

DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD O RCM PARA EL GENERADOR DE SOLDADURA
IMPULSADO A MOTOR MILLER 302.

JAVIER DIAZ ORDUZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010

DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD O RCM PARA EL GENERADOR DE SOLDADURA
IMPULSADO A MOTOR MILLER 302.

JAVIER DIAZ ORDUZ

Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de especialista
en gerencia de mantenimiento

DIRECTOR:
MARIO DIAZ
ING. ELECTROMECHANICO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO
BUCARAMANGA
2010

A DIOS;
A la memoria de mi padre CARLOS DIAZ
A mi hijo JUAN SEBASTIAN por su acompañamiento y motivación
A mi mamá RITA ADELIA ORDUZ, por su confianza, enseñanza,
amor y apoyo, por todos estos años de sacrificio en pro de mi educación.
A CATALINA, mi compañera por su apoyo incondicional.
A mis hermanos.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

Mario Diaz, por sus orientaciones para el desarrollo de este proyecto, por su decidida ayuda en este proyecto.

Benancio Diaz, Luís Ángel Diaz, por la asesoría brindada en el proyecto.

Jairo Castillo, Edgar Ruiz, por sus valiosas orientaciones.

Todos los docentes de la ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO por sus orientaciones para el desarrollo de este proyecto, por su decidida ayuda.

Al personal de producción y mantenimiento de DIAZ&DIAZ INGENIEROS. Jose. Leonardo, Pedro, Luis Angel, Diego, Henry, Fernando, Ramón, Fausto, Gustavo, Ricardo por su colaboración y continua orientación.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION	1
1. MARCO TEÓRICO.	2
1.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	2
1.1.1 Frecuencia de tareas para mantenimiento predictivo	3
1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	3
1.2.1 Frecuencia de tareas para mantenimiento preventivo	4
1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	4
1.4 Mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas	5
1.4.1 Frecuencia de tareas detectivas (búsqueda de fallas)	5
1.5 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	5
1.5.1 Patrones de falla en función del tiempo	7
1.5.2 Tareas principales del análisis RCM	9
1.5.2.1 Estudio y preparación	10
1.5.2.2 Análisis funcional de la falla	10
1.5.2.3 Selección de ítems críticos	10
1.5.2.4 Colección y análisis de los datos	10
1.5.2.5 Selección de las tareas de mantenimiento	10
1.5.2.6 Análisis de las estrategias de mantenimiento	10
1.5.2.7 Implantación de recomendaciones	11
1.5.2.8 Seguimiento de resultados	11
1.5.3 Beneficios del RCM	11
2 PRESENTACION DE LA EMPRESA	12
2.1 GENERALIDADES	12
2.1.1 Misión Díaz & Díaz ingenieros Ltda.	12
2.1.2 Visión	13
2.1.3 Política de calidad	13
2.1.4 Principios y valores	13
2.2 ORGANIGRAMA ACTUAL	14
2.3 DESCRIPCIÓN DE DEPARTAMENTOS	14
2.3.1 Departamento eléctrico y de automatización	14
2.3.2 Departamento de proyectos	15
2.3.3 Departamento mecánico	15
2.3.4 Mantenimiento central	16

2.4 CARGOS EN MANTENIMIENTO CENTRAL	17
2.4.1 Jefe de departamento de mantenimiento central	17
2.4.2 Inspector de QC (civil – mecánico).	17
2.4.3 Supervisor de Montaje	18
2.4.4 Inspector de salud, seguridad industrial y ambiental (HSE)	18
2.4.5 Soldador	19
2.4.6 Auxiliares	19
2.4.7 Mecánico	19
2.5 DIAGRAMA DE FLUJO MANTENIMIENTO ACTUAL	20
2.5.1 Control de documentos	21
2.5.2 Identificación del equipo	22
2.5.3 Inspección pre operacional de motosoldador	23
2.5.4 Entrada de almacén	24
2.5.5 Orden de trabajo	25
2.5.6 Hoja de vida	26
2.5.7 Orden de salida	27
3. PROPUESTA DE SOLUCION	28
3.1 METODOLOGÍA DEL RCM	29
3.1.1 Análisis funcional motosoldador miller 302	29
3.1.1.1 Generador	30
3.1.1.2 Sistema de combustible	31
3.1.1.3 Motor	32
3.1.1.4 Sistema de lubricación	33
3.1.1.5 Sistema de descarga	33
3.1.1.6 Sistema de enfriamiento o refrigeración	34
3.1.1.7 Sistema de succión de aire	34
3.1.1.8 Sistema electrónico	35
3.1.1.9 Sistema eléctrico	35
3.2 ANÁLISIS DE MODOS DE FALLAS	36
3.2.1 Fallas funcionales o estados de falla	37
3.2.2 Modos de falla	37
3.3 MODOS DE FALLA SEGÚN CONSECUENCIAS	39
3.3.1 Valoración de los modos de falla	42
3.3.2 Índice de riesgo o número de prioridad de riesgo NPR	47
3.4 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE LAS FALLAS RCFA	49
3.5 CONFIABILIDAD MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD	52
3.5.1 Disponibilidad	52
3.5.1.1 Disponibilidad de motosoldador miller 302	55
3.5.2 Confiabilidad-fallas	56
3.5.3 Mantenibilidad-reparaciones	59
3.5.3.1 Curva de la bañera	61

4 GERENCIAMIENTO DEL MANTENIMIENTO	63
4.1 GESTIÓN EN MANTENIMIENTO	63
4.1.1 Mantenimiento actual	63
4.1.2 Metodología RCM	64
4.2 CICLO PHVA	72
4.2.1 ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS	73
4.3 INDICADORES DE GESTIÓN	75
4.3.1 Beneficios derivados de los indicadores de gestión	76
4.4 PLAN DE MANEJO DE INCIDENTES AMBIENTALES	77
4.4.1 Que hacer cuando ocurre un derrame de combustible	77
4.4.2 Qué hacer con elementos contaminados con combustibles	78
4.4.3 Que hacer cuando ocurre un incendio?	78
4.4.4 Manejo de residuos sólidos	79
4.4.5 El buen manejo de los residuos sólidos	82
4.5 RECOMENDACIONES	83
5. CONCLUSIONES	84
BIBLOGRAFIA	85
GLOSARIO	86

