



ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MESA DE  
CORTE-FUENTE PLASMA DE LA EMPRESA INDUSTRIAS AVM S.A.

Modalidad: Fortalecimiento Empresarial

Nelson Rangel Suarez

CC. 1100895813

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**

Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías

Tecnología en producción industrial

Bucaramanga 25-04-2023



ELABORACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA MESA DE  
CORTE- FUENTE PLASMA DE LA EMPRESA INDUSTRIAS AVM S.A.

Modalidad: Fortalecimiento Empresarial

Nelson Rangel Suarez  
CC. 1100895813

**Trabajo de Grado para optar al título de**  
Tecnólogo en Producción Industrial

**DIRECTOR**  
Obdulio Solano Ruiz

Grupo de investigación en Diseño y Materiales -DIMAT-

**UNIDADES TECNOLÓGICAS DE SANTANDER**  
Facultad de Ciencias Naturales e Ingenierías  
Tecnología en producción industrial  
Bucaramanga 25-04-2023

Nota de Aceptación

**APROBADO** en cumplimiento de  
los requerimientos exigidos por las  
Unidades Tecnológicas de Santander para optar el título de  
Tecnólogo en Producción Industrial  
según acta del comité de trabajo de grado  
número 137-01-17 del 2 de Junio del 2023  
Evaluador: Edwin Fabian Amaya Arias



---

Firma del Evaluador



---

Firma del director

## DEDICATORIA

A mis padres, mi hermana y a mi familia, por el gran apoyo que me han brindado, me llenaron de motivación para concluir cada paso, todos ellos son los guerreros de mi vida, no solo en este proceso académico si no en mis sueños y en cada una de mis decisiones, con este logro quiero que sepan que mi vida y mis sueños son dirigidos a través de las ganas de aprender algo más siempre, este triunfo es la pasión latente por seguir adelante. Mis amigos, colegas y compañeros; gracias por las ideas, consejos y experiencias.

## AGRADECIMIENTOS

Primeramente y de ante mano agradezco a Dios por darme salud y vida, a mis padres Jaime Rangel Y Nora Suarez ya que siempre tuvieron fe en mí, por su dedicación, esfuerzo y confianza, a mi hermana Cindy Carolina por el apoyo y la ayuda que me brindo.

Agradezco a la empresa Industrias AVM S.A por darme la oportunidad y el gran apoyo para la realización de mi proyecto.

A las Unidades Tecnológicas De Santander y sus profesores, por sus enseñanzas y consejos que me han brindado en el transcurso de cada semestre ya que me ayudaron a culminar mí objetivo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN EJECUTIVO.....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>11</b>
<b>1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.1. JUSTIFICACIÓN.....	12
1.2. OBJETIVOS.....	13
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>2. MARCO REFERENCIAL .....</b>	<b>15</b>
2.1. MARCO CONCEPTUAL .....	15
2.1.1. MANTENIMIENTO .....	16
2.1.2. EVOLUCIÓN DEL MANTENIMIENTO .....	21
2.1.3. MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	24
2.1.4. MANTENIMIENTO PREDICTIVO.....	25
2.1.5. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	25
2.1.6. MANTENIMIENTO AUTÓNOMO .....	25
2.1.7. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO AUTÓNOMO .....	26
2.1.8. METODOLOGÍA DE LAS 5 “S” .....	27
2.1.9. EQUIPOS DE CORTE.....	28
2.2. MARCO LEGAL.....	29
2.2.1. NORMAS SAE-JA 1012.....	29
2.2.2. NORMA NORSOK:.....	29
2.2.3. ISO14224.....	31
2.2.4. INDICADORES DE MANTENIMIENTO.....	37
2.2.5. PARÁMETRO MTBF MEAN TIME BETWEEN FAILURES (TIEMPO MEDIO ENTRE FALLOS) .	40
2.2.6. PARÁMETRO MTTF MEAN TIME TO FAILURE (TIEMPO MEDIO HASTA EL FALLO).....	41
<b>3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION.....</b>	<b>46</b>
3.1. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA .....	46
3.2. INVESTIGACION CON ENFOQUE CUANTITATIVO .....	46
<b>4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO .....</b>	<b>47</b>
4.1. DESARROLLO DE FICHA TECNICA .....	47
4.1.1. FICHA TÉCNICA DEL AUTÓNOMO DE LA MAQUINA.....	47

4.1.2.	CARTA DE LUBRICACIÓN .....	48
4.1.3.	FICHA TÉCNICA .....	49
4.1.4.	HOJA DE VIDA .....	50
4.1.5.	LISTA DE REQUERIMIENTOS .....	53
<b>4.2.</b>	<b>PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM)</b>	<b>58</b>
4.2.1.	PERIODICIDAD DE LAS RUTINAS .....	58
<b><u>LIMPIEZA DE GRADO MANUAL.....</u></b>		<b>60</b>
<b><u>LUBRICACIÓN DEL SISTEMA.....</u></b>		<b>60</b>
<b><u>MANTENIMIENTO SISTEMA DE CONTROL.....</u></b>		<b>60</b>
<b><u>MANTENIMIENTO SISTEMA DE CONTROL.....</u></b>		<b>61</b>
<b><u>MANTENIMIENTO MOTO REDUCTOR.....</u></b>		<b>61</b>
<b><u>PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.....</u></b>		<b>62</b>
<b>5.</b>	<b><u>RESULTADOS.....</u></b>	<b>63</b>
5.1.	FORMATO DE LA FICHA TÉCNICA .....	63
5.2.	FORMATO DE REGISTRO DE MANTENIMIENTO.....	64
5.3.	FORMATO DE LISTA DE REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO.....	65
<b>6.</b>	<b><u>CONCLUSIONES .....</u></b>	<b>68</b>
<b>7.</b>	<b><u>RECOMENDACIONES .....</u></b>	<b>69</b>
<b>8.</b>	<b><u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</u></b>	<b>70</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figuras 1.</b> Taxonomía de Equipos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>Figuras 2.</b> Mesa de corte.....	<b>54</b>
<b>Figuras 3.</b> Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.....	<b>17</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Evolución del mantenimiento .....	21
<b>Tabla 2.</b> Registro de fallas mesa de corte Industria AVM.SAS .....	33
<b>Tabla 3.</b> Parámetro MTBF Mean Time Between Failures (Tiempo Medio Entre Fallos)40	
<b>Tabla 4.</b> Parámetro MTTF Mean Time To Failure (Tiempo medio hasta el fallo).....	41
<b>Tabla 5.</b> Mantenimiento autónomo .....	47
<b>Tabla 6.</b> Carta de lubricación .....	48
<b>Tabla 7.</b> Ficha técnica.....	49
<b>Tabla 8.</b> Formato hoja de vida. ....	51
<b>Tabla 9.</b> Especificaciones mesa de corte Econocut.....	54
<b>Tabla 10.</b> Capacidad de energía para la fuente de plasma .....	55
<b>Tabla 11.</b> Especificaciones de energía para la Maxpro 200 .....	55
<b>Tabla 12.</b> Gases .....	56
<b>Tabla 13.</b> Gases por procesos.....	57
<b>Tabla 14 .</b> Inspección visual general, de los elementos del sistema (riel de movimiento). .....	59
<b>Tabla 15.</b> Actividad 1. ....	59
<b>Tabla 16.</b> Actividad 2. ....	60
<b>Tabla 17.</b> Actividad 3. ....	60
<b>Tabla 18.</b> Actividad 4. ....	60
<b>Tabla 19.</b> Actividad 1. ....	61
<b>Tabla 20.</b> Actividad 2. ....	61
<b>Tabla 21.</b> Actividad 3. ....	62
<b>Tabla 22.</b> Ficha técnica.....	63
<b>Tabla 23.</b> Registros de mantenimiento .....	64
<b>Tabla 24.</b> Lista de requerimientos de mantenimiento. ....	65

## RESUMEN EJECUTIVO

Para iniciar el desarrollo del proyecto, se recopilaron todos los datos necesarios sobre la empresa Industrias AVM S.A y su juicio productivo, así como los dispositivos que la componen, sus responsabilidades y los bienes que proveen. Así mismo, se recopiló toda la información sobre el mantenimiento de los equipos: qué se ha hecho, quién lo hace, cómo y con qué frecuencia. Con base en este estudio se realizó con la ayuda de laboratorios de procesos industriales, donde se recolectaron los datos de placa de cada unidad. Con este conocimiento, realizamos un análisis de criticidad para determinar la importancia de cada ítem y los efectos que tendría si alguno dejara de funcionar o tuviera algún problema. Se encontró que la mesa de fuente de corte PLASMA EXTREMETHYPERTHERM es el equipo de trabajo dentro de la empresa más crucial. Posteriormente, se realizó un análisis del equipo elegido, observando su funcionamiento, historial de fallas, subsistemas, componentes y elementos, así como cada uno de ellos contribuyó a la operación de la cortadora de plasma. Previo a la realización del plan de mantenimiento, también se completó el procedimiento de análisis de criticidad dirigido a los subsistemas de los equipos. Se examinaron los distintos tipos de planes de mantenimiento y las características de la empresa en relación a cada uno de ellos para determinar cuál sería el mejor plan de mantenimiento para el proceso productivo. Se estudió y analizó la cortadora de plasma y luego de decidir la mejor estrategia de mantenimiento, se elaboró un plan de mantenimiento, durante el cual se evaluaron indicadores de tiempo, se codificaron componentes y se determinaron funciones primarias y secundarias, identificación de fallas técnicas funcionales, evaluación de los resultados de la identificación del modo de falla y asignación de tareas preventivas a través de instructivos, formatos y gestión de repuestos.

**PALABRAS CLAVE.** Corte por plasma, Mantenimiento, Mesa de plasma, Metalmecánica, Metodología de las 5s.

## INTRODUCCIÓN

Industrias AVM S.A se especializa en el diseño, producción y montaje de obras de ingeniería; es una empresa metalmeccánica con 20 años de experiencia en el mercado de Bucaramanga-Girón se ubican todas las instalaciones del mercado, que incluyen oficinas, máquinas, un área de carga y descarga y un mercado dedicado al diseño, fabricación y montaje de obras de ingeniería. (Industrias AVM SA, 2022)

Debido a que la operación de la empresa solo se realiza cuando se tiene un tratado o se presenta una falla (mantenimiento correctivo), lo que no garantiza que el tiempo asignado sea suficiente o que se requiera para completar todas estas tareas.

Para evitar tiempos de inactividad, costos imprevistos significativos y efectos en la calidad de su producción, se recomienda crear un plan de mantenimiento preventivo para los equipos mencionados. La mesa de fuente de corte EXTREMET-HYPERTHERM PLASMA es el equipo más crucial en el proceso de producción de la empresa porque dirige todos sus procesos.

Además de atender las demandas del mercado, el trabajo inicial de Industrias AVM S. consiste en la construcción de tuberías, instalaciones deportivas, torres de energía, tanques, contenedores y elementos específicos del producto como vigas, columnas, perfiles y marcos.

Después de determinar la necesidad, el cliente elige si presentar su delineación o pedirle a la empresa que lo ejecute. La ejecución del diseño estructural y la definición de costos del proyecto ocurren en la primera fase. Tras la creación de los planos de taller, puede decidir si comprar componentes prefabricados o crear los suyos propios en el taller de la empresa, en función de los perfiles y geometrías que se requieran.

## **1. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El funcionamiento de los equipos de industria AVM S.A. requieren de la esencia fundamental como es el mantenimiento de cada una de ellas; primordial para el buen desarrollo de cada uno de los procesos de producción que requieran el uso de estos por parte de los operarios profesionales, o técnicos encargados del área de mantenimiento y ejecución de máquinas. (Industrias AVM SA, 2022). Con el tiempo se pueden evidenciar que las máquinas van a requerir un mantenimiento adecuado preventivo.

El equipo de mayor relevancia en el proceso productivo de la Industrias AVM.S. A es la mesa de corte-fuente plasma EXTREMET-HYPERTHERM, comprada recientemente teniendo en cuenta su tecnología, la cual contribuye a disminuir los costos de producción, como la reducción en tiempos de producción; Por ello los tiempos de indisponibilidad que en él se generen, traen como consecuencia pérdida considerable en tiempo de producción, afectando la respectiva entrega de productos, la imagen de la empresa ante sus clientes, generación de costos imprevistos y hasta en ocasiones baja calidad en los productos. Razones suficientes para buscar alcanzar y mantener en lo posible, su mayor confiabilidad y disponibilidad. Por lo anterior, la mantenibilidad que demanda el equipo se vuelve punto clave en el proceso productivo.

Es por estas razones se pregunta: ¿Cuál sería el Plan de Mantenimiento para la cortadora de plasma, que ofrezca las condiciones necesarias para alcanzar las metas de producción de Industria A.V.M. S. A?

### **1.1. JUSTIFICACIÓN**

Actualmente, la tendencia mundial, en cuanto a mercados, es la globalización en la cual exige reforzar los procesos económicos, administrativos y productivos con el fin de maximizar ganancias y minimizar costos y poder aprovechar al máximo los recursos disponibles, respondiendo con ello en parte a las exigencias mundiales de eficiencia,

eficacia, calidad y productividad.

Por lo anterior existe la necesidad de la aplicación de metodologías basadas en ingenierías aprovechadas al mantenimiento industrial por medio de un plan de mantenimiento preventivo, a su vez, mejorar la cantidad de producción diaria aprovechando el mejor estado de funcionalidad y operación de los equipos.

El presente fortalecimiento empresarial se enfocará a reducir los costos operativos como los de mantenimientos y disminuir la cantidad de mantenimientos correctivos que implican las detenciones de plantas imprevistas o no programadas. Con la aplicación del plan de mantenimiento preventivo que se pretende aplicar se reducirá y/o eliminará estos problemas teniendo una mejora como objetivo principal.

Este fortalecimiento empresarial permitirá a futuros estudiantes y profesionales ahondar en conocimientos adquiridos en el desarrollo del programa de Ingeniería, de las Unidades Tecnológicas de Santander, con elemento teóricos y prácticos, por medio de los semilleros de investigación enfocarse y brindando un aporte con la institución educativa.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un plan de Mantenimiento de la mesa de corte-fuente plasma de la empresa AVM S.A., siguiendo los lineamientos de la norma ISO14224 y SAEJ1011 /12, como apoyo para mejorar su disponibilidad y confiabilidad.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar formato de la ficha técnica que permita registrar la información de carácter técnico, operativo, comercial y características generales de la mesa de corte-fuente

plasma de la empresa AVM S.A.

