

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

DESARROLLO DE ESTRATEGIA MANTENIMIENTO APLICADA AL ÁREA DE CORTE Y MODULADO (SCHELLING)

Robinson Alexander Ríos Tapias

Ingeniería Electromecánica

Carlos Alberto Acevedo Álvarez, IM.

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
MEDELLÍN-COLOMBIA**

2016

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

RESUMEN

El proyecto, busca identificar todos los componentes del área de corte y modulado (schelling) de Tablemac MDF, sus funciones y fallas, para evaluar su gravedad y su criticidad, teniendo así una base de las fallas que se pueden ocasionar en esta zona, cuáles deben ser registradas en la hoja de decisiones y guardadas en una base de datos compartiéndolos al personal interesado de la compañía, para adoptarlas en unos estándares donde garanticen confiabilidad y disponibilidad del activo. Ya que esta zona carece de información y planos actualmente.

Al final de este proyecto, se pretende tener un conocimiento sobre las funciones, y las posibles causas y modos de falla, dejando un registro cómo se pueden intervenir de forma más rápida y segura, garantizando que se tenga un buen *stock* de inventario en el almacén.

Permitirá así una comparación del patrón de productividad y confiabilidad respecto a los meses anteriores donde solo se tenía un mantenimiento correctivo, lo cual generaría en teoría más tiempos perdidos y un costo más elevado sobre la adquisición de repuestos por ser importados. Generando así que la máquina este más tiempo parada en reparación y en mantenimiento que produciendo.

Palabras claves: RCM, Corte y modulado (schelling), función, modo de falla, fallas funcionales, AMFE, hoja de decisiones.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

RECONOCIMIENTOS

Primero quiero agradecer a la institución por todo el tiempo que invirtieron en mi formación como profesional y a cada uno de los profesores que pasaron por cada aula entregando el conocimiento y valores adquiridos. puntualmente Agradezco la confianza, el apoyo y la dedicación de tiempo de los directores del proyecto Carlos Alberto Acevedo Álvarez y María Vilma García Buitrago, por haberme dado la oportunidad de realizar este proyecto tan importante para mí, ya que representa una nueva etapa en mi vida como profesional, además de haber compartido sus conocimientos, comentarios y críticas constructivas.

Quiero agradecer a todo el equipo ingeniería, operarios, técnicos de mantenimiento mecánico y electrónico de la planta Tablemac MDF SAS, por su apoyo constante, en la información acertada y el tiempo invertido para la realización de este proyecto. También a la empresa por abrir sus puertas y poner a disposición información, catálogos y demás documentos confidenciales, a los cuales se puede acceder con permisos especiales.

Por último agradecer a mi familia y personas que tuvieron el valor y la paciencia suficiente para aguantar muchas ausencias por cuestión de trabajo y entrega en la realización de este proyecto,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ACRÓNIMOS

AMFE: Análisis de modo y efectos de falla

CLAMP: sujetador

FF: Falla funcional

FM: Modo de falla

MDF: Densidad de fibra media

psi: Unidad de presión referente a libra fuerza sobre pulgada cuadrada

RCM: Mantenimiento centrado en la confiabilidad

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	10
1.1 Generalidades	10
1.2 OBJETIVOS.....	13
1.2.1 Objetivo General.	13
1.2.2 Objetivos Específicos.	13
1.2.3 Organización De La Tesis	13
2. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1 Mantenimiento y RCM	15
2.2 RCM: LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS.....	16
2.2.1 Fallas Funcionales	17
2.2.2 Modos De Falla	18
2.2.3 Efectos de Falla.....	18
2.2.4 Consecuencias de la Falla	19
2.2.5 Acciones a falta de	23
2.2.6 El proceso de selección de tareas de RCM	24
2.3 APLICANDO EL PROCESO DE RCM.....	25
2.4 QUE LOGRA EL RCM.....	26
2.5 FUNCIONES.....	28
2.5.1 Describiendo Funciones	28
2.5.2 ESTANDARES DE FUNCIONAMIENTO	28
2.6 CONTEXTO OPERACIONAL	29
2.6.1 Procesos por lotes y continuos	30

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.6.2	Redundancia	30
2.6.3	Estándares De Calidad	30
2.6.4	Estándares De Medio Ambiente	30
2.6.5	Riesgos Para La Seguridad	31
2.6.6	Tiempo de reparación	32
2.6.7	Repuestos	32
2.6.8	Documentación del contexto operacional.....	33
2.7	DIFERENTES TIPOS DE FUNCIONES	33
2.7.1	Funciones Primarias.....	33
2.7.2	Funciones Secundarias.....	34
2.8	COMO SE DEBEN LISTAR LAS FUNCIONES	38
2.8.1	Fallas Funcionales	39
2.8.2	Falla	39
2.8.3	Fallas Funcionales	40
2.9	ANALISIS DE MODO DE FALLAS Y SUS EFECTOS (AMFE)	41
2.9.1	¿Qué Es un Modo De Falla?	41
2.9.2	¿Por Qué Analizar Los Modos De Falla?	42
2.10.3	Categoría De Modos De Falla	43
2.9.3	¿Cuánto Detalle?	44
2.9.4	Evidencia de falla	45
2.10	MANTENIMIENTO PROACTIVO	49
2.10.1	Factibilidad Técnica y Tareas Preventivas.....	49
2.10.2	Edad y Deterioro	50
2.10.3	Fallas relacionadas con la edad.....	52
2.11	FALLAS RELACIONDAS CON LA EDAD Y MANTENIIENTO PREVENTIVO	53
2.11.1	Tareas De Reacondicionamiento y Sustitución Cíclica	54
3.	METODOLOGÍA.....	56

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

3.1	DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y FUNCIONES DEL EQUIPO.....	56
3.2	DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS FUNCIONALES.	56
3.3	DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLA.	57
3.4	LISTADO DE EFECTOS DE FALLA.....	57
3.5	CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS: CATEGORIZACIÓN DE FALLAS EVIDENTES Y OCULTAS.	57
3.6	ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE TAREAS PROACTIVAS.....	57
3.7	APLICACIÓN DE ACCIONES “A FALTA DE” PARA MODOS DE FALLA SIN TAREA PROACTIVA FACTIBLE.	57
3.8	TRATAMIENTO DE MODOS DE FALLA MEDIANTE EL DIAGRAMA DE DECISIÓN.	57
3.9	MODIFICACIÓN DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO ACTUALES SEGÚN LOS RESULTADOS DE LA ESTRATEGIA RCM.	58
3.10	ZONA DE CORTE Y MODULADO (SCHELLING)	58
3.10.1	Area Rip Cut Saw	58
3.10.2	Area Cross Cut Saw	59
3.11	DESCRIPCION TÉCNICA.....	60
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	74
4.1	APLICACIÓN DEL RCM A LA ZONA DE CORTE Y MODULADO (SCHELLING).....	74
4.2	DIAGRAMA DE DECISIONES.....	106
4.3	Registros de producción	130
4.4	ANÁLISIS DE RESULTADOS	140
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	143
5.1	Conclusiones	143
5.2	RECOMENDACIONES.....	144
	REFERENCIAS	145
	Bibliografía.....	145
	ANEXOS.....	147

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANEXO A..... 147

INDICE DE FIGURAS Y GRAFICOS

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mesa hidráulica de alimentación..	61
Figura 2. Pusher y Spindle.....	61
Figura 3. Mesa de alineación.	62
Figura 4. Carro de arrastre o los Clamps.....	62
Figura 5. Viga de presión área Rip Cut Saw..	63
Figura 6. Rip Cut Saw o sierra longitudinal..	63
Figura 7. Waste Flap.....	64
Figura 8. Tolva Vibratoria.....	64
Figura 9. Chipper de recorte.	65
Figura 10. Carro De Transferencia.	65
Figura 11. Mesa De Elevación.....	66
Figura 12. Carro De Arrastre o De Clamps.	66
Figura 13. Mesa De Alineación #2.	67
Figura 14. Viga De Presión Cross Cut Saw.....	68
Figura 15. Sierra Transversal.....	68
Figura 16. Waste Flap.....	69
Figura 17. Banda Transportadora.....	69
Figura 18. Alineadores Laterales.....	70
Figura 19. Fork Carriage o Carro Tenedor.....	70
Figura 20. Alineador Longitudinal.	71
Figura 21. Mesa Hidráulica De Apilado.	71
Figura 22. Scrapp.....	72
Figura 23. Tablero De Operación.....	73
Figura 24. Paneles De Sistema Electro-Neumático.....	73

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resultado de producción. Primer año (2014)	131
Tabla 2. Resultado de producción. Primer año (2014)	132
Tabla 3. Resultado de producción. Primer año (2014).	132
Tabla 4. Resultado de producción. Segundo año (2015).	133
Tabla 5. Resultado de producción. Segundo año (2015).	134
Tabla 6. Resultado de producción. Segundo año (2015)	135
Tabla 7. Resultado de producción. Segundo año (2015)	135
Tabla 8. Resultado de producción. Tercer año (2016)	136
Tabla 9. Resultado de producción. Tercer año (2016)	137
Tabla 10. Resultado de producción. Tercer año (2016)	138
Tabla 11. Resultado de producción. Tercer año (2016)	139
<i>Tabla 12. Resultado de producción. Tercer año (2016)</i>	<i>140</i>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Generalidades

El mantenimiento se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, que incluye servicios, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Toda organización debe estar enfocada en la búsqueda hacia la excelencia empresarial. El Mantenimiento de clase mundial significa satisfacción y superación de las expectativas y necesidades de mantenimiento de la organización con referencia a la potencialidad que proporcionan las tecnologías del momento, y en relación con el contexto social y de mercado de hoy, relacionadas con la seguridad, el medio ambiente, la calidad y la economía. "la combinación de actividades mediante las cuales un equipo o un sistema se mantiene en, o se establece a, un estado en el que puede realizar las funciones designadas" (Duffuaa, 2005).

Esta definición reafirma la premisa enseñanza de que con acciones oportunas de mantenimiento se consigue que un equipo de producción opere dentro de las especificaciones y cumpla su función dentro del proceso productivo otorgándole un alto nivel de calidad.

El objetivo del mantenimiento es garantizar la competitividad de la empresa por medio de asegurar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada, cumpliendo con todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa, con todas las normas de seguridad y medio ambiente y al máximo beneficio global.

En tal sentido se puede visualizar al mantenimiento como un sistema que tiene unas entradas o insumos necesarios para ejecutar una combinación de actividades que tendrán como salida un equipo funcionando y confiable. Es conveniente entender el mantenimiento como un sistema para reconocer sus componentes y la relación que guardan entre ellos.

En la ilustración 1 se puede ver un sistema típico de mantenimiento en donde las actividades que permiten que el sistema sea funcional son la planeación, la organización y control. (Sotuyo, 2002)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

La evolución del mantenimiento se estructura en las cuatro siguientes generaciones:

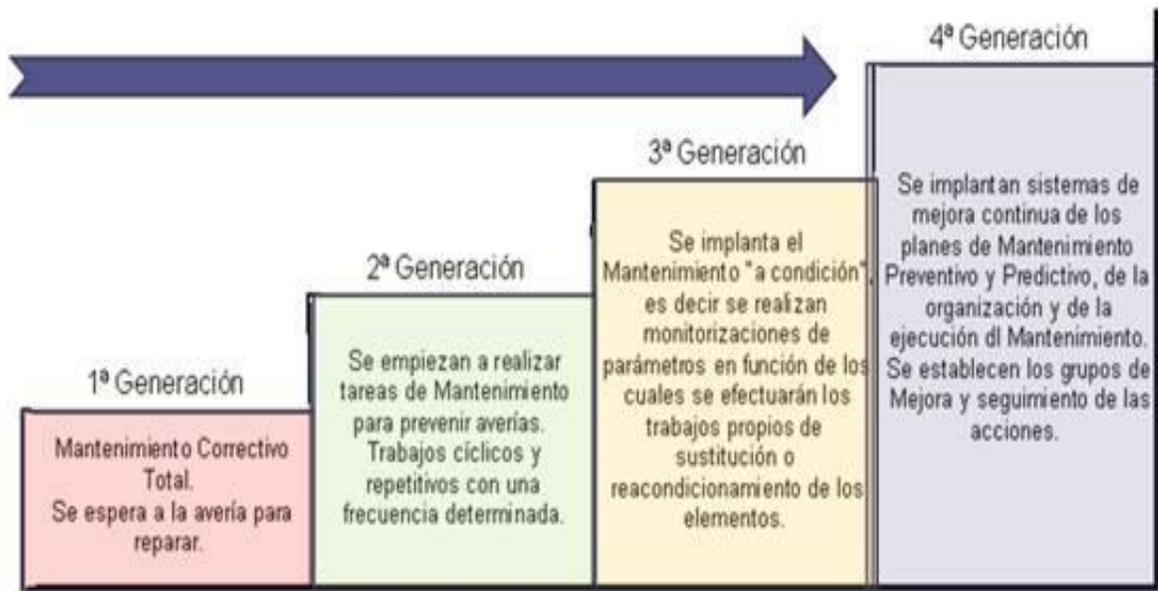


Ilustración 1. Evolución del mantenimiento.

Fuente: Duffuaa. (2005)

La mejora de la gestión de mantenimiento puede visualizarse como un sistema de control donde se definen y evalúan indicadores dirigidos a la ejecución (disponibilidad, confiabilidad, costos, seguridad, personal, calidad, entre otros), y otros relativos a las actividades de mantenimiento (porcentaje del número de horas gastadas en mantenimiento preventivo, recursos logísticos utilizados, organización y métodos).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	



Ilustración 2. Gestión de mantenimiento.

Fuente: (Duffuaa, 2005)

La planeación del mantenimiento incluye la filosofía, pronóstico, capacidad, organización y programación del mantenimiento (Ver Ilustración 2).

La organización del mantenimiento incluye el diseño del trabajo, los estándares de tiempo y la administración de proyectos.

Control del mantenimiento incluye el control de trabajos, inventarios, costos y calidad.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General.

Desarrollo de la estrategia de mantenimiento RCM aplicada a la zona de corte y modulado (schelling) de la planta Tablemac MDF.

1.2.2 Objetivos Específicos.

- Estudiar las funciones de la maquina Schelling
- Establecer las fallas funcionales, sus modos, efectos de falla y las consecuencias del corte y modulado.
- Definir las tareas y acciones para la zona de corte y modulado.

1.2.3 Organización De La Tesis

En el marco teórico se hace descripción completa acerca de lo que se debe tener en cuenta para implementar el mantenimiento RCM, además entrega la información en que año apareció, porque se origina y que beneficios trae implementar esta técnica. También se pueden observar los diferentes conceptos que se manejan, los diferentes tipos de soluciones que se pueden optar a la hora de resolver inquietudes sobre el mantenimiento centrado en la confiabilidad, como se debe organizar y todos los aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de realizar toma de decisiones.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2. MARCO TEÓRICO

El mantenimiento es asegurarse que los recursos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan y el mantenimiento centrado en la confiabilidad define como “el proceso utilizado para determinar lo que debe hacerse para asegurar que los resultados físicos, continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga en el contexto actual de operación”. (Moubray, 2004, p 15)

Según la metodología del RCM se basa en cuatro objetivos:

- Preservar las funciones
- Identificar las funciones de falla que puedan alterar las funciones
- Jerarquizar las necesidades de las funciones
- Seleccionar solo las tareas de mantenimiento preventivos aplicables y afectivas.

El RCM busca tener un mejor grupo de trabajo, incrementar el desempeño de operaciones, aumentar la eficiencia de costos de mantenimiento, mejorar la motivación de los empleados y tener una base de datos que de información confiable para mantener e sistema en buenas condiciones. (Smith, 1933)

En el RCM es importante clasificar el siguiente elemento para administrar función del mantenimiento:

- Funciones y estándares de desempeño
- Fallas funcionales
- Modo de fallas
- Efectos de falla
- Consecuencia de falla
- Tareas proactivas
- Acciones preestablecidas

Para llegar a una implementación de un programa de RCM se deben seguir los siguientes pasos:

- Planeación
- Revisión de grupos
- Especialistas
- Auditorias

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

- Implementación

Algunas herramientas que el RCM utiliza el OEE (Eficiencia global del equipo), el AMFE (análisis de modo y falla del equipo, FMEA). El RCM trata de contestar qué hay detrás de cada tarea (presente y a futura). Además, intenta asegurar que la selección de la tarea se derive de un conocimiento amplio de los modos de falla que puede tener el equipo y que esta sea la más efectiva (menos costosa) para la implementación. (Smith, 1993).

2.1 Mantenimiento y RCM

Desde el punto de vista de la ingeniería hay dos elementos que hacen el manejo de cualquier activo físico debe ser mantenido y quizás también necesita ser modificado.

Los diccionarios más importantes definen mantener como causar que continúe (Oxford), o conservar su estado existente (wbster), o conservar cada cosa en su ser (RAE). Esto sugiere que “mantenimiento” significa preservar algo. Por otro lado, están de acuerdo con que modificar algo significa cambiar de alguna manera. Esta diferencia entre mantener y modificar tiene profundas implicaciones que se discutirán con detenimiento en los capítulos siguientes. De cualquier manera, en este momento nos centralizamos en el mantenimiento.

Todo activo físico es puesto en funcionamiento porque alguien quiere que haga algo, en otras palabras, se espera que cumpla una función o ciertas funciones específicas. Por ende, mantener un activo, es el estado que debemos preservar. Es aquel, en el que continúe haciendo aquellos que los usuarios quieran que haga.

Los requerimientos de los usuarios van a depender de donde y como se utilicen los activos (contexto operacional). Esto lleva a la siguiente definición formal de mantenimiento, mantenimiento centrado en la confiabilidad un proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual. (Moubray, 2004)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.2 RCM: LAS SIETE PREGUNTAS BÁSICAS

El proceso de RCM formula siete preguntas acerca del activo o sistema que se intenta revisar:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera puede fallar dichas funciones? (Falla funcional)
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? (modos de falla)
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? (efectos de falla)
- ¿en qué sentido es importante cada falla? (consecuencias de falla)
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

- **Funciones y Parámetros de Funcionamiento**

Antes de aplicar un proceso para determinar que se debe hacerse para que cualquier activo físico continúe haciendo aquello que los usuarios quieren que haga en su contexto operacional, necesitamos hacer dos cosas:

- Determinar qué es lo que los usuarios quieren que haga.
- Asegurar que es capaz de realizar aquello que los usuarios quieren que haga por esto e primer paso en el proceso del RCM es definir las funciones de cada activo en su contexto operacional, junto o los parámetros de función deseados. Lo que los usuarios esperan que los activos sean capaces de hacer puede ser dividido en dos categorías:

Funciones Primarias: en primera instancia resumen el porqué de la adquisición de los activos. Esta categoría de funciones cubre temas como el de velocidad, producción, capacidad de almacenaje o carga, calidad del producto y servicio al cliente.

Funciones Secundarias: la cual reconoce que se espera de cada activo que haga más que simplemente cubrir sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contenido, confort, integridad estructural, economía, protección, eficiencia

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

operacional, cumplimiento de regulaciones ambientales y hasta de apariencia del activo.

Los usuarios de los activos generalmente están en la mejor posición por lejos para saber exactamente que contribuciones físicas hace el activo para el bienestar de la organización como un todo, por ello es esencial que estén involucrados en el proceso de RCM desde el comienzo. (Moubray, 2004).

2.2.1 Fallas Funcionales

Los objetivos del mantenimiento son definidos por las funciones y expectativas de funcionamiento asociadas al activo en cuestión. ¿Pero cómo puede mantenimiento alcanzar estos objetivos?

El único hecho que puede hacer que un activo no pueda desempeñarse conforme a los parámetros requeridos por sus usuarios es alguna clase de falla. Eso sugiere que el mantenimiento cumpla sus objetivos al adoptar una política apropiada para el manejo de su falla. Sin embargo, antes de poder aplicar una combinación adecuada de herramientas para el manejo de una falla, necesitamos identificar que fallas pueden ocurrir.

El proceso de RCM lo hace en dos niveles:

- En primer lugar, identificar las circunstancias que lo llevaron a la falla.
- Luego se pregunta qué eventos pueden causar que el activo falle.

En el mundo del RCM, los estados de falla son conocidos como fallas funcionales por que ocurren cuando el activo no puede cumplir una función de acuerdo a los parámetros de funcionamiento que el usuario considera aceptable. Sumado a la capacidad total de funcional, esta definición abarca fallas parciales en las que el activo todavía funciona, pero con un nivel de desempeño inaceptable (incluyendo las situaciones en las que el activo o puede mantener los niveles de calidad o precisión). Evidentemente estas solo pueden ser identificadas luego de haber definido las funciones y parámetros de funcionamiento el activo. (Aladon, 1999).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.2.2 Modos De Falla

Como se mencionó en el párrafo anterior, una vez se ha identificado cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos de qué manera razonablemente posiblemente pueden haber causado cada estado de falla. Estos hechos se denominan modos de falla. Los modos de falla son aquellos que han ocurrido en equipos iguales o similares operando en el mismo contexto, las fallas que actualmente han estado siendo prevenidas por regímenes de mantenimiento existentes, así como fallas que aún no han ocurrido, pero son consideradas altamente posibles en el contexto de cuestión.

La mayoría de las listas de modo de fallas incorporan fallas causadas por el deterioro o desgaste por uso normal. Pero, sin embargo, para todas las causas probables de falla en los equipos puedan ser identificadas y resueltas adecuadamente, estas listas deben incluir fallas causadas por errores humanos (por parte de los operadores y el personal de mantenimiento) y errores de diseño. (Aladon, 1999).

2.2.3 Efectos de Falla

El cuarto paso en el proceso RCM tiene relación con la elaboración de un listado de los efectos de falla, que describen lo que ocurren con cada modo de falla. Esta descripción consecuencia de falla, tal como:

- Que evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido
- De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa)
- De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta)
- Que daño físico (si los hay) han sido causados por fallas
- Que debe hacerse para reparar la falla.

El proceso para identificar funciones, fallas funcionales, modos de falla y efectos de falla trae asombrosas y muchas veces apasionantes oportunidades de mejorar el rendimiento y la seguridad, así como también de eliminar el desperdicio. (Aladon, 1999)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.2.4 Consecuencias de la Falla

Un análisis detallado de la empresa industrial promedio probablemente muestre entre tres mil y diez mil posibles modos de falla. Cada uno de estas fallas afecta a la organización de algún modo, pero en cada caso, son diferentes, pueden afectar operaciones, pueden afectar la calidad del producto, el servicio al cliente, la seguridad o el medio ambiente. Todas para ser reparadas toman tiempo y costarán dinero.

Son estas consecuencias las que más influyen el intento de prevenir

Cada falla. En otras palabras, si una falla tiene serias consecuencias, haremos un gran esfuerzo para intentar evitarla. Por otro lado, si no tiene consecuencias o consecuencias leves, quizás decidamos no hacer más mantenimiento de rutina que una simple limpieza o una lubricación básica.

Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de falla son más importantes que sus características técnicas. De hecho, reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas por sí, sino evitar o reducir las consecuencias de las fallas. El proceso de RCM clasifica estas consecuencias en cuatro grupos, de la siguiente manera:

- **Consecuencia de fallas ocultas:** las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas. (La mayoría están asociadas a sistemas de protección sin seguridad inherente).
- **Consecuencias ambientales y para la seguridad:** una falla presenta consecuencias para la seguridad si es posible que cause daños o la muerte de alguna persona. Tiene consecuencias ambientales si infringe alguna normatividad o reglamento ambiental tanto corporativo como reinal, nacional, o internacional.
- **Consecuencias operacionales:** una falla tiene consecuencias operacionales si esta afecta la producción (cantidad, calidad del producto, atención al cliente o costos operacionales además del costo directo de la reparación).
- **Consecuencias no operacionales:** las fallas que caen en esta categoría no afectan a la seguridad ni a la producción, solo implica el costo directo de la reparación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

El proceso del RCM hace uso de estas categorías como la base de su marco teórico estratégico para la toma de decisiones en el mantenimiento. Obligando a una revisión de las consecuencias de cada modo de falla en la relación con las categorías recién mencionados, integra: objetivos operacionales, ambientales y seguridad a la función mantenimiento. Esto contribuye colocar a la seguridad y al medio ambiente dentro de las prioridades principales de la administración del mantenimiento. El proceso de las evaluaciones de las consecuencias también cambia el énfasis de a idea que todo falla es negativa y debe ser prevenida. De esta manera focaliza la atención sobre las actividades de mantenimiento que tiene el mayor afecto sobre el desempeño de la organización y resta importancia aquellas que tiene escaso resultado. También nos alienta a pensar de una manera más amplia acerca de diferente manera de manejar las fallas, más que concentrarnos en prevenir las fallas.

Las Técnicas de Manejo de Fallas se Dividen en dos Categorías:

- **Tareas Proactivas:** estas tareas se aprenden antes que ocurra una falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarca lo que se conoce tradicionalmente como mantenimiento “predictivo o preventivo”, aunque veremos luego que el RCM utiliza los términos reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición. (Industrial, 2007)
- **Acciones a falta de:** estas tratan directamente con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva afectiva. Las acciones a falta de incluyen brusquedad de falla, rediseño y mantenimiento a rotura.

Mucha gente todavía cree que la mejor manera de optimizar disponibilidad de la planta e hacer algún tipo de mantenimiento proactivo a rutina. El pensamiento de la segunda generación sugería grande reparaciones o reposición de componentes a intervalos fijos. La ilustración 3 muestra la perspectiva de la falla a intervalos regulares.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	



Ilustración 3. La perspectiva tradicional de falla.

Fuente:(Industrial, 2007, pág. 4).

La ilustración 3 se basa en la presunción de que la mayoría de los equipos operan confiablemente por un periodo “X”, luego se desgastan. Los pensamientos clásicos sugieren que los registros extensivos acerca de las fallas nos permiten determinar y planear acciones preventivas un tiempo antes de que ellas ocurran.

Este patrón es cierto para algunos tipos de equipos simples y para algunos ítems complejos con modo de falla dominantes. En particular la característica de desgaste se encuentra a menudo en caso que los equipos tienen contacto directo con el producto. Las fallas relacionadas con la edad van asociadas a la fatiga, corrosión, abrasión y evaporación.

Sin embargo, los equipos en general son muchos más complejos que lo que eran hace veinte años atrás. Esto ha traído aparejado sorprendentes cambios en los patrones de falla, como lo muestra la ilustración 4 los gráficos muestran la probabilidad condicional de la falla con relación a la edad operacional para una variedad de elementos mecánicos y eléctricos. (Industrial, 2007)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

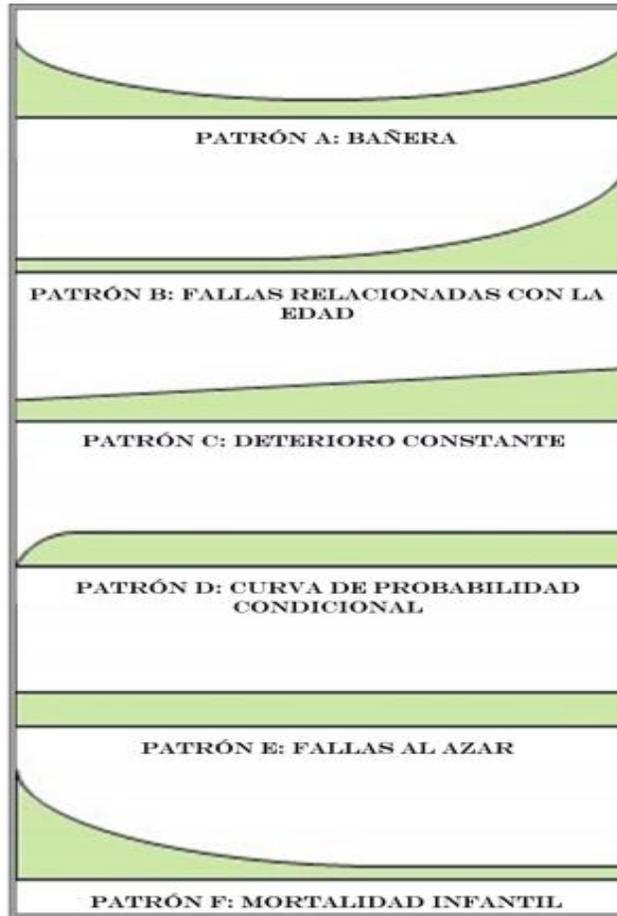


Ilustración 4. Seis patrones de falla.

