1 Coordinador de mantenimiento**

Con la información acerca del período de vida de las partes y piezas, así como de la experiencia de los técnicos que previamente solicitaron repuestos para cambio, crear skits para programar el mantenimiento preventivo asignando recursos como mano de obra, repuestos y tiempos de ejecución, creando la cantidad necesaria de skits para cada máquina e ingresando al ERP para su generación automática de órdenes de trabajo. De igual manera debe asignarse, de ser necesario, proveedores externos para el mantenimiento predictivo o mantenimiento especial.

### **4.2.2 Jefe Regional**

Aprueba los mantenimientos por proveedores externos, para el ingreso y pago de estos.

### **4.2.3 Técnico de mantenimiento**

Recepta la orden de trabajo generada por el JD Edwards, ejecuta el mantenimiento, redacta un informe simple acerca del cumplimiento de los trabajos prescritos en la orden y detallando alguna observación, cerrando la orden de trabajo.

### **4.2.4 Bodeguero de punto de venta**

Entrega los repuestos prescritos en la Orden de Trabajo generada por el coordinador de mantenimiento y se asegura de tener en stock los repuestos planificados anualmente.

#### **4.2.5 Operario**

Entrega la máquina a su cargo en estado operativo y limpia, debe estar en todo momento acompañando al técnico durante todo el proceso de mantenimiento, capacitándose para dar solución en fallos leves en la máquina.

#### **4.2.6 Jefe de punto de venta**

Luego de terminar el mantenimiento aprueba la calidad del producto terminado, cerrando la orden de trabajo y añadiendo alguna observación, está encargado de consumir los repuestos usados en los mantenimientos.

#### **4.2.7 Bodeguero Nacional**

Recepta los pedidos de repuestos del bodeguero de sucursal y tiene la responsabilidad de cumplir con las entregas en los tiempos establecidos.

### **4.3 Skits de mantenimiento**

Los skits de mantenimiento preventivo es el grupo de recursos de repuestos, consumibles y de mano de obra necesarios para efectuar un correcto proceso de mantenimiento en la máquina. En ellos se simplifica los procedimientos y la cantidad absolutamente necesaria de recursos para un determinado mantenimiento, una máquina puede tener varios skits incluso en un mismo mes, teniendo como variable las horas, producción, fecha estimada, odómetros, o cual sea la unidad de medición que se crea correspondiente.

#### **4.3.1 Desarrollo de los Skits de mantenimiento**

Los skits para el plan de mantenimiento fueron desarrollados mediante a la unión de tareas de mantenimiento creadas en base a las recomendaciones de los fabricantes, en los datos recopilados en las bitácoras de la maquinaria y de un análisis de modo y efecto de falla, AMEF, en el período comprendido de febrero del 2018 a febrero del 2019, los cuales fueron discernidos, en mayor parte por la experiencia de los técnicos de mantenimiento. En el anexo C se muestra el AMEF de la laminadora Biesse 1320 y en el Anexo D de la cortadora vertical SVP 420.

### 4.3.2 Bitácoras de mantenimiento

En la Tabla 10 y 11 se muestra la información recopilada de las bitácoras de las máquinas, todas las actividades detalladas se basan en la recopilación de datos tomados en diferentes meses y sucursales, la descripción de los trabajos realizados y los altos índices de mantenibilidad garantizan la disponibilidad de la maquinaria.

Tabla 10. Bitácora de mantenimiento de la laminadora Biesse 1320

BITACORA DE MANTENIMIENTO DE LA MAQUINA ENCHAPADORA BIESSE 1320			
Sucursal	fecha	FALLOS	DESCRIPCION DEL TRABAJO
Matriz	10-feb-18	La sierra del retestador corta a destiempo el excedente de borde	Se Desajusto la leva guia del motor de corte
Cotocollao	1-mar-18	El borde no entra ha ser presionado por el tablero	se cambio el hala bordo de goma
Comité del pueblo	15-mar-18	No se activa el sistema de seguridad.	se cambio el sistema de cerrado de la capota
San bartolo	12-abr-18	No se eleva la temperatura de la goma	Resistencia quemada, cambio de resistencia
Tumbaco	22-abr-18	Guillotina dobla y no corta el bordo	Rectificada de guillotina
San rafael	8-may-18	La pantalla sube la temperatura pero no calienta	cambio de resistencia
Calderon	29-may-18	El puente prensor no baja ni sube	corona de transmision con abolladura en un diente
Guamaní	23-jun-18	El retestador no se acciona	se cambio racores del pistón
Tumbaco	28-jun-18	Esquinas en el borde de tablero no se adhieren	El rodillo prensor desgastado, se cambio rodillo prensor
Comité del pueblo	3-ago-18	El canto presenta lascado	Se cambio cuchillas en portaherramientas
Tumbaco	26-ago-18	No se acciona el motor superior del refilador	Se cambio el enchufe de electrificación
Matriz	7-sep-18	El eje del motor del pulidor superiro roto	Se cambio de motor
San bartolo	5-nov-18	Rodillo encolador no gira	se cambio reductor, el cual presentaba desgaste en los dientes de la corona de bronce
Guamaní	26-feb-19	Copiador vertical inferior roto	El copiador vertical del refilador roto por golpe con el tablero, se cambio por un copiador nuevo

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Tabla 10 se muestra 14 casos de fallos donde se requirió mantenimiento correctivo en las máquinas, se eligieron estos casos al ser diferentes causas las que produjeron los fallos. Por este motivo, se creó un AMEF diferente para cada caso, las tareas de mantenimiento son creadas para evitar, eliminar o disminuir los casos presentados.

Tabla 11. Bitácora de mantenimiento de la cortadora SVP420.

BITACORA DE MANTENIMIENTO EN LA MAQUINARIA CORTADORA VERTICAL SVP420			
Sucrusal	fecha	FALLOS	DESCRIPCION DEL TRABAJO
Mariscal Sucre	1-feb-18	el corte en el tablero tiene un desfase de 3mm de la medida asignada en el tope de la regleta	Se torqueo el perno de ajuste del pin de la ancla inferior, se calibro el brazo regularador y las rotulas de la ancla superior
San Bartolo	1-feb-18	el precorte con el incisor presenta desbalanceo	se cambio rodamientos en el del incisor
Tumbaco	14-mar-18	los motores del cabezal no se prenden	se cambio el cable de alimentacion del tablero principal, al tablero de accionamiento del brazo de corte
Cotocollao	23-abr-18	el motor de la sierra se calienta hasta 75 grrados en vacio	se cambio de zapatas y calibro el freno electromagnetico
Matriz	8-may-18	el contrapeso de el cabezal se acelera provocando golpe en el cabezal contra el tope superior	problema de fabrica, se puso peso en el cabezal para que la velocidad del tralado vertical disminuya
Comité del Pueblo	27-may-18	el tablero presenta un desfase en las medidas en corte horizontal	se calibro el enclavamiento horizaontal del cabezal
Calderon	28-jun-18	corte de sierra sin fuerza	se cambio la banda de transmision motor-sierra
Mariscal Sucre	6-ago-18	el incisor no se acciona	se cambio la banda del incisor
San Bartolo	29-ago-18	la maquina se apaga cuando se corta 2 o mas tableros	Se cambio el motor porque presentaba elevado amperage
Matriz	18-oct-18	el motor de el panel de corte horizontal no se acciona	el sensor del cabezal no se acciona con el movimeinto vertical
Comité del Pueblo	5-nov-18	sensor para corte vertical no se acciona con ancla	se limpio el micro y se calibro

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

La Tabla 11 muestra 11 casos de falla en la cortadora SVP 420, 70% de los casos pararon la máquina totalmente y el 30 restante afectó a algún tipo de funcionalidad de esta. Esto se puede ver con más detalle en el Anexo D.

### 4.3.3 Tareas de mantenimiento

Las tareas de manteamiento tienen como objetivo evitar los fallos, eliminar o disminuir las causas de estos apoyándonos en los resultados del AMEF, se debe tener en cuenta que las actividades intercaladas entre 1, 2 o 3 semanas corresponden a mantenimientos rutinarios, los cuales deben ser efectuados por los operarios encargados de la maquinaria.

#### 4.3.3.1 Tareas de mantenimiento de la Biesse 1320

Tabla 12. Plan de mantenimiento semanal de la biesse 1320

SEMANTAL		
Grupo	Tareas	Recursos
GRUPO RETESTADOR	Limpieza de leva de traslado	WD-40

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

La tarea semanal mostrada en la Tabla 12 es rutinaria, al mantener una limpieza continua de la leva, el seguidor se transportará fácilmente sin atascamientos por polvo de madera o residuos de bordo, solucionando así el problema 1.A.1 mostrado en el Anexo C.