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Periodo x de operación.	6
Figura 2. los 6 patrones de falla .	8
Figura 3. Mortalidad infantil .	9
Figura 4. Enfoque ISO 9001	13
Figura 5. Organigrama Actual	14
Figura 6. Departamento eléctrico	15
Figura 7. Departamento de proyectos	15
Figura 8. Departamento mecánico	16
Figura 9. Mantenimiento	16
Figura 10. Mantenimiento central	17
Figura 11. Diagrama de flujo mantenimiento actual	20
Figura 12. Diagrama del RCM	28
Figura 13. Motosoldador miller 302	29
Figura 14. Generador	31
Figura 15. Filtro de combustible, Tanque, Cedazo de combustible en línea.	31
Figura 16. Bomba de inyección	32
Figura 17. Filtro de aceite, Tanque de aceite.	33
Figura 18. Tubo de escape, drenaje de aceite	33
Figura 19. Líquido refrigerante, Ventilador, Radiador	34
Figura 20. Filtro de aire.	34
Figura 21. Pantallas digitales	35
Figura 22. Batería y alternador	36
Figura 23. Frecuencia de ocurrencia de modos de falla	39
Figura 24. Proceso RCFA	49
Figura 25. Comportamiento de un equipo	52
Figura 26. % Disponibilidad de motosoldador miller 302 año 2008	56
Figura 27. Curva de la bañera	61
Figura 28. Mantenimiento sin RCM	64
Figura 29. Ciclo de mejoramiento PHVA.	72

LISTA DE TABLAS

Pag.

Tabla 1. Identificación del equipo	21
Tabla 2. Identificación del equipo	22
Tabla 3. Inspección pre operacional de motosoldador	23
Tabla 4. Entrada de almacén	24
Tabla 5. Orden de trabajo	25
Tabla 6. Hoja de vida.	26
Tabla 7. Orden de salida.	27
Tabla 8 Características de Generador.	31
Tabla 9. Características técnicas del Motor.	32
Tabla 10. Etapas de desarrollo del procedimiento FMECA	36
Tabla 11. Fallas funcionales del motosoldador	37
Tabla 12. Modos de fallo.	38
Tabla 13. Criticidad de equipos por fallas ocultas	40
Tabla 14. Impacto en la seguridad.	40
Tabla 15. Impacto al medio ambiente.	41
Tabla 16. Impacto a la imagen corporativa.	41
Tabla 17. Costo de reparación.	41
Tabla 18. Efectos en los clientes.	42
Tabla 19. Parámetros para establecer la criticidad	43
Tabla 20 Valoracion de criticidad Y RPN	44
Tabla 21. Resumen del nivel de criticidad de modos de falla.	47
Tabla 22. Ocurrencia	47
Tabla 23. Detección	47
Tabla 24. Valoración RPN	48
Tabla 25. Ventajas RCFA.	49
Tabla 26. Fallas funcionales	50
Tabla 27. Modos de fallo, Causa raíz	51
Tabla 28. Reporte diario de horas trabajadas	54
Tabla 29. Disponibilidad de motosoldador miller 302	55
Tabla 30. Confiabilidad-fallas miller 302	58
Tabla 31. Mantenibilidad-Reparaciones miller 302	60
Tabla 32. Indicadores CMD	61
Tabla 33. Interpretación de los factores y parámetros de forma	62
Tabla 34. Mantenimiento sin RCM	63
Tabla 35 Tareas por falta de fusión.	64
Tabla 36. Tareas por sobrecalentamiento de piezas	65

Tabla 37. Tareas por color de gases	65
Tabla 38. Tareas por desgaste de bomba de inyección	66
Tabla 39. Tareas por combustión incompleta	66
Tabla 40. Tareas por corrosión en radiador	67
Tabla 41. Mantenimiento con RCM.	67
Tabla 42. Pre uso motosoldador.	68
Tabla 43. Procedimiento para certificación de motosoldadores	69
Tabla 44. Revisiones periódicas	71
Tabla 45. Acciones correctivas y preventivas	74
Tabla 46. Indicadores de gestión.	76

LISTA DE ANEXOS

		Pag.
ANEXO A	PARTES DE MOTOSOLDADOR MILLER 302	88
ANEXO B	EJECUCIÓN Y CONTROL DE SOLDADURA	96

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE UN MODELO DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD O RCM PARA EL GENERADOR DE SOLDADURA IMPULSADO A MOTOR MILLER 302.

AUTOR: JAVIER DIAZ ORDUZ

PALABRAS CLAVES: Mantenimiento, Diseño, RCM Mantenimiento centrado en confiabilidad, Motosoldador, Confiabilidad, Mantenibilidad, Disponibilidad, Criticidad.

DESCRIPCIÓN: El objetivo de este proyecto fue diseñar un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM para el generador de soldadura impulsado a motor miller 302. desarrollado para la empresa DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

Para este propósito se describieron las condiciones actuales del mantenimiento realizado en DIAZ & DIAZ INGENIEROS. Para después realizar el procedimiento de análisis RCM el cual fue realizado teniendo en cuenta las 7 preguntas del mantenimiento centrado en confiabilidad.

El análisis del RCM se encuentra en el cuerpo del trabajo, dentro del que se encuentra los siguientes capítulos marco teórico, presentación de la empresa, propuesta de solución, observaciones y recomendaciones, en estos capítulos se trata el estudio funcional del MOTOSOLDADOR MILLER 302, sistemas constituyentes del equipo, partes constituyentes Modos de falla, Categoría de consecuencias, RPN, valoración de modos de falla, análisis de confiabilidad, mantenibilidad, curva de la bañera, análisis RCA ,análisis FMECA y disponibilidad.