Fuente: (Pérez, 2013)

El patrón A es la ya conocida curva de la “bañera”. Comienza con una gran incidencia de fallas (llamadas mortalidad infantil). Seguida por un incremento constante o gradual de la probabilidad condicional de falla y por ultimo una zona de desgaste.

El patrón B muestra una probabilidad de falla constante o de lento crecimiento y termina en una zona de desgaste (igual que la ilustración 4).

El patrón C muestra una baja probabilidad condicional de falla que crece lentamente, pero no tiene una edad de desgaste claramente identificada.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

El patrón D muestra una baja probabilidad condicional de falla cuando el equipo es nuevo o recién salido de la fábrica y luego en veloz incremento un nivel constante.

El patrón E muestra una probabilidad condicional de falla constante a todas las edades por igual (falla a azar).

El patrón F comienza con una alta mortalidad infantil que finalmente cae a una probabilidad de falla constante o que asciende muy lentamente.

Este caso real de aplicación sensata de la información demostró que los distintos elementos fallan de diferente manera y que aún un elemento particular puede fallar de diversas maneras. De un modo más simple; no es lo mismo cambiar un elemento porque “va a fallar” o cambiarlo “porque falló”, que cambiarlo, porque se cumplió una frecuencia “antes de que fallara”; no es lo mismo un elemento que falló por desgaste, a uno que falló por mala instalación o uno dañado por un accidente. (Pérez, 2013)

2.2.5 Acciones a falta de

El RCM reconoce tres grandes categorías de acciones a falta de:

- **Búsqueda de fallas:** las tareas de búsquedas de falla implican revisar periódicamente funciones ocultas para determinar si han fallado (mientras que las tareas basadas en la condición implican revisar si algo está por fallar).
- **Rediseño:** rediseñar implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades iniciales de un sistema. Esto incluye modificaciones al equipo y también cubre los cambios de una sola vez a los procedimientos.

Ningún mantenimiento programado: como su nombre lo indica, acá no se hace esfuerzo alguno de tratar de anticipar o prevenir los modos de falla y se deja a que las fallas simplemente ocurran, para luego repararla. Esta tarea a falta de también es llamada mantenimiento “a rotura”. (Moubray, 2003, pág. 14-17).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.2.6 El proceso de selección de tareas de RCM

Un punto fuerte del RCM es la manera en que provee criterios simples, precisos y fáciles de entender, para decidir cuál de las tareas proactivas es técnicamente factible en el contexto operacional dado (si existe alguna) y para decidir quién debería hacerlas y con qué frecuencia.

Si una tarea proactiva es técnicamente factible o no, está determinado por las características técnicas de la tarea y de falla que pretende prevenir. Si vale la pena hacerla o no depende de la manera que maneje las consecuencias de falla. De no hallarse una tarea proactiva que sea técnicamente factible y que valga la pena hacerse, entonces debe tocarse una acción a falta de, adecuada. La esencia del proceso de selección de áreas es la siguiente:

Para fallas ocultas, la tarea proactiva vale la pena si reduce significativamente el riesgo de falla múltiple asociado con esa función a nivel tolerable bajo. Si esto no es posible, debe realizarse una tarea de búsqueda de falla que sea adecuada, la decisión a falta de secundaria indicara que el componente puede ser rediseñado (dependiendo de la consecuencia de falla múltiple).

Par fallas con consecuencia ambientales o para la seguridad, una tarea proactiva solo vale la pena si por si sola reduce el riesgo de falla a un nivel muy bajo o directamente lo elimina. Si no puede encontrarse una tarea que el riesgo a niveles aceptablemente bajos, entonces e componente debe ser rediseñado o debe cambiarse el proceso. (Cruz, 2011, pág. 36-40)

Si la falta tiene consecuencias operacionales, una tarea proactiva solo vale la pena si el costo tal de realizarla a lo largo de un cierto periodo de tiempo es menor al costo de las consecuencias operacionales más el costo de la reparación en el mismo periodo de tiempo. En otras palabras, la tarea debe tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica la decisión a falta de inicial es ningún mantenimiento programado. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, entonces la decisión a falta de secundaria es nuevamente el rediseño).

Si una falla tiene consecuencias no operacionales solo vale la pena una tarea proactiva si el costo de la tarea a lo largo de un periodo de tiempo es menor al costo de reparan en el mismo tiempo. Entonces estas tareas también deben tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica la decisión a falta de inicial

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

es otra vez ningún mantenimiento programado y si los costos son demasiados elevados entonces la siguiente decisión a falta de secundaria es nuevamente el rediseño.

Esto significa que las tareas proactivas son solo definidas para las fallas que realmente lo necesitan, a lo que a su vez lleva reducciones sustanciales en carga de trabajo de rutina. Menos trabajo de rutina también significa es más probables que las tareas restantes sean realizadas correctamente. Esto sumado a la eliminación de tareas contraproducentes, lleva a un mantenimiento más efectivo.

Comparemos esto con el enfoque tradicional usado para el desarrollo de políticas de mantenimiento. Tradicionalmente, los requerimientos de mantenimiento de cada activo son definidos en términos de sus características técnicas reales o asumidas, sin considerar las consecuencias de falla, el programa resultante es utilizado para todos los activos similares, nuevamente sin considerar que se aplican a diferentes consecuencias en diferentes contextos operacionales. Esto tiene como resultado un gran número de programas desperdiciados, no porque están “mal” en el sentido técnico, sino porque no logran ningún resultado.

Debemos notar además que el proceso de RCM, considera los requerimientos de mantenimiento de cada activo antes de preguntarse si es necesario reconsiderar el diseño. Esto es así simple por que el ingeniero de mantenimiento que está a cargo hoy tiene que mantener el equipo tal como está hoy, y no pensando en lo que quizás sea en algún otro momento en el futuro. (Pérez, 2013).

2.3 APLICANDO EL PROCESO DE RCM

Antes de comenzar analizar los requerimientos de mantenimiento de los activos físicos de cualquier organización, necesitamos saber de qué activos se trata y decidir cuáles de ellos serán sometidos al proceso de revisión de RCM. Esto significa que debe prepararse un registro de planta, si es que no existe actualmente. De hecho, la gran mayoría de las organizaciones industriales poseen hoy en día registros de planta que son adecuadas para este propósito.

- **Planeamiento**

Si es aplicado correctamente, RCM logra grandes mejoras en la efectividad del mantenimiento y a menudo lo hace sorprendentemente rápido. Sin embargo, las

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

aplicaciones exitosas del RCM dependen de un meticuloso planeamiento. Los elementos centrales del proceso de planeamiento son:

- Decidir cuales activos físicos se benefician más con el proceso RCM y exactamente de qué manera lo harán.
- Evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso los activos seleccionados.

En los casos en los que los medios justifican la inversión, decidir detalladamente quien realizara y quien auditara cada análisis, cuando y donde y hacer los arreglos para dichas personas reciban el entrenamiento apropiado. Asegurar que el contexto operacional de cada activo físico este claramente comprendido. (Aladon, 1999)

2.4 QUE LOGRA EL RCM

Por más atractivos que sean los resultados enunciados anteriormente solo deberían ser vistos como medios para un fin. Específicamente debería permitir que las funciones de mantenimiento satisfagan las expectativas.

El RCM considera las implicaciones ambientales y para la seguridad de cada patrón de fallas antes de considerar su afecto en las operaciones. Esto significa que se actúa para minimizar o eliminar todos los riesgos identificables relacionados con la seguridad de los equipos y el ambiente. Al incorporar la seguridad de toma de decisiones de mantenimiento, el RCM también mejora la actitud de las personas en relación con este tema. Mejor funcionamiento operacional (cantidad, calidad de producto y servicio al cliente).

El RCM reconoce que todo el tipo de mantenimiento tiene algún valor y provee reglas para decidir cuál es el más adecuado en cada situación. De esta manera se asegurarán que solo se elegirán las formas de mantenimiento más efectivo para cada activo físico y que se tomarán las medidas necesarias en los casos que el mantenimiento no pueda ayudar. Este esfuerzo de ajustar y focalizar el mantenimiento lleva grandes mejoras en el desempeño de los activos físicos existentes donde se requiere. El RCM fue diseñado para desarrollar y ayudar a las aerolíneas a diseñar programas de mantenimiento para nuevos tipos de aeronaves antes que entraran en servicio. Por lo tanto, resulta una manera ideal para desarrollar programas de este tipo para nuevos activos físicos, especialmente para

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

equipos complejos para los que no existe información histórica disponible. (Moubray, 2004)

Esto ahorra mucho de la prueba y error que tan frecuentemente forma parte del desarrollo de nuevos programas de mantenimiento; pruebas que son frustrantes demandan tiempo y producen errores que pueden ser muy costosos.

El RCM continuamente focaliza su atención en las actividades de mantenimiento que tienen mayor efecto en el desempeño de la planta. Esto ayuda que todo lo que se gaste en mantenimiento se invierta en las áreas que pueda tener los mejores resultados.

Además, si RCM es aplicado correctamente a los sistemas de mantenimiento ya existentes, reduce la cantidad de trabajos de rutina (en otras palabras, las tareas de mantenimiento hechas cíclicamente) de cada periodo, habitualmente entre 40 y 70 % por otro lado, si RCM se utiliza para desarrollar un programan de mantenimiento nuevo, la carga de trabajo es mucho más baja que si el programa es desarrollado con los métodos tradicionales.

El RCM entrega mayor vida útil en componente debido al énfasis en el uso de técnica de mantenimiento a condición.

Una revisión de RCM finaliza con un registro global y extensivamente documentado de los requerimientos de mantenimiento de todos los activos físicos utilizados por la organización. Esto posibilita la adaptación a circunstancias cambiantes (como cambios de modelos o aparición de nuevas tecnologías) sin tener que reconsiderar todas las políticas de mantenimiento desde un comienzo. También permite a quienes utilizan el equipo demostrar que sus programas de mantenimiento esta construidos sobre una base racional (la taza de auditoria requerida por cada vez más organismos de regulación). Finalmente, la información almacenada en las hojas de trabajo de RCM reduce los efectos de rotación de personal y la perdida de experiencia que esto provoca.

Una revisión RCM sobre los requerimientos de mantenimiento de cada activo físico a su vez provee una clara visión de las habilidades necesarias para mantener cada activo físico y para decidir que repuestos deben tener en stock. Un producto secundario valioso es la mejora de planos y manuales.

El RCM entrega mayor motivación al personal, especialmente las personas involucradas en el proceso de revisión. Esto lleva a un mayor entendimiento general

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

del activo en su contexto operacional, junto con un “sentido de pertenencia” más amplios de los problemas de mantenimiento y sus soluciones. También aumenta la probabilidad de que las soluciones perduren.

2.5 FUNCIONES

Para definir los objetivos del mantenimiento según los requerimientos de los usuarios se debe obtener un claro entendimiento de las funciones de cada activo físico junto con el parámetro de funcionamiento asociado. Es por esta razón que el proceso RCM comienza preguntando:

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento del activo físico en su contexto operacional actual?

2.5.1 Describiendo Funciones

Un principio bien establecido por la ingeniería es que las definiciones de funciones deben consistir de un verbo y de un objeto. También ayuda mucho a iniciar las definiciones con un verbo en infinitivo (cortar, transportar, coger, entre otros). Sin embargo y como se explica con detenimiento a continuación, los usuarios no esperan solo que el activo cumpla una función. También espera que lo haga con un nivel de funcionamiento aceptable, entonces la definición de función y por ende la definición de los objetivos de mantenimiento para ser activo físico, no está completa a menos que la definición de una función especifique el nivel de funcionamiento deseado por el usuario, tan precisamente como le sea posible (en opción a sus capacidades de diseño). La definición de una función consiste de un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario. (Moubray, 2004).

2.5.2 ESTANDARES DE FUNCIONAMIENTO

El objetivo del mantenimiento es asegurarse que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga, la magnitud de aquello que los usuarios quieren que el activo haga puede definirse a través de un estándar mínimo de funcionamiento. Si pudiésemos construir un activo físico capa de rendir según

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

este funcionamiento mínimo sin deteriorarse en ningún modo, ese sería el fin de la cuestión. La máquina funcionaria continuamente sin necesidad de mantenimiento.

Las leyes de la física nos dicen que cualquier sistema organizado que es expuesto al mundo real se deteriora.



Ilustración 5. Margen de deterioro (Moubray, 2004).

2.6 CONTEXTO OPERACIONAL

Se definió RCM como un “proceso utilizado para determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto operacional” este contexto se inserta por completo en el proceso de formulación de estrategias de mantenimiento, comenzando por la definición de funciones. (Smith, 1993).

El contexto operacional también influencia profundamente los requerimientos para las funciones secundarias.

El contexto no solo afecta drásticamente las funciones y las expectativas de funcionamiento, sino que también afecta la naturaleza de los modos de falla que pueden ocurrir, sus efectos y consecuencias, la periodicidad con que puedan ocurrir y que debe hacerse para manejarlas.

Todo esto significa que cualquiera que comienza aplicar RCM a cualquier proceso o activo físico debe asegurarse de tener un claro entendimiento del contexto operacional antes de comenzar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.6.1 Procesos por lotes y continuos

En las plantas manufactureras la característica más importante del contexto operacional es el tipo de proceso. Su alcance va desde operaciones de procesos continuos en los cuales casi todos los equipos están interconectados, hasta operaciones de trabajo donde la mayoría de la maquinas trabajen independiente. En procesos continuos, la falla de un activo puede parar toda la planta o reducir drásticamente la producción a menos que exista sobrecapacidad o haya equipos de reserva. Por otro lado, en plantas que trabajan por lotes la mayoría de las fallas afectara solamente la producción de una máquina o una línea. Las consecuencias de este tipo de fallas están determinadas principalmente por la duración de la detención y de la cantidad del trabajo en proceso acumulado para las operaciones subsecuentes.

Esta diferencia que la estrategia de mantenimiento aplica a un activo que es parte de un proceso continuo puede ser radicalmente diferente a la estrategia aplicada a un activo idéntico que esté trabajando en un proceso por lotes.

2.6.2 Redundancia

La presentación de redundancia (o formas alternativas de producción) es unas características del contexto operacional que se debe ser considerada e detalle cuando se define las funciones de cualquier activo.

2.6.3 Estándares De Calidad

Los estándares de calidad y los estándares de servicio al cliente son otros dos aspectos del contexto operativo, que pueden dar lugar a descripciones diferentes de funciones de máquina de otra manera serian idénticas.

2.6.4 Estándares De Medio Ambiente

Un aspecto cada vez más importante del contexto operacional de cualquier activo es el impacto que tiene o podrá tener sobre el medio ambiente.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Existe un interés creciente en todo el mundo sobre este tema, lo que significa que cuando mantenemos cualquier activo, debemos satisfacer dos tipos de “usuarios”; el primero es a gente que opera la máquina, el segundo es la sociedad como un todo, que quiere tanto que el activo como el proceso de cual forma parte no cause ningún daño a medio ambiente. Lo que la sociedad quiere se expresa con el incremento de las exigencias de las regulaciones y los estándares ambientales.

Estos son estándares internacionales, nacionales, regionales, municipales y hasta corporativos. Cubren un rango extraordinariamente extenso de temas, desde la biodegradabilidad de detergentes hasta el contenido de gases de escape. En el caso de procesos, tienden a concentrarse en subproductos líquidos, sólidos y gaseosos no deseados. La mayoría de las empresas están respondiendo a las expectativas ambientales de la sociedad asegurándose que el equipamiento está diseñado para cumplir con los estándares asociados. No obstante, no es tan simple asegurar que una planta o proceso eran perfectamente adecuados con las normas ambientales en el momento de su utilización. Deben seguirse ciertos pasos para asegurar que los activos se mantengan cumpliendo durante toda su vida útil.

Seguir dichos pasos es cada vez más urgentes ya que en todo el mundo está ocurriendo cada vez más accidente que afectan el medio ambiente por que algún activo físico no se comporta como es debido, en otras palabras, por que algo falla. Las penalizaciones cada vez son más severas, con lo que ahora para la gente de mantenimiento la integridad del medio ambiente a largo plazo es un tema particularmente importante.

2.6.5 Riesgos Para La Seguridad

Un número cada vez mayor de organizaciones han desarrollado por si mismas o se han adherido a estándares formales con respecto a niveles de riesgos aceptables. En algunos casos se aplica a nivel corporativo, en otras plantas individuales y a su vez otros a procesos o activos específicos. Sin duda donde existas estos estándares son un componente importante del contexto operacional.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.6.6 Tiempo de reparación

El tiempo de reparación está influido por la velocidad de respuesta a La falla, que esta a su vez está determinada por el sistema de reportes de falla, por el nivel de personal, por velocidad de reparación misma, la que es función de disponibilidad de repuesto de herramientas adecuadas y de habilidad de las personas que hacen las reparaciones.

Estos factores influyen mucho en los efectos y las consecuencias de las fallas y varían marcadamente de una organización a otra. Como consecuencia de esto, este aspecto del contexto operacional también debe entenderse claramente.

2.6.7 Repuestos

Es posible usar un derivado del proceso RCM para optimizar los stocks de repuestos y las políticas de administración de fallas asociadas. Este derivado se basa en el hecho que para tener un stock de repuestos es minimizar o eliminar las consecuencias de falla.

La relación que existe entre repuestos y consecuencias de las fallas se articulan e el tiempo que toma obtener los repuestos del proveedor. Si pudiera hacerse de manera instantánea no habría necesidad de tener ningún stock de repuestos. Pero en el mundo real adquiere repuestos toma tiempo. Esto se conoce como tiempo de reposición (*lead time*), puede ser de orden de minutos a varios meses o años. Si el repuesto no se encuentra en el almacén, el tiempo de reposición determinado cuanto tiempo tomara reparar la falla y por lo tanto la severidad de sus consecuencias.

Por otro lado, tener repuesto en el almacén también cuesta dinero, por lo que se necesita lograr un balance analizando caso por caso, entre el costo de tener un repuesto en el inventario y el costo total de no tenerlo. En algunos casos también se debe tener en cuenta el peso y las dimensiones del repuesto por una cuestión de restricción de espacio y carga, especialmente en instalaciones como plataformas petroleras y barcos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.6.8 Documentación del contexto operacional

Por todas las razones mencionadas es esencial asegurarse que toda persona involucrada en un desarrollo de un programa de mantenimiento de cualquier activo físico comprenda totalmente el contexto operacional como parte del proceso RCM, si es necesario puede llegar a incluirse la definición de misión de la organización.

2.7 DIFERENTES TIPOS DE FUNCIONES

Todo activo físico tienen más de una función por lo general tiene varias, si el objetivo del mantenimiento es asegurar que continúe realizando estas funciones, entonces todas ellas deben ser identificadas junto o los parámetros de funcionamiento deseados. A primera vista, esto puede verse como un proceso bastante directo. Sin embargo, en la práctica casi siempre se vuelve al aspecto más desafiante y el que más tiempo toma en el proceso de formación de estrategias de mantenimiento.

Las funciones se dividen en dos categorías principales (funcionamiento primario y secundario) y estas a su vez se dividen en varias categorías.

2.7.1 Funciones Primarias

Las organizaciones adquieren activos físicos por una, probablemente dos y muy pocas por tres o más razones. Estas razones son descritas por definiciones de funcionamiento. Se conocen como funciones primarias, por ser la razón principal, por la que es adquirido el activo físico. Son las razones por la cuales existen el activo físico, por lo que debemos definir las tan precisamente como sea posible.

Las funciones primarias son generalmente fáciles de reconocer. De hecho, la mayoría de los activos físicos industriales, se basa en su función primaria. (Moubray, 2004)

Como mencionamos anteriormente el desafío está en definir las expectativas de funcionamiento asociados a esas funciones para la mayoría los tipos de equipo los parámetros de funcionamiento asociados a las funciones primarias tienen que ver con la velocidad, volumen y capacidad de almacenamiento. Por lo general también necesita considerarse en esta etapa la calidad del producto. Se mencionó que la

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

capacidad de alcanzar y mantener satisfactoriamente lo estándares de calidad depende cada vez mas de a capacidad y de la condición de los activos que producen los bienes. Dichos estándares están relacionados generalmente con las funciones primarias. Por esto es esencial incorporar cuando correspondan, los criterios de calidad de producto en la definición de las funciones primarias.

2.7.2 Funciones Secundarias

Es de suponer que la mayoría de los activos físicos cumplen una o más funciones adicionales además de la primaria. Esas se conocen como funciones secundarias.

Para asegurarnos que ninguna de estas funciones sea pasada por alto, se dividen en siete categorías de la siguiente manera:

- Ecología – integridad ambiental.
- Seguridad – integridad estructural.
- Control – contención – confort.
- Apariencia.
- Protección.
- Eficiencia – economía.
- Funciones superfluas

La primera letra de cada línea de esta lista forma la palabra “ESCAPE”. Aunque las funciones secundarias son usualmente menos obvias que las primarias, la pérdida de una función secundaria puede tener serias consecuencias, a veces hasta más serias que la pérdida de una función primaria. Como resultado, las funciones secundarias necesitan tanto o más mantenimiento que las funciones primarias, por lo que también deben ser claramente identificadas.

- **Ecología – integridad ambiental**

Se explicó como las expectativas medioambientales de la sociedad se han vuelto un factor crítico del contexto operacional de muchos activos. El RCM comienza el proceso de cumplimiento de los estándares asociados con la definición de funciones, expresándolos apropiadamente.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

- **Seguridad**

La gran mayoría de los usuarios quieren estar razonablemente seguros que sus máquinas no les causan ningún daño y menos aún la muerte. En la práctica la mayoría de los riesgos de seguridad surgen más adelante en el proceso RCM cuando se analizan los modos de falla. No obstante, en ciertos casos es necesario listar funciones que traten con riesgos específicos.

Muchos componentes y procesos no son capaces de cumplir por sí mismo con los requerimientos de seguridad que tiene sus usuarios. Esto dio lugar a la aparición de funciones adicionales a cumplirse por dispositivos de seguridad. Estos dispositivos presentan uno de los retos más difíciles que tienen que afrontar las personas de mantenimiento en una planta industrial moderna.

Un subconjunto de las funciones relacionadas o la seguridad si aquellas que tratan con la contaminación del producto y la higiene. Los estándares de funcionamiento asociados por lo general se especifican rigurosamente dando lugar a rutinas de mantenimiento estrictas y abarcativas (limpieza y prueba/validación).

- **Control**

En muchos casos, los usuarios no solo quieren que los activos cumplan con sus funciones con un determinado estándar de funcionamiento, sino que también desean regular dicho funcionamiento. Estas expectativas se extractan en funciones separadas.

Las formas de medición o de *feedback* son un subconjunto importante de las funciones de control. Estas incluyen funciones que dan al operador informaciones en tiempo real de las condiciones del proceso (manómetros, indicadores, axiometros y paneles de control) o que registran dicha información para un análisis posterior (dispositivos de grabación análogos o digitales, cajas negras de aviones, entre otros). Los estándares de funcionamiento asociado, con estas funciones no solo se relacionan con la facilidad con la que se podría leer y asimilar o recuperar la información, sino que también se relaciona también con hacerlo con precisión.

- **Confort**

La mayoría de las personas esperan que sus activos no causen ansiedad, molestias o incomodidad. La función “confort” contiene este tipo de expectativas ya que los

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

diccionarios más importantes, definen confort como la ausencia de ansiedad, molestias o incomodidad, etc. (estas expectativas también pueden clasificarse como ergonómicas).

Muy poco confort afecta la motivación, por lo que es indeseable desde el punto de vista humano. También es malo para el negocio ya que la gente que está ansiosa o siente dolores es más propensa a tomar decisiones incorrectas. Los sistemas de control mal explicados, poco confiables o incompresibles causan ansiedad, sean estos para aplicaciones domésticas o para refinerías de petróleo. Los activos que son incompatibles con la gente que la usa especialmente son los causantes de molestias.

- **Apariencia**

En muchos actos la apariencia engloba una función secundaria específica.

- **Protección**

A medida que los activos físicos se vuelven más complejos, la cantidad de formas en las que puede fallar crece de forma casi exponencial. Esto trajo un crecimiento en la severidad y variedad de las consecuencias de las fallas. Para eliminar (o al menos reducir) estas consecuencias cada vez se usan más dispositivos de protección automático. Estos dispositivos pueden trabajar de cinco maneras diferentes.

- Alertando al operario en caso de condiciones de funcionamiento anormales (luces de advertencia y alarmas sonoras que responden a los efectos de falla. Los efectos se monitorean con distintos tipos de sensores incluyendo interruptores de nivel, celda de carga, dispositivos de sobrecarga o velocidad, sensores de vibración o de proximidad, interruptores de temperatura y de presión).
- Apagando el equipo cuando se produce la falla (estos dispositivos también responden a los efectos de falla, usan el mismo tipo de sensores y a veces los mismos circuitos que las alarmas, pero con diferentes configuraciones).
- Eliminando o minimizando las condiciones anormales que siguen a la falla y que de otra manera causarían un daño mucho mayor (equipamiento para combatir incendios, válvulas de seguridad, discos de ruptura, equipamiento médico de emergencia)

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

- Reemplazo a la función que ha fallado (cualquier clase de equipo sustituido, componentes estructurales redundantes).
- Previniendo la aparición de situaciones peligrosas (protecciones). El propósito de estos dispositivos es el de proteger de las fallas a la gente, proteger a las maquinas o proteger al producto y a veces al proteger a todos al mismo tiempo.

Los dispositivos de protección aseguran que la falla funcional protegida será mucho menos seria que si no tuviera protección. La existencia de protección también significa que los requerimientos de mantenimiento de la función protegida serán mucho menos estilos de o que podrían ser si no estuviese protegida.

El mantenimiento de dispositivos de protección especialmente aquellos dispositivos sin protección inherente. De cualquier forma, este ejemplo muestra dos puntos fundamentales:

- Que muchas veces los dispositivos de protección necesitan más mantenimiento de rutina que los dispositivos a los que protegen.
- Que no podemos desarrollar un programa de mantenimiento sensato par la función protegida sin considerar al mismo tiempo es requerimientos de un mantenimiento del dispositivo de protección.

Solo se pueden considerar los requerimientos de mantenimiento de los dispositivos de protección sin comprendemos sus funciones. Cuando listamos las funciones de cualquier activo, debemos listar las funciones de todos los dispositivos de protección.

El último punto a tener en cuenta respecto a los dispositivos de protección es la forma en que deben ser descritas. Estos dispositivos actúan por excepción (en otra palabra cuando algo anda mal), por lo cual es importante describirlo correctamente.

- **Economía – eficiencia**

Cualquier que use un activo de la clase que sea, tiene recursos financieros. Esto lleva a poner un límite a la inversión en su operación y mantenimiento. Cuando están preparados para gastar está determinado por una combinación de tres factores:

- La cantidad de sus recursos financieros actuales
- Cuanto quieren lo que sea el activo hará por ellos
- La disponibilidad y el costo de las formas alternativas de alcanzar el mismo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Desde el punto de vista contexto operativo, las expectativas funcionales relativas a los costos usualmente se expresan como repuestos de gastos.

Funciones superfluas

A veces se encuentran ciertos componentes u objetos que son completamente superfluas (que sobran). Esto pasa generalmente cuando los equipos se han modificado frecuentemente a lo largo del tiempo o bien cuando el equipo fue sobre especificado. (Estos comentarios no se aplican a componentes redundantes incluidos por razones de seguridad, sin no a componentes que no cumplen un propósito en el contexto operacional actual).

No es raro encontrar que en un sistema complejo entre el 5 y el 20 % de los componentes sean superfluos en el sentido descrito anteriormente, si eliminamos estos componentes, eliminaremos también los problemas de mantenimiento y los costos que traen aparejados. No obstante, antes de que esto pueda hacerse con confianza, debemos identificar y entender con claridad la función de estos componentes.