- Elaborar formato de hojas que sirva herramienta para llevar los diferentes registros de mantenimiento al equipo, teniendo en cuenta los parámetros técnicos del equipo y lo indicado en los manuales.
- Diseñar lista de requerimientos de mantenimiento para estandarizar las diferentes operaciones que se realizan sobre la mesa de corte-fuente plasma de la empresa AVM S.A.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. MARCO CONCEPTUAL

Según Vigo (2019), al igual que todos los equipos donde la funcionalidad y el requerimiento de trabajo se hace manera extenuante, es necesario fijar versiones periódicas donde se pueden relacionar el tiempo, los recursos empleados, y las diferentes anomalías que necesiten presentar para realizar su posterior reporte y por ende si es el caso una reparación del mismo.

Según Carmona (2019), todos los equipos de corte deben inspeccionarse según sea necesario para asegurar de que estén en condición segura de operación. Si se detecta que los equipos no son capaces de una operación segura y confiable, antes de sacarlos de servicio o volver a usarlos, debe repararlos el personal calificado. Mantener la máquina en buenas condiciones de trabajo. Toda modificación no autorizada puede afectar la seguridad y vida útil de la máquina.

De acuerdo con Barreto (2020), la unidad de trabajo más empleada en el proceso productivo de la compañía es la cortadora de plasma, el cual es, para garantizar su fiabilidad y el que este en perfectas condiciones de trabajo es recomendable mantener un cronograma de actividades, el cual mantenga un seguimiento con el fin de evitar contratiempos de para de producción.

Según Baquerizo (2022), algo que es importante en las maquinas cuando se están trabajando es la correcta manipulación de su uso, de este depende la durabilidad en cuanto a su funcionamiento. Para lo anterior toda máquina siempre viene con su guía para su posterior empleo y utilización y evitar así que termine haciéndole modificaciones el cual pierden totalmente su objetivo de uso y violan totalmente las indicaciones del fabricante.

Según Bermeo (2020), Se sugiere crear un plan de mantenimiento preventivo para dichos equipos con el fin de evitar tiempos muertos, altos costos no previstos y

afectaciones en la calidad de sus productos debido a que la cortadora de plasma es la maquinaria más crucial en el proceso productivo de la empresa debido a que impulsa todos los de sus procesos.

### **2.1.1. Mantenimiento**

El mantenimiento puede entenderse como un conjunto de reglas y técnicas diseñadas para mantener el equipo o máquina funcionando como fue diseñado. Existen muchos tipos de mantenimiento, actualmente los métodos de tratamiento más importantes para asegurar una larga vida útil del equipo son: Corrección prevención y pronóstico. La importancia del mantenimiento ha aumentado en las últimas décadas debido a los altos estándares de calidad ahora establecidos, y el hecho de que las empresas quieran ser competitivas en el comercio internacional es otra razón. Es un término generado por el sector de la industria. (Mancuzo, 2020)

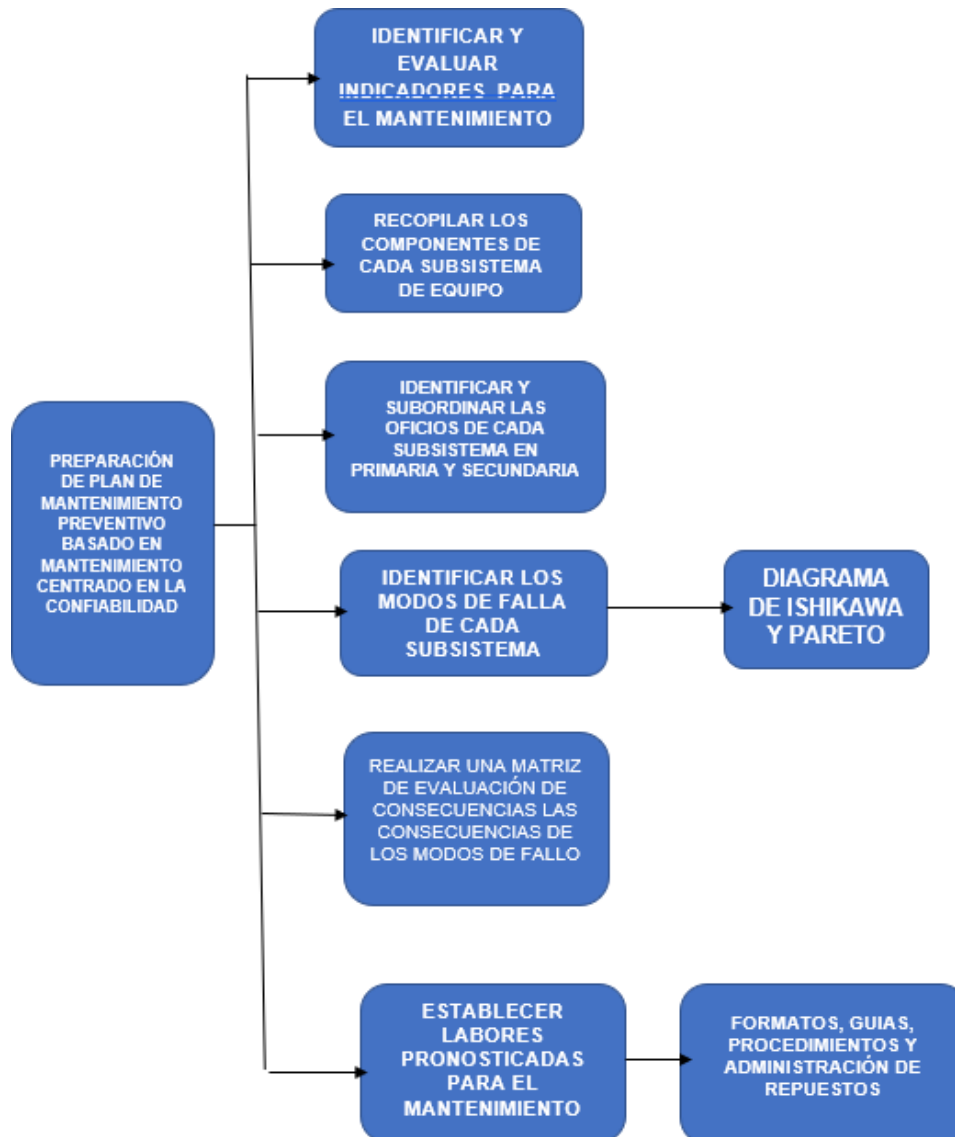
Un método de investigación para apoyar la elaboración de la matriz de riesgo, es estar enfocándose en comparar los niveles de riesgo de los diferentes actores, que son aceptables para el desarrollo de las actividades en la organización. El enfoque se centra básicamente en evaluar la salud de las personas involucradas, teniendo en cuenta los riesgos y las tareas realizadas dentro de la actividad, el proceso productivo, la gestión del mantenimiento, la planificación, la gestión de proyectos, la ejecución de la actividad y la evaluación de riesgos. (Elguera Gallo, 2021)

RCM se enfoca en la relación entre una organización y los elementos físicos que la componen. Antes de examinar esta relación en detalle, es necesario saber qué tipo de relación los elementos físicos existentes de la empresa y decidir cuáles deben subordinarse en el proceso de revisión de RCM. En la mayoría de los casos, esto significa que debe cumplir, como también completar el registro del dispositivo (si aún no se ha hecho). RCM hace una serie de preguntas sobre cada elemento



seleccionado: ¿Cuáles son las características?, ¿Cómo podría fallar? ¿Qué hace que falle?, ¿Qué pasa si falla?, ¿Qué pasa si falla?, ¿Qué hacer para prevenir errores?, ¿Qué sucede cuando el fracaso es inevitable? (Constantino Quintana, 2021)

**Figura 1.** Desarrollo del plan de mantenimiento preventivo.



Fuente: El autor

El objetivo de RCM es brindar confianza en la funcionalidad operativa de un activo, lo que se logra con una alta variabilidad y bajas tasas de falla. En resumen, los objetivos

propuestos son los siguientes: cuidar el medio ambiente, asegurar la funcionalidad operativa de la instalación, promover un mantenimiento rentable, alargar la vida útil de las partes del activo fijo costosas mediante la realización de ciertas acciones y mejorar el lugar de trabajo.

## **Beneficio del RCM**

La aplicación del RCM está directamente relacionada con el aumento de la disponibilidad de activos y está intrínsecamente relacionada con la seguridad de los empleados.

Para realizar un buen plan de mantenimiento se realizará una Análisis de modo y los efectos de las fallas (AMEF) de la cortadora. En esta metodología se determinará cuáles son los modos potenciales de fallas, identificándose cada modo y en qué forma se desencadena una falla. Los modos de fallas identificados responden a las preguntas ¿Por qué no se consiguió lo deseado? y ¿Cuál es la forma en la que el proceso falla?, estas preguntas ayudaran a tener una visión más clara de los modos de falla. Para cada modo se determinará los efectos potenciales de cada falla, por lo tanto, se analizará todas las posibles consecuencias de las fallas que afectan directa e indirectamente el nivel de servicio al cliente. Se tomará en cuenta que cada falla puede tener diversos efectos potenciales y la pregunta a responder es ¿Qué sucede cuando ocurre ese modo de falla? Luego se analizaron cuáles son las posibles causas de las fallas identificadas anteriormente, y cuáles son los sistemas de controles actuales de detección y prevención de las posibles fallas potenciales que se manejan en el proceso, esta información se obtendrá a través del análisis detallado del proceso. Se asignará un índice de gravedad al efecto de la falla, esto dependerá de cómo la falla repercute en el cliente, tanto interno como externo; con base en los criterios de asignación de índices de gravedad, se asignarán los posteriores valores avalados por el departamento de seguridad.

## Planificación

Su punto de partida es la definición de los objetivos de la empresa para el mantenimiento de sus activos, donde todo el personal está vinculado a las responsabilidades y objetivos establecidos por la dirección general, guiados por la capacitación del grupo de trabajo y un experto o coordinador RCM reconocido que coordinará con desarrollo, servicio y mantenimiento y obtener la aprobación de la gerencia, ejecutar planes de acción, seleccionar sistemas, equipos o áreas prioritarias. Centrarse en las metas se enfoca en el cambio conceptual Flujo de trabajo que alinea las metas con el negocio y los objetivos comerciales.

## Proceso de revisión basado en RCM

En este contexto, se llevará a cabo una reunión formalmente estructurada dirigida por un mentor. Aquí se especifica el plan de acuerdo a las actividades desarrolladas por el grupo de trabajo. Proponer políticas orientadas a la generación de riqueza con metas de corto y mediano plazo bajo un régimen en el que RCM evalúa el desempeño de cada activo y sus componentes por separado, comparando las causas de falla con las consecuencias de la intervención. en el momento oportuno, lo cual es imprescindible.

El análisis cuidadoso de la información para justificar su aplicabilidad en RCM es un método conocido como AMFE o FMEA que facilita su aplicación y es muy utilizado por los profesionales de mantenimiento. Luego, seleccione las tareas de mantenimiento más convenientes para mantener el activo en funcionamiento continuo durante un período productivo, que es uno de los objetivos de RCM.

## **Grupos de Trabajo de RCM**

En el grupo, cada integrante que lo conforma es responsable de sus actividades individuales y se confirma en reuniones organizadas y dirigidas por el guía, siendo también fundamental la comunicación con las demás partes de la institución. Se trata de lograr las metas trazadas, arduas, pero siempre trabajando para mejorar, el mentor manager actuará como mediador y coordinador en el área de mantenimiento, debe tener el control del grupo y ser un experto calificado en las actividades que realiza el mentor manager. La composición de la población que desarrolla la RCM son: instructores de manejo, ingeniero de Mantenimiento, ingeniero Técnico, Personal de mantenimiento, operador.

## **Análisis de modos y efectos de fallas (FMEA)**

Los modos y efectos de fallas, también conocidos como FMEA, son una importante herramienta de apoyo para analizar fallas en términos de gravedad, probabilidad y detección de eventos en la operación de activos.

## **Clasificación de los métodos de análisis de daños.**

### **El diagrama de Ishikawa**

Es una herramienta a priori, para investigar las causas de la falla de los activos, también conocido como espiga. Este enfoque consiste en identificar el problema (impacto) a analizar y todas las posibles causas del problema, ya sean activos o servicios.

## Diagrama de Pareto

Una herramienta confiable de análisis de problemas, el diagrama de Pareto puede ayudar a los mantenedores a organizar los eventos registrados relacionados con daños en el entorno operativo del activo para clasificarlos según el grado de relevancia para reducir el daño causado por los problemas anteriores. los problemas mencionados.

Una peculiaridad del diagrama de Pareto es que la cantidad más pequeña (20 %) es responsable de la mayor parte del daño, mientras que la cantidad que constituye el mayor (80 %) también se denomina daño insignificante.