En el capítulo 4 observaciones y recomendaciones se describen gestión en mantenimiento, ciclo PHVA (planear hacer verificar y actuar), Plan de manejo de incidentes ambientales en los cuales se señalan formatos para diligenciamiento de mantenimiento de este equipo

Finalmente se hizo las observaciones y recomendaciones para aumentar la eficiencia del MOTOSOLDADOR MILLER 302 y así la del departamento de mantenimiento de D&D INGENIEROS, teniendo este documento la empresa vio como necesidad la realización de la metodología RCM para los demás motosoldadores así como para todos los equipos de la empresa ya que la ganancias económicas, de conocimiento, cuidado del medio ambiente, de seguridad son bastante significativas.

* Diseño de un modelo de mantenimiento centrado en confiabilidad o RCM para el generador de soldadura impulsado a motor Miller 302

**Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización Gerencia Mantenimiento. Director Ing. Mario Diaz

SUMMARY

TITLE: DESIGN OF A MODEL RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE RCM OR WELDING GENERATOR FOR MOTOR DRIVEN MILLER 302.

AUTHOR: JAVIER DIAZ ORDUZ

KEYWORDS: Maintenance, Design, Reliability-Centered Maintenance RCM, Motosoldadoras, Reliability, Maintainability, Availability, Criticality.

DESCRIPTION: The objective of this project was to design a model of reliability-centered maintenance or RCM for welding generator driven motor for the company miller 302. desarrollado DIAZ & DIAZ ENGINEERS.

For this purpose, described the current conditions of the maintenance performed on DIAZ & DIAZ ENGINEERS. To then perform the RCM analysis process which was made in light of the 7 questions of reliability-centered maintenance.

The RCM analysis is in the body of work, within which the following chapters is a theoretical framework, presentation of the company, proposed solution, observations and recommendations in these chapters is the functional study of Motosoldadoras MILLER 302 systems constituents of the equipment, component parts failure modes, consequences category, RPN, evaluation of failure modes, reliability analysis, maintainability, bathtub curve, RCA analysis, FMECA analysis and availability.

Chapter 4 describes observations and recommendations on maintenance management, PDCA cycle (plan to monitor and act), management plan environmental incidents which are listed formats diligence keeping this team

Finally, the observations and recommendations made to improve the efficiency of Motosoldadoras MILLER 302 and thus the maintenance department of D & D ENGINEERS, having this document, the company saw the need for conducting RCM methodology for other Motosoldadoras and for all teams of the company as the economic gains, knowledge, caring for the environment, security is quite significant.

* Design of a model Reliability-centered maintenance RM or welding generator driven Miler 302

**School of Mechanical Engineering. Maintenance Management Specialization. Manager Eng. Mario Diaz

OBJETIVO GENERAL

DISEÑAR UN MODELO CENTRADO EN CONFIABILIDAD O RCM PARA EL GENERADOR DE SOLDADURA IMPULSADO A MOTOR MILLER 302.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

OBJETIVO 1:

- ✓ DOCUMENTAR LA METODOLOGÍA RCM EN EL GENERADOR DE SOLDADURA IMPULSADO A MOTOR MILLER 302

OBJETIVO 2:

- ✓ DETERMINAR LAS TAREAS DE MANTENIMIENTO ADECUADAS PARA EL GENERADOR DE SOLDADURA IMPULSADO A MOTOR MILLER 302

OBJETIVO 3:

- ✓ SEÑALAR Y ANALIZAR PARTES CONSTITUYENTES DEL GENERADOR DE SOLDADURA IMPULSADO A MOTOR MILLER 302.

OBJETIVO 4:

- ✓ ANALIZAR Y RESPONDER LAS 7 PREGUNTAS BÁSICAS DEL PROCESO RCM

JUSTIFICACIÓN

El RCM lleva a equipos más seguros y confiables, reducciones de costos (directos e indirectos), mejora en la calidad del producto, y mayor cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente. El RCM también está asociado a beneficios humanos, como mejora en la relación entre distintas áreas de la empresa, fundamentalmente un mejor entendimiento entre mantenimiento y operaciones

Por medio del proyecto se conocerán las partes constituyentes de un motosoldador, se podrá diferenciar y conocer la metodología RCM y realizar la gestión de mantenimiento obteniendo un departamento de mantenimiento más eficiente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La firma D&D INGENIEROS LIDA tiene como función principales el diseño, la construcción el montaje y mantenimiento de estructuras soldadas para la planta DIACO S.A por esta razón acaba de adquirir el generador de soldadura impulsado a motor miller 302 , la importancia de este equipo para la empresa hace necesario desarrollar la metodología RCM con el fin de conocer cada una de las partes constituyentes, características ,modo de falla y solución de cada una de estas fallas para así lograr una mayor eficiencia de la característica primordial de este equipo soldar piezas por electrodo convencional, soldadura con alambre tubular y soldadura tig .

Realizando el mantenimiento del motosoldador se obtienen beneficios de tipo económico y social, ya que el costo de solicitar reparaciones a la casa matriz miller, es superior al costo de repararlo nosotros mismos, Por otra parte también trae como beneficio el empleo de personas que serán necesarias en el proceso de aplicación de la metodología RCM, así como una mayor competitividad tanto de D&D INGENIEROS como de los trabajadores por los conocimientos adquiridos.

INTRODUCCION

En nuestro país el desarrollo de la industria ha requerido de un gran avance de las ramas de la mecánica, y en especial de las áreas de mantenimiento: gran vínculo con los principales objetivos de cualquier empresa: producción útil, rentabilidad, reducción de costos de mantenimiento y operación, reducción de contaminación y accidentalidad es por esta razón que D&D INGENIEROS se ha preocupado por obtener un máximo desarrollo en el departamento de mantenimiento para esto buscamos nuevas metodologías de mantenimiento eficiente.