- **Usando la categoría ESCAPE**

Siempre habrá duda sobre la categoría ESCAPE a la cual pertenecen algunas funciones en la práctica no importa la clasificación precisa. Lo que importa es que identifiquemos y definamos todas las funciones que el usuario requiere. La lista de categorías sirve como una ayuda memoria para asegurar que no olvidamos de incluir ninguno de esos requerimientos. (Moubray, 2004)

2.8 COMO SE DEBEN LISTAR LAS FUNCIONES

Una definición funcional escrita adecuadamente, especialmente si es totalmente cuantificada, define con precisión los objetivos de desempeño. Esto asegura que todos los involucrados conocen exactamente que se quiere, lo que a su vez asegura que las actividades de mantenimiento, permanezcan enfocadas hacia las necesidades reales de los usuarios o clientes. También ayuda en absorber variaciones originadas por cambios de expectativas sin hacer obsoleto el emprendimiento.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.8.1 Fallas Funcionales

El proceso de RCM implica la formulación de siete preguntas acerca del activo seleccionado:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera puede fallar dichas funciones? (Falla funcional)
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional? (modos de falla)
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla? (efectos de falla)
- ¿En qué sentido es importante cada falla? (consecuencias de falla)
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

2.8.2 Falla

Las personas y las organizaciones adquieren activos físicos porque desean que realicen una tarea. No solo eso, sino que también esperan que cumplan sus funciones con relación en ciertos estándares aceptables de funcionamiento.

Se explicó que la capacidad inicial de un activo debe ser mayor que el estándar de funcionamiento deseado, de manera de poder cumplir en los usuarios desee y admitan el desgaste. Por esto mientras la capacidad del activo continúe superando el estándar de funcionamiento deseado, el usuario va a estar satisfecho.

Sin embargo, por alguna razón es incapaz de hacer lo que el usuario desea, este considera que ha fallado.

Esto lleva a la definición básica de falla:

Se define “falla” como la incapacidad de cualquier activo de hacer aquello que sus usuarios quieren que haga. Esto se muestra en la ilustración 6. (Moubray, 2004).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

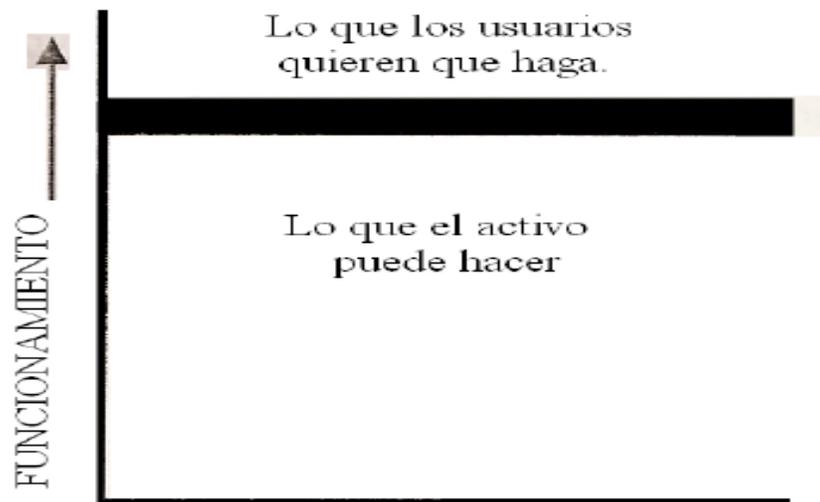


Ilustración 6. Estado genera falla (Moubray, 2004).

2.8.3 Fallas Funcionales

La definición citada trata del concepto de falla de la manera que se aplica a un activo como un todo. En la práctica esta definición es un poco vaga ya que no distingue claramente entre el estado de falla (falla funcional) y los eventos que causan este estado de falla (modo de falla). También resulta simplista, ya que no tiene en cuenta el hecho de cada activo tienen más de una función y por lo general tiene más de un estándar de funcionamiento deseado. Las implicaciones se estudian en los siguientes párrafos.

- **Funciones y Fallas**

Hemos visto que si un activo no hace aquello que los usuarios quieren que haga, ha fallado. También se vio que cualquier cosa que se deba hacer se define como una función y que cada activo tiene más de una y por lo general varias funciones diferentes. Como es posible que fallen todas y cada una de esas funciones, se deduce que todo activo puede ser afectado por diversos estados de falla diferentes.

Esto muestra porque es más preciso definir una falla en términos de pérdida de funciones específica, más que la falla del activo como un todo. También muestra por que el proceso RCM utiliza el término de “falla funcional” para describir estados de falla y no a la falla por sí sola, sin embargo, para completar la definición de falla,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

debemos también observar detenidamente el tema de los estándares de funcionamiento.

2.9 ANALISIS DE MODO DE FALLAS Y SUS EFECTOS (AMFE)

Al definir las funciones y los parámetros de funcionamiento deseados de cualquier activo físico, definimos los objetivos de mantenimiento para dicho activo. También se vio que definiendo fallas funcionales podemos determinar exactamente que queremos decir con “falla”. Estas dos cuestiones son consideradas por las primeras dos preguntas del proceso RCM.

Las siguientes dos preguntas buscan identificar aquellos modos de falla que sean posibles causantes de cada falla funcional y determinar los efectos de falla asociados con cada modo de falla. Esto se realiza a través de un análisis de modo de falla y efectos (AMFE), para cada falla funcional. (Aladon, 1999)

2.9.1 ¿Qué Es un Modo De Falla?

Un modo de falla podía ser definido como cualquier evento que pueda causar la falla de un activo físico (o sistema o proceso). Pero sin embargo es simplista aplicar el término de falla a un activo físico de forma general, es más preciso distinguir entre una “falla funcional” (un estado de falla) y un “modo de falla” (un evento que puede causar un estado de falla). Esta distinción lleva a una definición más precisa de un modo de falla, como ser:

Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional.

La mejor manera de demostrar la conexión y diferencia entre los estados de falla y los eventos que podrían causarlos es primero hacer un listado de fallas funcionales y luego registrar los modos de falla que podrían causar cada falla funcional.

La descripción debe ser lo suficientemente detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada, pero no tanto como para perder mucho tiempo en el propio proceso de análisis.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Los verbos que se usan para describir los modos de falla deben elegirse cuidadosamente, ya que tiene una influencia muy fuerte en el proceso posterior de selección de políticas de manejo de fallas. Por ejemplo, deben usarse en moderación expresiones como “falla” o “rotura” o “mal funcionamiento de”, ya que dan muy poca información sobre cuál podría ser la manera adecuada de manejar esta falla. El uso de verbos más específicos permite seleccionar la política más adecuada dentro de un rango completo de posibilidades. (Moubray, 2004).

2.9.2 ¿Por Qué Analizar Los Modos De Falla?

La mayoría de los gerentes no se sienten muy cómodos al pensar en el tiempo y en el esfuerzo involucrado en la identificación de todos los modos de falla, muchos deciden que ese tipo de análisis es trabajoso y abandonan la idea por completo. Pero cuando hacen esto pasan por alto que el día a día el mantenimiento es realmente manejado a nivel de modo de falla. Por ejemplo: Las ordenes de trabajo o pedidos de trabajo surgen para cubrir todos de fallas específicos.

El planeamiento del mantenimiento diario se realiza para tratar modos de falla específicos.

En la mayoría de las empresas las industrias el personal de mantenimiento y las operaciones tienen reuniones de cada día. Las reuniones consisten casi siempre en acerca de lo que ha fallado, que las causo, quien es el responsable, que se está haciendo para reparar el problema y a veces que puede hacerse para prevenir que vuelva a suceder. Entonces casi toda la reunión se destina a hablar acerca de modos de falla.

Generalmente, los sistemas de registro de la historia técnica registran modos de falla individuales (o al menos que fue hecho para rectificarlos).

En la mayoría de estos casos, los modos de falla son discutidos, registrados y manejados luego de a ver ocurrido. Tratar fallas después de haya ocurrido es por supuesto la esencia del mantenimiento correctivo.

Por otro lado, el mantenimiento proactivo significa manejar los eventos antes de que ocurran o al menos decidir cómo serían manejados si llegan a ocurrir. Por ello debemos saber por adelantado que eventos pueden ocurrir. Los “eventos” en este contexto son los modos de falla. Entonces si deseamos aplicar un verdadero

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

mantenimiento proactivo a cualquier activo físico, debemos tratar de identificar todos los modos de falla que puedan afectarlo. El ideal sería poder identificarlo antes de que ocurriesen o al menos antes de que vuelvan a ocurrir.

Una vez cada modo de falla ha sido identificado es posible considerar que sucede cuando ocurre, evaluar las consecuencias y decidir si debiera hacerse algo para anticipar, prever, detecta, corregir o hasta rediseñar.

Entonces el proceso de selección de tareas de mantenimiento y gran parte del manejo de estas tareas, se lleva a cabo al nivel de modo de falla.

El nivel al que manejamos el mantenimiento de cualquier activo físico no es el nivel del activo como un todo, ni el nivel de componente, si no el nivel de cada modo de falla, entonces antes de desarrollar una estrategia sistemática de un manejo proactivo de mantenimiento para cualquier activo físico, debemos identificar cuáles son esos modos de falla (o cuales podrían ser).

Todos estos puntos indican que la identificación de modos de falla es uno de los pasos más importantes en el desarrollo de cualquier programa que pretenda asegurar que el activo físico continúe cumplimiento sus funciones. (Moubray, 2004).

2.10.3 Categoría De Modos De Falla

Algunas personas consideran que el mantenimiento se hace únicamente para combatir el deterioro. Otras van un paso más allá y dicen que el AMFE llevado a cabo en un activo solo debe considerarse aquellos modos de falla causados por deterioro e ignorarse otras categorías de modo de falla (como los errores humanos y de diseño). Desgraciadamente, esto no es correcto, ya que por lo general el deterioro desafortunadamente lleva al desarrollo de una estrategia de mantenimiento incompleta. Pero si aceptamos que mantenimiento significa asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que los usuarios quieren que haga, entonces un programa de mantenimiento global debe tener en cuenta todos los eventos que tiene posibilidad de amenazar esa funcionalidad. (Moubray, 2004).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

2.9.3 ¿Cuánto Detalle?

Ya se mencionó anteriormente que los modos de falla deben ser descritos con detalle suficiente como para que sea posible seleccionar una estrategia adecuada de manejo de falla, pero no con tanto detalle para que se pierda demasiado tiempo en el proceso de análisis.

Los modos de falla deben ser definidos con el detalle suficiente como para posibilitar la selección de una adecuada política de manejo de falla.

En la práctica, puede ser sorprendentemente difícil encontrar un nivel de detalle adecuado, no obstante, es muy importante encontrarlo, ya que el nivel de detalle afecta profundamente la validez del AMFE y la cantidad de tiempo que requiere hacerlo. Si se hace un poco de detalle y/o pocos modos de falla pueden llevar a un análisis superficial y hasta peligroso, por lo contrario, demasiados modos de falla o demasiado detalle hacen que el proceso RCM lleve mucho más tiempo que el necesario. En un caso extremo, el detalle excesivo puede hacer que el proceso tome dos y hasta tres veces más tiempo que el necesario (esto se conoce como parálisis por análisis). (Moubray, 2004).

2.10.5 Efectos De Falla

El cuarto paso del proceso de revisión de RCM consiste en hacer una lista de lo que de hecho sucede al producirse cada modo de falla. Esto se denomina efecto de falla.

Los defectos de falla describen que pasa cuando ocurre un modo de falla (notemos que efecto de falla no es lo mismo que consecuencia de falla. Un efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué ocurre?, mientras que una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿Qué importancia tiene? La descripción de los efectos debe incluir toda información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla, deben hacerse constar los siguientes:

- La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla.
- Las maneras (si las hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

- Las maneras (si las hubiera) en que afecta a la producción o a las operaciones.
- Los daños físicos (si los hubiera) causados por falla.

Que debe hacerse para reparar la falla.

Si hacemos esto correctamente, no podemos empezar suponiendo que se debe estar realizando ya algún tipo de mantenimiento proactivo, por ello el defecto las fallas deben describirse como si no se estuviera haciendo nada para impedirlos.

2.9.4 Evidencia de falla

Los efectos de la falla deben describirse de tal forma que permita a los analistas RCM decidirse, en circunstancias normales, será evidente para los operarios la pérdida de función causada por el modo de falla actuando por sí solo.

Por ejemplo, la descripción debe indicar si las fallas hacen que se enciendan alarmas luminosas o de sonido o ambas y si el aviso se produce en el panel local o en la sala de control o en ambos.

Asimismo, la descripción de la falla debe indicar si la falla va acompañada o precedida por efectos físicos obvios, tales como ruidos fuertes, incendio, humo, fugas de vapor, olores extraños o manchas de líquido en el suelo. También debe indicar si la máquina se detiene como consecuencia de la falla.

Cuando se describen los efectos de falla, no debe prejuizarse la evolución de las consecuencias de la falla, usando palabras como “oculto” o “evidente”, esto es parte del proceso de evaluación de las consecuencias, si se usa de manera prematura podría influir incorrectamente sobre esa evaluación.

Finamente de tratarse de dispositivos protectores, la descripción debe indicar brevemente que pasaría si falla el dispositivo protegido al mismo tiempo que el dispositivo de seguridad.

- **Riesgos para la Seguridad y el Medio Ambiente**

El diseño de las plantas industriales modernas ha evolucionado de tal forma que solo una pequeña proporción de los modos de falla presentan amenaza directa para

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

la seguridad o el medio ambiente. No obstante, si existe una posibilidad de que alguien se lesione o muera como consecuencia directa de una falla o que se infrinja una normatividad o reglamento del medio ambiente. La redacción del efecto de falla debe explicar cómo esto podría ocurrir.

Algunos ejemplos incluyen:

- Incremento de riesgos de incendio y explosiones.
- El escape de productos químicos peligrosos (gases líquidos y sólidos).
- Electrocutación
- Caída de objetos
- Explosiones o estallidos (especialmente recipientes presurizados y sistemas hidráulicos).
- Exposición a materiales calientes o fundidos.
- Desintegración de gran componente rotativo.
- Descarrilamiento o accidentes vehiculares.
- Exposición a objetos cortantes o maquinas en movimiento.
- Incremento en los niveles de ruido.
- Colapso de estructuras.
- Crecimiento bacteriano.

El tiempo de interrupción de la máquina, como es definido, puede variar muchas entre distintas ocasiones en que se da la falla. Las consecuencias más serias generalmente son causadas por las paradas más largas. Ya que estas consecuencias son más graves para nosotros, el tiempo muerto que se registra en las hojas de información debe basarse en el “peor caso típico”

Es posible reducir las consecuencias operacionales de la falla tomando medidas para acotar el tiempo muerto. Lo más común es reducir el tiempo que toma encontrar los repuestos. De cualquier manera, en esta etapa estamos en el proceso de definir el problema con lo que el análisis debe basarse (al menos al principio) en las políticas actuales de compra de repuestos.

Nótese que, si las fallas afectan las operaciones, es más importante el establecer el tiempo muerto que el tiempo medio para reparar la falla (TMR) por dos razones: en la mente de muchas personas el 2 tiempo de reparación” si esto se usa en vez de “tiempo muerto”, podría impedir la subsecuente asignación de consecuencias operacionales de falla. (Moubray, 2004).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Debemos basar la asignación de consecuencias sobre el “peor caso típico” y no en el “promedio” como se discutió anteriormente.

Si la falla no causa interrupción de proceso, debe ser registrado el tiempo promedio que toma reparar la falla. Esto puede ayudar a establecer los requerimientos de mano de obra.

Además, el tiempo muerto, se debe listar otra forma mediante la cual la falla podría tener un efecto significativo sobre la capacidad operacional del activo. Las posibilidades incluyen:

- Como y cuanto afecta la calidad del producto y el servicio al cliente y de ser así que penalidades financieras origina.
 - Si origina detección de cualquier otro equipo o actividad (o disminuye la velocidad)
 - Si la falla lleva un incremento de costo operativo total además del costo directo de reparación (como ser costo de energía más alto).
- **Que daños secundarios (si existe alguno) son causados por falla.**
 - **Acción Correctiva**

Los efectos de falla también deben indicar que debe hacerse para reparar la falla. Esto debe incluirse cuando se indica el tiempo muerto, como se muestra en los siguientes ejemplos:

- Tiempo muerto para reemplazar los cojinetes, cerca de 4 horas.
- Tiempo muerto para limpiar el bloqueo y resetear el interruptor, aprox. 30 minutos.
- Tiempo muerto para desarmar la turbina y reemplazar el disco, aprox. 2 semanas.

- **FUENTES DE INFORMACIÓN ACERCA DE MODOS Y EFECTOS**

Al considerar donde obtenemos la información necesaria para armar un AMFE (análisis de modos y efectos de falla) completo, debemos recordar ser proactivos. Esto significa que debe dar tanto énfasis a lo que podía ocurrir como a lo que ha ocurrido.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

- El fabricante o proveedor del equipo

Al llevarse acabado un AMFE, la primera fuente de información que nos viene a la mente es el fabricante. Sobre todo, en caso de equipos nuevos. En algunas empresas se llegó al punto donde frecuentemente se les pide a los fabricantes o proveedores que como parte del contrato se incluya un AMFE comprensivo, además de otras cosas, estos pedidos suponen que el fabricante conoce todo lo que necesita saberse acerca de cómo e equipo puede fallar y que pasa cuando el equipo falla.

En realidad, muy pocas veces esto es así.

En la práctica muy pocos fabricantes conocen la operación cotidiana del activo físico. Una vez finalizado el periodo de garantía casi nunca reciben información de los usuarios acerca de que es lo que es lo que falla y por qué. Lo mejor que la mayoría pueden hacer es sacar conclusiones a acerca de cómo sus máquinas están trabajando a partir de una combinación de anécdotas y un análisis de venta de repuestos (excepto cuando ocurre una falla realmente espectacular, en cuyo caso los abogados suelen asumir el papel de los ingenieros. En estos casos por lo general surge una discusión técnica racional y busca de la causa raíz).

Los fabricantes también tienen poco acceso a la información de c contexto operacional del equipo, los estándares de funcionamiento deseado, las consecuencias de las fallas y las habilidades de los operadores y personal de mantenimiento del usuario. En la mayoría de los casos el fabricante no conoce nada acerca de esto temas. Como resultado el AMFE hecho por el fabricante suele ser genérico y altamente especulativo, limitando su valor.

Están involucrado dentro del mantenimiento del equipo en toda su vida útil, ya sea directamente o a través de distribuidores asociados. Por ejemplo, la mayoría de propietarios de vehículos particulares lleva hacer el mantenimiento de sus unidades a los concesionarios que se le vendieron. Estos permiten a los concesionarios proveer fabricantes a una gran cantidad de información sobre fallas.

Se paga para llevar a cabo estudios de confiabilidad sobre prototipos como parte del proceso de abastecimiento. Esto es muy común en adquisiciones militares y bastantes raras en la industria general.

En la mayoría de los casos el cliente encontró que a mejor forma de acceder a la información que posee los fabricantes acerca del comportamiento del equipo es

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

pidiéndole a sus vendedores, técnicos y experimentaos, que trabajen con la gente que eventualmente opera y mantendrá el activo, para desarrollar un AMFE que sea satisfactorios para ambas partes si se toma en cuenta esta sugerencia, los vendedores técnicos deben tener acceso sin restricciones al consejo de un especialista técnico que le ayude a responder preguntas difíciles. El soporte técnico, la confiabilidad, etc. Debe ser tenido en cuenta en el momento en que firma el contrato, con o que todo mundo sabrá que es o que se espera de la otra parte.

Nótese que se sugiere que se usen vendedores técnicos antes que diseñadores, ya que por lo general los diseñadores suelen negarse, admitir que sus diseños pueden fallar, con lo que se reduce una capacidad de ayuda para desarrollar un AMFE.

2.10 MANTENIMIENTO PROACTIVO

2.10.1 Factibilidad Técnica y Tareas Preventivas

Como mencionamos las acciones que pueden tomarse para manejar las fallas pueden dividirse en las siguientes categorías:

- **Tareas proactivas:** estas tareas se llevan a cabo antes que ocurra una falla, con el objetivo de prevenir que el componente llegue a un estado de falla. Abarca lo que común mente se denomina mantenimiento “predictivo y preventivo”. Aunque RCM utiliza los termino de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.
- **Acciones a falta de:** estas se tratan con el estado de falla, son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva efectiva, las acciones a falta de incluyen búsqueda de fallas, rediseño y mantenimiento a rotura.

Estas dos últimas pertenecen a la sexta y séptima pregunta del proceso de decisión básico de RCM:

¿Qué puede hacerse para predecir y prevenir cada falla?

¿Qué sucede si no se puede encontrar una tarea predictiva o preventiva apropiada?

Se estudia el criterio utilizado para decidir si las tareas proactivas son técnicamente factibles. También describen en mayor detalle como decidimos si se merece la pena realizar ciertas categorías de tareas.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Se conoce que vale la pena realizar una tarea proactiva, si esta logra reducir las consecuencias de la falla lo suficiente como para justificar los costos directos o indirectos de hacer la tarea. También se nombró que antes de considerar si merece la pena realizar la tarea, debemos por supuesto determinar si está técnicamente factible realizarla. (Duffuaa, 2005).

La factibilidad técnica de una tarea se define como:

Una tarea es técnicamente factible si físicamente permite reducir o realizar una acción que reduzca las consecuencias del modo de falla asociado a un nivel que sea aceptable al dueño o usuario del activo.

Desde el punto de vista técnico, existen dos temas a tener en cuenta para la selección de tareas proactivas, estos son:

La relación de edad entre componente que se está considerando y la probabilidad de que falle que suceda una vez que ha comenzado a ocurrir la falla.

2.10.2 Edad y Deterioro

Todo activo físico que cumple una función, está en contacto con el mundo real, esto lo lleva a estar sujeto a una variedad de esfuerzos. Estos esfuerzos hacen que el activo físico se deteriore, disminuyéndose su resistencia al esfuerzo. Finalmente, esta resistencia cae al punto en el que el activo físico ya no puede cumplir con el funcionamiento deseado, en otras palabras, falla. Este proceso se ilustra por primera vez y se muestra nuevamente de una manera levemente distinta en la ilustración 7.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

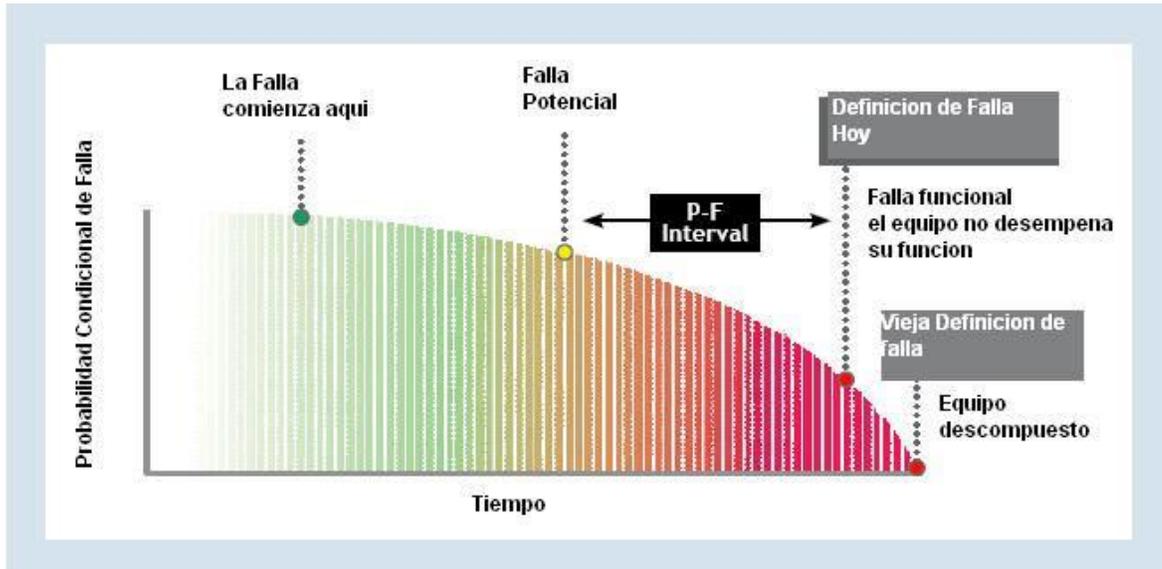


Ilustración 7. Deterioro hasta la falla.

Fuente: (www.reabilityweb.com)

La exposición al esfuerzo es medida de varias maneras incluyendo la cantidad, distancia recorrida, ciclos operacionales cumplidos, tiempo calendario o tiempo de funcionamiento, todas estas unidades están relacionadas con el tiempo, con lo que es común referirse a la exposición total de esfuerzo como la edad del componente. Esta conexión entre el esfuerzo y el tiempo sugiere que debe existir una relación directa entre el grado de deterioro y la edad del componente. Si esto es así, entonces deberíamos decir que el punto en que ocurre la falla también debe depender de la edad del componente, como lo muestra la ilustración 8 sin embargo la figura está basado en las dos presunciones clave:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

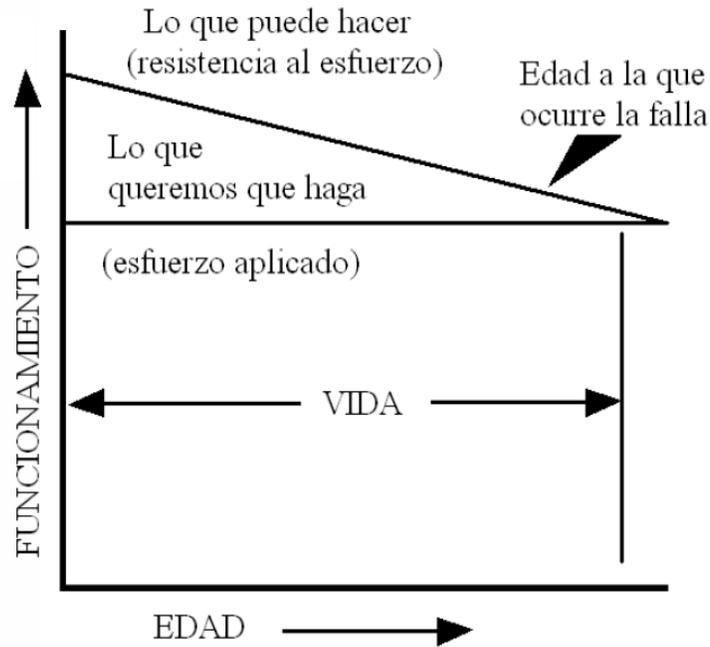


Ilustración 8. Absolutamente predecible (Moubray, 2004).

El deterioro es directamente proporcional al esfuerzo aplicado. El esfuerzo es aplicado consistentemente. Si esto fuera cierto para todos los activos, seríamos capaces de prever la vida de todos los equipos con gran precisión. El punto de vista clásico de mantenimiento preventivo sugiere que esto puede hacerse, todo lo que necesitamos es información suficiente acerca de las fallas. Sin embargo, en el mundo real, la situación no es tan precisa. Considerando una situación en la que haya una relación clara entre la edad y la falla. (Moubray, 2004).

2.10.3 Fallas relacionadas con la edad

Aun componente que parecen idénticos varían su resistividad inicial a la falla sutilmente. La tasa a la cual esta resistencia declina con la edad también varía. Además, no hay dos componentes sujetos idénticos esfuerzos a lo largo de sus vidas. Aun cuando estas variaciones sean muy pequeñas, pueden tener un efecto desproporcionado sobre la edad que falla el componente. En la ilustración 9 se muestra lo que ocurre con dos componentes puestos en servicio con resistencia a la falla similar.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

En este punto de vista respecto de fallas relacionadas con la edad es algo simplista, ya que de hecho hay tres maneras en la que la probabilidad de falla puede aumentar a medida que un componente envejece. Estas se ven en la ilustración 9.



Ilustración 9. Fallas relacionadas con la edad (Moubray, 2004).

Las características de componen los patrones A y B es que ambos muestran un punto en el que hay un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla. El patrón C tiene un incremento constante de la probabilidad de falla, pero no muestra una zona de desgaste definida.

2.11 FALLAS RELACIONADAS CON LA EDAD Y MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Los patrones de falla relacionados con la edad se aplican a componentes muy simples o a componentes complejos que sufren de un modo de falla dominante. En la práctica, común mente se le encuentra bajo las condiciones de desgaste directo (mayormente cuando el equipo entra en contacto directo con el producto). También se les asocia con fatiga, corrosión, oxidación y evaporación. Las características del desgaste ocurren mayormente cuando los equipos entran en contacto directo con el producto. Las fallas relacionadas con la edad también tienden a estar asociadas con la fatiga, la oxidación, la corrosión y la evaporación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

La fatiga afecta a los componentes especialmente a las piezas metálicas que están sujetas a ciclos de carga que tienen una frecuencia razonablemente alta. La tasa y el grado en que la oxidación y la corrosión afectan a un componente, depende de su composición química, del grado de protección que tenga y del medio en que está operando. La evaporación afecta a los solventes y a las fracciones más volátiles de los productos petroquímicos.