### 2.1.2. Evolución del mantenimiento

Desde la Revolución Industrial hasta la actualidad, el avance tecnológico y cultural ha estado estrechamente ligado al desarrollo del mantenimiento. El escepticismo inicial estuvo presente, pero con el paso del tiempo, ganó importancia y se convirtió en una tarea de productividad fundamental para cualquier empresa. Para competir en cualquier industria hoy en día, es crucial una gestión adecuada de los activos mediante el uso de métodos y software de mantenimiento expertos. Pero este no siempre es el caso, ya que algunas empresas se limitan a realizar tareas de acuerdo con las especificaciones y, en cambio, optan por utilizar métodos empíricos para ahorrar dinero en supuestos especialistas de mantenimiento. (Mancuzo, 2020)

**Tabla 1.** Evolución del mantenimiento

<p>PRIMERA GENERACIÓN: MANTENIMIENTO CORRECTIVO</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La idea del mantenimiento de máquinas surgió cuando la sociedad se dio cuenta de su importancia económica. Esto sucedió durante la Revolución Industrial a finales del siglo XVIII y principios del XIX. Antes no había máquinas industriales que sujetar. En las primeras etapas del desarrollo del mantenimiento, solo serían posibles las reparaciones de averías de las máquinas. Las máquinas afectadas pudieron dejar de producir gracias a un tipo de mantenimiento conocido como mantenimiento correctivo o reactivo. En aquel entonces estas reparaciones se podían hacer con herramientas básicas y sistemas de control. Encontrar el daño no era difícil porque los componentes eran</li> </ul>
---	---

	<p>visibles y sólidos. Las preocupaciones por las fallas o averías ocurrían junto con la falla misma, y entonces ya no había nada que hacer. No existía un plan de rutina, por lo que, a falta de otras medidas correctivas, se armaba una estrategia para arreglar motores, válvulas y otros componentes.</p>
<p><b>SEGUNDA ETAPA: MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A mediados del siglo XX, las máquinas utilizadas en los procesos industriales formaban cadenas productivas complejas.</li> <li>• Los formatos de producción en masa y en línea de montaje han intensificado el trabajo de las máquinas, y el rendimiento depende cada vez más de su correcto trabajo.</li> <li>• La industria automotriz fue la primera en introducir las ideas de productividad, reducción de costos y competitividad, que aumentaron el valor de los activos y ayudaron a dar lugar al mantenimiento. Una falla de un elemento en la cadena de producción significaba un retraso inaceptable que podía costarle mucho a la empresa. Esto se hizo durante la Segunda Guerra Mundial.</li> <li>• Las máquinas se convirtieron en un elemento clave en la producción de herramientas, armas, equipos y vehículos militares. Así comenzó el primer programa organizado de mantenimiento preventivo.</li> <li>• Esta fase de la historia del mantenimiento se enfocaba en mantener la vida útil de los equipos, particularmente los activos militares cuyo mantenimiento correctivo significaba que estaban fuera de servicio durante las reparaciones.</li> <li>• Se deben evitar las fallas tempranas y se deben minimizar el impacto y el costo para mantener aviones, barcos y tanques en combate el mayor tiempo posible.</li> <li>• El programa de mantenimiento preventivo incluye:             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar controles de rutina.</li> <li>• Solución de problemas y monitoreo del sistema.</li> <li>• Algunos cambios de componentes tienen en cuenta el tiempo de trabajo.</li> </ul> </li> </ul>
<p><b>DÉCADA DE 1960: MANTENIMIENTO PREDICTIVO</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El mantenimiento preventivo y correctivo fue la base. Ambas estrategias involucran una operación de segundo plano que solo es útil en caso de falla y solo se considera secundaria.</li> <li>• En el departamento de mantenimiento solo se permite la sustitución de piezas eléctricas, mecánicas, la lubricación y el engrase. La predicción como concepto es inexistente.</li> <li>• Las condiciones de funcionamiento de cada máquina individual no siempre se tienen en cuenta al programar las rutinas del operador.</li> <li>• La programación del mantenimiento era costosa y, en muchas ocasiones, el mantenimiento se realizaba simplemente porque estaba programado, independientemente de si realmente se requería en ese momento.</li> <li>• El concepto de mantenimiento predictivo, que consiste en monitorear cada objeto con indicadores, sensores y dispositivos y poder predecir fallas o posibles fallas, surge porque estas actividades no implican mejoras significativas en equipos o instalaciones.</li> <li>• Usaron el concepto de obtener primero datos críticos de la máquina para determinar la vida útil restante de algunos componentes críticos en lugar de realizar un mantenimiento general no crítico.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Luego de eso, se terminaron las tareas de mantenimiento y se hicieron proyecciones en esa dirección. De esta manera se ahorraron tiempo y recursos, lo cual fue crucial para la creación del mantenimiento.</li> <li>• Tratar todos los activos por igual no es el objetivo. Inicialmente, considere técnicas de prueba mecánica como análisis de vibración y ruido.</li> <li>• Cada vez se necesitaban más profesionales porque no todos los operadores podían leer y analizar los datos de los sensores.</li> <li>• Finalmente, los datos se registran para generar gráficos de tendencias que mostraban el rendimiento del equipo a lo largo del tiempo.</li> </ul>
<p><b>DÉCADA DE 1970-1980: MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• También en la década de 1960, apareció en Japón el concepto de mantenimiento, que revolucionó la industria mundial.</li> <li>• Es importante aclarar que la historia del mantenimiento industrial a nivel mundial no se había desarrollado de la misma manera.</li> <li>• Japón, en particular, fue pionero en muchas prácticas que luego fueron adoptadas por otros países.</li> <li>• TPM (Mantenimiento Productivo Total o Mantenimiento Productivo Total) en Japón en 1960. En las décadas de 1970 y 1980, luego se extendió a otros continentes.</li> <li>• La filosofía TPM se desarrolló en respuesta a la necesidad de un mantenimiento menos costoso que el mantenimiento preventivo.</li> <li>• Derivada del concepto de mantenimiento autónomo, la solución se basaba en capacitar a los operadores de producción para realizar tareas básicas de mantenimiento.</li> <li>• La automatización facilitaría esta práctica al permitir que los operadores lean indicadores y monitoreen su equipo.</li> <li>• La capacitación del personal era fundamental para cumplir con las obligaciones del operador, ya que los operadores eran responsables de la calidad y confiabilidad de los equipos propiedad de la empresa. Fue un paso agitado en la tradición del mantenimiento.</li> <li>• TPM era una verdadera filosofía de trabajo que sostenía que ningún programa de mantenimiento sería eficaz si otros procesos provocaban pérdidas y daños. No era solo una práctica de integrar a los operadores en el trabajo de mantenimiento.</li> <li>• Por lo tanto, para identificar y cerrar las brechas de fallas, era importante desarrollar habilidades competitivas en toda la organización.</li> <li>• El mantenimiento TPM incluye la gestión correctiva, preventiva y de calidad, por lo que se considera un método integrado en el desarrollo del mantenimiento.</li> </ul>
<p><b>DÉCADA DE 1980: MANTENIMIENTO RCM</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En el método de pronóstico descrito anteriormente, se desarrolló en los Estados Unidos.</li> <li>• La experiencia de RCM (Reliability Centered Maintenance) o sostenimiento enfocado en confiabilidad. Dicha pasantía se lleva a cabo en Unitec Aviation. En la década de 1960, había más de 60 accidentes por año en la aviación comercial en todo el mundo por despegue, dos tercios de los cuales fueron causados por fallas en el equipo.</li> <li>• Esto motivó una revisión del programa de mantenimiento respaldado por la industria. Los técnicos emplearon un enfoque de mantenimiento preventivo, que consistía principalmente en reemplazar piezas de vez</li> </ul>

	<p>en cuando.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Debido a la tasa de incidentes, la prueba se realizaba reemplazando piezas en un tiempo más corto, pero la tasa de fallas no disminuyó, sino que aumentó. Así comenzó un estudio que abarcó 20 años y culminó en un informe que identificó el enfoque RCM como una solución.</li> <li>• La investigación consistió en probar componentes de aeronaves para establecer su vida rentable en diversas condiciones.</li> <li>• El plan más seguro y económico es aplicar este proceso a todos los activos.</li> <li>• El objetivo era determinar qué se debía hacer para garantizar que el elemento físico continuara desempeñando la función prevista en su contexto. Ya no se trataba simplemente de reemplazar piezas, sino de identificar los elementos críticos que se desgastan durante el uso.</li> <li>• Anticipa las fallas de equipos y componentes, en entornos y condiciones de operación específicos, y ajuste de manera proactiva las tareas de mantenimiento.</li> <li>• En las condiciones de la globalización, el desarrollo de equipos y tecnología cambia todos los días.</li> </ul>
<p><b>ENTRE 1980 Y 2000, EL MUNDO INDUSTRIAL</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aunque ha habido muchos cambios, la revolución informática ha tenido un impacto significativo en la fabricación, la calidad y el flujo de trabajo.</li> <li>• Desde entonces, todas las empresas han tenido que adaptarse a las nuevas tecnologías.</li> <li>• El mantenimiento industrial requiere modernización. La gestión de activos industriales requiere software de mantenimiento hoy en día.</li> <li>• La gestión de equipos de manera organizada y minuciosa aumenta la productividad y permite a las empresas consolidarse en el mercado y competir.</li> <li>• Se requiere la inclusión de herramientas para leer y administrar los datos (sensores) debido a la complejidad del dispositivo y los componentes informáticos inherentes; de lo contrario, sería casi imposible controlar y monitorear activos tan complejos.</li> </ul>
<p><b>2000 EN ADELANTE; ERA DIGITAL</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede con la ayuda del software de mantenimiento.</li> <li>• Controlar los procedimientos de mantenimiento de la empresa.</li> <li>• Tareas de seguimiento y posterior solución de problemas.</li> <li>• Reconoce las mejores prácticas para mejorar el desempeño en el futuro.</li> <li>• Comprueba que se han completado las tareas que se le han asignado.</li> <li>• Realiza un seguimiento de los errores anteriores.</li> <li>• Elaborar informes con los resultados de las pruebas.</li> </ul>

Fuente: (mancuzo, 2020)

### 2.1.3. Mantenimiento correctivo

Siempre se trata de evitar este tipo de seguimiento a las maquinas cuando se trabaja con equipos que pueden dejar de funcionar por cualquier motivo; esto se debe a que el



mantenimiento correctivo tiene como objetivo principal reemplazar o reconstruir piezas de la máquina, puede ser costoso, especialmente porque se deben comprar o adquirir piezas de repuesto, preferiblemente genuinas, para mantener la máquina funcionando de la mejor manera. (Cacuango Maji, 2021)

#### **2.1.4. Mantenimiento predictivo**

La base de este tipo de mantenimiento es evitar fallas en los equipos durante su operación normal, es decir, realizar una inspección exhaustiva del funcionamiento del equipo y verificar con precisión el desempeño normal de todas sus partes, este mantenimiento. La intención de esta clase de seguimiento es predecir cuándo puede fallar el equipo, elaborar un cronograma cuando sea necesario realizar trabajo correctivo mantenimiento. (Guerrero Cano et al., 2019)

#### **2.1.5. Mantenimiento preventivo**

Debe realizarse periódicamente y antes de cualquier posible falla del equipo. Entre las tareas a realizar se encuentran: ajuste, limpieza, lubricación, calibración, etc. Esto significa la funcionalidad del equipo, lo cual será positivo si hace esto por un tiempo determinado, la máquina o equipo funcionará mejor, durará mucho tiempo sin recibir costosas reparaciones, mantenimiento, también evitará fallas en el equipo. (León Ruiz y Olin Zenteno, 2022)

#### **2.1.6. Mantenimiento autónomo**

El mantenimiento productivo total (TPM) mejora los resultados comerciales al tiempo que transforma los procesos de pensamiento de los empleados y fomenta lugares de trabajo agradables y productivos. Ser capaz de identificar y abordar rápidamente las anomalías de los equipos es una de las tareas más cruciales, y esto es precisamente lo que se pretende lograr con un buen mantenimiento. Se denomina mantenimiento autónomo a cualquier tarea realizada por el departamento de mantenimiento que tenga

que ver con la operación del equipo y que se pretenda mantener estable y productivo para cumplir con las metas de producción. (Narro Castillo y Valverde Sanche, 2019)

### ***2.1.7. Implementación del Mantenimiento Autónomo***

La profundidad y la continuidad son las claves para una implementación exitosa de un programa de mantenimiento autónomo eficiente. Una integración perfecta con otras actividades esenciales de TPM, como la mejora específica, la capacitación y la educación, es otro factor decisivo importante. Para superar los primeros tres pasos del mantenimiento autónomo —limpieza, inspección y lubricación— se busca un equipo para utilizar la primera vez que se implemente como modelo. Por su trascendencia e importancia, es seleccionado como equipo modelo bajo esta premisa realizadas en los indicadores MTTR y MTBF del área de Mantenimiento. Son una demostración flagrante de la intención de aumentar el rendimiento de los equipos, con base en el programa de mantenimiento autónomo de la empresa el cual agrega nuevas oportunidades de capacitación para su personal, mejorando la disponibilidad de los equipos. (Torres Martínez y Tucno Alcantara, 2019)

Pasos del mantenimiento autónomo (Alcázar Blanco y Carbajal Martínez, 2019)

- La máquina debe limpiarse primero para eliminar la grasa, el polvo o la suciedad, entonces es necesario lubricar y ajustar varias partes de la máquina.
- Eliminar las fuentes de problemas; es importante identificar qué es lo que está mal con la máquina para arreglarlo de inmediato. Establecer tiempos y normas para la limpieza, lubricación y ajustes de las máquinas. Crear rutas de limpieza y lubricación. Inspección general, cuyo objetivo es identificar los modos de falla de la máquina.
- Para una inspección autónoma, las listas de verificación se crean después de que la máquina haya sido estudiada a fondo y el personal que trabaja con ella haya recibido capacitación.
- Promover, simplificar y mantener el orden son objetivos de la organización y el orden.

- Al finalizar la implementación, los operadores habrán recibido una mejor capacitación y podrán sugerir e implementar innovaciones y mejoras en su lugar de trabajo.

### **2.1.8. Metodología de las 5 “S”**

En 2017, los expertos en optimización de procesos de producción decidieron que esta herramienta, como parte de una metodología de producción ajustada, es el instrumento adecuado si realmente desea eliminar los desperdicios y garantizar un entorno de trabajo limpio y correcto, así como una mayor eficiencia y productividad. Un estudio de 2018 encontró que la ejecución adecuada de herramientas a través de un programa de limpieza y capacitación puede aumentar la eficiencia del proceso del 49 % al 62 %. (Licetti Villaorduña, 2020)

Según otros estudios, implementar este medio reducirá los costos de producción y aumentará la productividad en un 42,08%. Finalmente, la implementación de la herramienta, dependiendo de su nivel de desarrollo, puede tener otros beneficios, tales como: mejorar la gestión del espacio, promover una fuerte ética de trabajo y fortalecer el compromiso del operador. (Quesada Palacios, 2019)

La implementación de esta técnica sigue un proceso establecido de cinco pasos, el mismo que incluye asignar recursos, adaptarse a la cultura de la empresa y tener en cuenta el aspecto humano. Las cinco palabras clave involucradas en esta tecnología son:

**Seiri (eliminar):** La primera S significa clasificar y eliminar todos los elementos innecesarios del área de trabajo para completar la tarea. De esta manera, todo lo que se usará se separa de lo que no se usará y así mismo controlar el flujo de cosas para evitar puntos muertos.

**Seiton:** clasifica los elementos según sea necesario para colocarlos fácilmente. Para ello, se debe definir e identificar la ubicación de estos elementos necesarios para optimizar su búsqueda. La implementación de Seiton requiere: Organizar un lugar adecuado. Demarcación de áreas de trabajo. Evitar superposiciones (todo en su lugar, todo en un solo lugar)

**Seiso (limpieza e inspección):** Seiso significa limpiar, inspeccionar el entorno para detectar defectos y eliminarlos. En otras palabras, le da una idea de qué esperar antes de que ocurra un defecto. La implementación de Seiso requiere: Permitir que la limpieza sea parte de la rutina diaria. Concéntrese más o más en eliminar la causa de la suciedad que en las consecuencias.