Siendo un motosoldador un equipo que a diferencia de los equipos convencionales de soldadura funciona sin estar alimentado por una red eléctrica que es bastante difícil de conseguir en algunas áreas donde es necesario realizar construcciones o reparaciones de soldadura, es de vital importancia mantener a estos motosoldadores en un estado óptimo de funcionamiento ya que en estas zonas de difícil acceso se hace bastante difícil realizar reparaciones inesperadas.

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado cuya idea central es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos. Por esto puede ser aplicado a nuestro motosoldador MILLER 302, siendo útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento.

El RCM analiza cada sistema y cómo puede fallar funcionalmente. Los efectos de cada falla son analizados y clasificados de acuerdo al impacto en la seguridad, operación y costo. Estas fallas son estimadas para tener un impacto significativo en la revisión posterior, además este tipo de metodología involucra y tiene en cuenta a todo el personal de la empresa lo que conlleva a un mejor desarrollo de trabajo en equipo y a una mayor competitividad con las demás empresas.

1. MARCO TEORICO

El mantenimiento es el Conjunto de acciones oportunas, continuas y permanentes dirigidas a prever y asegurar el funcionamiento normal, la eficiencia y la buena apariencia de sistemas, edificios, equipos y accesorios.

El mantenimiento es aplicable a todo sistema o empresa que desee aumentar la confiabilidad o la vida útil de sus activos, uno de los aspectos más importantes del mantenimiento de los equipos, maquinarias e instalaciones, es aplicar un adecuado plan de mantenimiento que aumente la vida útil de éstos reduciendo la necesidad de los repuestos y minimizando el costo anual del material usado.

Se considera que existen los siguientes tipos de mantenimiento: Predictivo, Preventivo, correctivo y Defectivo, los cuales serán tratados a continuación.

- ✓ Mantenimiento predictivo, también llamado mantenimiento a condición.
- ✓ Mantenimiento preventivo, que puede ser de dos tipos: sustitución o reacondicionamiento cíclico.
- ✓ Mantenimiento correctivo, también llamado trabajo a la falla.
- ✓ Mantenimiento defectivo "o búsqueda de fallas".

1.1 MANTENIMIENTO PREDICTIVO O A CONDICIÓN

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras esta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros o variables (temperatura, vibración, consumo de energía) más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos, y de esta manera minimizar los costos de mantenimiento y por no producción.

La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos, y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo: ¹

- ✓ Analizadores de Fourier (para análisis de vibraciones)
- ✓ Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- ✓ Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- ✓ Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, etc.)

1.1.1 Frecuencia de tareas para mantenimiento predictivo El seguimiento de los parámetros antes mencionados debe ser continuado, eligiendo la frecuencia y los registros adecuados. Justamente la frecuencia de chequeo debe ser elegido de tal modo que el intervalo entre comprobaciones sea bastante menor que el tiempo que transcurre entre la detección de la falla (falla potencial) y el punto de falla (falla funcional).

Además de la ventaja recién apuntada, el seguimiento permite contar con un registro de la historia de la característica en análisis, sumamente útil ante fallas repetitivas. Asimismo, con este sistema se opera sobre los bienes mientras están funcionando y sin moverlos de su emplazamiento, permitiendo al mismo tiempo aprovechar la vida útil del bien.

Como inconveniente, se debe citar que se necesita ingenio, capacitación y conocimiento, aparatos de medición, y un adecuado registro de todos los antecedentes para formar un historial.

1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO El mantenimiento preventivo se refiere a aquellas tareas de sustitución o re trabajo hechas a intervalos fijos

¹ Tomado de <http://www.mitecnologico.com/>

Independientemente del estado del elemento o componente. Estas tareas solo son validas si existe un patrón de desgaste: es decir, si la probabilidad de falla aumenta rápidamente después de superada la vida útil del elemento. Debe tenerse mucho cuidado, al momento seleccionar una tarea preventiva (o cualquier otra tarea de mantenimiento, de hecho), en no confundir una tarea que se puede hacer, con una tarea que conviene hacer. Por ejemplo, al evaluar el plan de mantenimiento a realizar sobre el impulsor de una bomba, podríamos decidir realizar una tarea preventiva (Sustitución cíclica del impulsor), tarea que en general se puede hacer dado que la falla generalmente responde a un patrón de desgaste (patrón B de los 6 patrones de falla del RCM). Sin embargo, en ciertos casos podrá convenir realizar alguna tarea predictiva (tarea a condición), que en muchos casos son menos invasivas y menos costosas.

1.2.1 Frecuencia de tareas para mantenimiento preventivo Una tarea de sustitución cíclica solo es válida si existe un patrón de desgaste. Es decir, si existe "una edad en la que aumenta rápidamente la probabilidad condicional de la falla". La frecuencia de la tarea de sustitución depende de esta edad, llamada vida útil, si la vida útil de un neumático del motosoldador es de 40.000 km, entonces la tarea de sustitución cíclica (cambio preventivo del neumático) debería realizarse cada menos de 40.000 km, para de esta forma evitar entrar en la zona de alta probabilidad de falla.

1.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO O TRABAJO A LA ROTURA

Si se decide que no se hará ninguna tarea proactiva (predictiva o preventiva) para manejar una falla, sino que se reparara la misma una vez que ocurra, entonces el mantenimiento elegido es un mantenimiento correctivo. ¿Cuándo conviene este tipo de mantenimiento? Cuando el costo de la falla (directos indirectos) es menor que el costo de la prevención, o cuando no puede hacerse ninguna tarea proactiva y no se justifica realizar un rediseño del equipo.

Esta opción solo es válida en caso que la falla no tenga consecuencias sobre la seguridad o el medio ambiente.