Bajo ciertas circunstancias, se dispone de dos opciones preventiva para reducir la incidencia de estos tipos de modos de falla, estas son las tareas de reacondicionamiento cíclico y las tareas de sustitución cíclicas.

2.11.1 Tareas De Reacondicionamiento y Sustitución Cíclica

Los modos de falla que conforman los patrones A o B de la ilustración 9 son más probables que ocurran después del fin de su vida útil. Si una pieza o componente son de los que sobreviven hasta el fin de su vida útil, es posible sacarlo de servicio antes que entre en la zona de desgaste y tomar alguna clase de acción para prevenir que falle o por lo menos para reducir las consecuencias de falla. A veces, esta acción implica hacer algo para restablecer la capacidad inicial de un elemento o un componente que ha sido cambiado. Si hacemos esto a intervalos fijos sin intentar determinar la condición de la pieza o el componente afectado antes de someterlo al proceso de reacondicionamiento, la acción se reconoce como reacondicionamiento cíclico. Específicamente:

- El reacondicionamiento cíclico consiste en acondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento.
- Las tareas de reacondicionamiento cíclico también se conocen con tareas de re trabajos cíclicos. Incluye también revisiones o cambios completos hechos a intervalos preestablecidos para prevenir modos de falla específicos relacionados con la edad.

En el caso de algunos modos de falla relacionados con la edad, simplemente es imposible recuperar la capacidad inicial del elemento o del componente una vez que ha alcanzado el fin de su vida útil. En esto casos, la capacidad inicial solo puede ser restaurada, descartándolo y replazándolo por uno nuevo. En otro caso el reacondicionamiento cíclico de un elemento es étnicamente posible, pero es mucho más costo-eficaz cambiarlo por uno nuevo. En ambos casos; si el elemento o

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

componente se reemplaza por uno nuevo a intervalos fijos sin intentar evaluar la condición del activo viejo, la tarea se conoce como sustitución cíclica.

Las tareas de sustitución cíclica consisten en descartar un elemento componente antes o en el límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento.

Nótese que los términos de reacondicionamiento y sustitución cíclica muchas veces se pueden aplicar exactamente a la misma tarea y el término apropiado depende el nivel al cual se lleva acabo el análisis.

- **La frecuencia de tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica.**

La frecuencia con que se realiza cada tarea de reacondicionamiento cíclico está determinada por la vida útil del elemento. En otras palabras:

Nunca existe una correlación perfecta entre ambiente de prueba y el ambiente de operación. El ensayo de partes que tiene una vida larga hasta la falla es muy costoso y obviamente toma mucho tiempo, por lo general no hay suficiente información como para determinar con confianza las curvas de supervivencia.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

3. METODOLOGÍA

Basándose en los resultados y los estudios de autores de libros sobre esta estrategia del RCM se concluye una propuesta similar, teniendo en cuenta una estrategia más global y con los conceptos puntuales y necesarios para el desarrollo:

- Se hablará con el grupo de ingeniería para poder agendar el tiempo donde se empezará a trabajar sobre la estrategia, ya que es necesario disponibilidad para observar el funcionamiento de la maquina en operaciones normales y también que fallas puedan resultar y como los técnicos actúan para repararla.
- Se realizará unos conversatorios con los operarios para ver las necesidades que ellos día a día van percibiendo debido al continuo contacto, esto servirá para mejorar tanto la calidad del producto, como tiempos perdidos, la seguridad y rebajar los tiempos improductivos por reparación.
- Después de una asesoría y basándose en los libros de mantenimientos, revistas, artículos, entre otras, se realiza una serie de pasos que nos ayudara a elaborar una hoja de AMFE y una hoja de decisiones para la tomar las medidas pertinentes respecto a los problemas que se presentan en esta zona, los pasos son:

3.1 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DE FUNCIONAMIENTO Y FUNCIONES DEL EQUIPO.

Describir cómo funciona el equipo en forma operativa y realizar un despiece para ver su funcionamiento en forma individual.

3.2 DESCRIPCIÓN DE LAS FALLAS FUNCIONALES

Realizar una lista de los trabajos que realiza cada uno de los elementos de la máquina para poder saber que posibles fallas puede tener entre los parámetros normales de trabajo.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

3.3 DESCRIPCIÓN DE LOS MODOS DE FALLA

Reconocer las posibles fallas potenciales de la máquina, asociados con el diseño y el producto, donde se podrá obtener una estrategia, para reducir que ocurra este tipo de fallas potenciales.

3.4 LISTADO DE EFECTOS DE FALLA

Con los modos de falla se realiza una lista de los efectos de falla que pueden ocurrir.

3.5 CONSECUENCIAS DE LAS FALLAS: CATEGORIZACIÓN DE FALLAS EVIDENTES Y OCULTAS

Se determinará con que van relacionado las consecuencias de falla, si tienen que ver con consecuencias de falla, ocultas, seguridad y medio ambiente, operativo, no operativo o evidente.

3.6 ANÁLISIS E IMPLEMENTACIÓN DE TAREAS PROACTIVAS

Con todo lo que se ha consultado empezar a implementar tareas que puedan ejecutarse proactivamente y que a su misma vez generen nuevas ideas de mejora.

3.7 APLICACIÓN DE ACCIONES “A FALTA DE” PARA MODOS DE FALLA SIN TAREA PROACTIVA FACTIBLE

Implementar las acciones a falta de, como búsquedas de falla, rediseño o mantenimiento a rotura, sin tener tareas proactivas asignadas.

3.8 TRATAMIENTO DE MODOS DE FALLA MEDIANTE EL DIAGRAMA DE DECISIÓN

Integrar todos los procesos de decisión en una estructura estratégica, para aplicarla a cada uno de los modos de fallo, poder asentar las preguntas en la hoja de decisiones tales. ¿Cómo, quien lo hará?, ¿qué fallas son los suficientes para ser un rediseño? O ¿en qué caso dejar que la falla ocurra? Entre otras.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

3.9 MODIFICACIÓN DE RUTINAS DE MANTENIMIENTO ACTUALES SEGÚN LOS RESULTADOS DE LA ESTRATEGIA RCM

Por ultimo con todo el estudio estratégico, realizar los cambios pertinentes de las rutinas de mantenimiento con su respectiva lista de chequeo mejorada.

- Realizar e Identificar los problemas que son necesarios para construir una tabla de análisis de modo y efecto de falla (AMFE) donde se hará una descripción de la función, falla, funcional, modo de falla, efecto de falla, patrón de falla, esto se realiza para cada componente de la máquina.
- Con todas las fallas identificadas se elabora una tabla de decisiones, lo cual contiene las soluciones más acertadas y las que se pueden seguir a la hora de un fallo en alguna parte determinada de la máquina, también nos brindara la información de lo que se debe tener a la hora del mantenimiento correctivo.
- Después de elaborar las tablas se hará un seguimiento de lo elaborado y plasmado, para ver el tiempo y hacer un comparativo mediante las tablas de producción el tiempo de producción, referente al tiempo de mantenimiento, si ha mejorado y si la implementación de la estrategia da resultado como objetivo principal que se plasmó al comienzo de este proyecto.

3.10 ZONA DE CORTE Y MODULADO (SCHELLING)

La zona de corte y modulado (schelling), se encuentra ubicada en la planta TABLEMAC MDF ubicada en la zona rural del municipio de Barbosa (ANT), esta zona es la encargada de cortar y modular el tablero MDF, que sale de la línea de crudo, para ser transportado y entregado a los clientes según pedido, lo que no se puede generar un paro de esta esta zona. La maquinaria de esta zona está compuesta por los siguientes elementos:

3.10.1 Area Rip Cut Saw

- **Mesa hidráulica de alimentación:** se encarga de levantar los tableros a la altura que se indique.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

- **Pusher y spindle:** los *spindle* se encarga de medir la cantidad de tableros que se van a modular y los *pusher* son los encargados de llevarlos a la zona de centrado o alineación.
- **Mesa de alineación:** encargados de que el tablero este perfectamente acomodado y no tenga tableros en posiciones incorrectas, es la que le da la diagonal perfecta al tablero.
- **Carro de arrastre o clamps:** mediante este sistema los tableros o “libro” como se le conocen son llevados hasta la zona de corte, por medio de la vía de rodillos.
- **Viga de presión:** aprisionan el libro, para cuando la sierra haga el corte no se muevan y quede el corte paralelo.
- **Rip Cut Saw o Sierra longitudinal:** se encarga de hacerle el corte del canto del tablero para dejarlo a medida requerida a lo ancho.
- **Waste flap:** se encarga de activarse para que el recorte del tablero caiga sobre la tolva vibratoria
- **Tolva vibratoria:** sistema por el cual se lleva los recortes del libro a la zona de *chippeado*.
- **Chipper de martillo:** sistema para triturar los recortes de madera para llevarlo a zona de combustión.
- **Carro de transferencia:** mediante este sistema es trasportado el libro después del corte hacia la segunda mesa de rodillos.

3.10.2 Area Cross Cut Saw

- **Carro transportador #2 o clamps:** mediante este medio se llevan los libros hasta la segunda zona de centrado de paquetes, antes de llegar a la zona de corte.
- **Mesa de elevación neumática:** este sistema hace la función de vía de rodillos, solo que tiene rueda en ambas direcciones cuando se necesita una dirección determinada la mesa se eleva por medio de un sistema neumático.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

- **Mesa de alineación #2:** posicionar los tableros para que no haya errores a la hora del corte.
- **Viga de presión de la Cross Cut Saw:** aprisionan el libro, para cuando la sierra haga el corte no se muevan y quede el corte paralelo.
- **Cross Cut Saw o Sierra transversal:** se encarga de hacer los cortes al libro a la medida requerida.
- **Waste flap:** se encarga de activarse para que el recorte del tablero caiga sobre la banda transportadora
- **Banda transportadora:** se encarga de llevar los recortes sobrantes de los libros modulados hacia la tolva vibratoria.
- **Mesa transportadora:** se encarga de transportar los tableros cortados a la una de alineación.
- **Alineadores laterales:** se encarga de apilar los tableros que se van modulando para ser transportador luego por el carro tenedor.
- **Fork Carriage o Carro tenedor:** mediante este sistema, se llevan los tableros modulados hasta la vía de rodillos que los transporta hasta la zona de embalaje.
- **Alineador longitudinal:** garantiza el buen apilado después de que el carro tenedor descarga libro modulado.
- **Scrapp:** se encarga de liberar el libro o paquete modulado del carro tenedor.
- **Mesa hidráulica de apilado:** los paquetes son arrumados, hasta conformar la cantidad necesaria, para ser evacuados.
- **Vía de rodillos zona embalaje:** se encarga de llevarlos al punto donde son retirados para el zunchado y almacenados en bodega de distribución.

3.11 DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El sistema funciona en automático siempre por medio de unos parámetros que se le ingresan al PLC, dependiendo de la cantidad de tableros y el calibre que se desean modular, también tiene la función de manual, pero solamente es para funciones de mantenimiento o algún atasco o inconveniente en la producción.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

La zona de corte y modulado (Schilling) está compuesto de los siguientes activos físicos:

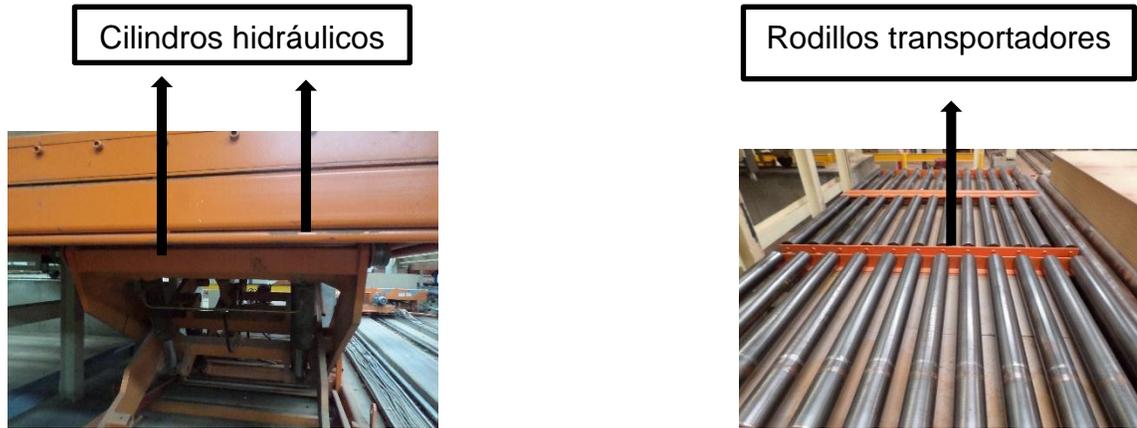


Figura 1. Mesa hidráulica de alimentación. Fuente: Autor.

Estructura conformada por unos rodillos, que son accionados por un motor-reductor para el transporte de tableros, a la vez cuenta con un sistema hidráulico que hace que la mesa sube y baje por medio de unos cilindros hidráulicos.

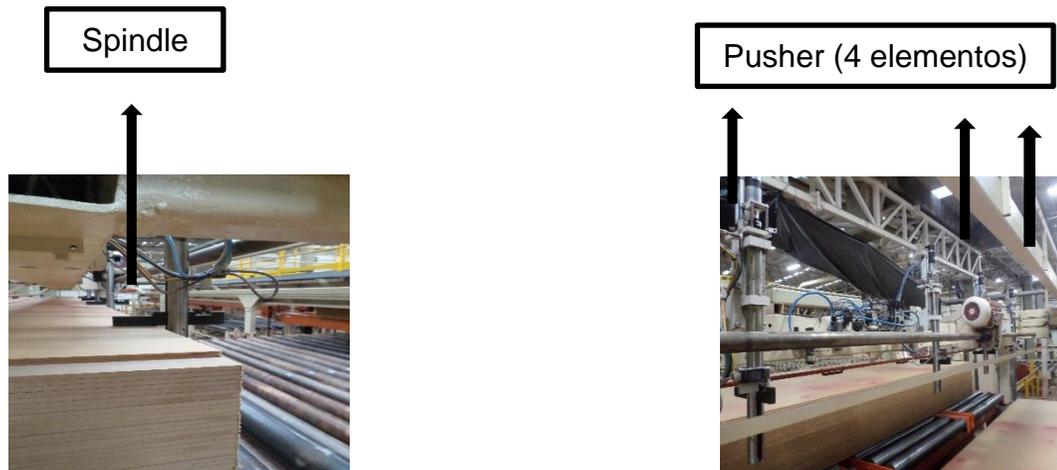


Figura 2. Pusher y Spindle. Fuente: Autor.

Lo conforman 4 cilindros y en medio tienen un spindle que es movido por medio de unos servomotores y son los que se encargan de medir la cantidad de tableros que van a ser empujados por los cilindros hasta la zona de centrado.

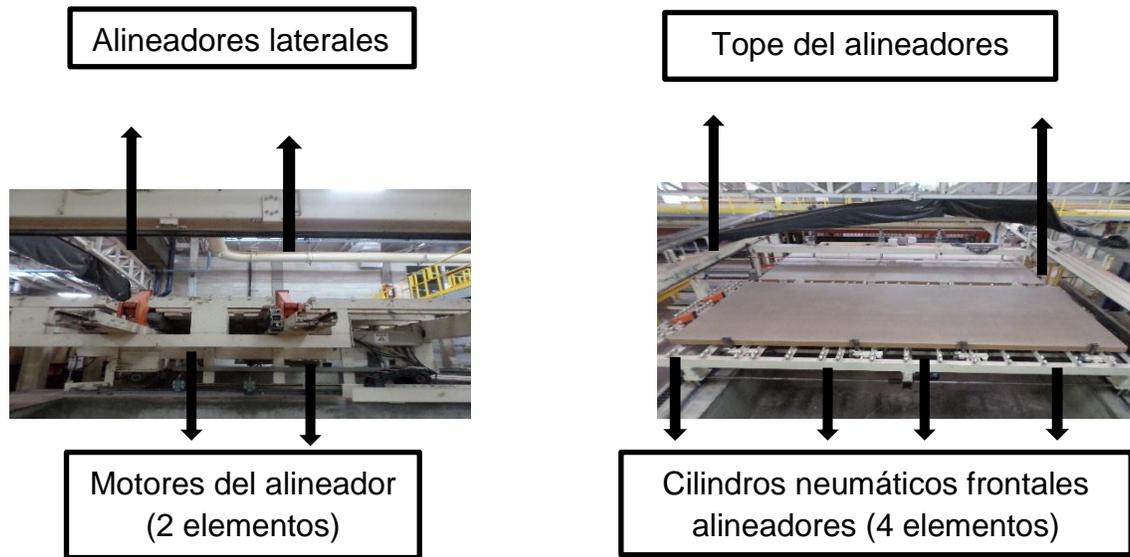


Figura 3. Mesa de alineación. Fuente: Autor.

zona que tiene unos cilindros, que son accionados por unas cadenas y dos motoredutores, que se encargan de presionar los tableros o libros contra un tope asegurándose que estos queden correctamente alineados y aseguren la diagonal perfecta es muy importante asegurar esta diagonal.

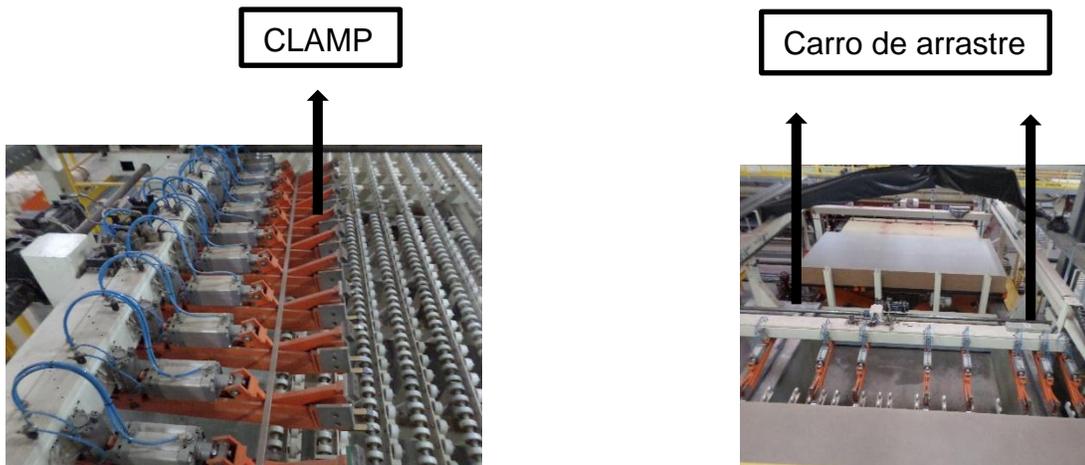


Figura 4. Carro de arrastre o los Clamps. Fuente: Autor.

Lo conforman 8 clamps, que están sujetos a un soporte a lo ancho, estos clamps funcionan con un cilindro neumático cada uno el cual permite subir y bajar el brazo o clamps para abrazar o sujetar los tableros ya centrados, para trasportarlos a la zona de corte, evitando que los tableros se desorganicen.

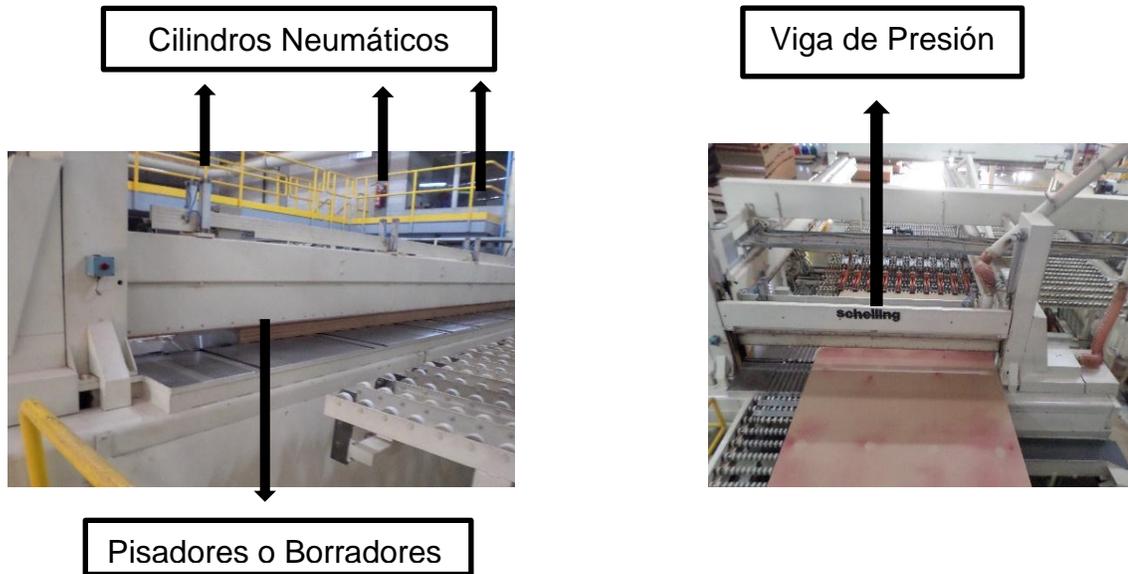


Figura 5. Viga de presión área Rip Cut Saw. Fuente: Autor.

un sistema conformado por una viga ancha, que tiene una goma (borrador) al final con que ejerce presión al tablero para no tallarlo y a su vez es accionada por unos cilindros neumáticos que se encarga de bajarla y subirla cada vez que termine la función requerida.

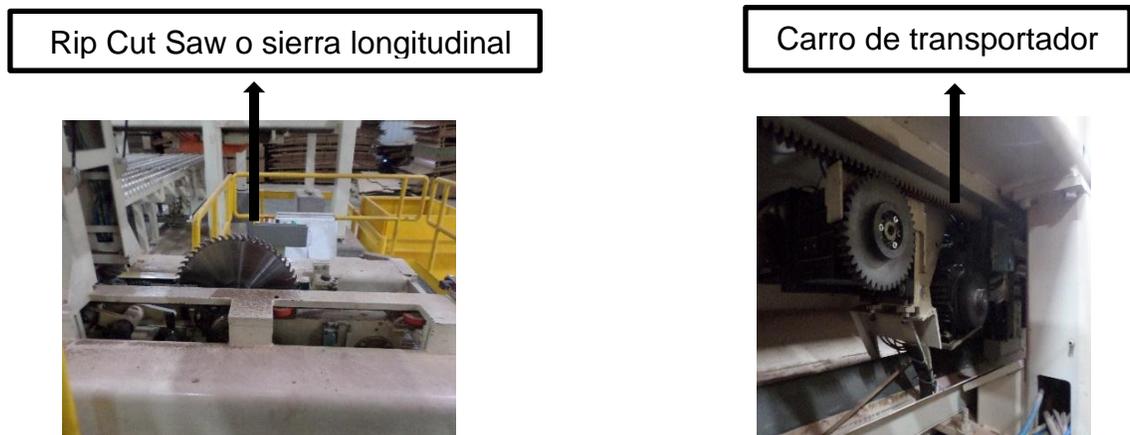


Figura 6. Rip Cut Saw o sierra longitudinal. Fuente: Autor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Está conformado por un carro transportador accionado por un moto-reductor, que tiene una cierra accionada por un motor y es encargada de hacer el primer corte a lo ancho del tablero, en las dos caras.

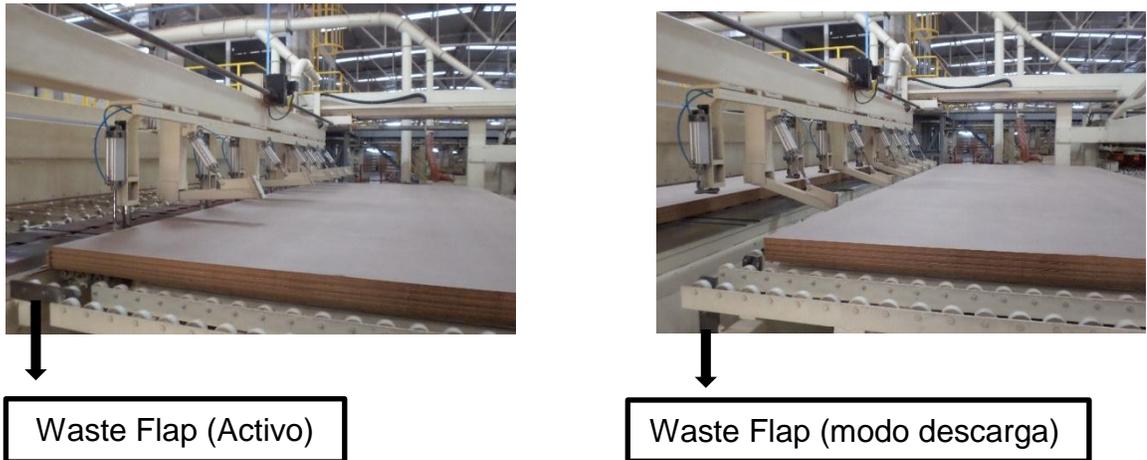


Figura 7. Waste Flap. Fuente: Autor.

Es un sistema que funciona de puente para que el libro modulado pase, pero antes de pasar el puente se desactiva por medio de cilindros neumáticos, para dejar caer los recortes a la tolva vibratoria.



Figura 8. Tolva Vibratoria. Fuente: Autor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

es un sistema conformado por una bandeja metálica de gran longitud, apoyadas sobre unas bases de teflón que hacen a la vez de resorte, el movimiento generado por un motor y una biela excéntrica, la cual produce una vibración que genere que los recorte se desplacen hacia delante para evacuarlos.

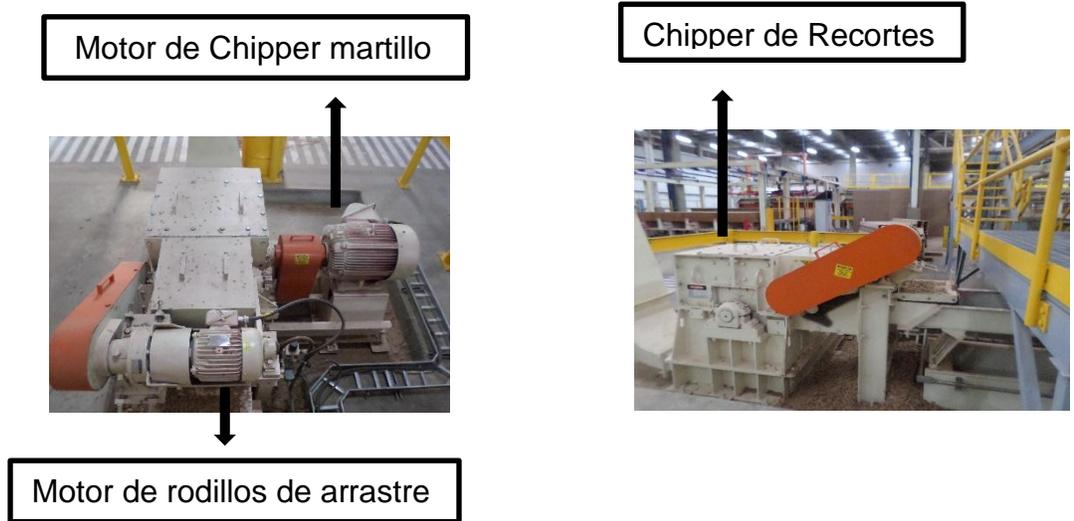


Figura 9. Chipper de recorte. Fuente: Autor.

Unidad conformada, por un motor que hace girar un rotor encontrado en el interior de una carcasa, adentro de la carcasa está el rotor lleno de puntas de acero estas trituran los recortes de madera, también a la entrada de la carcasa del Chipper se encuentra unos cilindros que abren y cierran de acuerdo a la cantidad de madera que le ingrese.