**Seiketsu (Estandarización):** Este es un método que consolida los objetivos alcanzados aplicando las primeras tres "S". Porque es necesario sintetizar lo realizado en los primeros tres pasos para fortalecer el efecto duradero de la herramienta. La implementación de Seiketsu requiere: Mantiene el nivel de las tres primeras "S" conseguidas. Desarrollar e implementar estándares de limpieza y asegurar que estos estándares se apliquen correctamente y comunicar a todos los empleados la enorme importancia de su aplicación.

**Shitsuke (disciplina):** Es una disciplina o normalización dirigida a convertir en hábito el uso de métodos estandarizados e incorporar la aplicación normalizada. Uno de los elementos fundamentales asociados al Shitsuke es el desarrollo de una cultura de autocontrol.

El uso de la tecnología 5S, garantiza el orden y la limpieza en las áreas así utilizadas, permitiéndose el trabajo de manera más eficiente y organizada.

### ***2.1.9. Equipos de corte***

Al igual que todos los equipos donde la funcionalidad y el requerimiento de trabajose

hace de manera extenuante, es necesarios fijar revisiones periódicas donde se pueden relacionar el tiempo, los recursos empleados, y las diferentes anomalías que necesiten presentar para realizar su posterior reporte y por ende si es el caso una reparación del mismo. (Vigo Roque, 2020)

## **2.2. MARCO LEGAL**

### **2.2.1. NORMAS SAE-JA 1012**

La Norma SAE-JA 1012 conocida como norma de mantenimiento centrado en confiabilidad -MCC- Esta norma brinda mucha información sobre temas como:

- Funciones
- Fallas Funcionales
- Modos de Falla
- Efectos de Falla
- Tareas basadas en la condición
- Planificación Documentación
- Rol del Software
- Computacional
- Recolección de datos

### **2.2.2. Norma Norsok:**

El estándar NORSOK S-006 es una referencia que tiene como objetivo mejorar la gestión del medio ambiente, la seguridad industrial y la salud ocupacional en las organizaciones contratistas que brindan servicios en la industria petrolera con el finde generar rentabilidad en sus operaciones globales. Desarrollado con una amplia participación de la industria petrolera noruega, representada por OLF (Asociación de la Industria del Petróleo de Noruega) y TBL (Federación de Fabricación de Noruega).

Puede integrarse en cualquier sistema de gestión como ISO 9001, ISO 14001 y

OHSAS 18001, o utilizarse como base para su implementación. Es una referencia creada para mejorar la gestión ambiental, de seguridad industrial y de salud ocupacional para las organizaciones contratistas que prestan servicios en la industria petrolera, pero puede ser utilizada por las organizaciones contratistas que brindan servicios a otras industrias como: electricidad, telecomunicaciones, construcción, minería, etc.

Las normas internacionales (ISO) y las normas europeas (CEN) constituyen la base de todas las actividades de la industria petrolera. Expertos de varias empresas noruegas y europeas participan activamente en el desarrollo de normas europeas e internacionales para definir un diseño de procesos seguro y económico. Sin embargo, el sistema de seguridad y el clima de Noruega a menudo requieren sus propios estándares y complementan los estándares internacionales (ISO) y los estándares europeos (EN) definidos en los estándares NORSOK.

El propósito del estándar Norsok z-008 es proporcionar requisitos y pautas que forman la base para la preparación y optimización de los programas de mantenimiento teniendo en cuenta los riesgos.

Esta norma aplica para las industrias que requieren altos estándares de seguridad, en la industria por eso se implementan normas para proteger la integridad de quienes forman parte del establecimiento.

El método de calificación, que se basa en una evaluación de riesgo cualitativa, fue desarrollado por el Instituto de Gestión de Activos (IAM), que ahora es una organización internacional con sede en el Reino Unido que reúne a los involucrados en la adquisición, gestión y cuidado de los activos. activos físicos, especialmente infraestructura crítica.

También existen equipos que son de respaldo y en ocasiones entran en funcionamiento por falla del equipo principal o de la red eléctrica. Si bien el estándar Norsok es específico para industrias de alto riesgo, su metodología y descripción permiten su uso en otras áreas ya que está relacionado con riesgos para

las personas, el medio ambiente y los costos que no son específicas del sector petrolero, por lo que Icontec es una empresa colombiana. Ofrece la oportunidad de recibir la certificación según los estándares de Norsok. Para este proyecto, teniendo en cuenta la corta vida útil de los equipos, se adoptarán métodos para proteger la integridad del personal y los bienes.

### **2.2.3. ISO14224**

La norma ISO 14224 brinda un soporte sólido para la compilación y estructuración de los datos de confiabilidad y sostenimiento para equipos de instalaciones en industrias de petróleo, gas natural y petroquímica, lo anterior para el empleo de la gestión de los activos durante su periplo de vida. Ya que aborda equipos habituales en las instalaciones industriales, esta norma puede ser de fácil adaptación en su aplicación para cualquier industria que tenga activos físicos en los procesos. (Campos et al, 2019)

La norma ISO 14224 proporciona una base sólida para recopilar y estructurar datos de confiabilidad y mantenimiento para instalaciones y equipos de la industria petroquímica, del petróleo y del gas utilizados para administrar activos a lo largo de su ciclo de vida. Debido a que aborda equipos que se encuentran en instalaciones industriales comunes, el estándar se puede adaptar fácilmente a cualquier industria que tenga activos físicos en proceso para su uso en la recopilación de información de activos.

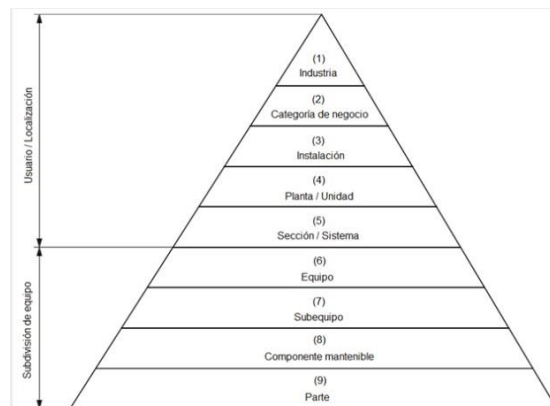
### **Taxonomía**

La norma ISO 14224 precisa que la clasificación sistemática de equipos o sistemas en grupos generales en función de sus características comunes (ubicación, propósito, tipo de equipo, etc.), se representa en forma de pirámide e indicando la ubicación del equipo o actividades en la organización. La taxonomía, el mapa de restricciones de equipos y la distribución de equipos recomendados en este estándar se pueden utilizar como

entrada para realizar RCM.

Taxonomía de equipos con niveles taxonómicos

**Figura 2. Taxonomía de Equipos**



Fuente: (ISO 14224:2016, 2016)

Analizar el contexto operativo

El entorno operativo se puede definir como el conjunto de condiciones reales de proceso bajo las cuales opera el equipo y también incluye todos los estándares y parámetros operativos requeridos por el usuario. Este contexto se puede definir a partir de diagramas y descripciones de procesos operativos de la planta, así como de



entrevistas con el personal de producción, operaciones y mantenimiento. Antes de lanzar RCM, es importante analizar y comprender el entorno operativo.

Durante el análisis

Durante el análisis RCM, se propone un método para formular e identificar modos y causas de falla; clasificar los efectos de falla por Número de Prioridad de Riesgo (NPR).

Análisis de modos y causas de falla

La norma ISO 14224 define un estado de falla como el efecto observado de un defecto, es decir, condición de error de ser un síntoma o evento cuantificable que indica la ocurrencia de un error.

El estándar también proporciona una lista de modos de falla que se pueden usar como punto de partida, después de lo cual se pueden usar técnicas analíticas como los diagramas de causa y efecto para encontrar la causa de la falla.

**Tabla 2.** Registro de fallas mesa de corte Industria AVM.SAS

MECANISMO DE FALLA		SUBDIVISIÓN DEL MECANISMO DE FALLA				DESCRIPCIÓN DEL MECANISMO DE FALLA
Código	Notación	Código	Código	Notación		
1	Falla Mecánica	1.0	MECG	Falla relacionada con		
				mecánica		
		1.1	LKG	Fuga		
		1.2	VIB1	Vibración		
		1.3	FAC	Holgura / Falla de alineación		
		1.4	DEF	Deformación		
		1.5	LOO1	Soltura / Aflojamiento		
2	Falla de Material	2.0	MATG	Falla relacionada con el		
				material		
		2.1	CAV	Cavitación		
		2.2	COR	Corrosión		
		2.3	ERO1	Erosión		

		2.4	WER	Desgaste
		2.5	BKG	Fractura / Rotura
		2.6	FTG	Fatiga
		2.7	OVE	Sobrecalentamiento
		2.8	BRS	Explosión / Estallido
3	Falla e Instrumentación	d3.0	INSG	Falla relacionada con instrumentación
		3.1	CTL	Falla de control
		3.2	NOS	Sin señal, indicación o alarma
		3.3	FAS	Señal, indicación o alarma defectuosa
		3.4	OOA	Fuera de ajuste, error decalibración
		3.5	SFT	Falla de Software
		3.6	CFM	Causa, modo de falla común avarios instrumentos
4	Falla Eléctrica	4.0	ELEG	Falla relacionada con electricidad
		4.1	SHC	Corto circuito
		4.2	OPC	Circuito abierto
		4.3	NPW	Sin potencia / voltaje
		4.4	FPW	Potencia, voltaje defectuoso
		4.5	EAR	Falla de tierra, aislamiento
5	Falla por causa Externa	5.0	EXTG	Falla relacionada con causas externas
		5.1	PLG	Obstrucción, atascamiento
		5.2	CON	Contaminación
		5.3	MEI	Múltiples influencias externas
6	Varios	6.0	MICG	Fallas por causas distintas a las listadas
		6.1	NCF	Sin causa encontrada
		6.2	COC	Causas combinadas
		6.3	OTH	Otros
		6.4	UNK	Sin información disponible

Fuente. El Autor AVM.SAS.

En el vasto mundo del mantenimiento, sin importar en qué industria trabaje,

generalmente puede encontrar una gran cantidad de expertos con el conocimiento y la experiencia para resolver problemas de manera efectiva en el sitio. Pero con eso viene la falta de herramientas integrales de administración de campañas que pueden administrar el esfuerzo y los recursos y reducir el costo del riesgo. En general, los departamentos de mantenimiento no reconocen la importancia de la medición, el registro sistemático de datos y la clasificación frente a un solo criterio como medio para administrarlo como un negocio. Debido a la falta de una experiencia de usuario consistente, no es posible crear un mecanismo para comparar el indicador de clase mundial. Generalmente se cree que hay una falta de rigor en la recolección y registro de los datos que permiten estos cálculos; elementos esenciales de gestión y toma de decisiones. Existen varios softwares en el mercado que teóricamente pueden resolver estos conflictos, pero no el problema de fondo. Es decir, ¿cómo se gestiona la información?, ¿qué datos deben almacenarse?, ¿cómo clasificarlos?, ¿Cómo vincularlos?, etc., para que los cálculos y análisis resultantes no se conviertan en una cuestión más de interpretación y reproducibilidad adicional a las ya existente. Nuevamente, se puede encontrar una gran cantidad de referencias que brindan orientación sobre este tema; pero faltan normas estrictas y restricciones para su adopción, uso e implementación en las operaciones; Los indicadores no pueden ni deben medirse de forma aislada y se necesitan otros indicadores para complementar la situación. La norma ISO 14224, SAE 1739 / 1011 (RCM) que tiene como objetivo cubrir en gran medida los puntos anteriores. (Chuquilin Cabanillas, et al., 2019)

Los sistemas de control de mantenimiento de planta son la fuente principal de datos de confiabilidad y mantenimiento del equipo. La calidad de los datos obtenidos de esta fuente depende principalmente de la forma en que se comunican. Por lo tanto, es importante utilizar un lenguaje coherente y exclusivo al recopilar y registrar errores para cualquier operación. Este estándar internacional es una herramienta que faciliten la recopilación de datos de confiabilidad en la gestión del mantenimiento.

### El objetivo principal

- Analizar el diseño y la configuración del sistema.
- Analizar la confiabilidad, disponibilidad y seguridad del sistema.
- Análisis del coste del ciclo de vida.

Analizar la planificación, ejecución y optimización de la gestión del mantenimiento.

Garantice la confiabilidad y calidad de los datos para un análisis efectivo.

Este estándar internacional recomienda la cantidad mínima de datos que se recopilarán y se centra en dos cuestiones principales:

- Requisitos de datos para los tipos de datos recopilados para diferentes métodos de análisis.
- Estandarice los formatos de datos para facilitar el intercambio de datos de mantenimiento.
- Confiabilidad entre instalaciones, propietarios, fabricantes y contratistas.

Los datos recopilados se clasifican principalmente en las siguientes categorías:

- Datos de la unidad, ejemplo: Clasificación del equipo, atributos del equipo.
- Datos de falla, ej. causa de falla, consecuencia de falla.
- Datos de mantenimiento, ej. acciones de mantenimiento, recursos empleados, consecuencia del mantenimiento, tiempo muerto.

La norma está orientada al registro de fallas, con posibilidades de diversas aplicaciones como, definir la jerarquía de los equipos de operación, calificar la jerarquía de las fallas. Parte desde el modo de falla, (pérdida de la función) hasta el detalle de la causa de falla y el componente (ítem mantenible), que provoca el evento.

Las áreas principales donde tales datos son utilizados son los siguientes:

- Confiabilidad: Ej. Eventos de falla y mecanismos de falla.
- Disponibilidad/eficiencia: Ej. Disponibilidad de equipos, disponibilidad del sistema, disponibilidad de la producción de la planta.
- Mantenimiento: Ej. Mantenimiento correctivo y preventivo, soporte del mantenimiento.
- Seguridad y medioambiente: Ej. Fallas de equipos con consecuencias adversas para la seguridad y /o el medioambiente.

#### **2.2.4. Indicadores de mantenimiento**

##### **2.2.4.1 Selección de indicadores.**

Es importante elegir los indicadores correctos que brinden detalles sobre la condición del equipo al crear un programa de mantenimiento preventivo para una máquina de corte por plasma Extreme porque esto le dará una base para decidir cómo crear un procedimiento con rutas e instrucciones de mantenimiento. Se eligieron los siguientes indicadores: disponibilidad, tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, relación de costo de mano de obra de mantenimiento e indicadores de mantenimiento correctivo. Esto se hizo teniendo en cuenta el proceso de producción de la empresa y cómo lo afectaba la máquina de corte por plasma.