Tabla 13. Plan de mantenimiento Quincenal de la biesse 1320

QUINCENAL		
Grupo	Tareas	Recursos
GRUPO ENCOLADOR	Limpieza del cilindro alimentadora de canto	Tiñer, estilete
	Limpieza del cilindro de presión de canto	Tiñer
GRUPO REFILADOR	Limpieza de copiadores	WD-40, WUAIPE
GRUPO REDONDEADOR	Limpieza de copiadores	WD-40, WUAIPE
GRUPO RASCOLA	Limpieza del tren de rodamientos	WD-40

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

La primera tarea de la Tabla 13 de la limpieza del cilindro alimentador de canto evita el daño del borde y/o su deslizamiento sin terminar de alimentar total o parcialmente de canto al borde del tablero solucionando el fallo 2.A.1 y 2.A.2 mostrado en el Anexo C.

La limpieza del cilindro de presión, tarea dos de la Tabla 13, asegura que no se encuentre limallas o minúsculos pedazos de borde sobre el cilindro al momento de presionar, lo que ocasiona daño y desgaste en este, aumenta la vida útil del cilindro evitando o disminuyendo el fallo 9.A.1 mostrado en el Anexo C.

Las tareas de limpieza de copiadores del refilador y redondeador, así como la limpieza del tren de rodamientos del rascacola de la Tabla 13, pertenecen al plan de mantenimiento del

fabricante para evitar rasgado o corte producido por estos grupos y expuesto en el fallo 14.A.1 mostrado en el Anexo C.

Tabla 14. Plan de mantenimiento mensual de la biesse 1320

<b>MENSUAL</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Tareas</b>	<b>Recursos</b>
GRUPO ENCOLADOR	Limpieza del depósito are goma	Tiñer, espátula, guaipe
GRUPO RETESTADOR	Limpieza del pistón de calibración	WD-40
GRUPO REFILADOR	Limpieza de resortes de calibración Limpieza de cuchillas	WD-40,grasa, Tiñer
GRUPO REDONDEADOR	Limpieza de cuchillas	Tiñer
GENERAL	Limpieza del puente presor Ajuste de bornes	WD-40 Herramientas dieléctricas

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

En la primera tarea de la Tabla 14 el depósito de goma es limpiado mensualmente debido a la acumulación de basura en este, pedazos de bordo y polvo de madera son los elementos más comunes, esto provoca que la goma pierda adherencia o peor aún el alimentador de goma hacia el rodillo encolador se tape, en el peor de los casos las obstrucciones pueden presionar al eje del rodillo encolador al punto causarle descentramiento, lo que provoca ruptura en la corona del reductor de velocidad del eje, este hecho corresponde al fallo 12.A.1 mostrado en el anexo C.

Las tareas de limpieza del pistón y resortes de calibración de la Tabla 14, se realizan para evitar que el pistón no se fije completamente luego de ser calibrado, por la acción de pequeños residuos de madera o bordo.

La limpieza de cuchillas en el grupo refilador y retestador se realiza como sugerencia del fabricante para evitar que, al momento de realizar el corte, este sea obstruido por elementos extraños y la pastilla de corte se rompa, esto con respecto a las tareas de limpieza de cuchillas de la Tabla 14.

Para evitar el fallo 7.A.1 mostrado en el Anexo C la tarea de limpieza de las coronas de transmisión de la Tabla 15 debe ser íntegra, entre los dientes se acumula gran cantidad de basura de borde con goma, esto provoca que los dientes se atasquen y se rompan.

Tabla 15. Plan de mantenimiento trimestral de la biesse 1320

<b>TRIMESTRAL</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Tareas</b>	<b>Recursos</b>
<b>GRUPO</b>	Cambio y calibración de felpas pulidoras	Herramientas
<b>PULIDOR</b>	Comprobar conexión eléctrica de pines	herramientas dieléctricas
<b>GENERAL</b>	Limpieza de banda transportadora	WD-40
	Engrase de banda transportadora	Grasa específica, grasero

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

La tarea cambio y calibración de felpas pulidoras de la Tabla 15, se debe asegurar la fijación de los motores porta felpas con un ajuste adecuado, la vibración puede provocar que el eje del motor golpee con el tablero y se rompa. Esta tarea es realizada para eliminar el fallo 11.A.1 mostrado en el Anexo C.

En la tarea de comprobar la conexión eléctrica de los pines de la Tabla 15 se debe poner mucha atención a la comprobación de la continuidad en los elementos eléctricos, especialmente, en los dispositivos del sistema en serie de corriente continua, en los variadores de frecuencia deben comprobarse que la pantalla no refleje ningún error y de existir, ser eliminados. El objetivo de estas tareas es eliminar el fallo 3.A.1, 3.B.1, 4.A.1, 6.A.1, 10.A.1 mostrado en el Anexo C.

Las tareas limpieza de la banda transportadora y engrase de la Tabla 16 son sugeridas por el fabricante para un correcto funcionamiento de la máquina.



Tabla 16. Plan de mantenimiento anual de la biesse 1320.

<b>ANUAL</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Tareas</b>	<b>Recursos</b>
GRUPO RETESTADOR	Cambio de sierra	Herramientas
	Limpieza de todo el grupo	Tiñer, WD-40
	Comprobar la conexión neumática	-
GRUPO REFILADOR	Cambio de cuchillas	-
GRUPO REDONDEADOR	Cambio de cuchillas	-
GRUPO RASCOLA	cambio de cuchillas	-

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

En el Plan de Mantenimiento Anual de la Tabla 16, la tarea de comprobar la conexión neumática corresponde a la revisión neumática especialmente a los racores y reguladores de caudal, se debe comprobar su estado, si se presentan alguna fuga deben ser cambiados inmediatamente. Las demás tareas son sugeridas por el fabricante; el cambio de cuchillas debe ser analizado por el Departamento de Mantenimiento. Es recomendable cambiar las cuchillas cuando el fallo sea evidente.

#### **4.3.3.2 Tareas de mantenimiento de la cortadora SVP420**

Las tareas mencionadas a continuación están formadas de manera mensual, bimensual, trimestral, semestral y anual. Estas tareas solucionan los problemas detallados en códigos de fallos mostrados en el Anexo D correspondiente al AMEF de la cortadora SVP 420.

Tabla 17. Plan de mantenimiento mensual de la cortadora SVP420

<b>MENSUAL</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Tarea</b>	<b>Recursos</b>
GRUPO MESA DE CORTE	Limpieza de micro, leva y motorreductor de plano deslizante	WD-40
	Ajuste de zapatas de freno a 8 segundos de tiempo de frenado	Herramienta dieléctrica
GRUPO BRAZO	Limpieza de micro de anclaje	wd-40
	Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40, Grasa, grasero

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

La tarea limpieza de micro, leva y motorreductor de plano deslizante en la Tabla 17, detalla trabajos de limpieza en el motorreductor accionador de la mesa deslizante. Este simple trabajo elimina por completo los problemas provocados por el polvo de madera detallados en el fallo 10.A.1 mostrado en el Anexo D.

La tarea de ajuste de zapatas de freno a 8 segundos de tiempo de frenado en la Tabla 17 garantiza que en este tiempo la zapata no está lo suficientemente cerca para provocar una sobrecarga ni un sobrecalentamiento en el motor, ni tampoco muy desfasada para provocar un accidente por demora en el frenado de la sierra, corrigiendo el fallo 4.A.1 mostrado en el Anexo D.

Tabla 18. Plan de mantenimiento trimestral de la cortadora SVP420

<b>TRIMESTRAL</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Tarea</b>	<b>Recursos</b>
GRUPO CABEZAL	Cambio de poleas dentadas incisor	-
	Cambio de poleas dentadas	-
GRUPO MESA DE CORTE	Refilado de las bases de plástico	Sierra de crudo
GRUPO CABEZAL	Cambio de rodamientos del incisor	WD-40

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Las tareas presentadas en la Tabla 18, están especificadas por el fabricante para un correcto mantenimiento de la máquina.

Tabla 19. Plan de mantenimiento bimensual de la cortadora SVP420.

<b>SEMESTRAL</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Tarea</b>	<b>Recursos</b>
GRUPO CABEZAL	Cambio de rodamientos del eje de la superior del incisor	Rodamientos 1628 rs
	Cambio de banda Motor-sierra	Banda 25 mm OPT
GRUPO MESA DE CORTE	Cambio de bases de plástico	Bases de duralón

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Los fallos 7.A.1 y 9.A.1 mostrado en el Anexo D, son provocados por falta de limpieza en los contactos de carbón, con los trabajos hechos en la cuarta tarea de la Tabla 19 se corregirá al 100% este factor de causa.

De igual manera la comprobación de la conexión eléctrica de manera bimensual asegurará el paso de la corriente de los cables de alimentación al grupo cabezal, de existir alguna anomalía se programará un cambio de cables, evitando que se provoque el fallo 3.A.1 mostrado en el Anexo D.

La banda de 9 mm del incisor se rompe o se desgasta en sus dientes por el trabajo, el cambio cada dos meses como se detalla en la tarea uno de la Tabla 19, evita paros en la producción por rompimiento de la banda debido al trabajo que conlleva el desarme de todo el conjunto del incisor para poner una nueva banda, corrigiendo así el fallo.

Tabla 20. Plan de mantenimiento semestral de la cortadora SVP420.