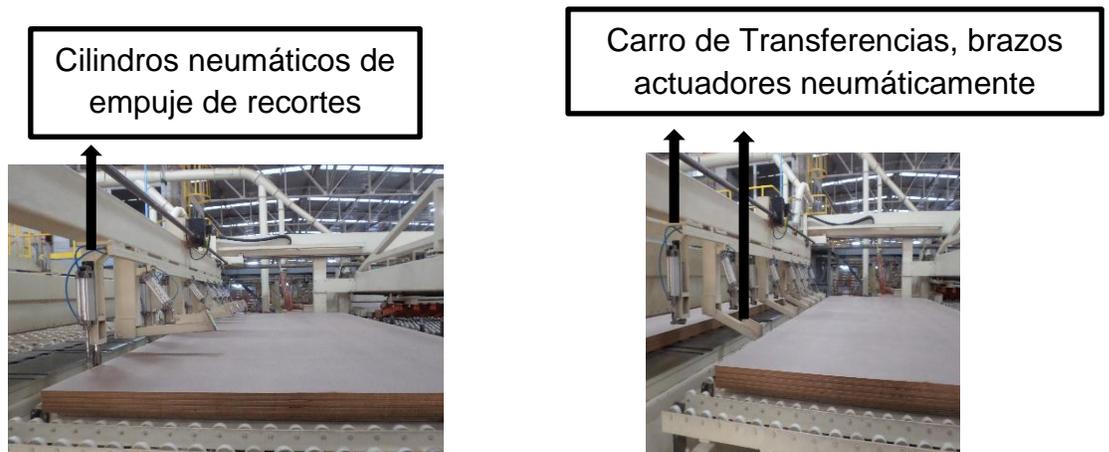


Figura 10. Carro De Transferencia. Fuente: Autor

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

sistema, que tiene una viga a lo ancho que se desplaza por medio de un motor-reductor, este a su vez tienen unos cilindros que entran y salen por medio de un sistema neumático y desplaza el tablero hasta el área de la Cross Cut Saw.



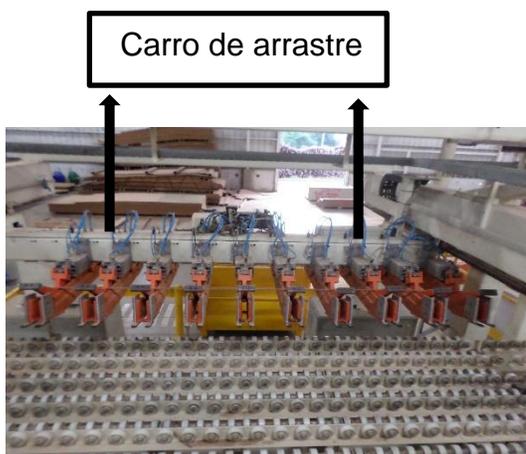
Sistema neumático para el levante de la mesa transportadora



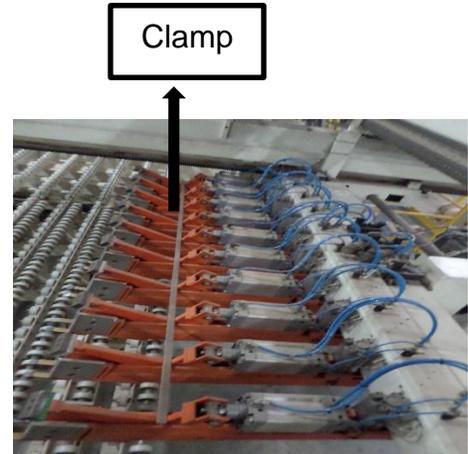
Ruedas de teflón de la mesa de levante

Figura 11. Mesa De Elevación. Fuente: Autor.

Estructura conformada por unos soportes que se activan neumáticamente, para la transición del paquete de una zona a otra. También tiene unas ruedas de teflón la cual ayuda a que el transporte de los tableros sea más fácil.



Carro de arrastre



Clamp

Figura 12. Carro De Arrastre o De Clamps. Fuente: Autor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Lo conforman 8 clamps, que están sujetos a un soporte a lo ancho, estos clamps funcionan con un cilindro neumático cada uno el cual permite subir y bajar el brazo o clamps para abrazar o sujetar los tableros ya centrados, para trasportarlos a la zona de corte, evitando que los tableros se desorganicen.

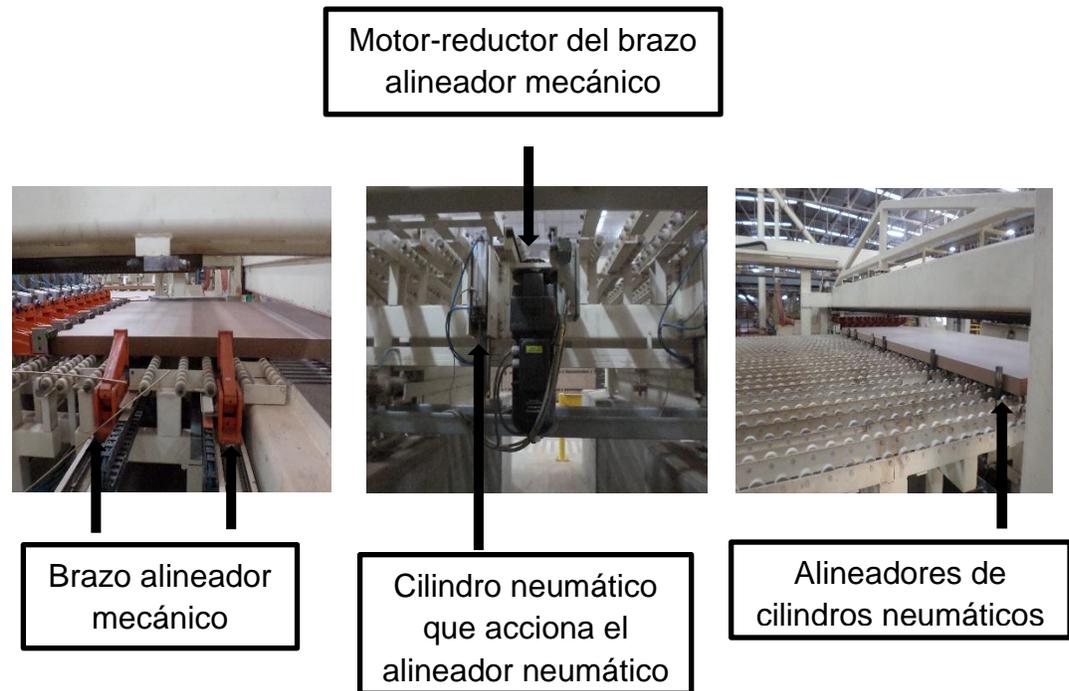
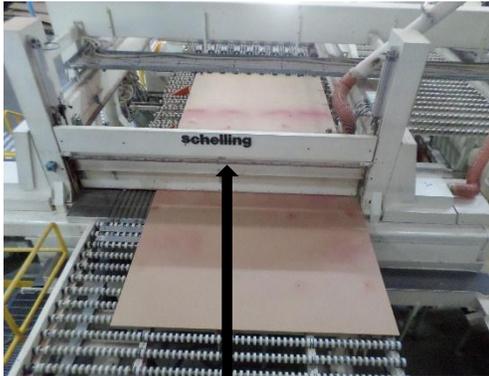


Figura 13. Mesa De Alineación #2. Fuente: Autor.

Zona que tiene unos cilindros, que son accionados por unas cadenas y dos moto-reductores, que se encargan de presionar los tableros contra un tope asegurándose que estos queden correctamente alineados

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	



Viga de presión



Pisadores o borradores

Figura 14. Viga De Presión Cross Cut Saw. Fuente: Autor.

Un sistema conformado por una viga ancha, que tiene una goma al final con que ejerce presión al talero para no tallarlo y a su vez es accionado por unos cilindros neumáticos que se encarga de bajarla y subirla cada vez que termine la función requerida.

Cross Cut Saw o sierra transversal



Carro transportador



Figura 15. Sierra Transversal. Fuente: Autor.

Está conformado por un carro trasportador accionado por un moto-reductor, que tiene una cierra que es accionada por un motor y se encarga de hacerle el primer corte a lo ancho del tablero, en las dos caras.



Waste Flap (activo)



Waste Flap (desactivo)

Figura 16. Waste Flap. Autor: Fuente.

Un sistema que funciona de puente para que el paquete modulado pase, pero antes se desactiva por medio de cilindros neumáticos, para dejar caer los recortes a la banda transportadora.

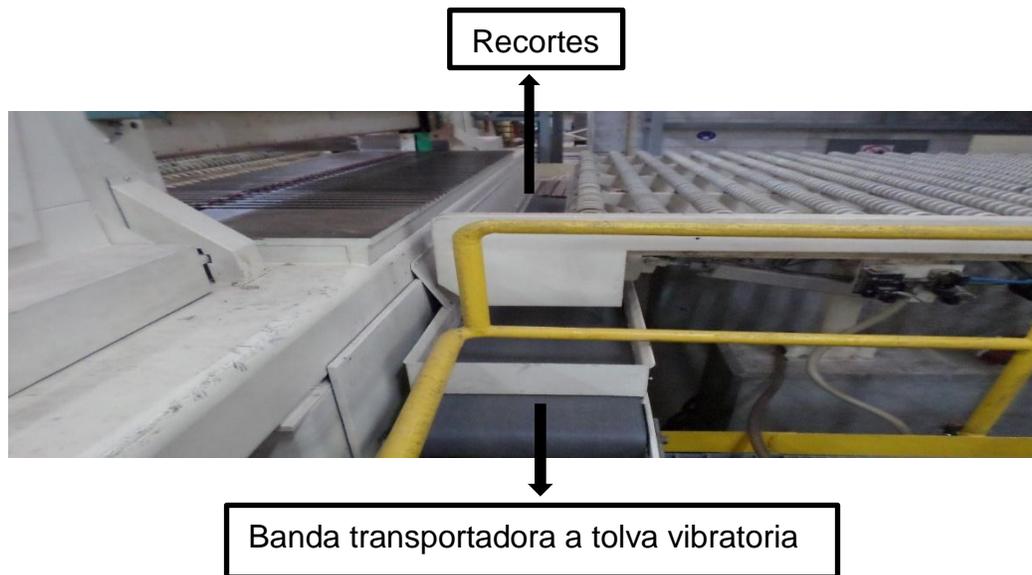


Figura 17. Banda Transportadora. Fuente: Autor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Un sistema conformado, por una banda que es accionada por un moto-reductor, eta soportada por una estructura y unos rodillos, esta se encarga de llevar el material que sobra de los recortes del libro hacia la tolva vibratoria.

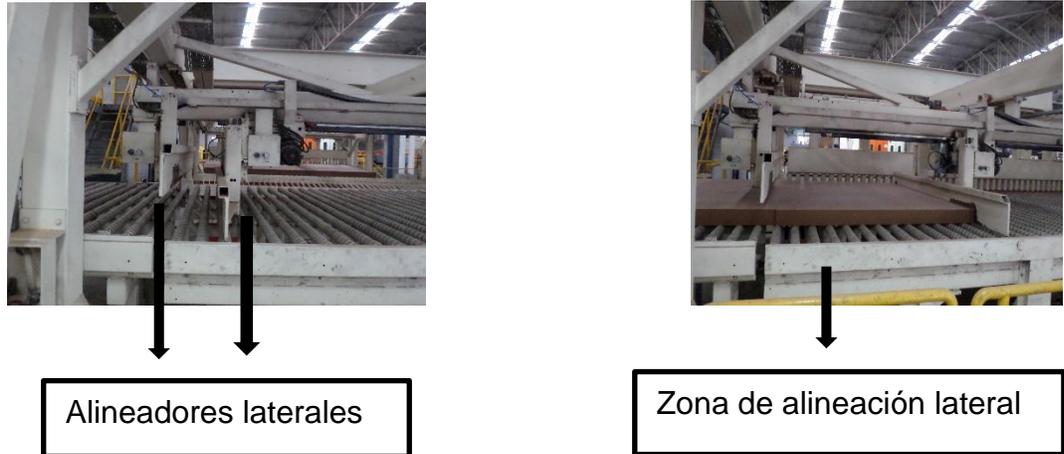


Figura 18. Alineadores Laterales. Fuente: Autor.

estructura conformada por una placa metálica que funciona de tope o centrador, esta placa es accionada por un cilindro hidráulico que sube o baja, está se posiciona sobre unas guías que se desplazan a lo largo de una viga por medio de un moto-reductor, para un correcto apilamiento de los tableros modulados.

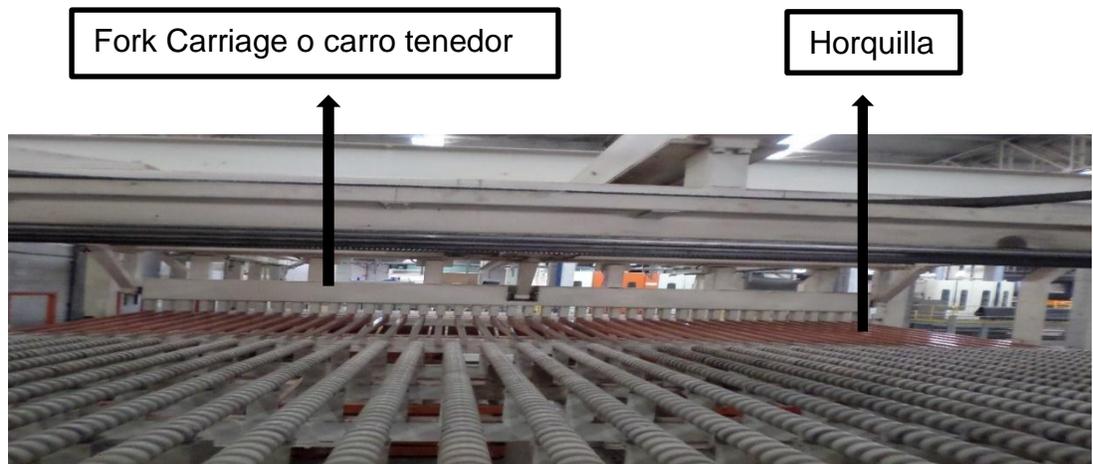


Figura 19. Fork Carriage o Carro Tenedor. Fuente: Autor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Un sistema parecido al de las montacargas, tienen varias horquillas sujetas a una viga a lo ancho, las horquillas pueden subir y bajar por medio de un sistema neumático y a su vez se desplazan por unas guías a lo largo por medio de un motor-reductor, para apilar los tableros en la mesa de levante final.

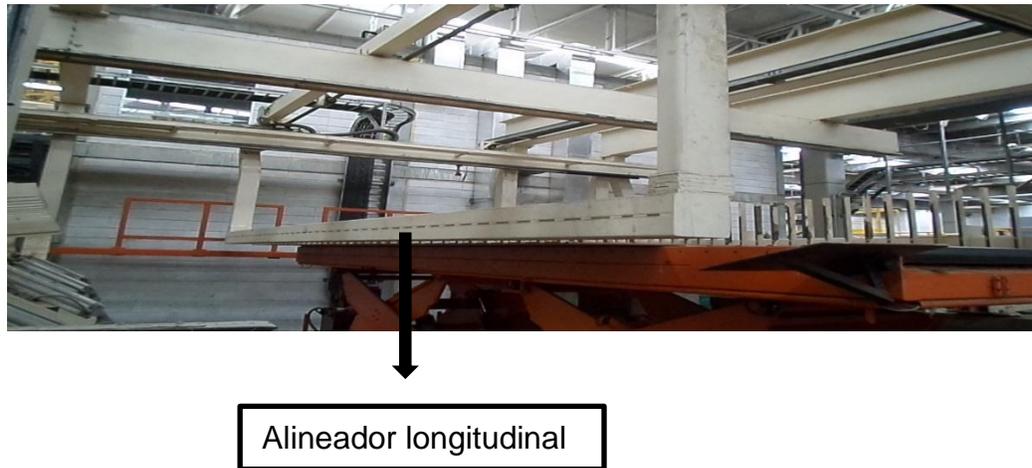


Figura 20. Alineador Longitudinal. Fuente: Autor.

Una estructura en u, se desplaza por unas guías. Hace la función de apilar correctamente el paquete que acaba de descargar, el carro tenedor, sobre la mesa hidráulica de apilado.

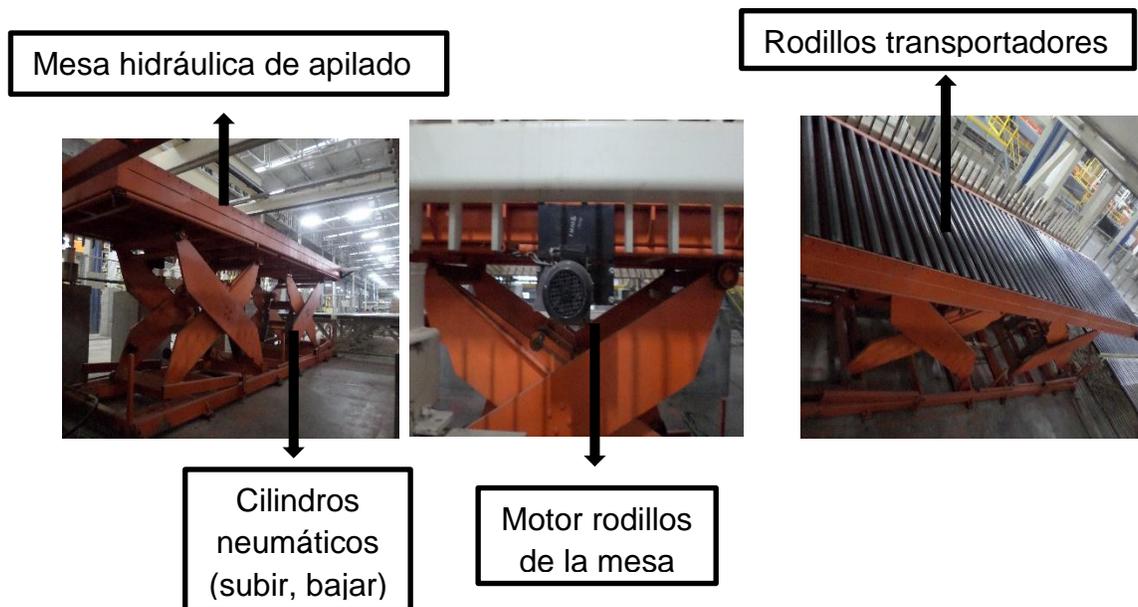


Figura 21. Mesa Hidráulica De Apilado. Fuente: Autor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Estructura conformada por unos rodillos, que son accionados por un motor-reductor para el transporte de tableros, a la vez cuenta con un sistema hidráulico que hace que la mesa sube y baje por medio de unos cilindros

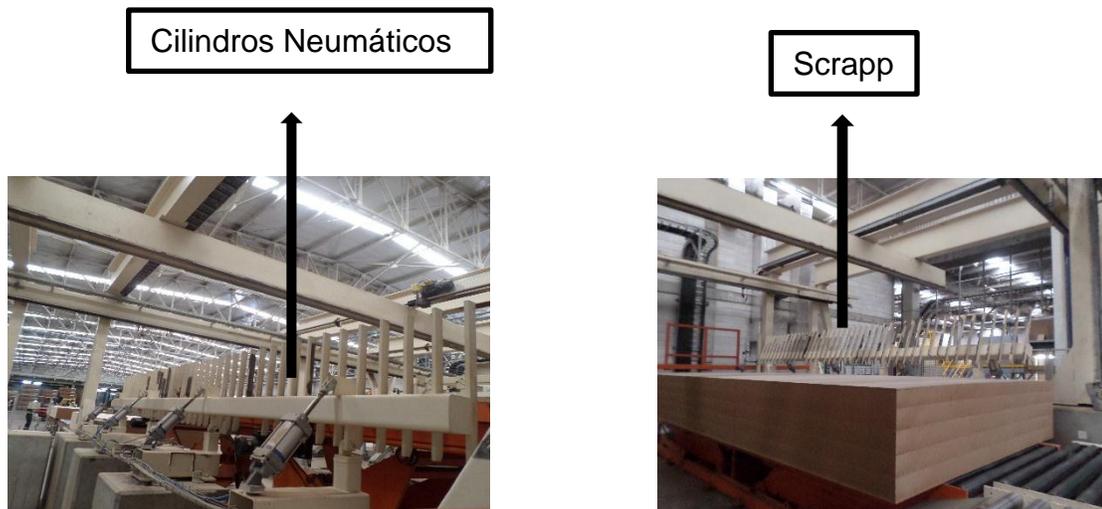


Figura 22. Scrapp. Fuente: Autor.

Sistema conformado por tubería cuadradas a lo largo de una viga, cuyos movimientos son controlados por unos cilindros neumáticos, esta estructura se encarga de liberar el paquete cuando el carro tenedor los va a descargar sobre la mesa de apilado, cuando el paquete va ser descargado, el Scrapp se pone en posición recto por medio de los cilindros y cuando la mesa va a descender para evacuar los paquetes se posicionan diagonalmente.



Tablero de operaciones

Figura 23. Tablero De Operación. Fuente: Autor.

Es el cuarto principal donde el operario ingresa los parámetros y donde puede operar toda la maquina desde el tablero principal.



Sistema electro-neumático de la zona Rip Cut Saw



Sistema electro-neumático de la zona Cross Cut Saw

Figura 24. Paneles De Sistema Electro-Neumático. Fuente: Autor.

el sistema donde se encuentra alojadas todas las electroválvulas, filtros, lubricación, trampas de aire que accionan los sistemas neumáticos de Schilling.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

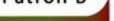
4.1 APLICACIÓN DEL RCM A LA ZONA DE CORTE Y MODULADO (SCHELLING)

Como se ha enfatizado a lo largo del trabajo el RCM es aumentar la fiabilidad de una empresa o proceso, en este caso de la zona mencionada anteriormente, así se consigue disminuir las paradas de la maquinaria por averías imprevistas que impidan cumplir con los planes de producción. Dichas tareas serán plasmadas en unos cuadros llamados análisis de modo de fallo (AMFE), que arrojará un cuadro de toma de decisiones, para dichas tablas se tiene en cuenta los siguientes pasos:

- Definición de los conceptos básicos y más relevantes del mantenimiento RCM, para poder dar inicio a lo que se pretende buscar.
- Codificación y listado de todas partes y sub partes que componen el área o zona analizar, describiendo su contexto operacional bajo el rango de funcionamiento diario. Especificando detalladamente lo que realiza cada parte de la máquina.
- Determinar los fallos funcionales y fallos técnicos.
- Determinación de modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados anteriormente. Esto se realiza mediante la hoja de AMFE.
- Estudios de los modos de fallo, clasificar el tipo de fallo que patrón es por medio de la hoja AMFE.
- Elaborar hoja de decisiones donde se realicen tareas propuestas, con frecuencia iniciales, planes de formación procedimientos y contemplar si se debe tener stock en el almacén, medidas provisionales adoptar en caso de fallo.
- Evaluar las decisiones adoptadas, si fueron acertadas, esto se hará mediante los indicadores de producción, así arrojará que tan óptimo es implementar un mantenimiento y cuál es su impacto frente al plan de producción.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

4.2 AMFE

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		PATRON DE FALLA	
1	Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de lijado.	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	Patrón E 
	Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de lijado.	2	Señal del cableado interrumpida.	No permite la señal emitida del panel de control ni las órdenes dadas. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	Patrón E 
	Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de lijado.	3	No permite la selección entre modo automático o modo manual	No permite la conmutación entre automático o manual, el tiempo para cambio de selector es de 0,5 horas.	Patrón E 
	Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de lijado.	4	Fotoceldas des calibradas.	Fotoceldas en una posición donde no cense el paquete que va a entrar a la máquina. Tiempo de calibración fotoceldas, 0,25 horas	Patrón E 
	Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de lijado	5	Fotoceldas averiadas	Fotoceldas en mal estado tanto del emisor o receptor que no den la señal de activación de os rodillos, tiempo de cambio de las fotoceldas, 1,5 horas.	Patrón E 
	Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de lijado.	6	Rotura o desempate de cadena.	No permite la transmisión del motor a los rodillos. Tiempo de atención y empate de cadena 1 hora	Patrón B 
	Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de lijado.	7	Desgaste de engranajes	No permite que haya transmisión entre los rodillos, por desgaste de engranajes. Tiempo de cambio 2 horas	Patrón B 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA
Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de lijado	8 Elementos rodantes en mal estado.	Chumaceras, rodamientos, con desgaste o destruidas, en su totalidad. Tiempo de cambio de estos elementos 3 horas.	A 
Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	B	No realizar la función de descender o ascender.	1 Unidad hidráulica apagada	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor de la unidad hidráulica no encienda. Impidiendo flujo del aceite. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	E 
Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	B	No realizar la función de descender o ascender.	2 Señal de voltaje inadecuado a las electroválvulas.	No hay señal de voltaje en los solenoides, lo que impide que el spool actúe adecuadamente. tiempo de medición y cambio 1 hora	C 
Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	B	No realiza la función de descender o ascender.	3 Señal del cableado interrumpida.	No permite la señal emitida del panel de control ni las órdenes dadas. tiempo de medición y cambio 1 hora	E 
Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	B	función de descender o ascender	4 No permite la selección entre modo automático o modo manual.	No permite la conmutación entre automático o manual. Tiempo necesario para verificar 0,5 horas.	E 
Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	B	función de descender o ascender	5 Fuga por cilindros.	No permite que haya presión y no pueda elevarse. Tiempo de cambio de cilindro 6 horas.	C 
Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	B	función de descender o ascender	6 Fuga por mangueras o racores.	No permite una inyección de aceite para lograr una presión de acenso o descenso. Tiempo de cambio de accesorios 2 horas	C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS					
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA
	Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	B función de descender o ascender	7 Daño en las tijeras elevadoras	La mesa no sube por daño en las tijeras que soportan la mesa y que hacen la función de elevar o bajar la mesa	
	Recibir paquete, elevarlo al punto donde se empezara el proceso de alimentación	B función de descender o ascender	8 Daño en las electroválvulas	No permite el flujo de aceite, que permite que la mesa suba o baje según la orden que se quiera ejecutar, tiempo de cambio 1,5 horas.	
2	Medición de tableros y transporte	A No accionar lo spindle o medidores	1 No permite la selección entre modo automático o modo manual.	No permite la conmutación entre automático o manual. Tiempo necesario para verificar 0,5 horas.	
	Medición de tableros y transporte	A No accionar lo spindle o medidores	2 Señal del cableado interrumpida.	No obedece la señal emitida del panel de control ni las órdenes dadas. tiempo de medición y cambio 1 hora	
	Medición de tableros y transporte	A No accionar lo spindle o medidores	3 Motores eléctricos apagados	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	
	Medición de tableros y transporte	A No accionar lo spindle o medidores	4 Desengrane entre acople motor y acople del spindle	No hay transmisión entre motor y spindle, lo que impide su movimiento, tiempo de revisión y acople 0,5 horas.	
	Medición de tableros y transporte	A No accionar lo spindle o medidores	5 Medición errónea de la altura del paquete	Se des calibra el encoder, mandando datos erróneos de la mediciones.	
	Medición de tableros y transporte	A No accionar lo spindle o medidores	6 no medir la altura y empuje de los paquetes	Se pegan mecánicamente los pusher y spindle, tiempo de revisión y de cambio 2 horas	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA	
3	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	 Patrón E
	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	2	Rodamientos en mal estado	Rodamientos destruidos, lo que impide que la mesa se mueva. Tiempo de revisión y cambio 3 horas	 Patrón A
	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	3	Eje de transmisión desacoplado	Eje rodando, pero no transmitiéndole a los rodamientos. Tiempo de revisión 1 hora	 Patrón B
	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	4	Motor-reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 4 horas	 Patrón B
	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	5	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas	 Patrón E
	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	6	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	 Patrón E
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	1	Cilindro neumáticos en mal estado	No se accionan permitiendo que el paquete no se aliene correctamente, tiempo para atender y cambiarlos 1 hora	 Patrón C
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	2	Fuga por mangueras neumáticas	No permite la presión necesaria para que los cilindros actúen. Tiempo de identificar y cambiar 0,5 hora	 Patrón C