Los indicadores anteriores fueron elegidos para garantizar la trazabilidad del plan de mantenimiento; la idea es que las empresas que quieran implementarlo en el futuro evalúen el desarrollo de los equipos durante el proceso de producción. Los indicadores son herramientas que se definirán en el plan, pero su desarrollo y la decisión de utilizarlos será de la empresa.

#### 2.2.4.2 Disponibilidad.

Los indicadores de este recurso son de suma importancia para las máquinas analizadas, ya que las máquinas de corte dominan la mayor parte de las Industrias AVM S.A., cualquier problema o mal funcionamiento provocará retrasos en la entrega y afectará a la calidad del producto. Se obtienen las siguientes ecuaciones para los cálculos pertinentes:

$$\frac{\text{Horas totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas totales}}$$

#### 2.2.4.3 Tiempo medio entre fallas (MTBF).

Este indicador le da una idea de cuánto tiempo fallará el cortador de plasma; se calcula para relacionar la frecuencia con los diversos problemas que causa, encontrando así un patrón que indica qué parte del equipo tiene más probabilidades de fallar, en lugar de qué parte necesita reparación o reemplazo la ecuación completa correspondiente es: (García Garrido, 2010)

$$\frac{N^{\circ} \text{ de horas totales del período de tiempo analizado}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

#### 2.2.4.4 Tiempo medio de reparación (MTTR).

Calcular esta métrica, proporciona una comprensión de la complejidad de cada error que ocurre con el dispositivo y el tiempo correspondiente requerido para resolver cada falta. Su propósito es averiguar qué subsistema se necesita más cuidado debido a la severidad de su falla y confirmarlo con la observación de criticidad anterior. La ecuación correspondiente es: (Ibid.)

$$\frac{N^{\circ} \text{ de horas totales de paro por averías}}{N^{\circ} \text{ de averías}}$$

#### 2.2.4.5 Proporción de coste de la obra de mano de mantenimiento.

Como el mantenimiento de la empresa no lo realizan los operadores y no tiene un departamento dedicado, sino a través de terceros, es muy importante saber qué parte del costo se puede evaluar en el tiempo para ver si este factor ha disminuido significativamente, a sabiendas que es uno de los objetivos de la preparación de un plan de mantenimiento. Su ecuación es: (Ibid.)

$$\frac{\text{Coste total de la mano de obra de mantenimiento}}{N^{\circ} \text{ de horas de mantenimiento}}$$

#### 2.2.4.6 Índice de mantenimiento correctivo (IMC).

De manera similar a la línea del indicador anterior, el IMC se requiere para rastrear la cantidad de horas que se usó la cortadora del plasma para tareas de reparación. Este indicador es fundamental para observar el desarrollo del programa de mantenimiento preventivo de la empresa. La ecuación correspondiente es: (Ibid.)

$$\frac{\text{Horas dedicadas al mantenimiento correctivo}}{\text{Horas totales dedicadas al mantenimiento}}$$

#### 2.2.4.7 Confiabilidad.

A través de este indicador, es posible determinar el intervalo de tiempo durante el cual el equipo operará correctamente, dadas ciertas condiciones y desempeño especificado, como se describe en la Guía Técnica colombiana GTC 62. Su pertinente ecuación es: (Ltda., 2021)

*Tiempo medio entre fallas*

*Tiempo medio entre fallas + Tiempo medio de reparación*

### 2.2.5. Parámetro MTBF Mean Time Between Failures (Tiempo Medio Entre Fallos)

**Tabla 3.** Parámetro MTBF Mean Time Between Failures (Tiempo Medio Entre Fallos)

MOTIVO DE PARADA	PLANTA	Numero de Fallos	Suma de Numero de Fallos										me s
TAG ID	EQUIPO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total gener al
	PARADA NO PROGRAMADA	(Varios elementos)											
		(Varios elementos)											
VE-163S2-1	SEPARADOR CENTRIFUGO		1	1	1	1						6	10
VE-163S2-2	SEPARADOR CENTRIFUGO		2						3			4	9
P-166P2	BOMBA RECICLO DE GLICERINA A 166V2		3	1									4
P-163P14	BOMBA RECICLO DE METILESTER AL 163C1			1								2	3
P-163P8	BOMBA DE EXTRACCION DE METILESTER		1	1									2
VE-163V4	TANQUE FLASH DE METILESTER		1									1	2
P-120P4B	BOMBA ENVIO ACIDO CLORHIDRICO A BIOIDIESEL							1	1				2
LIVA	LINEA VAPOR DE ALTA										2		2
P-166P5	BOMBA RECICLADORA DE GLICERINA								1	1			2
P-163P7	BOMBA ENVIO DE METILESTER A CENTRIFUGA		1						1				2
VE-166C1	COLUMNA DESTIL GLICERINA/METANOL										1		1
P-120P8B	BOMBA DE METANOL A PLANTA BIODIESEL				1								1
F-616/09	FILTRO MANGA		1										1
P-166P10	BOMBA RECIRCULACION GLICERINA					1							1
P-120P3A	BOMBA DE SODA CAUSTICA A BIODIESEL Y REFINERIA				1								1



F-DC-125

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

P-166P1	BOMBA TRANSPORTE DE GLICERINA A 166V2	1	1
HB-890H	CALDERA DE VAPOR ALTA PRESION	1	1
P-801	BOMBA ALIMENTACIÓN A DESODORIZADOR	1	1
P-140P3A	BOMBA ENVIO DE AGUA A PLANTAS	1	1
VE-801	TANQUE PULMON A DESODORIZADOR	1	1
P-600P2B	BOMBA DOSIFICADORA AGUA	1	1
P-163P6B	BOMBA DE GLICERINA A PROCESO	1	1
P-120P13B	BOMBA DE RBD A BIODIESEL	1	1
P-163P5	BOMBA DE SALIDA REACTOR VE-163A1	1	1
HE-881W1	INTERCAMBIADOR DE AGUA BAROMETRICA 1	1	1
P-163P4	BOMBA DE RECIRCULACION REACTOR 163V2	1	1
F-616A1	FILTRO DE BLANQUEO A1	1	1
P-163P2	BOMBA DE RECIRCULACION REACTOR 163V1	1	1
TK-120T13A	TANQUE ALMACENAMIENTO ACEITE REFINADO	1	1
P-682B	BOMBA DE ACEITE BLANQUEADO Y FILTRADO	1	1
<b>Total general</b>		<b>14 5 7 5 2 2 6 2 8 7</b>	<b>58</b>

Fuente: Autor y AVM. SAS

### 2.2.6. Parámetro MTTF Mean Time To Failure (Tiempo medio hasta el fallo)

Tabla 4. Parámetro MTTF Mean Time To Failure (Tiempo medio hasta el fallo)

TAG ID	MTTR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
VE-163S2-2	0,99	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	1,77	1,77	1,77	1,05	0,99
VE-163S2-1	11,71	10,75	46,29	31,45	27,07	27,07	27,07	27,07	27,07	11,71	11,71	11,71
P-166P2	5,35	6,31	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35	5,35
P-163P8	2,58	2,10	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	2,82
P-163P14	6,03	0,00	12,33	12,33	12,33	12,33	12,33	12,33	12,33	12,33	6,03	6,03
P-120P4B	6,53	0,00	0,00	0,00	0,00	2,62	2,62	6,53	6,53	6,53	6,53	6,53
VE-163V4	3,08	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,08	3,08
LIVA	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,54	1,54	1,54
HB-890H	8,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-166P5	16,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,00	16,13	16,13	16,13	16,13
P-163P7	0,63	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,63	0,63	0,63	0,63	0,63

F-DC-125 INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO, MONOGRAFÍA, EMPRENDIMIENTO Y SEMINARIO

VERSIÓN: 1.0

P-600P2B	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
P-120P8B	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
F-616A1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-166P10	4,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
P-120P3A	1,53	0,00	0,00	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53	1,53
P-166P1	1,92	0,00	0,00	0,00	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92	1,92
VE-166C1	2,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,05	2,05	2,05	2,05
TK-120T13A	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63	6,63
VE-801	1,33	0,00	0,00	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33
VE-822Q	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80
P-682B	2,00	0,00	0,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
P-163P6B	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30	2,30
P-120P13B	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
P-163P5	6,60	0,00	0,00	0,00	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60
HE-881W1	0,50	0,00	0,00	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
P-163P4	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37	0,37
F-616A2	3,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P-163P2	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28	21,28
F-616/09	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63

Fuente: Autor y AVM. SAS

## Otras Normas

Una función esencial de las organizaciones es la identificación de peligros, lo que ayuda a prevenir y controlar las enfermedades profesionales, generar lugares de trabajo saludables, disminuir los costos asociados a posibles accidentes y fomentar el crecimiento del talento humano. crear condiciones favorables para el desempeño de tareas intensivas en mano de obra. Se han implementado leyes de seguridad industrial a nivel nacional; se describen a continuación al respecto.

Citando el marco legal por el cual se rigen estas máquinas de esta clasificación como la (Organisation internationale de Normalisation, (ISO, ISO 6983-1:2009, 2009), Organisation internationale de Normalisation, (ISO, 1979) y Organisation internationale de Normalisation, (ISO, ISO 841:2001., 2001)

La Resolución 2013 de 1986, también conocida como COPASST, es una ley que regula la constitución y funcionamiento de los comités de salud, seguridad e higiene en

los lugares de trabajo. Establece en su artículo primero que toda organización, pública o privada, con diez o más empleados bajo su control, está obligada a formar un comité de medicina industrial, higiene y seguridad. La estructura y funcionamiento de este comité se derivan de lo dispuesto en el decreto y en la ley vigente. (SALUD, 1986)

Decreto Ley 1295 de 1994, que establece la estructura y gestión del Sistema General de Riesgos Profesionales. que es una colección de organizaciones públicas y privadas, junto con sus políticas y prácticas individuales, que tienen como objetivo salvaguardar a los empleados de los efectos de enfermedades y accidentes que pueden ocurrir ocasionalmente o como resultado del trabajo que realicen. (COLOMBIA E. M., 1994)

NTC 4114 del 16 de abril de 1997: Seguridad industrial. Realización de inspecciones programadas en relación con las inspecciones generales, el orden y la limpieza, las áreas y partes críticas, que establece en el documento los lineamientos que deben formularse en el programa de inspección con su decimotercera evaluación. y elementos de seguimiento, además de establecer anexos específicos como modelos a seguir para el desarrollo que se plantea dentro de la norma técnica.

Decreto 2090 de 2003, por el cual se especifican los tipos de trabajos de alto riesgo para la salud del trabajador y se modifican y detallan los términos, condiciones y ventajas del sistema de pensiones para quienes se desempeñan en estos trabajos. En consecuencia, este decreto es aplicable a todos los trabajadores que realicen actividades de alto riesgo, en el entendido de que son actividades de alto riesgo aquellas en las que el trabajo se realiza de manera que reduce la probabilidad de llevar una vida saludable o requiere el retiro. de los deberes regulares del trabajo. (COLOMBIA E. P., DECRETO 2090 DE 2003, 2003)

Ley 776 de 2002, que establece lineamientos para la administración, organización y beneficios del Sistema General de Riesgos Profesionales. Este sistema general ofrece los servicios de asistencia y reconoce los beneficios económicos mencionados en estas

leyes. Se establece que todo afiliado que se encuentren dentro de los parámetros de esta ley y del Decreto Ley 1295 de 1994, sufra un accidente de trabajo o enfermedad profesional, o como consecuencia de los mismos quede incapacitado, invalido o fallezca, tendrá derecho a estos beneficios. (COLOMBIA, 2002)

Resolución 2346 de 2007; las valoraciones médicas ocupacionales, así como la administración y contenido de las historias clínicas ocupacionales, la cual incluye a los patrones, empresas públicas y privadas, contratistas, subcontratistas, entidades gestoras de riesgos profesionales, personas naturales y jurídicas que prestan servicios de salud ocupacional, entidades promotoras de salud, instituciones prestadoras de servicios de salud y trabajadores independientes. (SOCIAL, 2007)

Resolución 2844 de 2007; la adopción de las Guías de Atención Integral en Salud Ocupacional Basadas en Evidencia. Las cuales son referencias obligatorias para las organizaciones promotoras de salud, gestores profesionales, de riesgo, prestadores de salud, prestadores de servicios de salud ocupacional y empleadores, y están diseñadas para prevenir daños a la salud causados o derivados del trabajo, así como vigilar la salud de los trabajadores y disponer el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de los trabajadores que puedan estar en riesgo de desarrollar las referidas patologías ocupacionales. (SOCIAL M. D., 2007)

Resolución 1013 de 2008; Se adoptan, Directrices de Atención Integral en Salud Ocupacional Basadas en Evidencia para Asma Ocupacional, Trabajadores Expuestos a Benceno, Plaguicidas Inhibidores de Colinesterasa, Dermatitis de Contacto y Cáncer de Pulmón Relacionado con el Trabajo. la naturaleza u ocasión de trabajo, vigilancia de la salud, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de los trabajadores con riesgo de padecer o ya padezcan las referidas patologías profesionales, serán de obligada referencia para las entidades promotoras de salud del régimen contributivo y subsidiado, riesgo profesional administradores, instituciones prestadoras de servicios de

salud, instituciones prestadoras de servicios de salud ocupacional y empleadores. (SOCIAL M. D., Resolución 1013 de 2008, 2008)

Resolución 1409 de 2012; el Reglamento de Seguridad para la protección contra caídas en trabajos en alturas. Esta resolución tiene como objetivo establecer normas de seguridad para la prevención de caídas en trabajos en alturas, y aplica a todos los patrones, empresas, contratistas y empleados en todas las actividades económicas oficiales y no oficiales que realicen trabajos en altura con riesgo de caída. (Social., 2012)

Decreto 1477 de 2014, que autoriza la publicación del Cuadro de Enfermedades Profesionales. Su objetivo es publicar un cuadro de enfermedades profesionales con dos columnas: a) Agentes de riesgo, que ayuda a prevenir enfermedades en el trabajo; y b) Grupos de enfermedades, que ayuda a determinar los diagnósticos médicos de los trabajadores afectados. (COLOMBIA E. P., 2014)

Decreto 1072 de 2015, mediante el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo, en el cual se reconoce que la producción normativa ocupa un espacio central en la implementación de las políticas públicas en tanto sirve de cauce por el cual se articulan los instrumentos jurídicos que materializan un significativo parte del estado se producen. (COLOMBIA E. P., DECRETO 1072 DE 2015, 2015)

Resolución 0312 de 2019, por la cual se establecen los requisitos mínimos del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo SG-SST aplicables a todos los empleadores y trabajadores contratistas, donde el conjunto de requisitos, normas y lineamientos es de obligado cumplimiento. (Trabajo, 2019)

### **3. DISEÑO DE LA INVESTIGACION**

#### **3.1. INVESTIGACIÓN EXPLORATORIA**

El propósito de la investigación exploratoria es acercarse a la primera fase de la investigación, donde el investigador pretende "explorar" las posibilidades de un escenario, problema, servicio, producto, donde la noción preconcebida es que generalmente se sabe es muy poco.