<b>BIMENSUAL</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Tarea</b>	<b>Recursos</b>
GRUPO CABEZAL	Cambio de banda del incisor	banda OPT 9mm
	Cambio de banda Motor - Incisor	Banda 18mm OPT
GRUPO MESA DE CORTE	Ajuste de las anclas del brazo	-
GENERAL	Comprobar conexión eléctrica	Limpia contactos, herramientas dieléctricas

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

La tarea cambio de rodamientos del eje de la superior del incisor de la Tabla 20, colabora para restar los factores de causa del fallo 2.A.1 mostrado en el Anexo D al evitar el desbalance en la transmisión de velocidad y torque entre poleas para el accionamiento del incisor.

La tarea cambio de banda motor – sierra de la tabla 20, asiste en la disminución de los factores de causa de fallo 7.A.1 mostrado en el Anexo D, al cambiar la banda se asegura una transmisión de torque lineal y sin pérdidas de eficiencia mayores a las nominales de 95%.

La tarea de cambio de bases de plástico de la Tabla 20, es realizada para evitar un corte desfasado debido al desgaste no uniforme en las bases, lo que provoca un corte horizontal inclinado en el tablero.

Tabla 21. Plan de mantenimiento anual de la cortadora SVP420.

<b>ANUAL</b>		
<b>Grupo</b>	<b>Tarea</b>	<b>Recursos</b>
GRUPO CABEZAL	Cambio de rodamientos del motor de sierra	Rodamientos 6205-2Z
	Ajuste de las anclas del brazo	-
GRUPO MESA DE CORTE	cambio de listones	Listones
	Cambio de rodillo transportador	Rodillos de duralón
GENERAL	comprobar inclinación de mesa 100°	Nivel digital

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

El ajuste de las anclas de brazo programada anualmente como se muestra en la Tabla 21, asegura que los problemas generados en los fallos 1.A.1 y 11.A.1 mostrados en el Anexo D, no provoquen los daños en el material ni paros de producción respectivamente, debido a que, al ser ajustados con pernos, la vibración del uso hace que se desajusten en este lapso. Las demás tareas son especificadas por el fabricante para un correcto mantenimiento.

#### 4.3.4 Skits SVP 420

Teniendo la información antes mencionada se crean 12 skits de mantenimiento a efectuarse de forma mensual en el año presentado en las tablas 22 a la 33, detallando las actividades a realizar con los recursos necesarios para cada una; de igual manera se asigna la cantidad de técnicos para cada skit y el mes en que se ejecutará el skit.

Tabla 22. Skit de mantenimiento 1 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 1</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Enero
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Cambio de bases de plástico	Bases de plástico
Cambio de base de piezas pequeñas	bases de plástico de piezas cortas
cambio de listones	listones
Cambio de rodillo transportador	Rodillos de plástico
Limpieza de micro de plano deslizante	WD-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40
Cambio de banda del incisor	Banda 9mm - OPT

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Tabla 23. Skit de mantenimiento 2 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 2</b>	
<b>Mano de obra Planificación</b>	1 técnico Febrero
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Cambio de rodamientos del incisor	2 rodamientos 1628 RS
Cambio de incisor	Sierra incisor
Cambio de banda Motor - Incisor	Banda 18 mm opt
Ajuste de las anclas del brazo	-
Limpieza de micro de plano deslizante	WD-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40
Comprobar conexión eléctrica	Multímetro

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Tabla 24. Skit de mantenimiento 3 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 3</b>	
<b>Mano de obra Planificación</b>	1 técnico Marzo
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Cambio de poleas dentadas incisor	2 poleas dentadas
Refilado de las bases de plástico	Sierra de crudo
refilado de las bases de piezas pequeñas	Sierra de crudo
Limpieza de micro de plano deslizante	WD-40
Ajuste de bornes	herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Tabla 25. Skit de mantenimiento 4 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 4</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Abril
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Cambio de rodamientos del eje de la polea del incisor	2 rodamientos 1628 RS
Cambio de incisor	Sierra incisor
Ajuste de las anclas del brazo	
Limpieza de micro de plano deslizante	wd-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40
Comprobar conexión eléctrica	Multímetro
Cambio de banda del incisor	Banda 9mm - OPT

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Tabla 26. Skit de mantenimiento 5 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 5</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Mayo
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Limpieza de micro de plano deslizante	wd-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	wd-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	wd-40
Cambio de rodamientos del incisor	2 rodamientos 1628 RS
Cambio de banda Motor - Incisor	Banda 18 mm opt

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Tabla 27. Skit de mantenimiento 6 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 6</b>	
<b>Mano de obra Planificación</b>	1 técnico Junio
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Cambio de incisor	Sierra incisor
Cambio de banda Motor - sierra	Banda 25 mm - OPT
Refilado de las bases de plástico	Sierra de crudo
refilado de las bases de piezas pequeñas	Sierra de crudo
Ajuste de las anclas del brazo	
Limpieza de micro de plano deslizante	wd-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40
Comprobar conexión eléctrica	Multímetro

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

Tabla 28. Skit de mantenimiento 7 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 7</b>	
<b>Mano de obra Planificación</b>	1 técnico Julio
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Limpieza de micro de plano deslizante	WD-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40
comprobar inclinación de mesa 100°	Nivel digital
Cambio de banda del incisor	Banda 9mm - OPT
Cambio de poleas dentadas INCISOR SUPERIOR	2 poleas dentadas

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma



Tabla 29. Skit de mantenimiento 8 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 8</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Agosto
	<b>Tareas</b>
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Cambio de rodamientos del incisor	2 rodamientos 1628 RS
Cambio de rodamientos del eje de la polea del incisor	2 rodamientos 1628 RS
Cambio de incisor	Sierra incisor
Cambio de banda Motor - Incisor	Banda 18 mm opt

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Tabla 30. Skit de mantenimiento 9 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 9</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Septiembre
	<b>tareas</b>
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Refilado de las bases de plástico	sierra de crudo
refilado de las bases de piezas pequeñas	sierra de crudo
Ajuste de las anclas del brazo	
Limpieza de micro de plano deslizante	wd-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40
Comprobar conexión eléctrica	Multímetro

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Tabla 31. Skit de mantenimiento 10 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 10</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Octubre
	<b>Tareas</b>
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Limpieza de micro de plano deslizante	wd-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40
Cambio de banda del incisor	Banda 9mm - OPT

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Tabla 32. Skit de mantenimiento 11 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 11</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Noviembre
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Cambio de incisor	Sierra incisor
Ajuste de las anclas del brazo	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de plano deslizante	wd-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40
Comprobar conexión eléctrica	Multímetro

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Tabla 33. Skit de mantenimiento 1 de la cortadora Svp 420.

<b>Skit 12</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Diciembre
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Recursos</b>
Cambio de rodamientos del eje de sierra	2 6205-2z
Cambio de banda Motor-sierra	Banda 25 mm - OPT
Limpieza de micro de plano deslizante	wd-40
Ajuste de bornes	Herramienta dieléctrica
Limpieza de micro de anclaje	WD-40
Limpieza de guía de izaje de cabezal	WD-40
comprobar inclinación de mesa 100°	nivel digital
Cambio de poleas dentadas INCISOR SUPERIOR	2 poleas dentadas

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

#### 4.3.5 Skits Biese 1320

La Biese 1320 debido a ser una máquina con alta disponibilidad y mantenibilidad se maneja con un mantenimiento al fallo, los skits de mantenimiento representados en las tablas 34 a la 36 se resumen en limpieza de los grupos, la planificación está centrada en la prevención en base a la limpieza minuciosa, de esta manera se espera reducir los paros de producción por desajuste en la calibración.

Tabla 34. Skit de mantenimiento 1 de la enchapadora Biese 1320

<b>Skit 1</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Enero, febrero, abril, mayo, agosto, octubre, noviembre
<b>Tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>recursos</b>
Comprobar conexión eléctrica	Herramientas
Ajuste de bornes	Herramientas
Limpieza de pistón de calibración del retestador	Herramientas
Limpieza de resortes de calibración del refilador	Herramientas
Limpieza del depósito de goma	Herramientas
Limpieza de cuchillas	Tiñer

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

Tabla 35. Skit de mantenimiento 2 de la enchapadora Biese 1320

<b>Skit 2</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Marzo, junio, septiembre, diciembre
<b>tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>recursos</b>
Limpieza de pistón de calibración del retestador	WD-40
Limpieza de resortes de calibración del refilador	WD-40
Cambio de felpas pulidoras	Herramientas
Limpieza de banda transportadora	WD-40
Engrase de banda transportadora	Grasa Microluv 3
Ajuste de bornes	herramienta

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

Tabla 36. Skit de mantenimiento 3 de la enchapadora Biesse 1320

<b>Skit 3</b>	
<b>Mano de obra</b>	1 técnico
<b>Planificación</b>	Julio, diciembre-enero
<b>tareas</b>	
<b>Descripción</b>	<b>recursos</b>
Limpieza del depósito de goma	WD-40
Limpieza de pistón de calibración	WD-40
Limpieza de todo el grupo	WD-40
Comprobar la conexión neumática	Herramientas
Cambio de cuchillas	Pastillas de herramienta

Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

#### **4.4 Planificación del mantenimiento preventivo programado**

Tanto en el caso de la cortadora como la laminadora, al tener limitados o no fiables recursos de medición de producción, se utiliza los tiempos de falla como indicador de cambio de repuestos u otro tipo de mantenimiento y se planifica todos estos trabajos en el lapso de un mantenimiento mensual, es decir doce mantenimientos preventivos en el año. Por este motivo cada máquina denominada como un activo en el ERP, abarca 12 skits de mantenimiento programados de acuerdo con la planificación anual. El Plan de Mantenimiento de la Biesse 1320 y SVP 420 de todo el año se muestra en los Anexos E y F, respectivamente.