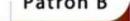
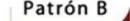
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFEECTO	PATRON DE FALLA	
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	3	Motor reductor apagado	No permite que accione el tope que alinea los tableros. Tiempo de verificación 0,5 horas	
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	4	Motor reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona los alineadores. Tiempo necesario para cambiarlo 2 horas	
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	5	Cadenas reventadas	El motor aparece trabajando, pero las cadenas no transmiten la función de alinear a los topes, tiempo de verificación y reparación 1 hora.	
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	6	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas	
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	7	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	8	Presión baja en el sistema neumático	No hay accionamiento del sistema neumático lo que no permite la alineación del paquete. Tiempo de verificación 0,25 horas	
4	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	1	Fuga en el sistema neumático	No permite accionar los cilindros que sujetan. Tiempo de verificación y cambio 0,5 horas	
	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	2	Cilindros neumáticos en mal estado	El cilindro no actúa lo que no deja agarrar el paquete. Tiempo de cambio 1 hora	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO	PATRON DE FALLA
	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	3	Clamps torcidos	No dejan sujetar correctamente el paquete, por una mala posición del clamp. Tiempo de atención 0,5 hora	
	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	4	Fotocelda mal estado	No hay una señal correcta que el paquete llego a la estación. Tiempo de verificación 1 hora.	
	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	5	Perdida de secuencia del programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No trasporta el paquete	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No trasporta el paquete	2	piñones en mal estado	Piñones destruidos, lo que impide que la mesa se mueva. Tiempo de revisión y cambio 3 horas	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No trasporta el paquete	3	Cremallera deteriorada	No permite el correcto desplazamiento, ocasionado que el carro se frene. Tiempo de atención 3 horas.	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No trasporta el paquete	4	Eje de transmisión desacoplado	Eje rodando, pero no transmitiéndole a los rodamientos. Tiempo de revisión 1 hora	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No trasporta el paquete	5	Motor-reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 4 horas	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No trasporta el paquete	6	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA
	Sujetar y transportar paquetes	B	No transporta el paquete	7	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas. 
5	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	1	Cilindros malos	El cilindro no actúa lo que no deja agarrar el paquete. Tiempo de cambio 1 hora 
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	2	Fuga de aire por sistema neumático	No permite la presión necesaria para que los cilindros actúen. Tiempo de identificar y cambiar 0,5 hora 
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	3	Piñones desgastado	No permite que la viga sube y baje a tiempo perdiendo la secuencia o atravesándose. Tiempo de atención y cambio 3 horas 
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	4	Cremalleras en mal estado	No permite que la viga sube y baje a tiempo perdiendo la secuencia o atravesándose. Tiempo de atención y cambio 6 horas 
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	5	Sensores des calibrados	La señal de los sensores es errada cuando el paquete llega a su posición final. tiempo de revisión y calibración 1 hora 
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	6	Señal de transductores interrumpida	No permite la comunicación acertada de la viga. Tiempo de revisión y cambio 1 hora 
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	7	Perdida de secuencia	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas. 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS					
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA
6	cortar el paquete	A No realizar el corte al paquete	1 Motores eléctricos apagados	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	 E
	cortar el paquete	A No realizar el corte al paquete	2 Rotura correas de transmisión entre motor y sierra	No permite que el disco de la sierra gire, impidiendo el corte. Tiempo de atención y cambio 1 hora.	 B
	cortar el paquete	A No realizar el corte al paquete	3 Rodamientos de motor en mal estado	No hace un corte correcto o impide que el motor se arranque. Tiempo de revisión y cambio 5 horas	 A
	cortar el paquete	A No realizar el corte al paquete	4 Rodamientos de sierra en mal estado	No hace un corte correcto o impide que la sierra se mueva. Tiempo de revisión y cambio 5 horas	 A
	cortar el paquete	A No realizar el corte al paquete	5 Cilindro de elevación pegado	No permite levantar la sierra a la altura establecida por el programa. Tiempo de atención 0,5 horas.	 C
	cortar el paquete	A No realizar el corte al paquete	6 Sensores de posición en mal estado.	No genera la señal de confirmación que todo está en su posición correcta para el corte. Tiempo de revisión y cambio 1 hora.	 E
	cortar el paquete	A No realizar el corte al paquete	7 Piñones desgastado	No permite que el carro de la sierra se desplace perdiendo la secuencia de corte. Tiempo de atención y cambio 3 horas	 B
	cortar el paquete	A No realizar el corte al paquete	8 Cremalleras en mal estado	No permite que el carro de la sierra se desplace perdiendo la secuencia de corte. Tiempo de atención y cambio 3 horas	 B
	cortar el paquete	A No realizar el corte al paquete	9 Encoder en mal estado	Se puede generar una mala transducción de señal en la longitud de corte lo que puede generar un corte incompleto.	 C

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	PATRON DE FALLA
	cutar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	10	Rodamientos en mal estado	Puede generar que el carro se desalinee lo que no pueda arrancar o frenar o estrellar la sierra en las laterales. Tiempo de atención y cambio 2 horas.	A 
	cutar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	11	Perdida de secuencia	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	E 
7	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim.	A	No accionar modo descarga	1	Cilindros neumáticos en mal estado	No permite que el puente baje y caigan los trim, tiempo de verificación 1 hora.	C 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	A	No accionar modo descarga	2	Fuga de aire en el sistema neumático.	No permite bajar el puente y dejar que los recortes caigan a la banda de rechazo. Tiempo de verificación 0,5 horas.	C 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	A	No accionar modo descarga	3	Electroválvulas con problemas	No se acciona permitiendo que el aire no pase a los cilindros y pueda realizar a función, tiempo de atención 1 hora.	C 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	A	No accionar modo descarga	4	Interrupción de la señal	El led de la función aparece activo mientras el cilindro permanece en su estado inicial. Tiempo de verificación 0,5 horas.	E 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	A	No accionar modo descarga	5	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	E 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	1	Cilindros neumáticos en mal estado	No permite que el puente suba y pasen los paquetes tiempo de verificación 1 hora.	C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	2	Fuga de aire en el sistema neumático.	No permite que el puente suba y pasen los paquetes, Tiempo de verificación 0,5 horas. 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	3	Electroválvulas con problemas	No se acciona permitiendo que el aire no pase a los cilindros y pueda realizar a función, tiempo de atención 1 hora. 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	4	Interrupción de la señal	El led de la función aparece activo mientras el cilindro permanece en su estado final. Tiempo de verificación 0,5 horas. 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	5	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas. 
8	Desplazar los trim (retazos), hacia la zona de chipiado.	A	No transportar los trim a su destino.	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas 
	Desplazar los trim (retazos), hacia la zona de chipiado.	A	No transportar los trim a su destino.	2	Señal del cableado interrumpida.	No obedece la señal emitida del panel de control ni las órdenes dadas. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora 
	Desplazar los trim (retazos), hacia la zona de chipiado.	A	No transportar los trim a su destino.	3	Motor eléctrico quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 2 horas 
	Desplazar los trim (retazos), hacia la zona de chipiado.	A	No transportar los trim a su destino.	4	Bandas de transmisión en mal estado o deterioradas	Permite que se accione el motor, pero la bandeja sigue estática. Tiempo de atención y cambio 1 hora. 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		PATRÓN DE FALLA
	Desplazar los trim (retazos), hacia la zona de chipiado.	A	No transportar los trim a su destino.	5	Rodamientos del motor en mal estado	No permite el correcto funcionamiento de la bandeja, provocando atasco, tiempo de atención 2 horas. 
	Desplazar los trim (retazos), hacia la zona de chipiado.	A	No transportar los trim a su destino.	6	Rodamientos de la tolva en mal estado	No permite el correcto funcionamiento de la bandeja, provocando atasco, tiempo de atención 8 horas. 
	Desplazar los trim (retazos), hacia la zona de chipiado.	A	No transportar los trim a su destino.	7	Soportes de teflón reventados	No permite el correcto funcionamiento de la bandeja ocasionando atasco, tiempo de reparación 1 hora. 
9	Triturar los trim (recortes) de los tableros para trasportarlos a la zona de combustión y biomasa.	A	No triturar los recortes ocasionando atascos y paro de la línea.	1	Motores eléctricos apagados.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas 
	Triturar los trim (recortes) de los tableros para trasportarlos a la zona de combustión y biomasa.	A	No triturar los recortes ocasionando atascos y paro de la línea.	2	Señal del cableado interrumpida.	No obedece la señal emitida del panel de control ni las órdenes dadas. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora 
	Triturar los trim (recortes) de los tableros para trasportarlos a la zona de combustión y biomasa.	A	No triturar los recortes ocasionando atascos y paro de la línea.	3	Motores eléctricos quemados	Aparece comando de marcha, pero el motor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 2 horas 
	Triturar los trim (recortes) de los tableros para trasportarlos a la zona de combustión y biomasa.	A	No triturar los recortes ocasionando atascos y paro de la línea.	4	Rodamientos de los motores en mal estado	No permite el correcto funcionamiento del chipper, provocando atasco, tiempo de atención 2 horas. 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS					
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA	
	Triturar los trim (recortes) de los tableros para traspórtalos a la zona de combustión y biomasa.	A No triturar los recortes ocasionando atascos y paro de la línea.	5 Cadena de transmisión reventada	No permite el ingreso de los trim, ocasionando atascos a la entrada, tiempo de atención 0,75 horas.	
	Triturar los trim (recortes) de los tableros para traspórtalos a la zona de combustión y biomasa.	A No triturar los recortes ocasionando atascos y paro de la línea.	6 Piñones de transmisión deteriorados.	No permite el ingreso de los trim, ocasionando atasco a la entrada. Tiempo de cambio, 2 horas	
	Triturar los trim (recortes) de los tableros para traspórtalos a la zona de combustión y biomasa.	A No triturar los recortes ocasionando atascos y paro de la línea.	7 Rodamientos y chumaceras en mal estado	No permite el correcto triturado de los recortes ocasionando atasco a la hora de evacuar, ocasionando paros de la máquina. Tiempo de verificación y cambio 4 horas.	
	Triturar los trim (recortes) de los tableros para traspórtalos a la zona de combustión y biomasa.	A No triturar los recortes ocasionando atascos y paro de la línea.	8 Desacople entre trituradores y motor principal	No permite el triturado de los recortes haciendo que se atasque a la entrada, ocasionando paro, tiempo de revisión y reparación 2 horas.	
10	Transportar los libros a la zona de la Cross.	A No accionar los cilindros de desplazamiento	1 Cilindros malos	El cilindro no actúa lo que no deja salir los topes de arrastre del paquete. Tiempo de cambio 1 hora	
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	A No accionar los cilindros de desplazamiento	2 Fuga de aire por sistema neumático	No permite la presión necesaria para que los cilindros actúen. Tiempo de identificar y cambiar 0,5 hora	
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	A No accionar los cilindros de desplazamiento	3 Electroválvulas con problemas	No se acciona permitiendo que el aire no pase a los cilindros y pueda realizar a función, tiempo de atención 1 hora.	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA	
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	A	No accionar los cilindros de desplazamiento	4	Interrupción de la señal	El led de la función aparece activo mientras el cilindro permanece en su estado inicial. Tiempo de verificación 0,5 horas.	 E
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	A	No accionar los cilindros de desplazamiento	5	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	 E
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	B	No realizar el transporte	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	 E
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	B	No realizar el transporte	2	Rodamientos en mal estado	Rodamientos destruidos, lo que impide que se mueva. Tiempo de revisión y cambio 3 horas	 A
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	B	No realizar el transporte	3	Eje de transmisión desacoplado	Eje rodando, pero no transmitiéndole a los piñones. Tiempo de revisión 1 hora	 C
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	B	No realizar el transporte	4	Motor-reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 4 horas	 B
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	B	No realizar el transporte	5	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas	 E
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	B	No realizar el transporte	6	Piñones deteriorados	No permite el correcto desplazamiento, ocasionado que el carro se frene. Tiempo de atención 3 horas.	 B

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	PATRON DE FALLA
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	B	No realizar el transporte	7	Cremallera deteriorada	No permite el correcto desplazamiento, ocasionado que el carro se frene. Tiempo de atención 3 horas.	 B
	Transportar los libros a la zona de la Cross.	B	No realizar el transporte	8	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	 E
11	Permite realizar la transición de los tableros de una zona a la otra.	A	No realizar la función que permita el cambio de desplazamiento de los tableros.	1	Bolsas neumáticas en mal estado	Las bolsas no se llenan de aire lo que permite que la mesa no se levante, tiempo de cambio 4 horas.	 D
	Permite realizar la transición de los tableros de una zona a la otra.	A	No realizar la función que permita el cambio de desplazamiento de los tableros.	2	Fuga de aire por sistema neumático	No permite la presión necesaria para que las bolsas actúen. Tiempo de identificar y cambiar 0,5 hora	 C
	Permite realizar la transición de los tableros de una zona a la otra.	A	No realizar la función que permita el cambio de desplazamiento de los tableros.	3	Electroválvulas con problemas	No se acciona permitiendo que el aire no pase a sistema y pueda realizar la función, tiempo de atención 1 hora.	 C
	Permite realizar la transición de los tableros de una zona a la otra.	A	No realizar la función que permita el cambio de desplazamiento de los tableros.	4	Interrupción de la señal	El led de la función aparece activo mientras el sistema permanece en su estado inicial. Tiempo de verificación 0,5 horas.	 E
	Permite realizar la transición de los tableros de una zona a la otra.	A	No realizar la función que permita el cambio de desplazamiento de los tableros.	5	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	 E

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO	PATRÓN DE FALLA
12	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	1	Fuga en el sistema neumático	No permite accionar los cilindros que sujetan. Tiempo de verificación y cambio 0,5 horas	
	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	2	Cilindros neumáticos en mal estado	El cilindro no actúa lo que no deja agarrar el paquete. Tiempo de cambio 1 hora	
	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	3	Clamps torcidos	No dejan sujetar correctamente el paquete, por una mala posición del clamp. Tiempo de atención 0,5 hora	
	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	4	Fotocelda mal estado	No hay una señal correcta que el paquete llego a la estación. Tiempo de verificación 1 hora.	
	Sujetar y transportar paquetes	A	No sujeta el paquete	5	Perdida de secuencia del programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No transporta el paquete	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No transporta el paquete	2	piñones en mal estado	Piñones destruidos, lo que impide que la mesa se mueva. Tiempo de revisión y cambio 3 horas	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No transporta el paquete	3	Cremallera deteriorada	No permite el correcto desplazamiento, ocasionado que el carro se frene. Tiempo de atención 3 horas.	
	Sujetar y transportar paquetes	B	No transporta el paquete	4	Eje de transmisión desacoplado	Eje rodando, pero no transmitiéndole a los rodamientos. Tiempo de revisión 1 hora	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS						
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		PATRÓN DE FALLA
	Sujetar y transportar paquetes	B	No transporta el paquete	5	Motor-reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 4 horas 
	Sujetar y transportar paquetes	B	No transporta el paquete	6	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas 
	Sujetar y transportar paquetes	B	No transporta el paquete	7	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas. 
13	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas 
	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	2	Rodamientos en mal estado	Rodamientos destruidos, lo que impide que la mesa se mueva. Tiempo de revisión y cambio 3 horas 
	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	3	Eje de transmisión desacoplado	Eje rodando, pero no transmitiéndole a los rodamientos. Tiempo de revisión 1 hora 
	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	4	Motor-reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 4 horas 
	Transporte y alineación de los tableros	A	No realizar el transporte	5	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	PATRON DE FALLA
Transporte y alineación de los tableros		A	No realizar el transporte	6	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	
Transporte y alineación de los tableros		B	No realizar alineación	1	Cilindros neumáticos en mal estado	No se accionan permitiendo que el paquete no se aliene correctamente, tiempo para atender y cambiarlos 1 hora	
Transporte y alineación de los tableros		B	No realizar alineación	2	Fuga por mangueras neumáticas	No permite la presión necesaria para que los cilindros actúen. Tiempo de identificar y cambiar 0,5 hora	
Transporte y alineación de los tableros		B	No realizar alineación	3	Motores reductores apagado	No permite que accione el tope que alinea los tableros. Tiempo de verificación 0,5 horas	
Transporte y alineación de los tableros		B	No realizar alineación	4	Motor reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona los alineadores. Tiempo necesario para cambiarlo 2 horas	
Transporte y alineación de los tableros		B	No realizar alineación	5	Cadenas reventadas	El motor aparece trabajando, pero las cadenas n trasmiten la función de alinear a los topes, tiempo de verificación y reparación 1 hora.	
Transporte y alineación de los tableros		B	No realizar alineación	6	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO	PATRON DE FALLA
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	7	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	
	Transporte y alineación de los tableros	B	No realizar alineación	8	Presión baja en el sistema neumático	No hay accionamiento del sistema neumático lo que no permite la alineación del paquete. Tiempo de verificación 0,25 horas	
14	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	1	Cilindros malos	El cilindro no actúa lo que no deja agarrar el paquete. Tiempo de cambio 1 hora	
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	2	Fuga de aire por sistema neumático	No permite la presión necesaria para que los cilindros actúen. Tiempo de identificar y cambiar 0,5 hora	
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	3	Piñones desgastado	No permite que la viga sube y baje a tiempo perdiendo la secuencia o atravesándose. Tiempo de atención y cambio 3 horas	
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	4	Cremalleras en mal estado	No permite que la viga sube y baje a tiempo perdiendo la secuencia o atravesándose. Tiempo de atención y cambio 6 horas	
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	5	Sensores des calibrados	La señal de los sensores es errada cuando el paquete llega a su posición final. tiempo de revisión y calibración 1 hora	
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	6	Señal de transductores interrumpida	No permite la comunicación acertada de la viga. Tiempo de revisión y cambio 1 hora	
	Presionar el paquete	A	No ejercer presión al paquete	7	Perdida de secuencia	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA	
15	cortar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	1	Motores eléctricos apagados	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	 E
	cortar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	2	Rotura correas de transmisión entre motor y sierra	No permite que el disco de la sierra gire, impidiendo el corte. Tiempo de atención y cambio 1 hora.	 B
	cortar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	3	Rodamientos de motor en mal estado	No hace un corte correcto o impide que el motor se arranque. Tiempo de revisión y cambio 5 horas	 A
	cortar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	4	Rodamientos de sierra en mal estado	No hace un corte correcto o impide que la sierra se mueva. Tiempo de revisión y cambio 5 horas	 A
	cortar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	5	Cilindro de elevación pegado	No permite levantar la sierra a la altura establecida por el programa. Tiempo de atención 0,5 horas.	 C
	cortar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	6	Sensores de posición en mal estado.	No genera la señal de confirmación que todo está en su posición correcta para el corte. Tiempo de atención y cambio 1 hora.	 E
	cortar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	8	Cremalleras en mal estado	No permite que el carro de la sierra se desplace perdiendo la secuencia de corte. Tiempo de atención y cambio 3 horas	 B
	cortar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	9	Encoder en mal estado	Se puede generar una mala transducción de señal en la longitud de corte lo que puede generar un corte incompleto.	 E

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	PATRON DE FALLA
	cutar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	10	Rodamientos en mal estado	Puede generar que el carro se desalinee lo que no pueda arrancar o frenar o estrellar la sierra en las laterales. Tiempo de atención y cambio 2 horas.	A 
	cutar el paquete	A	No realizar el corte al paquete	11	Perdida de secuencia	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	E 
16	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	A	No accionar modo descarga	1	Cilindros neumáticos en mal estado	No permite que el puente baje y caigan los trim, tiempo de verificación 1 hora.	C 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	A	No accionar modo descarga	2	Fuga de aire en el sistema neumático.	No permite bajar el puente y dejar que los recortes caigan a la banda de rechazo. Tiempo de verificación 0,5 horas.	C 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	A	No accionar modo descarga	3	Electroválvulas con problemas	No se acciona permitiendo que el aire no pase a los cilindros y pueda realizar a función, tiempo de atención 1 hora.	C 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	A	No accionar modo descarga	4	Interrupción de la señal	El led de la función aparece activo mientras el cilindro permanece en su estado inicial. Tiempo de verificación 0,5 horas.	E 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	A	No accionar modo descarga	5	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	E 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	1	Cilindros neumáticos en mal estado	No permite que el puente suba y pasen los paquetes tiempo de verificación 1 hora.	C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS						
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	2	Fuga de aire en el sistema neumático.	No permite que el puente suba y pasen los paquetes, Tiempo de verificación 0,5 horas. 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	3	Electroválvulas con problemas	No se acciona permitiendo que el aire no pase a los cilindros y pueda realizar a función, tiempo de atención 1 hora. 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	4	Interrupción de la señal	El led de la función aparece activo mientras el cilindro permanece en su estado final. Tiempo de verificación 0,5 horas. 
	Puente para el paso del paquete y rechazo de los trim	B	No accionar modo carga	5	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas. 
17	Desplazar los trim (retazos), hacia la tolva vibratoria	A	No transportar los trim a su destino.	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas 
	Desplazar los trim (retazos), hacia la tolva vibratoria	A	No transportar los trim a su destino.	2	Señal del cableado interrumpida.	No obedece la señal emitida del panel de control ni las órdenes dadas. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora 
	Desplazar los trim (retazos), hacia la tolva vibratoria	A	No transportar los trim a su destino.	3	Motor eléctrico quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 2 horas 
	Desplazar los trim (retazos), hacia la tolva vibratoria	A	No transportar los trim a su destino.	4	Desacople del motor y la banda	Permite que se accione el motor, pero la bandeja sigue estática. Tiempo de atención y cambio 1 hora. 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	PATRON DE FALLA
	Desplazar los trim (retazos), hacia la tolva vibratoria	A	No transportar los trim a su destino.	5	Rodamientos del motor en mal estado	No permite el correcto funcionamiento de la bandeja, provocando atasco, tiempo de atención 2 horas.	A 
	Desplazar los trim (retazos), hacia la tolva vibratoria	A	No transportar los trim a su destino.	6	Banda transportadora rota	Se encuentra el sistema sin la banda, lo que permite atasco de trim en la zona. Tiempo de reparación 5 horas.	B 
18	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte.	A	No permitir el desplazamiento de la placa o alineadores laterales.	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	E 
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	A	No permitir el desplazamiento de la placa o alineadores laterales.	2	piñones en mal estado	Piñones destruidos, lo que impide que los alineadores se desplacen. Tiempo de revisión y cambio 3 horas	B 
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	A	No permitir el desplazamiento de la placa o alineadores laterales.	3	Cremallera deteriorada	Lo que impide que los alineadores se desplacen. Tiempo de revisión y cambio 6 horas	B 
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	A	No permitir el desplazamiento de la placa o alineadores laterales.	4	Eje de transmisión desacoplado	Eje rodando, pero no transmitiéndole a los piñones. Tiempo de revisión 1 hora	C 

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS					
FUNCION		FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	A No permitir el desplazamiento o de la placa o alineadores laterales.	5 Motor-reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 4 horas	
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	A No permitir el desplazamiento o de la placa o alineadores laterales.	6 Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas	
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	A No permitir el desplazamiento o de la placa o alineadores laterales.	7 Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	B No acciona la placa o los alineadores laterales	1 Cilindro neumáticos en mal estado	No se accionan permitiendo que el paquete no se aliene correctamente, tiempo para atender y cambiarlos 1 hora	
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	B No acciona la placa o los alineadores laterales	2 Fuga por mangueras neumáticas	No permite la presión necesaria para que los cilindros actúen. Tiempo de identificar y cambiar 0,5 hora	
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	B No acciona la placa o los alineadores laterales	3 Presión baja en el sistema neumático	No hay accionamiento del sistema neumático lo que no permite la alineación del paquete. Tiempo de verificación 0,25 horas	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	PATRON DE FALLA
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	B	No acciona la placa o los alineadores laterales	4	Electroválvulas con problemas	No se acciona permitiendo que el aire no pase a los cilindros y pueda realizar la función, tiempo de atención 1 hora.	 C Patrón C
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	B	No acciona la placa o los alineadores laterales	5	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas	 E Patrón E
	Alinear los tableros por medio de una placa y un motor reductor que se desplaza a largo, para su correcto transporte	B	No acciona la placa o los alineadores laterales	6	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	 E Patrón E
19	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados.	A	No accionar modo descarga	1	fuelles neumáticos en mal estado	No permite que las horquillas descarguen l paquete en su destino final. Tiempo de verificación y cambio 2 horas.	 C Patrón C
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	A	No accionar modo descarga	2	Fuga de aire en el sistema neumático.	No permite que las horquillas descarguen l paquete en su destino final. Tiempo de verificación y cambio 0,5 horas	 C Patrón C
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	A	No accionar modo descarga	3	Electroválvulas con problemas	No permite que las horquillas descarguen l paquete en su destino final. Tiempo de verificación y cambio 1 hora.	 C Patrón C
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	A	No accionar modo descarga	4	Interrupción de la señal	Aparece el sistema en funcionamiento normal, pero las horquillas no se mueven, tiempo de verificación 1 hora.	 E Patrón E

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA	
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	A	No accionar modo descarga	5	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	B	No accionar modo carga	1	Fuelles neumáticos en mal estado	No permite que las horquillas carguen los paquetes. Tiempo de verificación y cambio 2 horas.	
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	B	No accionar modo carga	2	Fuga de aire en el sistema neumático.	No permite que las horquillas carguen los paquetes. Tiempo de verificación y cambio 0,5 horas	
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	B	No accionar modo carga	3	Electroválvulas con problemas	No permite que las horquillas descarguen los paquetes. Tiempo de verificación y cambio 1 hora.	
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	B	No accionar modo carga	4	Interrupción de la señal	Aparece el sistema en funcionamiento normal, pero las horquillas no se mueven, tiempo de verificación 1 hora.	
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	B	No accionar modo carga	5	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	C	No transporta los paquetes	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	C	No transporta los paquetes	2	piñones en mal estado	Piñones destruidos, lo que impide que el carro se desplace. Tiempo de revisión y cambio 3 horas	
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	C	No transporta los paquetes	3	Cremallera deteriorada	Lo que impide que el carro se desplace. Tiempo de revisión y cambio 6 horas	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	PATRON DE FALLA
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	C	No transporta los paquetes	4	Eje de transmisión desacoplado	Eje rodando, pero no transmitiéndole a los piñones. Tiempo de revisión 1 hora	 C
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	C	No transporta los paquetes	5	Motor-reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 4 horas	 B
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	C	No transporta los paquetes	6	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas	 E
	Cargue, descargue y transporte de los tableros modulados	C	No transporta los paquetes	7	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	 E
20	Desplazarse hasta los paquetes y alinearlos por medio de contacto o choque mecánico en la mesa de elevación.	A	No desplazarse hasta los paquetes	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	 E
	Desplazarse hasta los paquetes y alinearlos por medio de contacto o choque mecánico en la mesa de elevación.	A	No desplazarse hasta los paquetes	2	piñones en mal estado	Piñones destruidos, lo que impide que el carro se desplace. Tiempo de revisión y cambio 3 horas	 B
	Desplazarse hasta los paquetes y alinearlos por medio de contacto o choque mecánico en la mesa de elevación.	A	No desplazarse hasta los paquetes	3	Cremallera deteriorada	Lo que impide que el carro se desplace. Tiempo de revisión y cambio 6 horas	 B