Por lo tanto, este no es un estudio que sacará ciertas conclusiones sobre los sujetos de prueba, sino más bien una aproximación, ya que los investigadores no tienen estudios básicos para construir y, por lo tanto, tienen que buscar información

Con base en este estudio se realizó con la ayuda de laboratorios de procesos industriales, donde se recolectaron los datos de placa de cada unidad, ya que estas reseñas contienen una referencia general para cada unidad, obteniendo la máxima cantidad de información que se debe tener, puede ser llenado en el formato prescrito.

#### **3.2. INVESTIGACION CON ENFOQUE CUANTITATIVO**

Los métodos cuantitativos se centran en la medición objetiva y el análisis estadístico, matemático o numérico de los datos recopilados a través de encuestas, cuestionarios y encuestas o utilizando tecnología informática para procesar los datos estadísticos existentes. Esta investigación se centra en recopilar y generalizar datos numéricos entre diferentes poblaciones o explicar fenómenos específicos.

Con este enfoque cuantitativo, se realiza un inventario general de cada equipo del laboratorio de procesos industriales y su código de identificación para hacerlos más utilizables y eficientes en futuras actividades de mantenimiento. Las bases de datos actuales son fundamentales para el análisis de la información y la toma de decisiones. (Romero Betancur y Cujar Montes, 2019)

## 4. DESARROLLO DEL TRABAJO DE GRADO

### 4.1. DESARROLLO DE FICHA TECNICA

#### 4.1.1. Ficha técnica del autónomo de la maquina

**Tabla 5. Mantenimiento autónomo**

CODIGO AVM:	CM-01	
EQUIPO:	MESA DE CORTE	
FABRICANTE:	EXTREME	
MODELO:	2021	
INFORMAR AL JEFE DE PLANTA SOBRE TODOS LOS DEFECTOS E IRREGULARIDADES OBSERVADOS TANTO ANTES, COMO DURANTE EL TRABAJO DE LA MÁQUINA.		
<b>NORMAS A CUMPLIR DURANTE EL FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspección de estado consumible de antorcha antes de iniciar la operación.</li> <li>2. Tener un espacio libre mínimo 3 metros a la redonda para desarrollar tareas y evitar daños a otros equipos.</li> <li>3. Verificar la presión de las láminas que se van a cortar por medio de plantillas de acuerdo al plano y dependiendo lo que se va a desarrollar.</li> <li>4. Verificar el estado guías y cremalleras, deben estar con lubricación</li> <li>5. Tener precaución donde se encuentra el control de operación es decir no haya obstrucción por algún elemento</li> <li>6. Al finalizar la jornada de trabajo limpiar las partes vitales de la máquina con los implementos adecuados y organizar su puesto de trabajo.</li> <li>7. Drenar válvula de salida de aire al finalizar la jornada o antes de iniciar la jornada.</li> <li>8. Mantener constante el nivel de agua en las mesas de soporte para proceso corte de lámina.</li> </ol>		
<b>LUBRICACIÓN</b>		
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inspeccionar que estén lubricados las cremalleras de los 2 ejes, el eje x y eje Y.</li> <li>2. Controlar un buen nivel de aceite constante.</li> </ol>		
<b>NORMAS DE SEGURIDAD</b>		

1. Utilice siempre la dotación de seguridad personal suministrada por la Empresa.
2. Mantenga su área de trabajo limpia y libre de peligros. Asegúrese de que no haya materiales inflamables, volátiles o explosivos dentro o cerca de la zona de trabajo.
3. Dejar tapado la pantalla de control al finalizar la jornada.
4. Antes de efectuar cualquier actividad de mantenimiento apague y desconecte la máquina y rotuleel interruptor con tarjeta de NO OPERAR.

#### 4.1.2. Carta de lubricación

**Tabla 6.** Carta de lubricación

MÁQUINA: MESA DE CORTE		FABRICANTE: ECONOCUT		SERIAL:2110176		CÓDIGO AVM: G3-CM-01	
CLASE DE ACTIVIDAD: RN: revisar nivel y completar. RF: Limpieza aire seco. AA: Inspección visual. AG: aplicar aire seco CA: Ajuste.							
FRECUEN CIA DE LUBRICACI ÓN	MECANISMO / PARTE A LUBRICAR	DE LUBRICACI ÓN	ACTIVIDA D	TIEMPO	LUBRIC ANTE		
					TIPO	CANTID AD	
DIARIO	Verificación del nivel de aguasoporte mesa	Inspección	A A				
DIARIO	Inspección flujo de aire, revisar manómetro (si es trabajo oxicorte, revisar manómetro de gas y oxígeno) verificar presiones	Inspección	A A				
DIARIO	Limpieza de los rieles, limpieza de cremallera del eje X y el eje Y	Limpieza	R F		AIRE SECO		
MENSUAL	Verificar estado de nivel aceite hidráulico de lubricación de guía de antorcha	Aceite	R N		ISO VG-32	2.GALONES	
	Verificar estado de filtro deaceite hidráulico, filtro refrigerante, filtro de aire	Filtros	A A				
	Verificar nivel de refrigerante, fuente plasma (Se cambia en general al año) Se puede ir alimentando a medida que se disminuya el nivel	Refrigerante	R N		028872 - COOL SOON	5 GALONES	
	Verificar nivel de aceite cabezote compresor	Aceite	R N		ISO 46 MINERAL	2 GALONES	
SEMESTRAL	Realiza mantenimiento preventivo, ajuste general, tablero de control, guías, cremalleras y demás componentes del equipo mesa de corte.	Ajuste	C A				



\* En caso de que el nivel esté bajo, suministrar el aceite necesario hasta alcanzar el nivel medio del respectivo depósito de aceite.

\*\* En caso de que no haya flujo de aceite, revisar la bomba de lubricación. No operar la máquina hasta que se haya corregido el problema.

### 4.1.3. Ficha técnica

**Tabla 7.** Ficha técnica


CÓDIGO DE COSTOS: G3-CM-01				CÓDIGO AVM: CM-01			
DATOS DEL EQUIPO							
EQUIPO: MESA DE CORTE			MODELO: 2021		SERIE: 2110176		
FABRICANTE: EXTREME				AÑO DE FABRICACIÓN: 2021			
PESO TOTAL: 5000Kg		DIMENSIONES		X(Horizontal): 2700 mm		Y(vertical) :10000 mm	AMP PLASMA: 98 AMP
TRABAJO							
CRÍTICO		Si	TURNO		No	INTERMITENTE	
						AÑO PUESTO EN SERVICIO: 2022	
SISTEMAS							
ELÉCTRICO		si	VOLTAJE [V] 3x220		CORRIENTE [A] 3AMP		FRECUENCIA [Hz] 60
NEUMÁTICO		si	PRESIÓN D		PSI	FUNCIÓN	TRABAJO COMPUTARIZADO
			ETRABAJO				
LUBRICACIÓN		si	TIPO	Lubricación en los ejes y cremalleras			
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS							
MESA DE CORTE				FUENTE PLASMA		SERIAL: MP 200-009436	
PROCESO CORTE EN PLASMA		LAMINA	PROCESO CORTE EN OXICORTE		EN PLASMA SI ES CON PERFORACION SE PUEDE HASTA 32 MM		
MINIMO		0.5 MM	MINIMO		0.5 MM		
MAXIMO		50 MM	MAXIMO		8"		



Fuente: Autor AVM. SAS.

#### ***4.1.4. Hoja de vida***

**Tabla 8.** Formato hoja de vida.

<b>FORMATO</b>		Rev: 02
		Fecha Rev: 17/08/2016
		Código: F-SA80- P004
<b>HOJA DE VIDA MAQUINARIA Y EQUIPOS</b>		
<b>INFORMACIÓN GENERAL</b>		
Equipo / Herramienta / Dispositivo:	<i>MESA DE CORTE-FUENTE PLASMA</i>	Instructivo: <i>N.A</i>
Código:	<b>CM-01</b>	Manual de instrucciones: Si <input checked="" type="checkbox"/>
Marca:	<i>EXTREMET-HYPERTHERM</i>	Fecha de compra: (AA/MM/DD) <i>22/04/23</i>
Referencia:	<i>ECONOCUT/3,5-MAX PRO200</i>	Valor: \$ <i>266.559.827,00</i>
Proveedor:	<i>CODINTER</i>	Fecha puesta en servicio: (AA/MM/DD) <i>17/06/2022</i>
Dirección:		
E-mail:	<i>Tel:</i>	Frecuencia de Mto Preventivo: MENSUAL/ TRIMESTRAL/SEMESTRAL/ANUAL
<b>REPARACIONES / MANTENIMIENTO / OTROS</b>		
Fecha	<b>Observaciones</b>	
AA/MM/DD		
8/06/2022	Se Recibe maquina nueva mesa de corte, la empresa monta soporte de mesa de corte donde estarán ubicadas las diferentes laminas para su proceso de corte o perforación, y bases por donde la mesa estará en su movimiento de traslación, se deja registro fotográfico	
9/06/2022	Se procede a ensamble mesa de corte, bases, calibración bases, obra civil, derivación eléctrica, se deja registro fotográfico como evidencia	

15/06/2022	La derivación eléctrica se ejecutó con personal directo de la empresa el señor Diego Armando Ramírez Peña técnico de mantenimiento de la sede G1 y Nelson Rangel Suarez técnico de mantenimiento sede G3, Se realizo cotización con 1 tercero donde se toma la decisión de realizar el trabajo con personal directo. Se deja un estimado de \$15.200.000 entre materiales y mano de obra.
16/06/2022	Se realizan pruebas en vacío con diferentes calibres de lámina para proceso oxicorte y proceso plasma, proceso perforación, se deja registro fotográfico.
16/06/2022	Se deja en almacén donde el señor Luis Calderón, 2 galones de refrigerante de referencia 028872 cool Soon, consumibles para antorcha, Se saca listado de consumibles con referencia y se deja en un archivo excell, lo tiene Luis Calderón Y Nelson Rangel
6/07/2022	El operario Wilger Vásquez reporta falla en el brazo de corte, (ANTORCHA EN COLICION) se realiza reporte al técnico especializado de CODINTER, se evidencio que 1 de los sensores esta fuera de servicio por lo cual la maquina no trabaja, se cambian sensores según muestra y se procede a realizar pruebas, el equipo queda operativo de nuevo.
18/07/2022	El operario Wilger Vásquez reporta que la mesa de soporte donde se ubican las láminas para su proceso de corte, en modo oxicorte, están muy altas para corte de lámina de 2" en adelante, se reportó al área de producción e ingeniería para planificar una pronta solución.
1/10/2022	Se realiza limpieza general a tablero eléctrico de control y potencia, retorqueo a bornes y medición de voltaje y AMP
11/11/2022	Se Programa reunión con los proveedores de codinter para cotizar imán de isaje de láminas, pendiente cotización para análisis de propuesta (AREA DE COMPRAS)
14/12/2022	Se realiza inspección a fuente plasma por alerta en el display (093) se revisa manual y se verifica que no cuenta con lubricación en el sistema, se procede a desamar y tomar registro fotográfico, se deja informe del proceso realizado
9/01/2023	Se realiza retorqueo a sistema de corte, lubricación a bancadas, retorqueo mesa general
3/02/2023	Se realiza limpieza general a las 3 mesas de soporte de la mesa de corte, operarios (Wilger, Miguel, Sebastián)
1/03/2023	Se realiza rastreo a sensores de proximidad, se evidencia que no están sensando el material, se verifica planos y se procede a rastrear señales, se encontró la falla en la tortuga de control, se procedió a verificar y realizar pruebas de funcionalidad, se deja el equipo operativo

Fuente: Autor AVM. SAS

#### **4.1.5. LISTA DE REQUERIMIENTOS**

##### **4.1.5.1 Requerimientos civiles, eléctricos y gases**

Las siguientes consideraciones se deben tener en cuenta para la obra civil e instalación mecánica:

###### Civiles

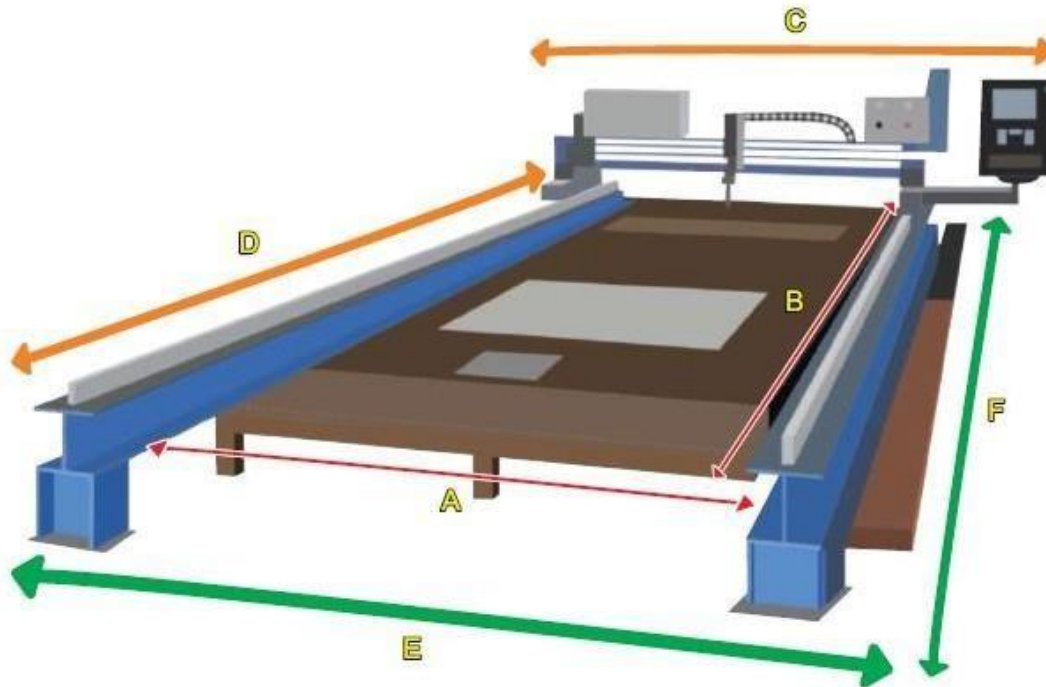
Para la fijación de las vigas se requiere una cimentación en concreto de 500 mm de ancho x 150 mm de Profundidad x 8000 mm de longitud mínimo, si el área donde van a ser fijadas las vigas de anclaje es una losa completa, se destinará solo el área de la mesa, (dependiendo de Largo que se desee instalar en la maquina). Para Soportar un Peso de 3000 Kg.