##### **4.4.1 Ingreso de Skits de mantenimiento en el JD Edwards**

La creación de un nuevo skit de mantenimiento es independiente del activo al cual va a ser asociado, es decir, se puede ingresar el mismo skit a diferentes máquinas, sin embargo, se debe tener precaución en la organización de recursos por parte del coordinador.

Para crear un nuevo skit se debe ingresar al módulo de mantenimiento del JD Edwards como se muestra en la Figura 23. Luego en el menú planificación de mantenimiento ingresar a la opción crear ruta.

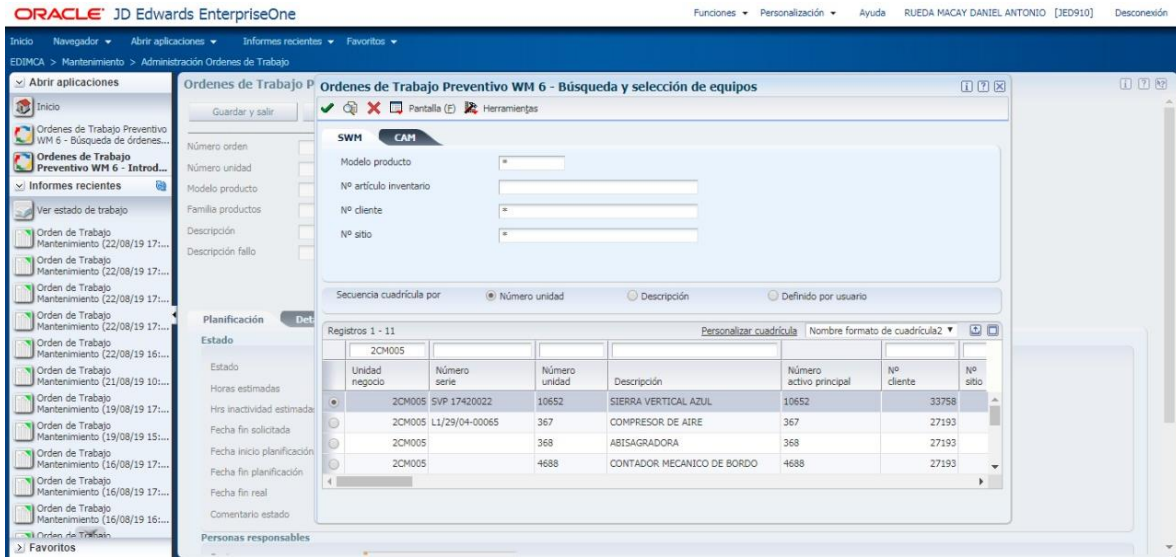


Figura 23. Creación del Skit de mantenimiento. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la opción crear ruta aparece varios campos que se puede llenar dependiendo los requerimientos, lo más importante es nombrar al nuevo skit en el campo 2, en nuestro caso se llamará “Skt-(mes de planeación o número)-SVP” y “S-(mes de planeación o número)-B1320” para la cortadora y laminadora 1320 respectivamente. En la Figura 23, se muestra la opción para asignar recursos, donde se establece los recursos mediante un código contable y la respectiva cantidad

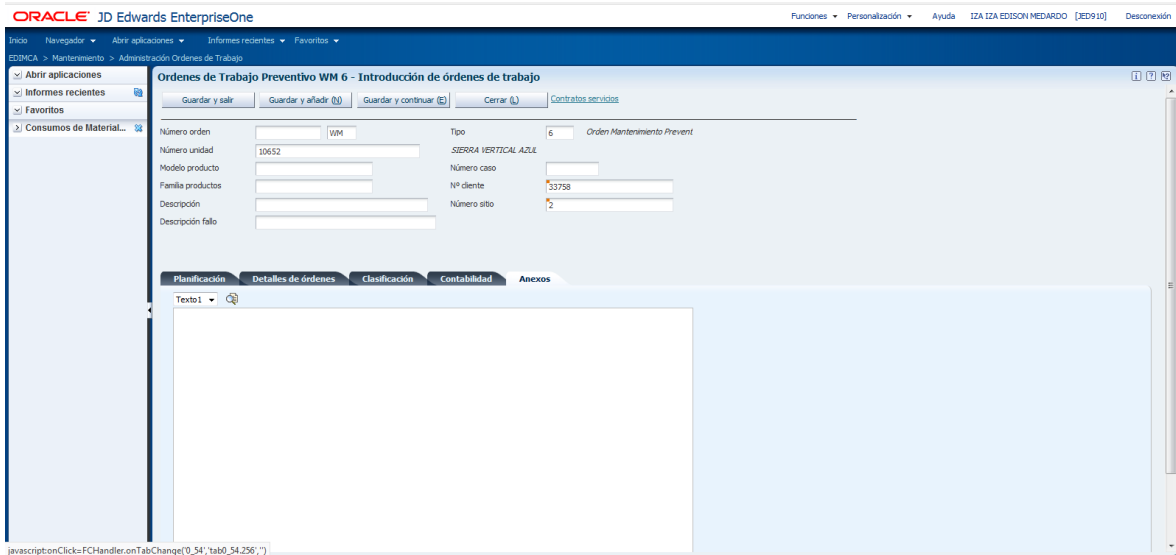


Figura 24. Anexos Orden de mantenimiento. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Figura 24, se muestra la pestaña de anexos de la orden de trabajo, donde se identificará el modo de realizar el mantenimiento, así como EPP, normas de seguridad y proceso de cambio de repuestos.

ORACLE JD Edwards EnterpriseOne

Funciones Personalización Ayuda RUEDA MACAY DANIEL ANTONIO [JED910] Desconexión

Inicio Navegador Abrir aplicaciones Informes recientes Favoritos

EDIMCA > Mantenimiento > Administración Ordenes de Trabajo

Abriendo aplicaciones

Inicio

Ordenes de Trabajo Preventivo WM 6 - Búsqueda de órdenes...

Ordenes de Trabajo Preventivo WM 6 - Introd...

Informes recientes

Ver estado de trabajo

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 16:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (19/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (19/08/19 15:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (16/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (16/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (16/08/19 16:...

Favoritos

Ordenes de Trabajo Preventivo WM 6 - Introducción de órdenes de trabajo

Guardar y salir Guardar y añadir (N) Guardar y continuar (E) Cerrar (L) Contratos servicios

Número orden WM Tipo 6 Orden Mantenimiento Preven.

Número unidad 7430 SIERRA VERT PUTSCH MENCION 420

Modelo producto Número caso

Familia productos Nº cliente 27200

Descripción MITO. PREVENTIVO MATRIZ Número sitio 2

Descripción fallo MITO. PREVENTIVO MATRIZ

Planificación Detalles de órdenes Clasificación Contabilidad Anexos

Estado

Estado MA OT en Ejecución

Horas estimadas 4.00 Horas reales 4.00

His inactividad estimadas 1.00 Horas reales inactividad

Fecha fin solicitada 22/08/19 Tiempo respuesta garantizado

Fecha inicio planificación 23/07/19 % finalización

Fecha fin planificación 23/07/19 Nº orden trabajo principal

Fecha fin real 23/08/19 Prioridad

Comentario estado MAQUINA EN MTO PREVENTIVO

Personas responsables

Figura 25. Planificación del mantenimiento. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

En la Figura 25, se muestra los recursos que dispone el JD Edwards para la planificación, en donde se asignará frecuencia en días, horas, millas, entre otros. Esto se realiza para que la generación de O/T automáticas.