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA	
	Desplazarse hasta los paquetes y alinearlos por medio de contacto o choque mecánico en la mesa de elevación.	A	No desplazarse hasta los paquetes	4	Eje de transmisión desacoplado	Eje rodando, pero no transmitiéndole a los piñones. Tiempo de revisión 1 hora	
	Desplazarse hasta los paquetes y alinearlos por medio de contacto o choque mecánico en la mesa de elevación.	A	No desplazarse hasta los paquetes	5	Motor-reductor quemado	Aparece comando de marcha, pero el motor-reductor no acciona la transmisión. Tiempo necesario para cambiarlo 4 horas	
	Desplazarse hasta los paquetes y alinearlos por medio de contacto o choque mecánico en la mesa de elevación.	A	No desplazarse hasta los paquetes	6	Señal de cable interrumpida	Aparece el selector encendido pero el motor reductor no se mueve. Tiempo de para cambio 2 horas	
	Desplazarse hasta los paquetes y alinearlos por medio de contacto o choque mecánico en la mesa de elevación.	A	No desplazarse hasta los paquetes	7	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	
21	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de zunchado	1	Motor eléctrico apagado.	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor no encienda. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de zunchado.	2	Señal del cableado interrumpida.	No obedece la señal emitida del panel de control ni las órdenes dadas. El periodo de tiempo para su atención es de 1 hora	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFFECTO	PATRON DE FALLA	
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de zunchado.	3	No permite la selección entre modo automático o modo manual	No permite la conmutación entre automático o manual, el tiempo para cambio de selector es de 0,5 horas.	
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de zunchado.	4	Fotoceldas des calibradas.	Fotoceldas en una posición donde no cense el paquete que va a salir de la máquina. Tiempo de calibración fotoceldas, 0,25 horas	
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de zunchado.	5	Fotoceldas averiadas	Fotoceldas en mal estado tanto del emisor o receptor que no den la señal de activación de los rodillos, tiempo de cambio de las fotoceldas, 1,5 horas.	
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de zunchado.	6	Rotura o desempate de cadena.	No permite la transmisión del motor a los rodillos. Tiempo de atención y empate de cadena 1 hora	
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de zunchado.	7	Desgaste de engranajes	No permite que haya transmisión entre los rodillos, por desgaste de engranajes. Tiempo de cambio 2 horas	
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	A	No accionar la vía de rodillos, que recibe el paquete que le entrega la zona de zunchado.	8	Elementos rodantes en mal estado.	Chumaceras, rodamientos, con desgaste o destruidas, en su totalidad. Tiempo de cambio de estos elementos 3 horas.	
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	B	No realizar la función de descender o ascender.	1	Unidad hidráulica apagada	No hay tensión en la línea lo que impide que el motor de la unidad hidráulica no encienda. Impidiendo flujo del aceite. Tiempo requerido para medición de tensión 0,5 horas	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA	EFECTO	PATRON DE FALLA	
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	B	No realizar la función de descender o ascender.	2	Señal de voltaje inadecuado a las electroválvulas .	No hay señal de voltaje en los solenoides, lo que impide que el spool actúe adecuadamente. tiempo de medición y cambio 1 hora	 C Patrón C
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	B	No realiza la función de descender o ascender.	3	Señal del cableado interrumpida.	No permite la señal emitida del panel de control ni las órdenes dadas. tiempo de medición y cambio 1 hora	 E Patrón E
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	B	función de descender o ascender	4	No permite la selección entre modo automático o modo manual.	No permite la conmutación entre automático o manual. Tiempo necesario para verificar 0,5 horas.	 E Patrón E
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	B	función de descender o ascender	5	Fuga por cilindros.	Fuga por los cilindros hidráulicos lo que no permite que no haya presión y no pueda elevarse. Tiempo de cambio de cilindro 6 horas.	 C Patrón C
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	B	función de descender o ascender	6	Fuga por mangueras o racores.	Fuga por los elementos como mangueras o racores lo que no permite una inyección de aceite para lograr una presión de ascenso o descenso. Tiempo de cambio de accesorios 2 horas	 C Patrón C
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	B	función de descender o ascender	7	Daño en las tijeras elevadoras	La mesa no sube por daño en las tijeras que soportan la mesa y que hacen la función de elevar o bajar la mesa	 B Patrón B

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANÁLISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	PATRON DE FALLA
	Recibir paquetes apilados y bajarlos hasta la vía de rodillos que lo trasportara a otra zona.	B	función de descender o ascender	8	Daño en las electroválvulas	No permite el flujo de aceite, que permite que la mesa suba o baje según la orden que se quiera ejecutar, tiempo de cambio 1,5 horas.	 C
22	Liberar los paquetes del carro tenedor, por medio de un sistema neumático sobre la mesa de elevación	A	No liberar los paquetes del carro tenedor	1	Cilindros neumáticos en mal estado	No permite que los scraap descarguen los paquetes. Tiempo de verificación y cambio 2 horas.	 C
	Liberar los paquetes del carro tenedor, por medio de un sistema neumático sobre la mesa de elevación	A	No liberar los paquetes del carro tenedor	2	Fuga de aire en el sistema neumático.	No permite que los scraap descarguen los paquete, Tiempo de verificación y cambio 0,5 horas	 C
	Liberar los paquetes del carro tenedor, por medio de un sistema neumático sobre la mesa de elevación	A	No liberar los paquetes del carro tenedor	3	Electroválvulas con problemas	No permite que los scraap descarguen los paquetes. Tiempo de verificación y cambio 1 hora.	 C
	Liberar los paquetes del carro tenedor, por medio de un sistema neumático sobre la mesa de elevación	A	No liberar los paquetes del carro tenedor	4	Interrupción de la señal	Aparece el sistema en funcionamiento normal, pero las scraap no se mueven, tiempo de verificación 1 hora.	 E
	Liberar los paquetes del carro tenedor, por medio de un sistema neumático sobre la mesa de elevación	A	No liberar los paquetes del carro tenedor	5	Perdida de secuencia en el programa	No permite continuar con la consecución del programa establecido. Tiempo para identificar y dar resetear 0,5 horas.	 E
23	Es la comunicación entre la máquina y el hombre.	A	Perder la comunicación	1	Bloqueo de la pantalla	No permite visualizar los parámetros de funcionamiento. Tiempo para atención y reparación 0,5 horas.	 E
	Es la comunicación entre la máquina y el hombre.	A	Perder la comunicación	2	Bloqueo del programa	No permite ingresar los parámetros de funcionamiento tiempo de reparación 1 hora.	 E

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANALISIS DE MODO DE FALLA Y EFECTOS							
FUNCION		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFECTO	PATRON DE FALLA
	Es la comunicación entre la máquina y el hombre.	A	Perder la comunicación	2	Bloqueo del programa	No permite ingresar los parámetros de funcionamiento tiempo de reparación 1 hora.	
	Es la comunicación entre la máquina y el hombre.	A	Perder la comunicación	3	Caída tensión	Se pierde la comunicación por falta de energía en el tablero. Tiempo para reparación 1 hora.	
24	Accionar los sistemas neumáticos de la maquina	A	No accionar los diferentes sistemas	1	Fuga de aire en el sistema neumático.	No permite que la presión llegue a las electroválvulas, para accionarse. Tiempo de verificación y cambio 0,5 horas	
	Accionar los sistemas neumáticos de la maquina	A	No accionar los diferentes sistemas	2	Caída de presión	Problemas en la red de aire que no permite llegar con la presión requerida. Para accionar las electroválvulas, tiempo de reparación 1,5 horas.	
	Accionar los sistemas neumáticos de la maquina	A	No accionar los diferentes sistemas	3	Electroválvulas en mal estado	No permiten que los sistemas se accionen o accionen inadecuadamente. Tiempo de reparación 2 horas.	
	Accionar los sistemas neumáticos de la maquina	A	No accionar los diferentes sistemas	4	Presencia de agua en el sistema	Las trampas en mal estado permiten paso de agua al sistema ocasionando una avería, tiempo de cambio 2 horas.	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

4.2 DIAGRAMA DE DECISIONES

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O	1	2	3	H	H	H		
							N1	N2	N3	4	5	6		
1	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
1	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
1	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento programado, garantizar repuesto de selectores	
1	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una limpieza y Re calibración, a los sensores	Mensual
1	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar repuesto de fotoceldas y receptores.	N/A
1	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar repuesto en almacén de empates, medio empates y cadena 10B	A condición
1	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del engranaje 200-Z15	A condición
1	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos en almacén	Mensual
1	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una inspección visual al equipo después de encendido	
1	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Garantizar repuesto de bobinas a 110V, en almacén	A condición
1	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
1	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento programado, garantizar repuesto de selectores	
1	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de limpieza u verificación de estado de la unidad hidráulica y empaquetadura.	Mensual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
1	B	6	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de limpieza u verificación de estado de la unidad hidráulica y accesorios	Mensual
1	B	7	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una inspección sobre el soporte de las tijeras, realizar trabajo requerido.	N/A
2	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	Mensual
2	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento programado, garantizar repuesto de selectores	
2	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
2	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
2	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, garantizar repuesto en almacén de spindle y pusher	A condición
2	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, garantizar repuesto en almacén de spindle y pusher	A condición
3	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una inspección visual al equipo después de encendido	
3	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos en almacén	Mensual
3	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
3	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
3	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos en almacén	Mensual
3	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
3	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral
3	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
3	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
3	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
3	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
3	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
3	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
3	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar repuesto en almacén de empates, medio empates y cadena 10B	A condición
3	B	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	Mensual
3	B	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
3	B	8	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una inspección a las líneas de aire, perdidas por despalmes, o con rotura en la tubería.	Bimensual
4	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
4	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
4	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar rutinas y ensayos para verificar que siempre estén alineados y a la misma altura.	Mensual
4	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una limpieza y Recalibración, a los sensores	Mensual
4	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
4	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
4	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
4	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
4	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
4	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral
4	B	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
4	B	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
5	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
5	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
5	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
5	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
5	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una limpieza y Re calibración, a los sensores	Mensual
5	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto Del transductor	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
5	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
6	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
6	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Realizar rutina de chequeo de correa, garantizar correa, 5MGT-37,1270mm en almacén.	Mensual
6	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos (22206 2RS-22207 2RS) en almacén	Mensual
6	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos (22207, 7208contacto angular, 2und) en almacén	Mensual
6	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una verificación del sistema, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Bimensual
6	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una limpieza y Recalibración, a los sensores	Mensual
6	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
6	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
6	A	9	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento, garantizar repuesto de encoder en almacén.	N/A

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
6	A	10	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones visuales, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamiento	Mensual
6	A	11	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
7	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
7	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
7	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
7	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
7	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
7	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
7	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
7	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
7	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
7	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
8	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
8	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
8	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral
8	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar rutina de chequeo de correa, garantizar correa, B67 en almacén.	Mensual
8	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos (63..ZZ – 62..ZZ) en almacén	Mensual
8	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, garantizar disponibilidad de repuesto en el almacén, contar siempre con disponibilidad.	A condición

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
8	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una inspección de estos teflones físicamente, después de que se apague el equipo a antes de encenderlo.	Semanal
9	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
9	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
9	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral
9	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos (63..ZZ – 62..ZZ) en almacén	Mensual
9	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar chequeo de elongación de la cadena, garantizar empates y medio empates 60B, en almacén.	Anual
9	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
9	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos y chumaceras en almacén	Mensual
9	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
10	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
10	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
10	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
10	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
10	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
10	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
10	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones visuales, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos en almacén	Mensual
10	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
10	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
10	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
10	B	6	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
10	B	7	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
10	B	8	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
11	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, garantizar repuesto en almacén.	A condición
11	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
11	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
11	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
11	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
12	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
12	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
12	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar rutinas y ensayos para verificar que siempre estén alineados y a la misma altura.	Mensual
12	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una limpieza y Re calibración, a los sensores	Mensual
12	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
12	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
12	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
12	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
12	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
12	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral
12	B	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
12	B	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
13	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
13	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos en almacén	Mensual
13	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
13	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral
13	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
13	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
13	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
13	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
13	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
13	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
13	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar repuesto en almacén de empates, medio empates y cadena 10B	A condición
13	B	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	Mensual
13	B	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
13	B	8	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una inspección a las líneas de aire, perdidas por desempalme, o con rotura en la tubería.	Bimensual
14	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
14	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
14	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
14	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
14	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una limpieza y Re calibración, a los sensores	Mensual
14	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto Del transductor	

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
14	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
15	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
15	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Realizar rutina de chequeo de correa, garantizar correa, 5MGT-37,1270mm en almacén.	Mensual
15	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos (22206 2RS-22207 2RS) en almacén	Mensual
15	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos (22207, 7208contacto angular, 2und) en almacén	Mensual
15	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una verificación del sistema, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Bimensual
15	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una limpieza y Re calibración, a los sensores	Mensual
15	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
15	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
15	A	9	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento, garantizar repuesto de encoder en almacén.	N/A

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
15	A	10	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones visuales, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamiento	Mensual
15	A	11	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
16	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual
16	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
16	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
16	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
16	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
16	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
16	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
16	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
16	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
16	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
17	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
17	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
17	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral
17	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
17	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos (2RS- 2RS) en almacén	Mensual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O	H 4	H 5	H 6					
17	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, garantizar repuesto o partes para hacer una reparación si es necesario.	A condición
18	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
18	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
18	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
18	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
18	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral
18	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
18	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
18	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindro en almacén o empaques.	Bimensual

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
18	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
18	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una inspección a las líneas de aire, perdidas por desempalme, o con rotura en la tubería.	Bimensual
18	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
18	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
18	B	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
19	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar fuelles en almacén	Bimensual
19	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
19	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
19	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
19	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
19	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar fuelles en almacén	Bimensual
19	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
19	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
19	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
19	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
19	C	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
19	C	2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
19	C	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
19	C	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
19	C	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral
19	C	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
19	C	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
20	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
20	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del Piñón	A condición
20	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto de la cremallera	A condición
20	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de inspección de los acoples.	Trimestral
20	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar pruebas de asilamiento al motor, garantizar repuesto del equipo en almacén.	Semestral

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
20	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
20	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
21	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
21	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
21	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento programado, garantizar repuesto de selectores	
21	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una limpieza y Re calibración, a los sensores	Mensual
21	A	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, garantizar repuesto en el almacén	
21	A	6	S	N	N	S	N	N	N				Garantizar repuesto en almacén de empates, medio empates y cadena 10B	A condición
21	A	7	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento realizado, garantizar repuesto del engranaje 200 – 15Z	A condición
21	A	8	S	N	N	S	N	N	N				Realizar inspecciones con estetoscopio, para verificar daño en rodamientos. Garantizar rodamientos (2RS- 2RS) en almacén	Mensual

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
21	B	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar un chequeo en campo después de encender los equipos.	N/A
21	B	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Garantizar repuesto de bobinas a 110V, en almacén	A condición
21	B	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
21	B	4	S	N	N	S	N	N	N				Ninguna mantenimiento programado, garantizar repuesto de selectores	
21	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de limpieza y verificación de estado de la unidad hidráulica y empaquetadura.	Mensual
21	B	6	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una rutina de limpieza u verificación de estado de la unidad hidráulica y accesorios	Mensual
21	B	7	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una inspección sobre el soporte de las tijeras, realizar trabajo requerido.	N/A
21	B	8	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
22	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Realizar la inspección de las líneas de aire y la presión del sistema. Garantizar cilindros en almacén	Bimensual

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
22	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual
22	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
22	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado, se debe garantizar repuesto de cableado	
22	B	5	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
23	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
23	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
23	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Ningún mantenimiento programado. Estandarizar procedimiento para el reinicio del programa.	N/A
24	A	1	S	N	N	S	N	N	N				Verificar estado de mangueras y cambiar. Garantizar repuesto de manguera neumática #8	Mensual

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

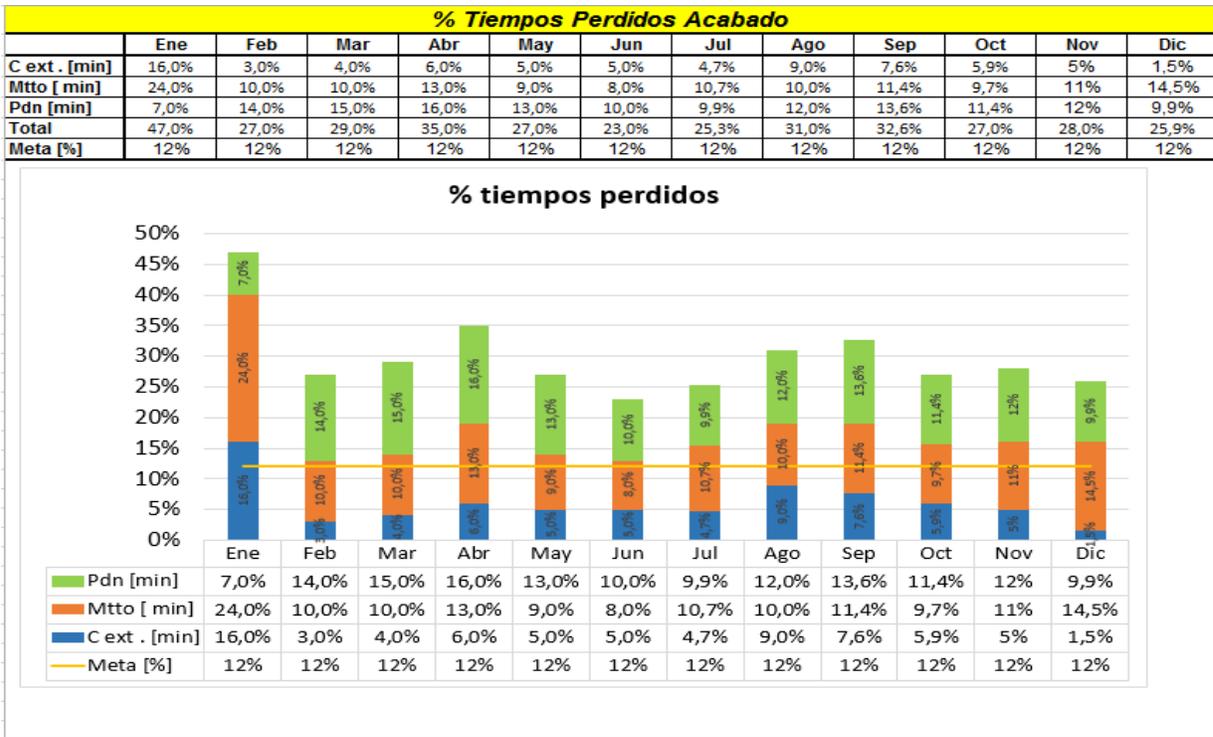
Referencia de información			Evaluación de las consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Tareas "a falta de"			Tareas propuestas	Frecuencia Inicial
F	FF	FM	H	S	E	O				H 4	H 5	H 6		
24	A	2	S	N	N	S	N	N	N				Realizar una inspección a las líneas de aire, perdidas por desempalme, o con rotura en la tubería.	Bimensual
24	A	3	S	N	N	S	N	N	N				Verificar funciones de electroválvulas, realizarles limpieza. Garantizar repuesto electroválvula 5/2, con las mismas especificaciones.	Trimestral
24	A	4	S	N	N	S	N	N	N				Realizar rutinas de purga de agua, verificar el estado de las trampas, verificar repuesto en almacén	Mensual

4.3 Registros de producción

Los registros que lleva la compañía, mes a mes, que son presentados por los supervisores a la parte gerencial, estos datos son confidenciales y solo pueden manejar personal autorizado. Se gestiona un permiso para acceder a ellos y solo podrán ser utilizados de forma académica, no es permitida una reproducción o copia sin la autorización para evitar problemas legales y jurídicos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

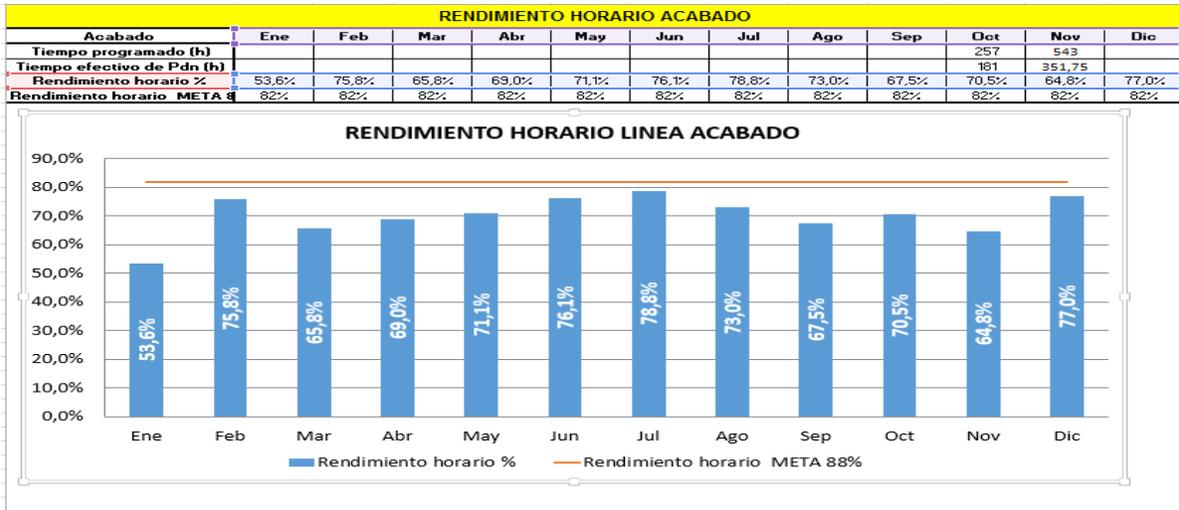
Tabla 1. Resultado de producción. Primer año (2014). Fuente: Bitácora Tablemac MDF



En la tabla 1 se representa el arranque de la zona corte y modulado (schelling), se puede observar tres colores que indican azul (causas externas), naranja (Mantenimiento), verde (producción), evidenciando que los meses tuvieron una constante es que el mantenimiento no bajaba de un 10% y la producción no subía más de un 14%, esto se debe a que la maquina pasaba más tiempo en mantenimiento y perdía tiempo en producción.

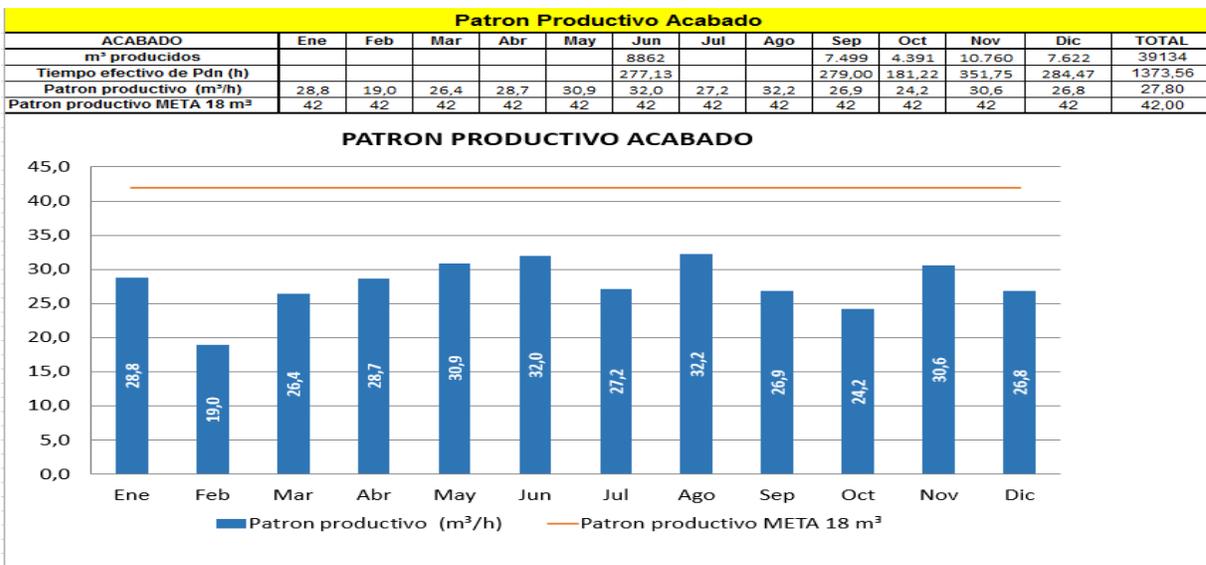
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Tabla 2. Resultado de producción. Primer año (2014) Fuente: Bitácora Tablemac MDF



Al igual que tabla anterior donde se puede observar el rendimiento por porcentaje, en la tabla 2 se muestra como el rendimiento en horas tampoco es el deseado, ya que la meta trazada es de un 82%, alcanzando su pico más alto de 78%, lo que lleva a seguir tomando acciones sobre cómo mejorar este tiempo.

Tabla 3. Resultado de producción. Primer año (2014). Fuente: Bitácora Tablemac MDF



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

El patrón productivo durante el arranque de la zona de corte y modulado no fue el más esperado, se tuvo una expectativa de 42 m³ /h, los cuales el mes con *Índice más alto* llega hasta 32 m³ /h.

Tabla 4. Resultado de producción. Segundo año (2015). Fuente: Bitácora Tablemac MDF

RH mes a mes													
Lijadora y Schelling	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acum
Tiempo prog (h)	431,0	354,0	552,0	363,0	276,0	400,0	496,0	504,0	416,0	400,0	472,0	424,0	5088,0
Tiempo prod (h)	316,7	257,5	397,4	252,0	189,7	284,0	450,1	418,4	369,6	348,8	426,7	287,8	3998,6
RH	73,5%	72,7%	72,0%	69,4%	68,7%	71,0%	90,7%	83,0%	88,9%	87,2%	90,4%	67,9%	78,6%
Meta RH	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%	82%

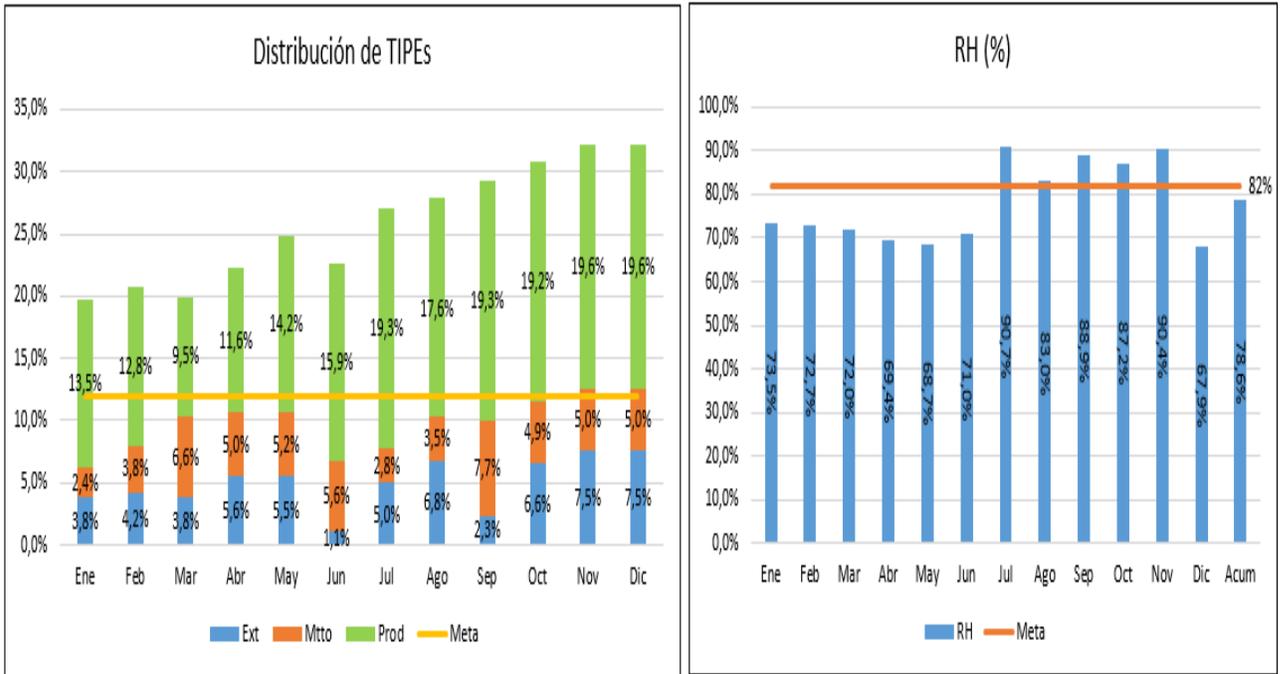
	Min	Horas	%
Tiempo prog (min)	25440	424,0	
Producción	4980	83,0	19,6%
Mtto	1274	21,2	5,0%
C. Externas	1920	32,0	7,5%
TIPEs TOTAL	8174	136,2	32,1%

Distribución de TIPEs													
C. Externas	3,8%	4,2%	3,8%	5,6%	5,5%	1,1%	5,0%	6,8%	2,3%	6,6%	7,5%	7,5%	
Mantenimiento	2,4%	3,8%	6,6%	5,0%	5,2%	5,6%	2,8%	3,5%	7,7%	4,9%	5,0%	5,0%	
Producción	13,5%	12,8%	9,5%	11,6%	14,2%	15,9%	19,3%	17,6%	19,3%	19,2%	19,6%	19,6%	
Meta TIPEs	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	12%	

En la tabla 4 se puede observar un cambio notable, se evidencia un crecimiento en rendimiento horario mes a mes, donde la meta sigue en un 82% y el mes con mejores resultados fue el mes de julio con un 90,7% sobre pasando la meta trazada, aunque los otros meses no fueron regulares obtuvieron un acumulado de un 78% acercándose más a la meta deseada.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Tabla 5. Resultado de producción. Segundo año (2015). Fuente: Bitácora Tablemac MDF



Se menciona anteriormente que el rendimiento horario tuvo cambios significativos, esto se observa en la tabla 5 donde se evidencia que el color verde (producción) tiende a crecer más que los otros dos colores, indicando que se han disminuidos los tiempos de mantenimiento y eventos externos. El rendimiento horario a partir de los meses de julio hasta noviembre se ve el sobre paso un 90,7% sobre la meta propuesta de un 82% al arrancar esta zona, lo cual hacen ver resultado positivo sobre el trabajo día a día.