Se debe destinar un área para la instalación con las siguientes dimensiones: Largo: 8 metros (dependiendo de Largo que se desee instalar en la maquina) Ancho:

3.5 metros. (Depende del ancho del pórtico), aplica

Se deben fabricar las vigas de soporte de los rieles, la cuales tienen una medida de 300 mm de ancho x 300 mm de alto x 8000 mm de largo, (dependiendo de Largo que se desee instalar en la maquina). El anclaje de las vigas se realizará con varillaroscada de diámetro de 5/8" y se requieren 16 metros de longitud con 96 tuercas de 5/8". La fijación con Sikadur Anchor 2 se requieren 10 tarros de 300 ml aproximadamente.

Figuras 1. Mesa de corte



Fuente: AVM. SAS.

Nota: La longitud de las vigas depende de la longitud de la mesa a instalar (6 m, 8 m, 10 m, 12 m, 14 m, etc, hasta 24 mts).

**Tabla 9.** Especificaciones mesa de corte Econocut

Dimensión del corte efectivo A*B	2900 mm x 8200 mm
Dimensión del Pórtico C * D	3500 mm x 10000 mm
Área de la mesa para trabajar E * F	4500 x 10000 mm

Nota: Estas especificaciones aplican para el Modelo de la mesa Econocut

#### 4.1.5.2 Eléctricos

1. La mesa requiere una capacidad en corriente de 4 KW, trifásico a 220 VoltiosAC.
2. Capacidad de energía para la fuente de plasma, dependerá del modelo de la fuente de plasma que se utilice con la mesa en el caso de la Econocut, las fuentes disponibles para trabajar con ella son: PMX 45, PMX 65, PMX 85, PMX 105, PMX 125 y Maxpro 200.

Se adjunta la tabla de acuerdo al plasma:

**Tabla 10.** Capacidad de energía para la fuente de plasma

MODELO	VOLTAJE DE CONEXIÓN	CORRIENTE DE ACOMETIDA	POTENCIA DE ENTRADA
PMX 45	200 -240 V, 1-F, 50-60 Hz	200/240 V, 1-F 39/32 A	10 KW
PMX 65	200 -480 V, 1-F, 50-60 Hz 200 -600 V, 3-F, 50-60 Hz	200/208/240/480 V, 1-F 52/50/44/22 A 200/208/240/480/600 V, 3-F 31/31/27/13/13 A	15 KW
PMX 85	200 -480 V, 1-F, 50-60 Hz 200 -600 V, 3-F, 50-60 Hz	200/208/240/480 V, 1-F 52/50/44/22 A 200/208/240/480/600 V, 3-F 31/31/27/13/13 A	20 KW
PMX 105	200 -600 V, 3-F, 50-60 Hz	200/208/240/480/600 V, 3-F 58/56/49/25/22 A	30 KW
PMX 125	400 V, 3-F, 50/60 Hz	400 V, 3-F, 36 A	21,9 KW
MaxPro 200	220 VCA, 3-F, 50-60 Hz,	220 VCA, 3-F, 98 A	33 KW

Fuente: AVM. SAS.

3. La máquina debe estar aterrizada a través de un Polo a tierra debidamente instalado que no tenga un valor alto de resistencia (Menos de 10 ohmios), y que no supere midiendo entre neutro y el polo a tierra, más de un 1 voltio, preferiblemente conectada a una malla de aterrizaje.

#### 4. Especificaciones de energía para la Maxpro 200

**Tabla 11.** Especificaciones de energía para la Maxpro 200

Voltaje en circuito abierto, máximo (U0)	360 VCD
Corriente de salida máxima (I2)	200 A
Voltaje de salida (U2)	50-165 VCD
Ciclo de trabajo nominal (X)	100% a 33 kW, 40 °C

Temperatura ambiente/ciclo de trabajo		Las fuentes de energía deberán operar entre -10 °C y +40 °C				
Factor de potencia (cosφ)		0,98 a 33 kW de salida				
Enfriamiento		Aire forzado (clase F)				
Aislamiento		Clase H				
Numero de parte	Voltaje AC (U1)	Fases	Frecuencia(Hz)	Amperaje(I1)	Aprobaciones reguladoras	Potencia kVA(+/- 10%) (U1 x I1 x 1,73)
078611	220	3	50 -60	9 8	C S A	37 ,4

#### 4.1.5.3 Gases:

Los gases dependerán del tipo de fuente y del material a cortar:

1. El aire y cualquier en general todo tipo de gas que se utiliza para generar el arco de plasma debe ser un gas limpio y seco (libre de aceite y agua) y con las características de presión y caudal requeridas son las siguientes.







**Tabla 12.** Gases

GASES	CALIDAD	PRESIÓN +/- 10%	RANGO DE FLUJO
O2 oxígeno	O2 oxígeno 99,5% de pureza (se recomienda oxígeno líquido) Limpio, seco y sin aceite	621 kPa / 6,2 bar	3400 l/h
N2 Nitrógeno	99,9% de pureza (se recomienda Nitrógeno líquido) Limpio, seco y sin aceite	621 kPa / 6,2 bar	11300 l/h
Aire	Limpio, seco y sin aceite (norma ISO 8573-1 Clase 1.4.2)	621 kPa / 6,2 bar	11300 l/h

Nota: Esta tabla Aplica para la fuente Maxpro 200  
Fuente: AVM: SAS.



**Tabla 13.** Gases por procesos.

Gases por proceso						
	Acero al carbono		Acero inoxidable		Aluminio	
	Gas plasma	Gas protección	Gas plasma	Gas protección	Gas plasma	Gas protección
<b>Amperaje</b>						
Corte a 50 A	Aire u O <sub>2</sub>	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire
Corte a 130 A	Aire u O <sub>2</sub>	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire
Corte a 130 A			N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>
Corte a 200 A	Aire u O <sub>2</sub>	Aire	Aire	Aire	Aire	Aire
Corte a 200 A			N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>

Fuente: Autor y AVM: SAS

De acuerdo con estas especificaciones le puede servir un compresor de 5 HP con un tanque de 60 a 90 galones de almacenamiento, y que mantenga una presión entre 100 y 120 PSI.

Nota: Consultar con los comercializadores de Compresores que modelos tienen disponibles que cumplan con las especificaciones de Presión y Caudal anteriormente descritas, es recomendado que al plasma se le acompañe con un filtrosecador para que le llegue lo más limpio que sea posible a la fuente de plasma.

Se recomienda que la distancia desde el compresor a la fuente no sea mayor de 7 metros, y se debe utilizar una manguera de 3/8 de pulgada o 9.5 mm de diámetro interno, para garantizar el caudal.

Ante mano seguir todas las recomendaciones para que la maquina tenga el mejor desempeño y cumpla con las especificaciones del fabricante.

## **4.2. PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO BASADO EN CONFIABILIDAD (RCM)**

### **4.2.1. Periodicidad de las rutinas**

En este caso se puede realizar semanal, semestral o anual, en caso de que se quiera realizar el mantenimiento semanal se adecuan de acuerdo a la lista de chequeo que de igual manera serian para semestral, donde se presentan las condiciones para realizarlo en caso que se quiera hacer anual se pueden presentar como lo indican los ítems presentados.

#### **4.2.1.1 Mantenimiento semanal.**

Para cualquier equipo o componente que esté conectado eléctricamente a la red eléctrica (110 VAC o 220 VAC), comprobar que las tomas de corriente, los cables de alimentación y sus respectivos enchufes estén en buen estado. De lo contrario, informar al supervisor de laboratorio para su resolución.

#### **Actividad 1.**

**Realizar Inspección Visual general, de los elementos del sistema (Riel de movimiento).**

Marque con una X identificando que se ha revisado cada uno de los ítems indicados a continuación.

**Tabla 14 . Inspección visual general, de los elementos del sistema (riel de movimiento).**

<b>INSPECCIÓN VISUAL GENERAL, DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA (RIEL DE MOVIMIENTO).</b>	
Revisar todas las piezas en busca de obstrucciones, golpes, signos de calentamiento.	
Comprobar el cableado del sistema.	
Revisar las conexiones eléctricas de control en la sección de control de la máquina.	
Verificar el cable de alimentación, cable USB de la máquina a la computadora donde está instalado.	
Efectuar el movimiento del carro de deslizamiento, verificar si no hay obstrucción en la guía, caso contrario limpiar el riel guía, si hay ruido anormal del rosetón mecánico, engrasar el riel guía a través de los dos puntos de engrase horizontales, con tres a cinco acciones de engrase de operación son suficientes.	
Limpiar el exterior de la máquina ya que tiene un sistema de ventilación y escape forzado y la máquina puede aspirar suciedad hacia la máquina.	
Antes de apagar el dispositivo, limpiar la computadora y asegurarse que todos los controles, archivos ejecutables y programas estén completamente cerrados, esto ayudará a evitar daños a la memoria no volátil de su computadora causados por un mal funcionamiento, la próxima vez que use su dispositivo.	

Fuente: Autor

#### 4.2.1.2 Mantenimiento Semestral.

Marque con una X identificando que se ha revisado cada uno de los ítems indicados a continuación.

**Tabla 15. Actividad 1.**

<b>INSPECCIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO.</b>	
Verifique las conexiones eléctricas.	
Mida el consumo del equipo, verifique el sistema de alimentación de 220V y 110V, siga el cableado hasta conectar el equipo.	
Mida el consumo (en amperios) de cada línea a la entrada del disyuntor de 220 voltios del equipo.	
Limpie el interruptor con limpiador de contactos, luego limpie la conexión eléctrica con un destornillador.	
Mida el voltaje de fase (F1:F2 / F2:F3 / F3:F1) en la entrada y salida del interruptor, se debe medir 220 VAC.	
Repáre las conexiones de 110 VCA a los ventiladores de suministro y escape.	

Fuente: Autor

**Tabla 16. Actividad 2.**

<b>LIMPIEZA DE GRADO MANUAL.</b>	
Limpie el cuerpo de la máquina con agua y jabón no tóxico, extendiendo esta limpieza para quitar la protección de la reducción del motor, inspeccionar la mirilla y verificar posibles fugas.	
Hacer buen uso de la mesa donde se encuentran las conexiones eléctricas y limpiar manualmente el polvo que pueda entrar en la máquina con un paño seco.	

Fuente: Autor

**Tabla 17. Actividad 3.**

<b>LUBRICACIÓN DEL SISTEMA.</b>	
1. Limpiar toda la pista.	
2. Lubrique con una pistola de engrase de cinco pasos, exprima la grasa y reemplácela con grasa nueva.	
3. Revisar el motorreductor y añadir el aceite necesario si falta aceite.	
4. Verificar el tapón de ventilación del motorreductor.	

Fuente: Autor

**Tabla 18. Actividad 4.**

<b>MANTENIMIENTO SISTEMA DE CONTROL.</b>	
1. Revise todos los cables de control.	
2. Reparar el sistema de control, cables y relés.	
3. Revise los relés, los dispositivos de protección y los fusibles en busca de sulfato.	
4. Antes de continuar con la administración de la computadora, abra la computadora con un destornillador Phillips, limpie todas las partes internas con una aspiradora y limpie el ventilador de la computadora al mismo tiempo.	
5. Limpie todas las partes de la computadora, luego encienda la computadora, vaya al escritorio para eliminar todos los archivos innecesarios, el mismo método para el archivo central para eliminar todos los archivos innecesarios, como (Word, Excel, PDF, imágenes) y pronto, dado que los archivos del programa principal se encuentran en la unidad D local y no se pueden eliminar, comuníquese con su gerente de laboratorio antes de realizar cualquier cambio.	
6. Limpiar la basura.	
7. Por medio del programa, ClearUp, ábralo y limpie su caché.	

Fuente: Autor

### 4.2.1.3 Mantenimiento anual.

Marque con una X señalando que ha revisado cada uno de los ítemsmencionados a continuación.

**Tabla 19.** Actividad 1.

<b>MANTENIMIENTO SISTEMA DE CONTROL.</b>	
1. Vuelva a colocar la grasa térmica en el panel de control, luego pula todas las piezas.	
2. Inspeccione la placa Arduino, verifique todas las conexiones y repare.	
3. Realice una copia de seguridad del documento principal en un archivo en la unidad D local.	
4. Use Enconder Cell para iniciar LabVIEW, luego haga doble clic en la pantalla de control para ver si se ha cambiado el diagrama de bloques. ¿Personalizar ahora de acuerdo con la copia de seguridad anterior o dónde está el programa nativo original?	
5. Verifique todas las señales y conectores del software.	

Fuente: Autor

**Tabla 20.** Actividad 2.

<b>MANTENIMIENTO MOTO REDUCTOR.</b>	
1. Limpie el motor de engranaje superior, elimine cualquier obstrucción que pueda haber cerca y continúe con el siguiente paso.	
2. Revise los sellos y las juntas del motor reductor en busca de fugas y ajuste o reemplace según sea necesario al tomar medidas correctivas.	
3. Verifique el nivel de aceite del motor de desaceleración. En general, el nivel de aceite debe mantenerse cada seis meses, se toman medidas preventivas, se limpia la mirilla del nivel de aceite y luego se cambia el aceite de acuerdo con la frecuencia de 2 a 3 años dependiendo de la carga de trabajo aplicada, esta operación debe determinarse, pero no más de 3 años.	
4. Verifique nuevamente las juntas o sellos de fuga de aceite, limpie el motor reductor, ajuste el nivel de aceite, ajuste el tornillo de la máquina, luego gire un poco el motor reductor para confirmar el nivel de aceite y ajústelo si es necesario.	
5. Fíjese en la correa de transmisión de potencia desde el motor hasta el motorreductor, para ello revise cuidadosamente los dientes de la correa, verifique la tensión de la correa, busque posibles grietas, abolladuras, abolladuras, cristalización de la correa y, si es necesario, reemplácelo por uno idéntico teniendo en cuenta el ajuste y la tensión de la correa para evitar dañarla.	