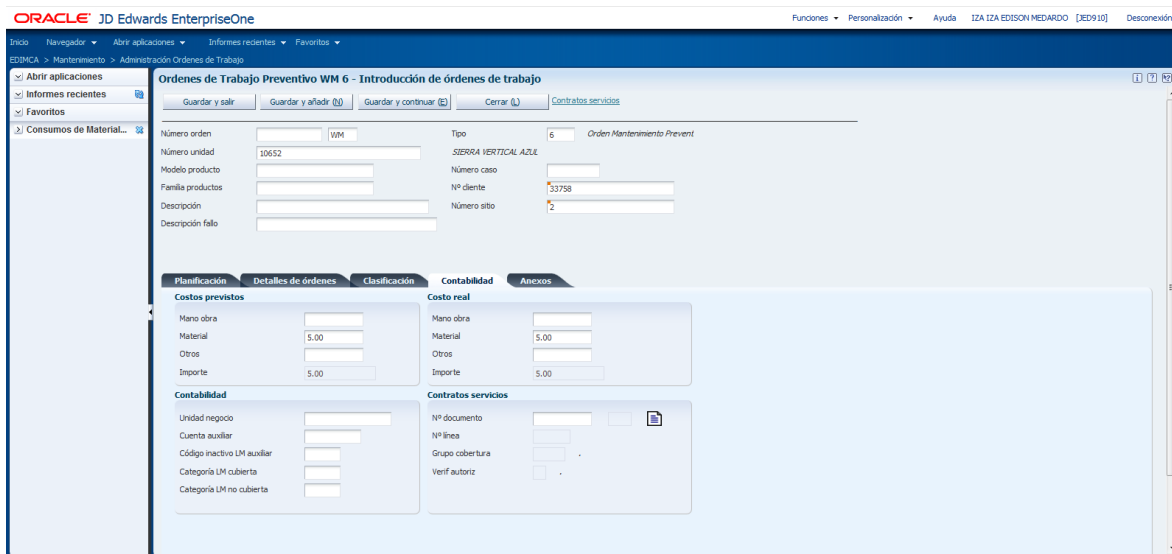


Figura 26. Contabilidad en la orden de trabajo. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

En la Figura 26 se muestra el costo que genera la orden de trabajo en recursos y mano de obra, estos valores se generan automáticamente y su uso es altamente útil al presentarse como un indicador de costo, de igual manera se puede visualizar indicador general de todas las ordenes de trabajo efectuadas.

Terminado el proceso de asignación de skits a todos los activos, el JD empezará a crear automáticamente órdenes de trabajo, detallando la información asignada. Es importante tener en cuenta que cualquier skit puede ser modificable, se puede asignar o retirar actividades y/o recursos; los costos de mantenimiento no son modificables debido a que el permiso de modificación de ese campo los tiene contabilidad dentro de EDIMCA, sin embargo, de existir gastos extras como la compra de algún insumo se puede agregar dentro de la pestaña contabilidad en la sección varios, esto en la edición de la O/T previo al cierre de la misma por parte del técnico.

Para que los resultados sean veraces y confiables, es imprescindible adoptar una cultura de gestión adecuada por parte del departamento de manteamiento, solo de esta manera se podrá mejorar en base a datos estadísticos.

#### 4.4.2 Impresión de órdenes de trabajo

Terminada la orden de trabajo se imprime automáticamente generando un documento en pdf donde integra todas las características que se detalla previamente como se muestra en la Figura 27.

AGLOMERADOS COTOPAXI S.A. SISTEMA DE GESTION INTEGRADO R48425	<b>ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO</b>	RE-172D Ver No. 1 2006-06-19 Pág -
		Fch - 04/09/19    Hr- 16:30:39
Nº orden	1072805	Tipo Orden: 6    Orden Mantenimiento Preventivo
Descripción	MTTO PREVENTIVO TUMBACO	Tipo Trabajo: .
F inicial	04/09/19	Tipo Mantenimiento: .
F solicitada	04/09/19	Prioridad .
Hrs Inact. Estmda:	Cd categoría 04 .	Asignado a Supervisor
Fecha Realización: _____	Principal/Secundaria .	Emisor 155430 IZA IZA EDISON MEDARDO
Hora Realización: _____	Habilidad .	

No. de Equipo	Descripción	Equipo Principal	Localización	Unidad Negocio	Descripción 03
E9439	SIERRA VERTICAL 420 AZUL	E9439 Edimca		2CM006	PUTCH MENICONI SVP 420

LISTA DE MATERIALES

Bodega Material	Nº pieza	Descripción	Descripción 2	UM	Cantidad solicitada	Salidas	Ubicación
2CM00695	RVAVRSR0010	ACEITE LUBRICANTE WD-40	ACEITE LUBRICANTE	UN	2.0000		
2CM00695	RVAVRSR0115	VRS	LIQUIDO LIMPIADOR	UN	2.0000		
2CM00695	SIESMER0002	PTM BANDA OPT DT5-300-10MM 60T	BANDA OPTIBEL	UN	1.0000		
2CM00695	SIESMER0292	PTM.TAV12-93 LAMINA CABEZAL	CABEZAL	UN	1.0000		
2CM00695	RVAVRSR0001	PTM RODAMIENTO 619/8 2RS RHP	RODAMIENTO	UN	6.0000		
2CM00695	SIESMER0373	PTM PROT.CUBRESIERRA 807550028	PROTECTOR CUBRESIERRA	UN	1.0000		

REPORTE:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

MATERIALES USADOS:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Recibido Por

\_\_\_\_\_  
Jefe de Area

Figura 27: Orden de trabajo JD Edwards. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna



ORACLE JD Edwards EnterpriseOne

Funciones Personalización Ayuda RUEDA MACAY DANIEL ANTONIO [JED910] Desconexión

Inicio Navegador Abrir aplicaciones Informes recientes Favoritos

EDIMCA > Mantenimiento > Administración Ordenes de Trabajo

Abrir aplicaciones

Inicio

Ordenes de Trabajo Preventivo WM 6 - Piezas ...

Informes recientes

Ver estado de trabajo

Orden de Trabajo Mantenimiento (23/08/19 09:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (22/08/19 16:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (18/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (16/08/19 17:...

Orden de Trabajo Mantenimiento (16/08/19 16:...

Favoritos

Ordenes de Trabajo Preventivo WM 6 - Piezas orden trabajo - Admón MITO. PREVENTIVO MATRIZ (1062211)

Orden trabajo Piezas Mano de obra Historial de estados Acciones relacionadas

Detalle

Guardar cambios (U) Deshacer (U) Imprimir Cerrar (L)

Detalles órdenes trabajo

Número unidad 7430 Sucursal/planta 2CM00195 BODEGA REPUESTOS MATRIZ C

Nº artículo inventario Fecha fin planificación 16/08/19

Nº cliente 27200 Número sitio 2

Detalles de piezas Información de entregas de órdenes Orden de compra Disponibilidad de artículos

Más acc pantalla: -- Seleccionar -- Más acciones fila: -- Seleccionar --

Registros 1 - 8	Nº art inv	Descripción	Línea descripción 2	Cantidad estimada	Cantidad real	Finish Date F fin	Tp In	UM	Estado mat	Sucursal planta	Ubicación
	RVAVRSR0010	ACEITE LUBRICANTE WD-40	ACEITE LUBRICANTE	1.0000		22/07/19	S	UN		2CM00195	
	RVAVRSR0115	VR5 LIQ.LIMPIA.PROT.SIERRAS XW	LIQUIDO LIMPIADOR	2.0000		22/07/19	S	UN		2CM00195	
	SIESMERO252	PTM RESORTE SIST.ANCLAJ.INCIS.	RESORTE	4.0000		22/07/19	S	UN		2CM00195	
	RVAVRSR0001	PTM RODAMIENTO 619/8 2RS RHP	RODAMIENTO	8.0000		22/07/19	S	UN		2CM00195	
	RVAVRSR0088	RVR GRASA CENTOPLEX HD 1 K	GRASA	1.0000		22/07/19	S	UN		2CM00195	
	SIESMERO0374	PTM CORREA TRANSM.93500007466	CORREA	1.0000		22/07/19	S	UN		2CM00195	
	SIESMERO449	WIR INSERT RB 13.5X11X3 D03221	SIERRA	2.0000		22/07/19	S	UN		2CM00195	

Figura 28. Consumo de repuestos JD Edwards. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Cuando se ejecuta la orden de trabajo por parte del técnico, este cambia la O/T a realizada. Esto permite la opción al jefe de sucursal de consumir los repuestos especificados en la orden como se muestra en la Figura 28.

ORACLE JD Edwards EnterpriseOne

Funciones Personalización Ayuda IZA IZA EDISON MEDARDO [JED910] Desconexión

Inicio Navegador Abrir aplicaciones Informes recientes Favoritos

EDIMCA > Mantenimiento > Administración Ordenes de Trabajo

Abrir aplicaciones

Informes recientes

Favoritos

Consumos de Material...