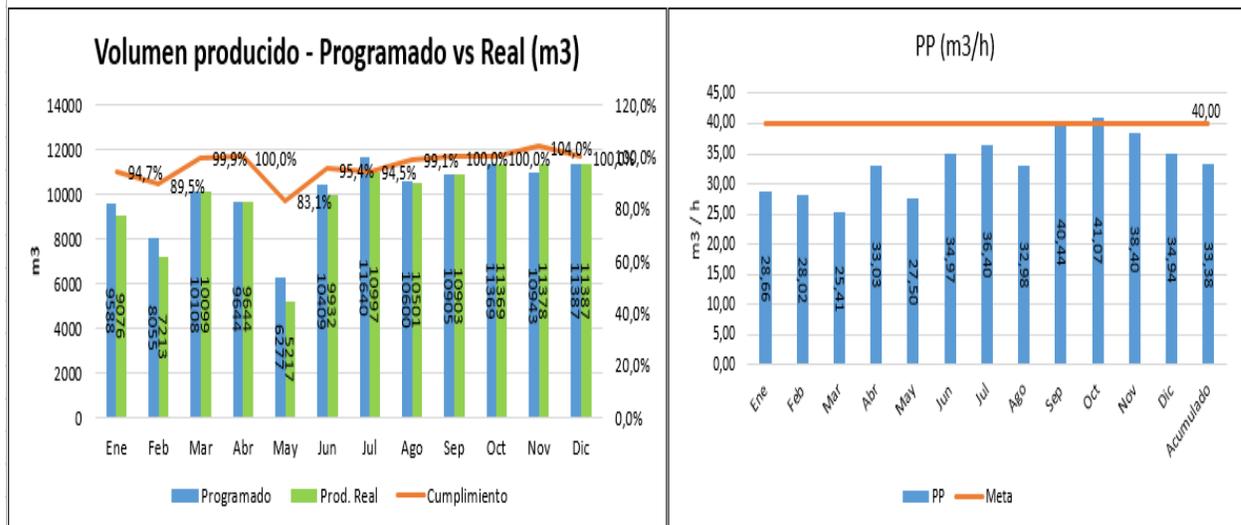
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Tabla 6. Resultado de producción. Segundo año (2015). Fuente: Bitácora Tablemac MDF

Produccion Real vs Programado y PP - Lijadora y Schelling														
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Acumulado	Promedio
Prod. Real (m3)	9076	7213	10099	9644	5217	9932	10997	10501	10903	11369	11378	11387	117716	10701
Programado (m3)	9588	8055	10108	9644	6277	10409	11640	10600	10905	11369	10943	11387	120925	10993
Cumplimiento (%)	94,7%	89,5%	99,9%	100,0%	83,1%	95,4%	94,5%	99,1%	100,0%	100,0%	104,0%	100,0%	97,3%	-
Tiempo prod (h)	316,70	257,47	397,37	292,00	189,68	284,04	302,10	318,37	269,62	276,80	296,33	325,90	3526	320,58
PP (m3/h)	28,66	28,02	25,41	33,03	27,50	34,97	36,40	32,98	40,44	41,07	38,40	34,94	33,38	-
Meta PP (m3/h)	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00	-

En la tabla 6 se resume lo anteriormente mencionado, según el plan por producción se tienen que el cumplimiento del 100% se alcanzó y se sobre paso en los meses de septiembre hasta diciembre con un 104% por encima, lo cual se tiene un acumulado de un 97,3% un resultado bastante alentador para seguir la planeación y enfoque en la confiabilidad de la maquinaria.

Tabla 7. Resultado de producción. Segundo año (2015) Fuente: Bitácora Tablemac MDF



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

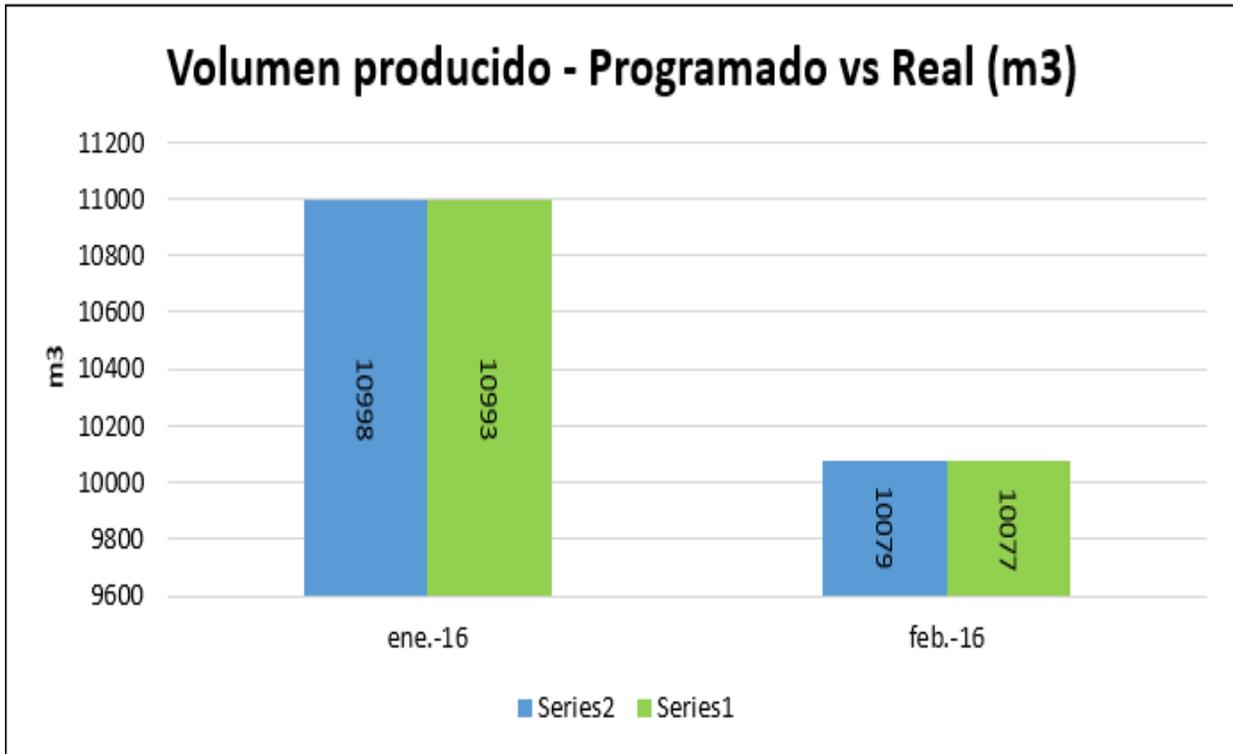
En la tabla 7 se evidencia crecimiento notable ya que la barra azul (producción programada), contra la barra verde (producción real), van muy a la par gracias a que los equipos de la zona han estado respondiendo a las exigencias requeridas por parte de producción.

Tabla 8. Resultado de producción. Tercer año (2016). Fuente: Bitácora Tablemac MDF

Produccion Real vs Programado y PP - Lijadora y Schelling													
	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	Acumulado - 16
Prod. Real (m3)	10993	10077											21070
Programado (m3)	10998	10079											21077
Cumplimiento (%)	100,0%	100,0%											100,0%
Tiempo prod (h)	263,88	227,43											491
PP (m3/h)	41,66	44,31											42,89
Meta PP (m3/h)	40,00	40,00											41,00

Se observa en la tabla 8 que a comienzo de este año se ha tenido un crecimiento notable, de lo programado al arranque de la planta hasta el mes de febrero del 2016 va un cumplimiento del 100%, lo cual quiere decir que las exigencias de la operación están de acorde al funcionamiento correcto de la máquina.

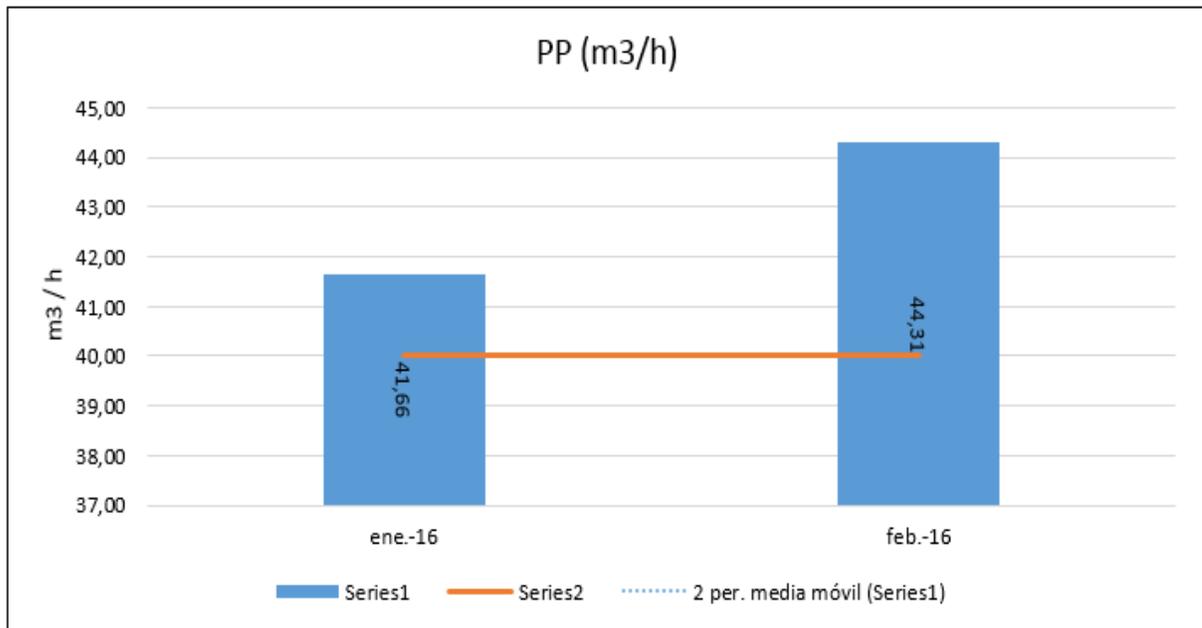
Tabla 9. Resultado de producción. Tercer año (2016). Fuente: Bitácora Tablemac MDF



En la tabla 9 se tienen dos barras de colores, color azul (producción programada), color verde (producción real), al comienzo del año se evidencia que aún no se alcanza 100% en metro cúbicos, pero la diferencia es mínima para lograrlo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Tabla 10. Resultado de producción. Tercer año (2016). Fuente: Bitácora Tablemac MDF



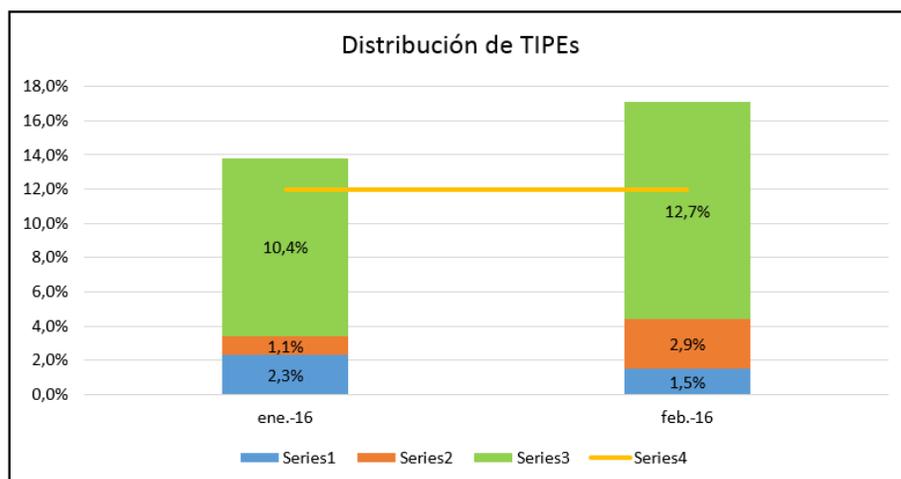
En la tabla 10 se observa el patrón productivo de la zona sobre paso la meta exigida al comienzo que era de 42 m³ /h, el mes de febrero se alcanzó un 44,31 m³ /h.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Tabla 11. Resultado de producción. Tercer año (2016). Fuente: Bitácora Tablemac MDF

RH mes a mes													
Lijadora y Schelling	ene-16	feb-16	mar-16	abr-16	may-16	jun-16	jul-16	ago-16	sep-16	oct-16	nov-16	dic-16	Acum -16
Tiempo prog (h)	346,2	328,0											674,2
Tiempo prod (h)	343,9	327,4											671,3
RH	99,3%	99,8%											99,6%
Meta RH	82%	82%											82%
Distribución de TIPEs													
C. Externas	2,3%	1,5%											
Mantenimiento	1,1%	2,9%											
Producción	10,4%	12,7%											
Meta TIPEs	12%	12%											

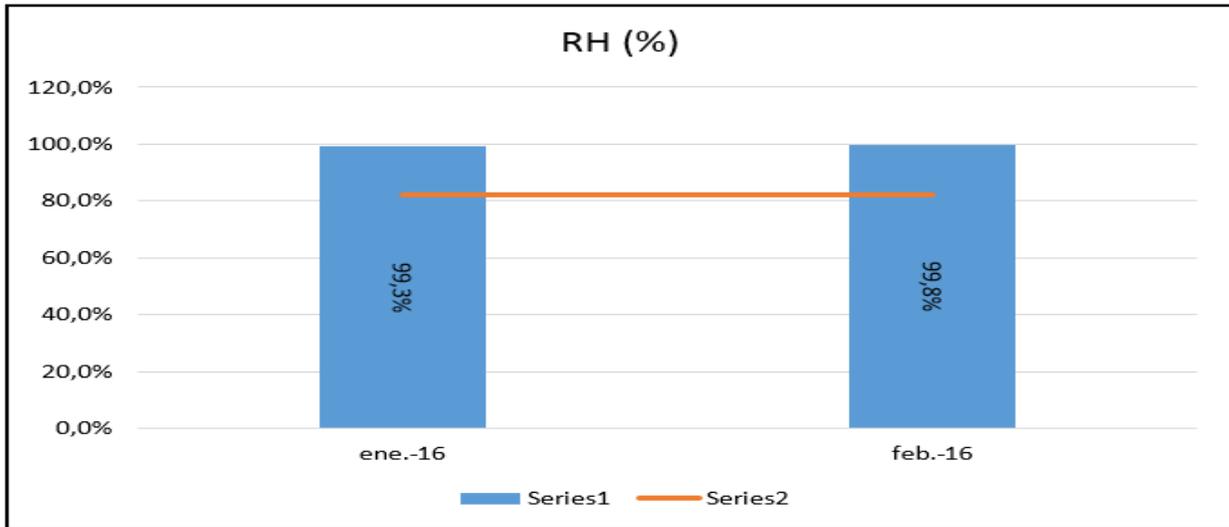
	Min	Horas	%
Tiempo prog (min)	20772	346,2	
Producción	2644	44,1	12,7%
Mtto	3097	51,6	14,9%
C. Externas	1343	22,4	6,5%
TIPEs TOTAL	7084	118,1	34,1%



En la tabla 11 se observa un crecimiento sobresaliente del porcentaje de producción respecto al tiempo de mantenimiento y eventos externos, lo que se puede percibir es que la maquina pasa más en producción que en manos de mantenimiento.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Tabla 12. Resultado de producción. Tercer año (2016) Fuente: Bitácora Tablemac MDF



En la tabla 12 se muestra el rendimiento horario, se puede ver claramente que, aunque no se ha llegado al 100% los valores están muy cerca, entre 99.3 y 99.8%, lo que indica solo una cosa que las estrategias, decisiones tomadas a lo largo del tiempo han sido muy acertadas, esto se evidencia hoy por hoy en las cifras.

4.4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Reuniendo la información, se obtiene un análisis detallado del aumento considerable en tiempo de mantenimiento en el primer año (2014), cuando se pone en marcha la máquina, se puede observar como en los primeros meses hay un tiempo elevado en mantenimiento, aproximadamente el 50% del día, pasa más la máquina sin operar por reparaciones que en producción, también se ve un agente externo que aunque no sea controlado por la fábrica debido a que pueda ser por problemas de la naturaleza, como lluvias fuertes, apagones, tormentas eléctricas, esto también incide en mantenimiento ya que se debe proveer las herramientas necesarias para contra restar al máximo lo que ocasionan estas eventualidades.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Esto se ve reflejado al paso del tiempo y una reestructuración más organizada en lo que compete a mantenimiento y a la confiabilidad de las máquinas, se puede observar que en los años siguientes el aumento de producción es notable y que el tiempo de mantenimiento reduce notablemente, al igual que los agentes externos, eso indica que la máquina pasa más tiempo en producción que en mantenimiento o reparaciones correctivas, debido a un historial y aun estudio de los repuestos más críticos, y los que son de desgaste por tiempo de uso, lo que genera programar paro de mantenimiento y atacar las zonas que pueden fallar más adelante y provocar que los indicadores vuelvan a elevarse como en los primeros años, donde se veía notablemente que la confiabilidad es muy baja.

Se puede ver en la tabla 1 que el tiempo más elevado es el primer mes y es entendible ya que es una máquina donde en su instalación fue algo ortodoxo saliendo de los esquemas profesionales y técnicos, ya que fue montada por fotos y correos sin ningún plano, esto conlleva a que los elementos estuvieran en mal estado desde el momento que se ensamblaron.

Por lo general en la tabla 1 se observa un año en productividad muy inestable con tendencias negativas ya que se tiene un porcentaje casi igual en tanto tiempos perdidos por mantenimiento al igual que por producción, esto se debe a que los operarios y auxiliares de la máquina también son inexpertos, lo que hace más difícil para el equipo de mantenimiento saber en realidad cual es el problema a la hora de intervenir la máquina, esto va sumando los tiempos muertos de producción.

Las tendencias de los tiempos en la línea de acabados son muy bajas ya que se traza una meta del 82% lo cual no se alcanza en ninguno de los dos años y la más elevada es en el mes de junio del 2014 con un 78,8% lo cual no es muy buen porcentaje para la meta trazada, esto da pie a empezar a desarrollar estrategias más fuertes en esta zona, ya que estaba afectando las ventas y el cumplimiento con los clientes que se estaba adquiriendo.

En la tabla 3 se puede observar que el patrón productivo está casi siempre en la mitad de lo que se trazó inicialmente ya que la meta es de un 42% y el patrón más alto está en 32,2% esto fue en el mes de agosto, el resto siempre son entre en 24 y 28%, lo que indica que la confiabilidad de las máquinas está muy por debajo de lo que se requiere para poder alcanzar estas metas trazadas.

En el año 2015, se puede evidencia que en los primeros meses se tiene una tendencia a subir pero no es suficiente ya que en la tabla 5, los meses desde enero hasta junio en este año va creciendo de un 13 hasta un 15% en productividad y que los tiempos de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

mantenimiento empiezan a disminuir notablemente, al igual que los agentes externos, esto se debe que se empieza a trabajar fuertemente y a ver los resultados de los estudios de la máquina, sus falencias, los repuestos y la mano de obra que se requiere para poder atender estos casos oportunamente, ya que en los meses de julio hasta noviembre se puede observar en la tabla 5, que se tiene un aumento del 15 al 19% mantenimiento estable, en el mes de diciembre cae mucho ya que en esta fecha se dan vacaciones colectivas al personal de producción por festividades de fin de año y fechas especiales, así la maquina se le realiza mantenimiento programado y mejoras de los equipos, levantamiento de planos, información que siguen ayudando a realizar el trabajo de mantenimiento y mejora continua.

Este trabajo se puede ver que lo realizado empieza a dar resultados en los últimos meses del año 2015 como se observar en las tablas 6 y 7, los meses donde se alcanzó la meta establecida fueron los meses de abril, septiembre y octubre a pesar de los problemas que aparecieron la intervención fue más rápida debido a la información y repuestos en almacén lo que disminuyo los tiempos perdidos, haciendo que la máquina fuera más confiable y poder entregar los productos a tiempo, en los otros meses el tiempo estuvo muy cerca de las metas lo que genera una satisfacción a la hora de entregar resultados con el trabajo y seguir esforzándose por que los meses siguientes sean siempre por encima de la meta trazada, quedan muchas falencias que se irán trabajando y por mejorar otras como el patrón productivo, aunque no se llega a la meta se está acercando poco a poco, esto lo refleja la tabla 9, aunque solo se tenga hasta los dos primeros meses de este año 2016, se observa que se tiene un muy buen comienzo del año con unas producciones al 100% según lo programado y que el patrón productivo del año que la meta era de un 42% en el segundo mes se superó y el primero estuvo muy cerca de alcanzar, lo que se puede deducir que se están haciendo bien las cosas y que se puede mejorar mucho más, esto también se debe a que se han involucrado también la parte de operación y la experiencia de los operarios a la hora de diagnosticar algún daño o falla en la máquina, permitiendo una rápida atención por parte del equipo de mantenimiento de la planta Tablemac MDF.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

5.1 Conclusiones

- En el desarrollo de la estrategia de mantenimiento RCM para la zona de corte y modulado (schelling), lo cual se puede evidenciar resultados muy buenos, esto acerca más a la meta que se trazó, que es mantener los equipos con una alta confiabilidad a la hora de producir, que pasen más tiempo produciendo que parados por mantenimientos correctivos o por falta de repuestos.
- estableciendo en la estrategia las funciones de la máquina, concentrándose en los más pequeños detalles para poder realizar así un cubrimiento muy minucioso de cada componente y que función realiza dentro de esta zona, con esto se da cuenta que parte falta por inspeccionar y que problemas puede generar más adelante en un eventual daño.
- Construyendo el diseño de la estrategia, las fallas de todos los componentes asociados a esta máquina, de su modo de falla, al mismo tiempo de cómo se puede realizar su reparación en caso de que ocurra este evento. se puede observar que los tiempos están estipulados y aunque no todas las veces son 100% confiables si da la idea del tiempo que se tiene para intervenir otras partes que lo ameriten, esto no quiere decir que siempre vayan a fallar estas partes, al igual se sigue trabajando para poder abarcar en su totalidad y poder establecer todos los tipos de fallas que puede tener esta máquina, para esto se necesita más tiempo y seguir con los registros y estudios de los paros que presente esta zona.
- Desarrollando la estrategia de mantenimiento se pueden evidenciar altos crecimientos en la producción y la disminución en los tiempos perdidos por mantenimiento, esto se debe a que ya la experiencia del personal tanto operativo,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

como de mantenimiento tiene una formación y un historia sobre esta zona, con esta estrategia se puede saber por dónde puede fallar la máquina y que tipo de mantenimiento se puede realizar, lo cual mejora notablemente los tiempos perdidos, esto da pie a que se sigan realizando rutinas de inspección tanto preventivas como proactivas en la máquina, lo que nos ayuda a disminuir más los mantenimientos programados y seguir con las mejoras y la recolección de información ya que muchas de esas tareas se pueden realizar sin necesidad de parar por mucho tiempo la producción.

5.2 RECOMENDACIONES

Al finalizar este trabajo se debe seguir con las mediciones de tiempos y seguir buscando información sobre esta zona ya que constantemente van resultando problemas que no tenemos evidenciados o que no están plasmados en esta estrategia. Esto servirá para seguir generando un historial y poder seguir sumándole minutos a la confiabilidad de las máquinas, poder revisar los repuestos y verificar existencia en almacén ya que lo importante es que a la hora de acudir alguna emergencia se cuente tanto con el personal, el conocimiento y los repuestos requeridos para una rápida intervención.

Otra recomendación es poder divulgar esta estrategia y seguir convocando más gente que pueda aportar, dejar esto al alcance de todos los interesados y poder realizar en un sistema donde todos puedan acceder a la información de una forma clara, precisa y concisa, tanto del daño, del repuesto y de la forma de intervenir, minimizando el tiempo de búsqueda, esto se lograra a medida que se vaya implementando todo este sistema en un programa consolidado en la empresa y que este siga dando resultados tan óptimos como los arrojados hasta ahora.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

REFERENCIAS

Bibliografía

ALADON. (1999). Realiability Centred Maintenance. In Realiability Centred Maintenance. New York: 2 ED. 2. ALADON. (1999). Realiability Centred Maintenance. In ALADON, Realiability Centred Maintenance. New York: 2 ED

Cruz, C. (2011). Análisis del Sistema Electrohidráulico de regulación de velocidad de La Central Hidroeléctrica Paute. Cuenca, Ecuador, Azuay: 1 ED.

Duffuaa, Salih, O. Raouf, A. Campbell, John Dixon. (2005). Sistema de mantenimiento planeación y control. Editorial Limusa S.A. publicado el 30 de Junio del 2006.

Gutiérrez, J. (2008). Desarrollo de metodologías para Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, Universidad de Pereira. <https://es.scribd.com/doc/98089025/34/Diagrama-de-decision-RCM>

Industrial, T. (19 de 05 de 2007). www.industrialtijuana.com, de <http://www.industrialtijuana.com>, Citado el 15 de 04 de 2013

Moubray, J. (2004). Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (Reability Centred Maintenance). Lutterworth: Aladon Ltd. Edición en español

Pérez, M. (12 de 01 de 2013). Confiabilidad.net. de Definición de las Frecuencias para un Plan de Mantenimiento: <http://confiabilidad.net/articulos>, Citado el 17 de 04 de 201

Sotuyo, S. (2002). Optimización integra del mantenimiento. Uruguay, citado el 03 de Diciembre del 2002.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Smith, (1993) productividad en la administración en el mantenimiento de industrias.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

ANEXOS

ANEXO A

Los siguientes registros fotográficos, se puede observar el montaje y acondicionamiento que se realiza, después de varios meses se le da marcha, lo cual con lleva a realizar el trabajo mencionado anteriormente.



Montaje de la zona corte y modulado (Schelling) planta Tablemac MDF. Fuente: Autor.



Montaje de la zona corte y modulado (Schelling) planta Tablemac MDF. Fuente: Autor



Montaje de la zona corte y modulado (Schelling) planta Tablemac MDF. Fuente: Autor



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	

Montaje de la zona corte y modulado (Schelling) planta Tablemac MDF. Fuente: Autor



Montaje de la zona corte y modulado (Schelling) planta Tablemac MDF. Fuente: Autor

ANEXO B

Este es el documento que avala el trabajo realizado durante el tiempo de ejecución.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	
		Versión	
		Fecha	



Barbosa (Antioquia), 3 de octubre de 2016.

Señores
 Comité Trabajo de Grado
 Institución Tecnológica Metropolitana.

A quien corresponda:

Por este conducto me permito notificarle el total apoyo y respaldo que se ha tenido con el señor Robinson Alexander Ríos Tapias, realizando el trabajo de mantenimiento centrado en la confiabilidad en el área de corté y modulado (schelling), con el beneficio que traerá más adelante este importante desarrollo.

El propósito es desarrollar esta estrategia en el marco técnico y profesional establecido; Estas investigaciones se han llevado a cabo desde el día 2 de febrero del 2013, en la empresa Tablemac Mdf S.A.S con un tiempo destinado por fuera del laboral.

Soy consciente que la colaboración entre la parte técnica e ingeniería es vital para el desarrollo de esta estrategia, por lo que reiteramos nuestro total apoyo y compromiso de seguir colaborando para que el estudiante siga realizando sus actividades.

Cordialmente;

Jiovanny Meneses C.
 Jiovanny Meneses Castillo
 Ingeniero mecánico
 Jefe Departamento Mecánico



TABLEMAC MDF S.A.S. NIT. 900.338.494-1

Oficina administración: Cra. 43A 19 - 127, Piso 3, Ed. Recife, PBX.: (057-4) 384 10 00, Medellín - Colombia.
 Planta de Producción: Vía Hatillo - Barbosa 1,2 km. antes de la cabecera municipal, Barbosa - Colombia.