1.4 MANTENIMIENTO DETECTIVO O DE BÚSQUEDA DE FALLAS

El mantenimiento detectivo o de búsqueda de fallas consiste en la prueba de dispositivos de protección bajo condiciones controladas, para asegurarse que estos dispositivos serán capaces de brindar la protección requerida cuando sean necesarios. En el mantenimiento detectivo no se está reparando un elemento que fallo (mantenimiento correctivo), no se está cambiando ni reacondicionando un elemento antes de su vida útil (mantenimiento preventivo), ni se están buscando síntomas de que una falla esta en el proceso de ocurrir (mantenimiento predictivo). Por lo tanto, el mantenimiento detectivo es un cuarto tipo de mantenimiento. A este mantenimiento también se lo llama búsqueda de fallas o prueba funcional, y al intervalo cada el cual se realiza esta tarea se lo llama intervalo de búsqueda de fallas, o FFI²). Por ejemplo, arrojar humo a un detector contra incendios es una tarea de mantenimiento detectivo.

1.4.1 Frecuencia de tareas detectivas (búsqueda de fallas) El intervalo con el que se realiza la tarea de búsqueda de fallas (mantenimiento detectivo) se denomina FFI (Failure Finding Interval). Existe una relación entre este intervalo y la disponibilidad del dispositivo de protección. Pueden utilizarse herramientas matemáticas para calcular esta relación, y fijar el FFI que logre la disponibilidad objetivo.

1.5 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD RCM

El RCM o *Reliability Centered Maintenance* Es una metodología de análisis sistemático, objetivo y documentado para el desarrollo de un plan de mantenimiento basada en el análisis de fallos de la instalación, aplicable a cualquier tipo de instalación industrial, muy útil para el desarrollo u optimización de un plan eficiente de mantenimiento preventivo o predictivo.

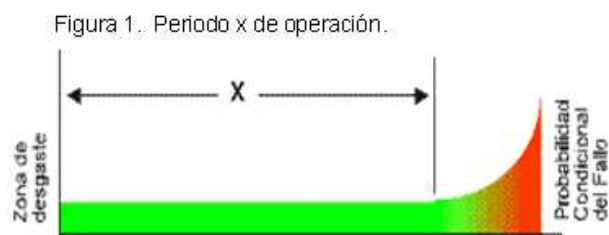
La filosofía RCM plantea como criterio general, el mantenimiento prioritario de los componentes considerados como críticos para el correcto funcionamiento de la instalación, dejando operar hasta su fallo a los componentes no críticos, instante

² Siglas en ingles (Failure-Finding Interval Intervalo de búsqueda de fallas)

en que se aplicaría el mantenimiento correctivo. El RCM tiene muy en cuenta las especificidades de la instalación en estudio y plantea la necesidad de realizar un programa de seguimiento y actualización

Durante décadas, la sabiduría convencional sugería que la mejor forma de optimizar el desempeño de activos físicos era restaurarlos o reponerlos a intervalos fijos. Esto se basaba en la premisa de que hay una correlación directa entre la cantidad de tiempo (número de ciclos) que el equipo está en servicio, y la probabilidad de que falle, como muestra la Figura 1. Esto sugiere que la expectativa es que la mayoría de los ítems operarán confiablemente por un período “X”, y luego se desgastan.

El pensamiento clásico sostenía que “X” podía ser obtenido a partir de registros históricos sobre fallos de equipos, permitiendo a los usuarios la toma de acciones preventivas poco antes de que el ítem estuviese por fallar en el futuro. En efecto, esta correlación predicable “edad” y “fallo” es válida para algunos modos de fallo. Tiende a encontrarse en casos en que el equipo está en contacto directo con el producto. Ejemplos: impulsores de bombas, refractarios de hornos, asientos de válvulas, recubrimiento de trituradoras, transportadores a tornillo.



Fuente: John Moubray

Sin embargo, en general los equipos son mucho más complejos aún de lo que eran hace quince años. Esto ha llevado a cambios asombrosos en los patrones de fallo de los equipos, como muestra la Figura 2. Los gráficos muestran la probabilidad condicional de fallo en función de la edad de operación para una gran variedad de ítems eléctricos y mecánicos.

1.5.1 Patrones de falla en función del tiempo³ ¿Cuál es la relación entre la probabilidad de falla y el tiempo? Tradicionalmente se pensaba que la relación era bien simple: a medida que el equipo es más viejo, es más probable que falle. Sin embargo, estudios realizados en distintas industrias muestran que la relación entre la probabilidad de falla y el tiempo u horas de operación es mucho más compleja. No existen uno o dos patrones de falla, sino que existen 6 patrones de falla distintos, como se muestra en el informe original de Nowlan & Heap, La figura muestra los 6 patrones de falla. Cada patrón representa la probabilidad de falla en función del tiempo.

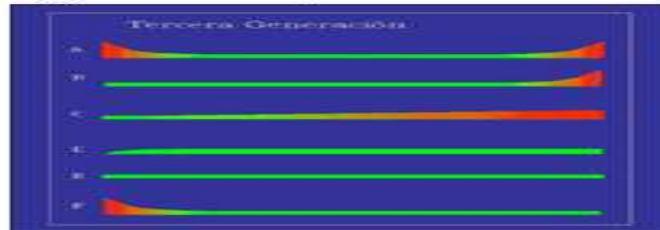
- ✓ Patrón **A**, donde la falla tiene alta probabilidad de ocurrir al poco tiempo de su puesta en servicio (mortalidad infantil), y al superar una vida útil identificable.
- ✓ Patrón **B**, o "curva de desgaste".
- ✓ Patrón **C**, donde se ve un continuo incremento en la probabilidad condicional de la falla.
- ✓ Patrón **D**, donde superada una etapa inicial de aumento de la probabilidad de falla el elemento entra en una zona de probabilidad condicional de falla constante.
- ✓ Patrón **E**, o patrón de falla aleatorio.
- ✓ Patrón **F**, con una alta probabilidad de falla cuando el equipo es nuevo seguido de una probabilidad condicional de falla constante y aleatoria.

El patrón A es la bien conocida "curva de bañera" y el patrón B es el mismo de la Figura 1. El patrón C muestra una probabilidad lentamente creciente de fallo, sin una edad específica de desgaste. El patrón D muestra una baja probabilidad inicial y luego un rápido incremento a un nivel constante, mientras el patrón E muestra una probabilidad constante a cualquier edad. El patrón F comienza con una alta

³Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) JOHN MOUBRAY

probabilidad de mortandad infantil para decaer a una probabilidad baja y constante o ligeramente creciente de fallo.