Mesa de Trabajo Mantenimiento - Piezas orden trabajo - Admón MITO PREVENTIVO TUMBACO (1072805)

Orden trabajo Piezas Mano de obra Historial de estados Acciones relacionadas

Detalle

Guardar cambios (U) Deshacer (U) Imprimir Cerrar (L)

Detalles órdenes trabajo

Número unidad E9439 Sucursal/planta 2CM00695 BODEGA REPUESTOS TUMBACO

Nº artículo inventario Fecha fin planificación 04/09/19

Nº cliente 117666 Número sitio 43

Detalles de piezas Información de entregas de órdenes Orden de compra Disponibilidad de artículos

Más acc pantalla: -- Seleccionar -- Más acciones fila: -- Seleccionar --

Registros 1 - 7	Nº art inv	Descripción	Línea descripción 2	Cantidad estimada	Cantidad real	Finish Date F fin	Tp In	UM	Estado mat	Sucursal planta	Ubicación	Número lote/serie
	SIESMERO373	PTM PROT.CUBRESIERRA 807550028	PROTECTOR CUBRESIERRA	1.0000	1.0000	04/09/19	S	UN		2CM00695		
	RVAVRSR0001	PTM RODAMIENTO 619/8 2RS RHP	RODAMIENTO	6.0000	6.0000	04/09/19	S	UN		2CM00695		
	SIESMERO002	PTM BANDA OPT DTS-300-10MM 60T	BANDA OPTIBEL	1.0000	1.0000	04/09/19	S	UN		2CM00695		
	RVAVRSR0115	VR5 LIQ.LIMPIA.PROT.SIERRAS XW	LIQUIDO LIMPIADOR	2.0000	2.0000	04/09/19	S	UN		2CM00695		
	RVAVRSR0010	ACEITE LUBRICANTE WD-40	ACEITE LUBRICANTE	2.0000	2.0000	04/09/19	S	UN		2CM00695		
	SIESMERO252	PTM.TAV12-93 LAMPINA CABEZAL	CABEZAL	1.0000	1.0000	04/09/19	S	UN		2CM00695		

Copiar p/orden Copia BOM Lista piezas equipo Busca artículo Salidas órdenes trb Eliminar todas

Crear orden compra Elim (D)

Figura 29. Generación de la orden de compra JD Edwards. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Haciendo clic en el botón crear orden de compra, los repuestos consumido se crean automáticamente como una orden de requisición que llega al bodeguero de sucursal y bodeguero nacional. Se abre una ventana donde el usuario tiene la posibilidad de añadir cualquier otro repuesto, con el argumento de cambio para el próximo mantenimiento preventivo como se muestra en la Figura 29, de igual manera llega como orden de requisición al bodeguero de sucursal y bodeguero nacional.

#### 4.5 Orden De Trabajo Correctivo

La orden de trabajo correctiva la genera el cliente jefe de sucursal, mediante el Jd, Edimca, mantenimiento, administración de órdenes de trabajo, ingreso solicitud de mantenimiento correctivo.

En la pantalla de la Figura 30 y 31 se debe de seleccionar la máquina donde se requiera intervención y se debe añadir un comentario, se genera directamente una solicitud de mantenimiento correctivo que llegara al jefe de mantenimiento y a los técnicos de mantenimiento al correo corporativo.

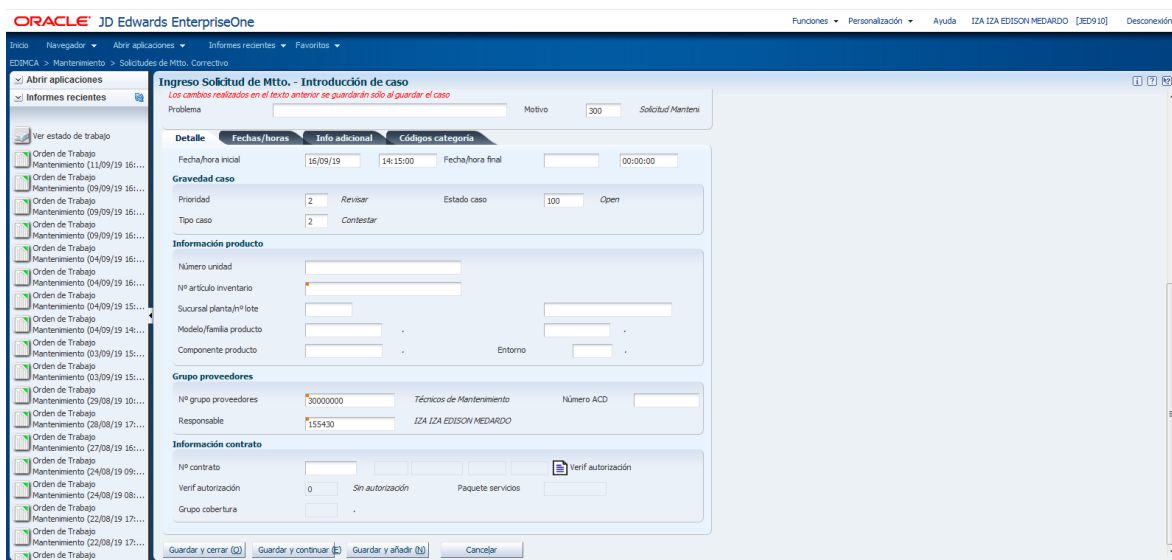


Figura 30. Características de la orden correctiva JD Edwards. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

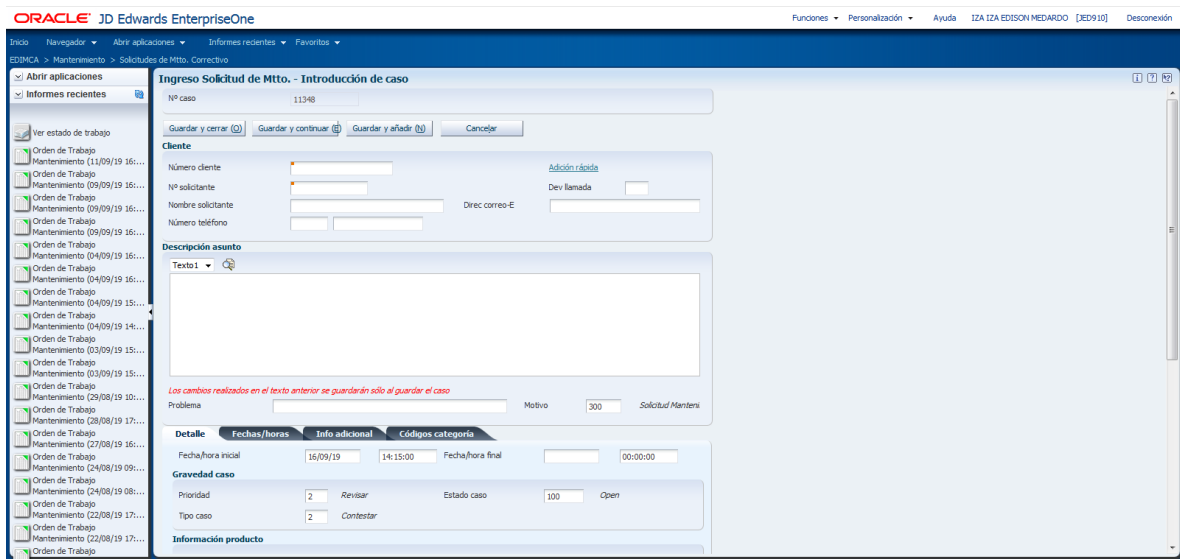


Figura 31. Generación de orden de mantenimiento correctiva JD Edwards. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

Luego de recibir el requerimiento, el jefe de mantenimiento crea una orden de trabajo igual que una OT común la cual es manejada de acuerdo con la prioridad que disponga él mismo.

#### 4.6 Control del JD EDWARDS en la gestión

La gestión mediante el Jd Edwards proporciona un fácil acceso a la información e ingreso de la misma, los indicadores más relevantes para una correcta gestión del mantenimiento preventivo son:

- a. Skits de mantenimiento preventivo planificado.
- b. Ordenes de trabajo
- c. Los reportes los almacena a modo de bitácora de la máquina.
- d. Historial de repuestos cambiados en la máquina.
- e. Horas de trabajo en las que se efectuó el mantenimiento.
- f. Costo del mantenimiento en el caso de haber comprado insumos o piezas extras.

En el caso de la información recopilada en el mantenimiento correctivo, se tiene indicadores de:

- a. Cantidad de órdenes de trabajo
- b. Los reportes los almacena a modo de bitácora de la máquina.
- c. Historial de repuestos cambiados en la máquina.
- d. Horas de trabajo en las que se efectuó el mantenimiento.
- e. Costo del mantenimiento en el caso de haber comprado insumos o piezas extras.

#### **4.6.1 Grupos de revisión del RCM en sipoc**

##### ***4.6.1.1 Técnicos de mantenimiento***

Este grupo es encargado de garantizar que:

- a. Los repuestos sean consumidos del inventario de la bodega de cada sucursal mediante el jefe de sucursal.
- b. Los repuestos requeridos lleguen al bodeguero nacional y al jefe de sucursal.
- c. Capacitar a los operarios.
- d. Redactar información veraz y puntual en la bitácora, detallando los trabajos realizados tanto en mantenimiento preventivos como en correctivos.

##### ***4.6.1.2 Jefe de mantenimiento***

- a. Realizar seguimiento de los repuestos requeridos por el técnico de mantenimiento para el siguiente mantenimiento.
- b. Programar los cambios a realizarse en los mantenimientos preventivos en base a las bitácoras de cada máquina.
- c. Hacer cumplir la redacción de las bitácoras en las O/T con detalles por parte de los técnicos
- d. Realizar un seguimiento a los fallos suscitados en la maquinaria, crear un plan basado en acciones para suprimir las causas de dicho fallo, este plan debe de estar atado a un mantenimiento que incremente la confiabilidad en que la producción no tenga paros por el mismo fallo, RCM.

## 4.7 Análisis de costos

La información recopilada acerca de paros de producción y costos de mantenimiento permite tener una perspectiva alentadora de cómo evolucionará la forma de ejecutar el mantenimiento en la maquinaria y su disminución de costos.