Fuente: Autor

**Tabla 21.** Actividad 3.

<b>PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO.</b>	
1. Encienda la máquina, para esto necesita conectar todas las señales de la máquina.	
2. Abra el programa.	
3. En el codificador de celdas de LabVIEW, establezca el puerto de comunicación en el que se ubica normalmente.	
4. Mueva el sensor de acoplamiento sobre el raíl guía previamente lubricado.	
5. Seleccione manualmente la muestra y gire la máquina para alinear la muestra seleccionada.	
6. Inicie la prueba de torque usando el temporizador de inicio para comparar la prueba con el tiempo que se muestra en la unidad del codificador.	
7. Descargue los datos, realice la prueba de torsión de la siguiente manera y compare los datos obtenidos. Si los datos son incorrectos, haga correcciones en las celdas, verifique la señal, haga ajustes de calibración, pero solo calibre las escalas desde el espacio en el programa de diagrama de flujo. Para obtener más información, consulte Acceder a los programas de copia de seguridad del disco local.	

Fuente: Autor

#### **4.2.1.4 Mantenimiento del sistema eléctrico.**

Esta actividad inicia con la identificación de los elementos que se encuentren averiados.

#### **4.2.1.5 Mantenimiento del sistema electrónico.**

En cuanto al mantenimiento electrónico este se centró en la tarjeta en el cual se pueden encontrar conexiones sueltas y defectuosas, el cual el polvo puede ocasionar cortocircuitos entre pads.

#### **4.2.1.6 Mantenimiento del sistema mecánico.**

Para el caso del sistema mecánico se realizó tensión de todas las correas y al mismo tiempo verificación de ruidos que no estén dentro del sistema funcional.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Formato de la ficha técnica

Formato que permita registrar la información de carácter técnico, operativo, comercial y características generales de la mesa de corte-fuente plasma de la empresa AVM S.A.

**Tabla 22.** Ficha técnica

	FORMATO		Rev: 02	
	HOJA DE VIDA MAQUINARIA Y EQUIPOS		Fecha Rev:	
			Código: F-SA80-P004	
INFORMACIÓN GENERAL				
Equipo / Herramienta / Dispositivo:		MESA DE CORTE-FUENTE PLASMA	Instructivo:	N.A
Código:		CM-01	Manual de instrucciones:	Si x No
Marca:		EXTREMET-HYPER THERM	Fecha de compra: (AA/MM/DD)	
Referencia:		ECONOCUT/3,5-MAX PRO200	Valor: \$	\$ 266.559.827,00
Proveedor:		CODINTER	Fecha puesta en servicio: (AA/MM/DD)	LLEGO A SEDEG3
Dirección:				
E-mail:		Tel:	Frecuencia de Mto Preventivo : MENSUAL/ TRIMESTRAL/SEMESTRAL/ANUAL	
REPARACIONES / MANTENIMIENTO / OTROS				
Fecha	Observaciones			
AA/MM/DD				









ACTIVIDADES GENERALES

FRECUENCIA	DESCRIPCION	ENERO	FEBERE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMB	OCTUBR	NOVIEMB	DICIEMBRE	EJECUTO
OBSERVACIONES:														

## 6. CONCLUSIONES

El equipo esencial para Industrias AVM S.A., cuenta con una serie de subsistemas que permiten el desarrollo de todas sus funciones, y su importancia se enumera en el siguiente orden: control, eléctrico y electrónico, neumático, mecánico, corte, refrigeración, potencia, lubricación y estructural. Es la fuente de plasma de la mesa de que controla la mayoría de sus procesos y es extremadamente compleja.

El programa de mantenimiento se desarrolló de acuerdo a las acciones realizadas por registros y fallas dirigidas por Industrias AVM S.A, teniendo en cuenta los daños presentes en los equipos y sus componentes más importantes, desarrollando los más importantes y desarrollando una herramienta que permita la prevención de fallas. lo que resulta en menos tiempo de inactividad y una promesa de mayor confiabilidad en el caso de su implementación.

Cuando surgen circunstancias inusuales (no controladas), el corte por plasma o el corte por llama plantean los mayores riesgos ambientales. Para el corte por plasma, esto es un incendio causado por sobrecalentamiento o chispas, y para el corte por llama, esto es una fuga de gas de trabajo. Dado que representan la mayor amenaza para el medio ambiente en caso de que se presenten, estas dos situaciones deben prevenirse teniendo en cuenta los riesgos más importantes que se enumeran en el análisis ambiental.

Debido a la creación de este plan de mantenimiento se concluye que el área de mantenimiento podría fortalecer significativamente la gestión de mantenimiento de las maquinarias de la empresa, dando como resultado la elaboración de inventarios de repuestos y priorizando el requerimiento y obtención de estos, el hecho de que cada intervención de mantenimiento tome se posibilita un menor tiempo y en consecuencia, la ejecución de este plan brindaría la información necesaria para allanar el camino al inminente mantenimiento.

## 7. RECOMENDACIONES

Se recomienda desarrollar y articular formatos de hoja de vida para todas las máquinas de la empresa, no solo para el equipo objeto de estudio, con el fin de mejorar la gestión del mantenimiento dentro de la organización.

Dado que en la actualidad no existe un registro suficiente u oficial de las actividades realizadas ya realizar por cada equipo, el programa de mantenimiento preventivo implementado sirve como punto de partida para la gestión en el área de mantenimiento. Cada seis meses, los empleados de la empresa deben recibir capacitación. Debido a la rotación de empleados y la innovación interna de máquinas y herramientas, durante esta capacitación se expondrán todos los formatos relacionados con el plan de mantenimiento de la empresa.

De acuerdo a los diversos factores considerados para este análisis, se puede inferir del análisis de criticidad realizado en la empresa que todos los equipos de la empresa tienen un nivel de criticidad muy bajo.

El registro de las actividades de mantenimiento planificadas e imprevistas es muy importante porque alimenta la base de datos y permite preservar los indicadores de mantenimiento (mantenibilidad, confiabilidad y disponibilidad), que son importantes para mantener una planificación eficaz y el logro de los objetivos de la empresa.

Las piezas de repuesto, los suministros y otros elementos deben mantenerse a mano en el almacén (junto con cualquier repuesto para las piezas de mantenimiento correctivo), ya que la falta de estos elementos puede hacer que las paradas de la máquina se produzcan más lentamente. necesarios para la reparación de equipos. Dado que son máquinas, aunque se utilicen poco, ocasionalmente experimentan fallas.

Finalmente, se recomienda implementar un sistema de inventario de repuestos para asegurar la viabilidad de las actividades de reparación y mantenimiento preventivo, reduciendo así los tiempos de mantenimiento de los equipos.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcázar Blanco, W., y Carbajal Martínez, H. J. (2019). *Implementación del plan de mantenimiento autónomo para mejorar la disponibilidad de los equipos en una industria gráfica, Lima – 2019*. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/53275>

Baquerizo Contreras, A. M., y Caro Gonzales , E. A. (18 de 03 de 2022). *Implementación del plan de mantenimiento para el aumento de la disponibilidad de las máquinas en la empresa Manufacturas Titanio SAC en el año 2021*. <https://hdl.handle.net/11537/31140>

Barreto Galindo, C. A., y González Moreno, C. S. (2021). *Evaluación de la reducción de pérdidas de tomate Solanum lycopersicum a partir de la adaptación de un sistema de envase en el proceso logístico de transporte*. Universidad de La Salle. Facultad de Ingeniería. Ingeniería de Alimentos: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_alimentos/729](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/729)

Bermeo Hurtado, J. F., y Legarda Urgilés , C. L. (02 de 2020). *Elaboración de un plan de mantenimiento para la empresa de aluminio y vidrio DEKORVID*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18687>

Cacuango Maji , M. E. (26 de 10 de 2021). *Diseñar una estrategia basada en la Metodología TPM para reducir costos de mantenimiento correctivo y preventivo en la Empresa Dulcenac S.A*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/56647>

Campos López, O., Tolentino Eslava, G., Toledo Velázquez, M., y Tolentino Eslava, R. (2019). *Metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos*. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265006/html/>

Carmona Olarte, S. (03 de 2019). *ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA EMPRESA INDELPA S.A.*

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/cf3af6ce-9432-4c1e-b88d-b58a70378b11/content>

Chuquilin Cabanillas, C. A., Huarcaya Rodríguez, A. I., Moreno Arizola, A. G., y Rojas Arévalo, R. M. (19 de 12 de 2019). *ropuesta de un plan de gestión de mantenimiento, para aumentar el valor de los activos de maquinaria pesada que se utiliza en proyectos de infraestructura vial, dentro de los lineamientos de la norma ISO 55001:2014; caso de estudio: Empresa Constructora C.*  
<http://hdl.handle.net/10757/652238>

COLOMBIA, E. C. (17 de 12 de 2002). *LEY 776 DE 2002.*  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=16752>

COLOMBIA, E. M. (22 de 06 de 1994). *DECRETO 1295 DE 1994.*  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2629>

COLOMBIA, E. P. (26 de 07 de 2003). *DECRETO 2090 DE 2003.*  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=9193>

COLOMBIA, E. P. (05 de 08 de 2014). *DECRETO 1477 DE 2014.*  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=58849>

COLOMBIA, E. P. (26 de 05 de 2015). *DECRETO 1072 DE 2015.*  
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=72173>

Constantino Quintana, C. A. (2021). *Propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banano en la empresa Polisa S.R.L.*  
<http://hdl.handle.net/20.500.12423/3800>

- Elguera Gallo, U. (2021). *Implementación de un sistema integrado de gestión basado en los estándares ISO 27001, ISO 31000 e ISO 22301 en la empresa Paris & Asociados S.A.C.* <https://hdl.handle.net/20.500.12672/17039>
- Guerrero Cano, M., Luque Sendra , A., Lama Ruiz , J. R., y Córdoba Roldán , A. (2019). *Mantenimiento predictivo mediante técnicas de machine learning.* <http://dspace.aepro.com/xmlui/handle/123456789/2293>
- Industrias AVM SA. (10 de Octubre de 2022). *Industrias AVM SA.* Obtenido de <https://www.avm.com.co/>
- ISO 14224:2016. (2016). *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural — recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos.* Reino Unido.
- ISO. (08 de 1979). *ISO 2972:1979.* <https://www.iso.org/standard/8027.html>
- ISO. (10 de 2001). *ISO 841:2001.* <https://www.iso.org/standard/23949.html>
- ISO. (12 de 2009). *ISO 6983-1:2009.* <https://www.iso.org/standard/34608.html>
- Leon Ruiz , J. A., y Olin Zenteno , L. F. (2022). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo basado en el RCM para reforzar la disponibilidad mecánica de la excavadora CAT 336 de la Empresa de Cobre SA. Arequipa.* <http://hdl.handle.net/20.500.14179/789>
- Licetti Villaorduña, R. A. (20 de 03 de 2020). *Propuesta de mejora del proceso de reparación de vehículos ligeros aplicando herramientas del Lean Service en una empresa de alquiler de vehículos.* <http://hdl.handle.net/10757/657009>
- mancuzo, g. (17 de septiembre de 2020). *compara software.*



<https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/>

Mancuzo, G. (17 de 09 de 2020). *Evolución del Mantenimiento: Historia y Actualidad.*

<https://blog.comparasoftware.com/evolucion-del-mantenimiento/>

Narro Castillo, J. L., y Valverde Sanche, R. C. (16 de 04 de 2019). *Mantenimiento Productivo Total (TPM) enfocado en el mantenimiento preventivo, mantenimiento autónomo y la eficiencia general (OEE) para los equipos más críticos en una empresa agroindustrial.* Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/21585>

Quesada Palacios, L. A. (2019). *Implementación de la metodología Lean Manufacturing para incrementar la productividad en la empresa Plásticos del Centro, S.A.C, Santa Anita, 2018.* <https://hdl.handle.net/20.500.12692/36421>

Romero Betancur, A. A., y Cujar Montes, J. M. (23 de 09 de 2019). *Uso del Big Data y recursos Cloud en el proceso de mantenimiento de maquinaria en la empresa Ferromotores.* <http://hdl.handle.net/10823/1863>

SAEJ1011/12 . (1999). *SAEJ1011/12 Criterios para la Metodología RCA.* USA.

SALUD, M. D. (06 de 06 de 1986). *Resolución 2013 de 1986.*

[https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minsalud\\_r2013\\_86.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minsalud_r2013_86.htm)

SOCIAL, M. D. (2007). *Resolución 2346 2007.*

<https://www.minsalud.gov.co/ihc/Lists/Resoluciones/DispForm.aspx?ID=4&ContentTypeld=0x0100F912A783706DBF4AA773245>

SOCIAL, M. D. (16 de 08 de 2007). *Resolución 2844 de 2007.*

[https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minproteccion\\_2844\\_2007.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minproteccion_2844_2007.htm)

SOCIAL, M. D. (25 de 03 de 2008). *Resolución 1013 de 2008*.

[https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion\\_minproteccion\\_1013\\_2008.htm](https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minproteccion_1013_2008.htm)

Social., M. d. (2012). *Resolución 1409 de 2012*.

[https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/45107/resolucion\\_00001409\\_d\\_e\\_2012.pdf](https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/45107/resolucion_00001409_d_e_2012.pdf)

Torres Martínez, J., y Tucno Alcantara, J. R. (2019). *Propuesta de implementación del mantenimiento autónomo para reducir las paradas de máquina no programadas en una empresa metal mecánica*. <https://hdl.handle.net/20.500.12867/2913>

Trabajo, M. d. (13 de 02 de 2019). *Resolución 0312 de 2019*.

<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/59995826/Resolucion+0312-2019-+Estandares+minimos+del+Sistema+de+la+Seguridad+y+Salud.pdf>

Vigo Roque, J. (2020). *PROPUESTA DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MEJORAR LA DISPONIBILIDAD DE LAS MAQUINAS DE UNA EMPRESA METALMECANICA DEL SECTOR INDUSTRIAL*.

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/24777/Vigo%20Roque%20C%20Jehime.pdf?sequence=2&isAllowed=n>