Figura 2. Los 6 patrones de falla.



Fuente: John Moubray

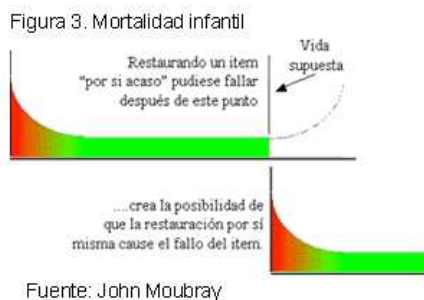
Los estudios realizados en la aviación civil mostraron que 4% de los ítems se comportan de acuerdo con el patrón A, 2% con el B, 5% con el C, 7% con el D, 14% con el E y nada menos que 68 % con el F. (La distribución de estos patrones en la aviación, no necesariamente es la misma que en la industria. Pero a medida que los equipos se tornan más complejos, más y más ítems se comportan de acuerdo con los patrones de fallo E y F).

Estas conclusiones contradicen la creencia de que siempre hay una correlación entre confiabilidad y edad de operación; creencia que llevó a la idea de que cuanto más frecuentemente se restaura un ítem, menor es la probabilidad de que falle. En la práctica esto raramente es cierto. Salvo que exista un modo de fallo dominante que está correlacionado con la edad, las restauraciones o reemplazos a intervalos fijos hacen poco o nada a favor de la confiabilidad de ítems complejos.

La mayoría de los profesionales del mantenimiento son conscientes de estas situaciones y comienzan a preocuparse por la realidad de la aleatoriedad, después de décadas en la bañera. Sin embargo, el hecho de que la curva de la bañera todavía aparece en tantos textos de mantenimiento, es testimonio de la fe casi mística que algunas personas mantienen respecto de la correlación entre edad y fallo. En la práctica, esta fe tiene dos serios inconvenientes:

Conduce a creer que aunque no tengamos ninguna evidencia cierta de que existe un modo de fallo relacionado con la edad, de todos modos es prudente restaurar el ítem de tanto en tanto, "por si acaso" como si tal modo de fallo existiese. Esto prescinde del hecho de que las restauraciones son acciones extraordinariamente

disruptivas, que interfieren masivamente en sistemas estables. En consecuencia, propenden a inducir mortandad infantil produciendo justamente los fallos que pretenden prevenir. Esto se ilustra en la siguiente figura.



A nivel más filosófico, los creyentes en la bañera se auto convencen de que es más conservador (es decir más seguro) suponer que todo tiene una vida útil y en consecuencia restaurar los equipos en base a una vida útil supuesta que aceptar que pueda fallar aleatoriamente. Luego de implantar mantenimiento restaurativo basado en ese supuesto, sostienen que ningún fallo debiera ocurrir entre restauraciones y que cualquiera que ocurriese no obstante, no puede ser atribuido a falta de mantenimiento "porque lo hemos restaurado la semana pasada/el año pasado/ o lo que sea". La posibilidad de que el mantenimiento restaurativo por sí mismo pueda ser el causante del fallo, ni se les ocurre a esas personas. Más grave aún: se niegan a aceptar la importante conclusión, que se resume

Ante la ausencia de cualquier evidencia en contra, es más conservador desarrollar estrategias de mantenimiento que suponen que cualquier fallo puede ocurrir en cualquier momento (es decir aleatoriamente) y no suponer que solamente ocurrirá después de un cierto período de tiempo en servicio.

1.5.2 Tareas principales del análisis RCM Las principales características del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM son las siguientes:

1.5.2.1 Estudio y preparación Definir los objetivos que se persiguen con el análisis que se va a realizar, ya que su definición condicionará el alcance del estudio. Se selecciona los sistemas objeto de evaluación.

1.5.2.2 Análisis funcional de la falla Finalizado el anterior paso, el siguiente es definir e identificar las funciones de los equipos y componentes de los equipos.

- 1) Identificar y describir las funciones de los sistemas y el criterio de ejecución.
- 2) Identificar las formas cómo pueden fallar las funciones de los equipos.

1.5.2.3 Selección de ítems críticos El objetivo fundamental de esta tarea es la identificación de los componentes que se consideran críticos para el adecuado funcionamiento del sistema en cuestión. La catalogación de un componente como crítico supondrá la exigencia de establecer alguna tarea eficiente de mantenimiento preventivo o predictivo que permita impedir sus posibles causas de falla. Para la determinación de la criticidad del fallo de un equipo deben considerarse dos aspectos: su probabilidad de aparición y su severidad. La probabilidad de aparición mide la frecuencia estimada de ocurrencia del fallo considerado, mientras que la severidad mide la gravedad que el impacto.

1.5.2.4 Colección y análisis de los datos Para el análisis de los datos, se realiza la valoración de la criticidad de los diferentes modos de falla esta valoración se realiza según el impacto en, Seguridad física, Afectando al medio ambiente, Imagen corporativa, Costo de reparación, Efectos en los clientes con el fin de determinar la criticidad de cada modo de falla.

1.5.2.5 Selección de las tareas de mantenimiento El resultado de la tarea de selección de ítems críticos, es la lista de componentes (críticos y no críticos seleccionados) A los que convendrá identificar una tarea eficiente de mmento preventivo o predictivo.

1.5.2.6 Análisis de las estrategias de mantenimiento El criterio de la selección de las tareas de mantenimiento usadas en el RCM tiene dos requisitos.

La aplicabilidad, La efectividad:

1.5.2.7 Implantación de recomendaciones Una vez seleccionadas las actividades de mantenimiento consideradas más eficientes para los diferentes componentes analizados, se establecen las recomendaciones finales del estudio RCM y se lleva a cabo su implantación. En primer lugar, se efectúa la comparación de las tareas de mantenimiento vigentes en la instalación con las recomendaciones del análisis RCM.