### 4.7.1 Cortadora vertical SVP 420

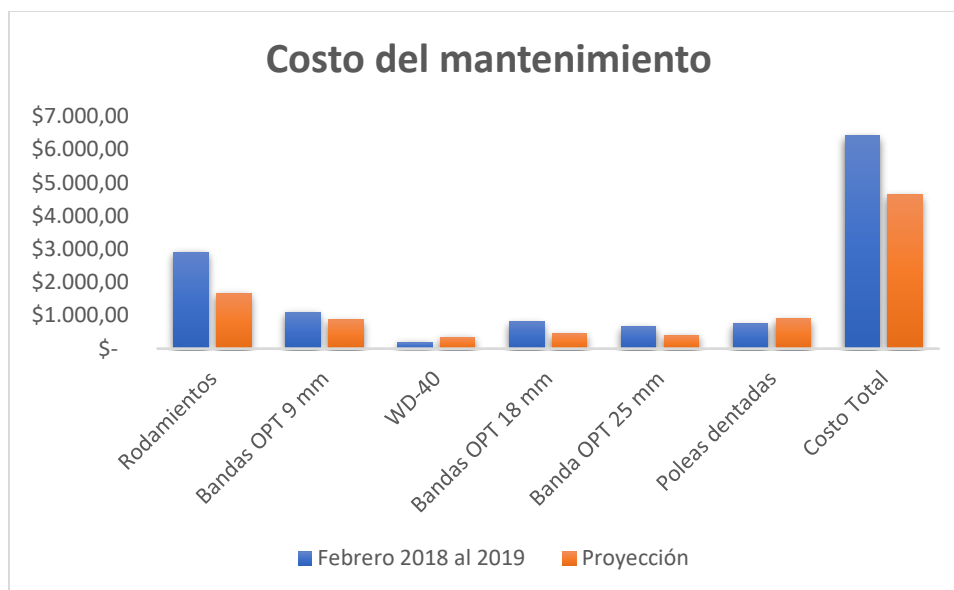


Figura 32. Costo del mantenimiento en cambio de repuestos en la maquinaria SVP 420. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

En la Figura 32, se muestra el importe de mantenimiento mensual en el período febrero 2018 a febrero 2019 de la maquinaria cortadora vertical SVP 420, las barras azules representan los valores de los repuestos cambiados en el período febrero 2018 a febrero 2019 mencionados en la planificación por skits de mantenimiento, mientras que las barras tomates representan las proyecciones a partir de la ejecución de la sistematización del mantenimiento.

Una vez establecida la sistematización del mantenimiento en la maquinaria cortadora, siguiendo un estricto apego al plan y profundo control, las proyecciones de ahorro por concepto de compra de repuesto tendrán una tendencia a la baja, en el caso de los rodamientos un 42%, en las bandas OPT 9mm 44 %, OPT de 18 mm un 44 %, OPT de 25mm 40 %. Sin

embargo, la sistematización al estar enfocada mayormente en trabajos de prevención y limpieza de las partes y piezas en la maquinaria por operarios y técnicos, por este motivo se incrementará el uso del desengrasante WD-40 en 200% aproximadamente, mientras que, en el caso de las poleas dentadas, al tener gran incidencia como factor de falla, se aumenta su cambio y por lo tanto el aumento del costo en 120% como proyección en la sistematización del mantenimiento.

El balance general de costos se remite a un ahorro total anual del mantenimiento mediante la sistematización del 30% con respecto al período febrero 2018 febrero 2019. Sin embargo, este valor podría variar en menos 15% del valor ahorrado dependiendo del control y apego a la planificación, así como el stock de repuestos basado en las proyecciones.

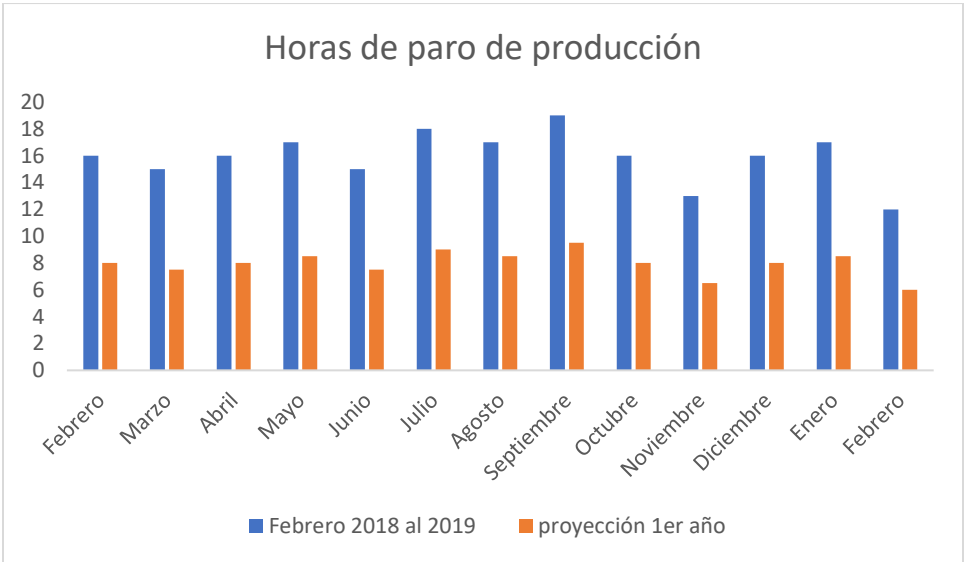


Figura 33. Horas de paro de producción de la maquinaria SVP 420. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiama

En la Figura 33, se muestra las horas de paro suscitadas en el período de febrero 2018 al febrero 2019 en la maquinaria cortadora vertical, se tomó estos datos de la sumatoria de las horas reflejadas en las O/T de mantenimiento correctivo. Se tiene un promedio de 15 horas de paro mensuales cada mes. Con la ejecución de la sistematización la tendencia de paros

hora es a la baja, teniendo como proyección una reducción del 50% de horas paro para el primer año trabajando el ERP.

La tendencia marcada de las horas de paro mediante un control riguroso del cumplimiento de la sistematización supone una cantidad de horas inferior al 2% del valor actual lo que representa una confiabilidad de maquinaria del 91% en el período de 1 año.



Figura 34. Pérdidas por paro de producción en la maquinaria SVP 420. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

Las pérdidas de dinero por concepto de paros de producción se muestran en la figura 34. Las pérdidas por este motivo ascendieron a \$19665 en 2018, las proyecciones indican que al finalizar el 2020, Edimca tendrá un ahorro del 50% del valor.

#### 4.7.2 Enchapadora Biesse 1320

Los indicadores de costos de mantenimiento por motivo de cambio de repuestos en mantenimiento correctivo no son de un impacto considerable para el estudio en caso. Los datos del departamento de contabilidad de Edimca indican que el costo de mantenimiento por máquina biesse 1320 no asciende a los 19 dólares mensuales, lo que en un plano general

es 190 dólares mensuales de este rubro en las sucursales en estudio. Este valor es menos del 5% en comparación al costo por cambio de repuestos de la cortadora Svp 420.



Figura 35. Horas de paro de producción de la maquinaria Biesse 1320. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiama

En la Figura 35, se muestran las horas paro originadas por mantenimiento correctivo en el período Febrero 2018 febrero 2019, actualmente se tienen 21 horas de paros mensuales, la proyección de disminución de este valor es de 50% de reducción para el primer año, en promedio 10 horas.





Figura 36. Pérdidas por paro de producción en la maquinaria Biesse 1320. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuma

Por otra parte, las pérdidas por paros de producción son más significativas en la maquinaria enchapadora, abarcan mayor tiempo para su disponibilidad y eventualmente provocan un cuello de botella para realizar el trabajo de corte en los tableros.

En la Figura 36, se puede observar que los valores de dinero perdidos por paros de producción, según el departamento de contabilidad, la hora de operación de la máquina enchapadora está valorado en \$ 125 dólares, esto representa una pérdida de \$ 27.500 dólares anuales aproximadamente. La proyección de ahorro de la sistematización del mantenimiento es del 50% para el 2020 (\$13.500).