1.5.2.8 Seguimiento de resultados El seguimiento y el análisis de los resultados que se van obteniendo en la planta con el nuevo programa de mantenimiento son tareas que resultan de capital importancia para la evaluación de eficacia.

La necesidad de considerar nuevas técnicas de mantenimiento, añadir algún posible modo de fallo o componente no analizado inicialmente o revisar las hipótesis de estudio, sus conclusiones entre otras, harán conveniente la actualización global de estudio del RCM, cada cierto tiempo con el fin de minimizar la obsolescencia de las recomendaciones aportadas con el paso del tiempo.

1.5.3 Beneficios del RCM La implementación del RCM debe llevar a equipos más seguros y confiables, reducciones de costos (directos e indirectos), mejora en la calidad del producto, y mayor cumplimiento de las normas de seguridad y medio ambiente. El RCM también está asociado a beneficios humanos, como mejora en la relación entre distintas áreas de la empresa, fundamentalmente un mejor entendimiento entre mantenimiento y operaciones.

2 PRESENTACION DE LA EMPRESA

A continuación realizamos una descripción de DIAZ& DIAZ INGENIEROS, la cual fue creada el 16 de agosto de 1996, prestando servicio de diseño construcción montaje y mantenimiento electromecánico.

Con trabajos realizados en las plantas de Holcim, Acerías paz del rio, Diaco tuta y tocancipa, CPF Tauramena, campo Santiago y estación Porvenir de monterrey.

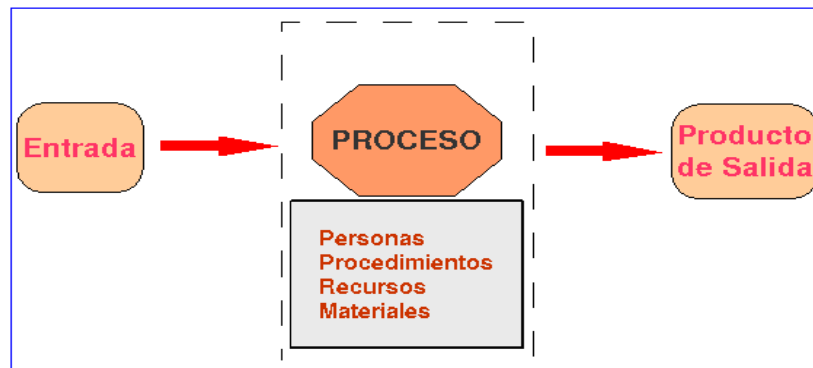
En la actualidad nuestra empresa tiene la sede principal de funcionamiento en la ciudad de tuta Boyacá siendo en esta ciudad donde se ubica la siderúrgica diaco principal cliente en la actualidad, a futuro la empresa tiene como objetivo realizar contratación en Casanare siendo esta zona una de las de mayor crecimiento económico del país debido al sector petrolero.

2.1 GENERALIDADES

Para DIAZ& DIAZ INGENIEROS, La Implementación del Sistema de Gestión de la calidad, ES un compromiso que brinda a la empresa la oportunidad de mantenerse y permanecer a través del tiempo, mediante la plena satisfacción del cliente con un servicio que supere sus expectativas.

2.1.1 Misión Díaz & Díaz ingenieros Ltda. Es una empresa dedicada al diseño, fabricación, suministro, montaje, puesta en marcha y mantenimiento de proyectos mecánicos, eléctricos y de automatización a nivel nacional, comprometida con la calidad y el mejoramiento continuo de nuestros productos y servicios.

Figura 4. Enfoque ISO 9001



Fuente. www.calidad.com.ar

2.1.2 Visión Ser la mejor mediana empresa de proyectos mecánicos, eléctricos y de automatización en la industria nacional, comprometida con sus clientes en términos de calidad de producción, rentabilidad y ser reconocida como un proveedor eficiente y confiable.

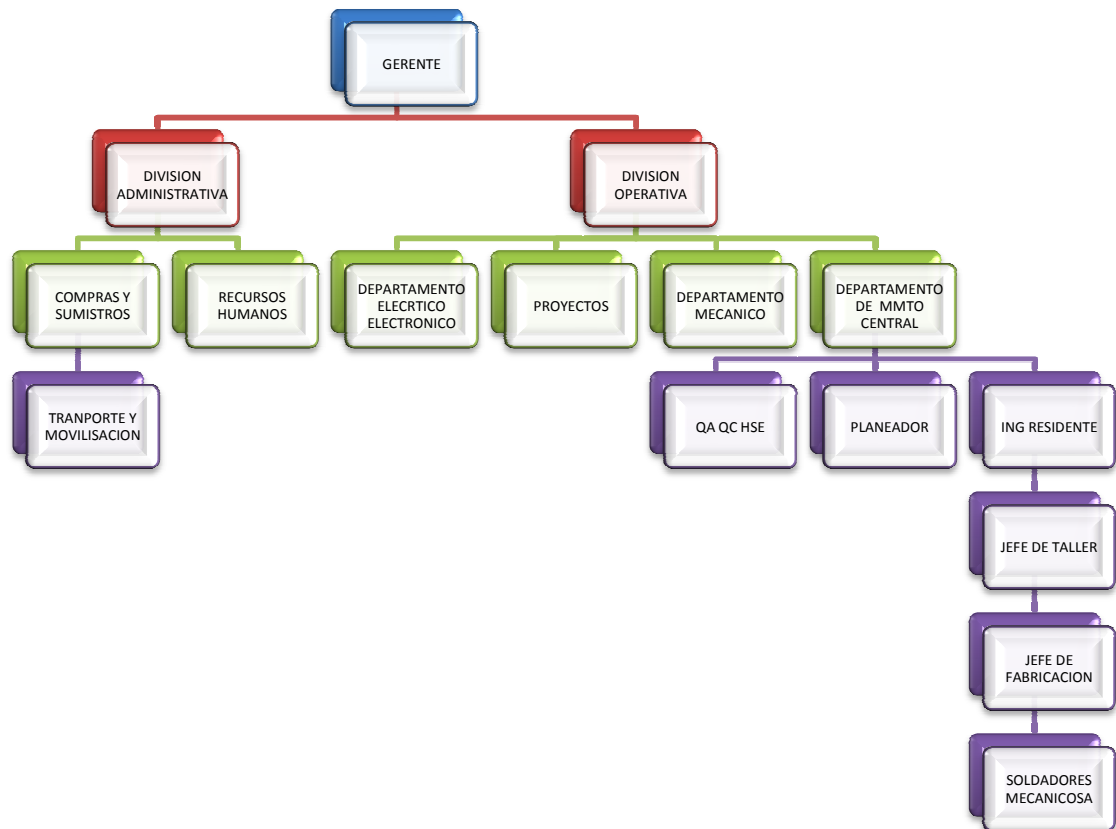
2.1.3 Política de calidad Proporcionar servicios integrales de ingeniería mecánica, eléctrica y de automatización con recurso humano capaz de hacer de la experiencia, de la teoría y de la tecnología su herramienta para el cumplimiento de los requisitos del cliente, apoyados en el sistema de gestión de calidad de la organización y buscando continuamente el mejoramiento de sus productos, procesos y servicios.