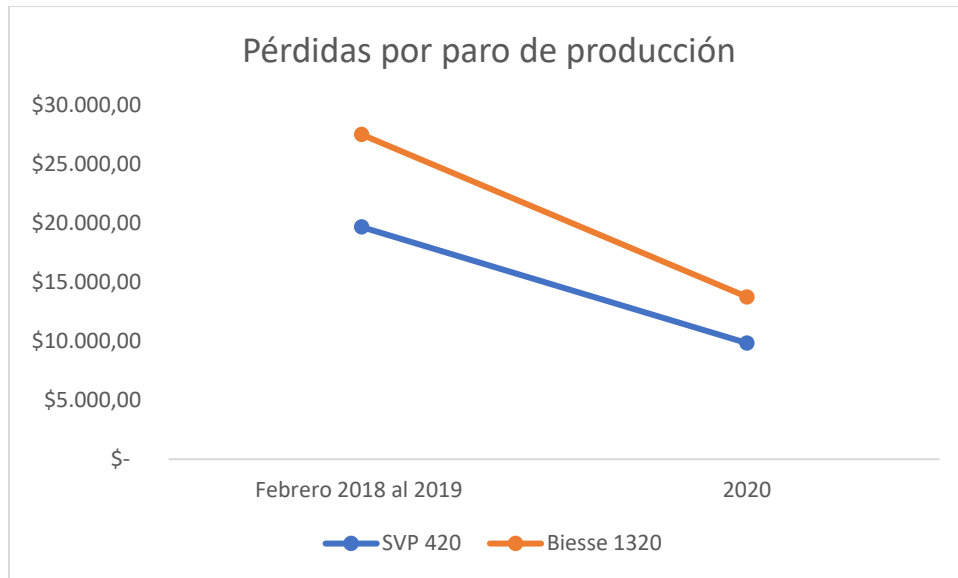


Figura 37. Proyección de pérdidas por paro de producción. Elaborada por: Daniel Rueda y David Tiuna

En la Figura 37, se muestran los valores de pérdida por paros de producción, aunque el gasto por repuesto en la Biesse 1.320 es del 5% en comparación a la SVP 420, las pérdidas por paro de producción se incrementan en 29 % debido a que involucra el efecto de cuellos de botella para la entrega del producto final y el mayor costo por hora producida. La proyección para 202 es disminuir a menos del 50% las pérdidas.

La meta para 2023 es disminuir a menos del 20% las pérdidas por paros de producción con la sistematización del mantenimiento.

## CONCLUSIONES

- Previo a la sistematización del mantenimiento, la maquinaria en Edimca presentaba 20 horas de paro mensual en promedio, una confiabilidad 80% mensual en el mantenimiento, disponibilidad del 79 % y con una mantenibilidad de maquinaria sobre el 75% de probabilidad de solucionar el fallo en 6 horas de iniciado los trabajos de mantenimiento.
- Con las medidas de planificación del mantenimiento preventivo en base a los skits de mantenimiento mensual, creados en un 70% con información de los técnicos y bitácoras de mantenimiento, y en un 30% con recomendación del fabricante, agrupadas en gamas frecuenciales, se obtendrá una disminución del 50% de las horas de paro, un control del stock de piezas de repuestos con mayor precisión de las cantidades necesarias disminuyendo el inventario de \$6.420 a \$4.623, lo que significa un ahorro del 28% anual por compra de repuesto en volumen.
- Se elaboró un Sistema de Gestión del Mantenimiento basado en la metodología RCM, con un análisis de modo y efecto de falla a dos tipos de máquinas detectando un total de 26 modos de fallas, generando las medidas preventivas que contrarrestan las causas de fallas, esto permitió una disminución del 29% en pérdidas por paros beneficiando a 32 activos, con una frecuencia mensual de mantenimiento preventivo.
- La proyección es que, ante el fallo de una máquina, el problema sea resuelto en menos de 4 horas obteniendo una mantenibilidad mayor al 86%.
- La confiabilidad de la máquina con el nuevo sistema de Gestión del Mantenimiento aumentó a un 76% en la Biesse 1320 y un 84% en la SVP420 en el período de un mes.
- Con el manejo del mantenimiento por el sistema de planificación de recurso empresarial JD Edwards se disminuyen las horas de paros por fallos de maquinaria en 50%, esto representa una disponibilidad actual del 91%, por encima del índice

existente hasta febrero del 2019 del 79%, disminuyendo los costos anuales por paros de producción de \$ 47.175 a \$23.582.

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar una capacitación a todos los operarios en el conocimiento de las máquinas y basado en la metodología TPM.
- No se debe añadir otro punto de control donde se genere un cuello de botella que entorpezca el proceso como tal. Al añadir un punto de control en donde se busque como beneficio cuantificar o medir la eficiencia del mantenimiento, podría volverse perjudicial al retrasar el flujo normal y derivar en paros de producción por falta de recursos en la planificación.

## REFERENCIAS

- [1] M. Schreiber, K. Vernickel, C. Ritcher y G. Reinhart, «Integrated production and maintenance planning in cyber-physical production systems,» *Procedia CIRP*, vol. 79, pp. 534-539, 2019.
- [2] D. Dinis, A. Pova Barboza y A. Palos Teixeira, «A supporting framework for maintenance capacity planning and scheduling Development and application in the aircraft MRO industry,» *International Journal of Production Economics*, vol. 218, pp. 1-15, 2019.
- [3] J. A. Erkoyuncu, S. Khan, A. López Eiroa, N. Butler, K. Rushton y S. Brocklebank, «Perspectives on trading cost and availability for corrective maintenance at the equipment type level,» *Reliability Engineering and System Safety*, nº 168, pp. 53-69, 2017.
- [4] S. García Garrido, «Mantenimiento Correctivo Organización y gestión de la reparación de averías,» *Renovetec*, vol. 4, pp. 1-28, 2009.
- [5] D. F. Primero, J. C. Díaz, L. F. García y A. González Vargas, «Manual para la Gestión del Mantenimiento Correctivo de Equipos Biomédicos en la Fundación Valle del Lili,» *Revista Ingeniería Biomédica*, vol. 9, nº 18, pp. 81-87, 2015.
- [6] F. C. Gómez de León, *Tecnología del mantenimiento industrial*, Murcia: Universidad de Murcia, Servicio de publicaciones, 1998.
- [7] L. Fumagalli, M. Macchi y G. Alice, «Orchestration of preventive maintenance interventions,» *IFAC PapersOnLine*, vol. 50, nº 1, p. 13976–13981, 2017.
- [8] S. Amiri, M. Honarvar y A. Sadegheih, «Providing an integrated Model for Planning and Scheduling Energy,» *Energy*, vol. 163, pp. 1093-1114, 2018.
- [9] W. Olarte, M. Botero y B. Cañon, «Técnicas de mantenimiento predictivo utilizadas en la industria,» *Scientia et Technica*, nº 45, pp. 223-226, 2010.
- [10] S. C. Justo García, *Mantenimiento eficiente de edificios*, España: Agencia Extremeña de la Energía, 2014.
- [11] SKF Reliability Systems, *Methodology SRCM: Compliant with SAE JA 1011 Standard*, SKF Aptitude Exchange, 2008.

- [12] Chrysler LLC, Ford Motor Company, General Motors Corporation, Análisis de modos y efectos de fallas potenciales, Michigan: Automotive Industry Action Group, 2004.
- [13] EDIMCA, «© 2018 EDIMCA,» 2018. [En línea]. Available: <http://www.edimca.com.ec/acerca>. [Último acceso: 20 Abril 2019].
- [14] Ecuador forestal, «Ecuador forestal,» Eje comunicaciones, 28 Septiembre 2012. [En línea]. Available: <http://ecuadorforestal.org/actualidad-forestal/ecuador-apuesta-por-convertirse-en-una-potencia-forestal/>. [Último acceso: 21 Abril 2019].
- [15] Ahuja y Khamba, «Total productive maintenance: literature review and directions,» *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 25, n° 7, pp. 709-756, 2008.
- [16] BSG Institute, «BSG Institute,» Project Management Institute, Inc., 2019. [En línea]. Available: <https://bsginstitute.com/bs-campus/blog/Los-8-Pilares-del-TPM-1134>. [Último acceso: 26 Mayo 2019].
- [17] J. L. García Alcaraz, J. Romero González y S. A. Noriega Morales, «El éxito del mantenimiento productivo total y su relación con los factores administrativos,» *Contaduría y Administración*, vol. 57, n° 4, pp. 173-196, 2012.
- [18] J. Moubray, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, North Carolina, USA: Aladon LLC, 2004.
- [19] A. M. Gutierrez, Mantenimiento Planeación, ejecución y control, Mexico D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2009.
- [20] M. Bestratén Belloví y R. M. Orriols Ramos, Artists, *NTP 679: Análisis modal de fallos y efectos. AMFE*. [Art]. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España, 2004.
- [21] Oracle, «JD EDWARDS WORLD PLANT AND EQUIPMENT MAINTENANCE MANAGEMENT,» 2012 .
- [22] Versi, «Oracle,» 2013. [En línea]. Available: [https://docs.oracle.com/cd/E39564\\_01/index.htm](https://docs.oracle.com/cd/E39564_01/index.htm).
- [23] C. Del Castillo Peces, I. Carmelo Mercado, M. Prado Roman y C. Del Castillo Feito, «The influence of motivations and other factors on the results of implementing ISO

9001 standards,» *European Research on Management and Business Economics*, vol. 24, n° 1, pp. 33-41, 2018.

[24] Ingenio Empresa, «Copyright © 2020 Ingenio Empresa,» 23 Mayo 2018. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com>. [Último acceso: 1 Agosto 2019].

[25] D. Betancourt, «ISO 9001 planificacion a nivel tactico,» Ingenio empresa, 24 Junio 2015. [En línea]. Available: <https://ingenioempresa.com/planificacion-tactica-caracterizar-proceso/>. [Último acceso: 1 Julio 2019].

[26] K. Krishnaiyer, F. Chen, B. Burgess y H. Bouzary, «D3S Model for Sustainable Process Excellence,» *Procedia Manufacturing*, vol. 26, pp. 1441-1447, 2018.