2.1.4 Principios y valores

1. El trabajo es la principal fuente de realización personal.
2. Nuestros jefes son auténticos líderes que facilitan el desarrollo de su personal, practicar una comunicación franca, abierta respetuosa y amable.
3. Se le reconoce a cada colaborador y trabajador sus aportes y sus logros de mejoramiento.

2.2 ORGANIGRAMA ACTUAL Actualmente la empresa funciona bajo las matrices del siguiente organigrama.

Figura 5. Organigrama Actual



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

2.3 DESCRIPCIÓN DE DEPARTAMENTOS

A continuación se hace referencia a los departamentos del área operativa

2.3.1 Departamento eléctrico y de automatización Ingeniería suministro asesorías desarrollo y puesta en marcha de: Acometidas de media y baja tensión, Maniobra de protección Centro de motores ccms Instrumentación y redes de procesos industriales, sistemas de supervisión de de procesos industriales hmi, automatización de procesos industriales.

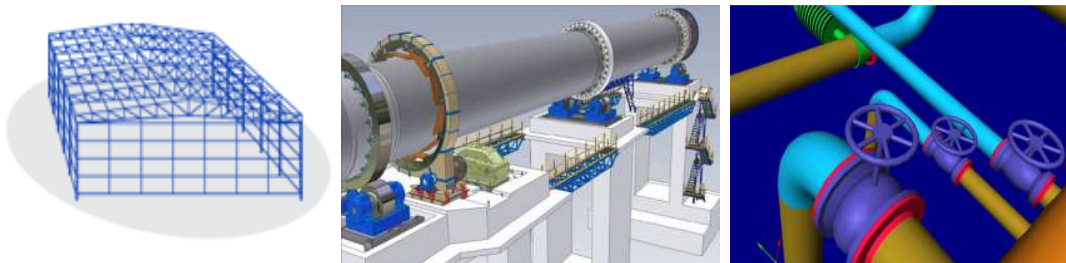
Figura 6. Departamento eléctrico



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

2.3.2 Departamento de proyectos Diseño implementación y desarrollo de programas outsourcing de mantenimiento preventivo, calculo de redes neumáticas e hidráulicas de alta y baja tención, Pruebas hidrostáticas en plantas de proceso pozos de producción e inyectores de gas y demás facilidades a una capacidad máxima de 10000 psi, alineación y análisis de vibraciones de motores, reductores, bombas.

Figura 7. Departamento de proyectos



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

2.3.3 Departamento mecánico Ingeniería diseño construcción montaje y control de calidad de códigos y estándares internacionales en soldadura asme api en acero al carbono e inoxidable, prefabricación y montaje de plantas a gas facilidades de producción plantas de agua y tanques de almacenamiento

Figura 8. Departamento mecánico



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

Mecanizado o reconstrucción de piezas en las clases de acero y tamaños de acero requeridos, Tanques estructuras puentes ductos gasoductos oleoductos, facilidades de superficie, transportadores elevadores plataformas, Barandas accesos,

Figura 9. Mantenimiento



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

2.3.4 Mantenimiento central Reconstrucción de partes de desgaste de maquinaria pesada, Ensayos no destructivos tintas penetrantes radiografía ultrasonido partículas magnéticas.

Figura 10. Mantenimiento central



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

2.4 DESCRIPCION DE CARGOS EN MANTENIMIENTO CENTRAL

A continuación se indican de una manera general las funciones y responsabilidades del personal del departamento de mantenimiento central.

2.4.1 Jefe de departamento de mantenimiento central Cumplir decisiones del gerente general, Impartir órdenes e instrucciones a los supervisores y jefes de grupo, Establecer los cronogramas de ejecución para aprobación por el Gerente de general, Asignar al personal, la logística material, transporte y herramientas requeridos para la ejecución de los trabajos, Mantener contacto regular con el CLIENTE en el sitio de desarrollo de las obras, Controlar el desarrollo de las actividades, tomar acciones correctivas si están a su alcance y reportar desviaciones a la gerencia general, Dar cumplimiento a la ejecución del proyecto contratado, en los términos pactados con el cliente, hacer permanente seguimiento al Ing. Residente o Supervisor en el desarrollo de las actividades propias del contrato (visitas de campo).

2.4.2 Inspector de QC (civil – mecánico). Verificación de la calificación de procedimientos de soldadura y soldadores existentes, Verificar un buen almacenamiento y manejo de los electrodos utilizados en taller y campo, Realizar los ensayos de calidad como: medición de espesores, pruebas de adherencias e inspección con holliday detector, Marcación de Juntas de acuerdo a Procedimientos, Seleccionar las juntas a inspeccionar por END, Revisar en Conjunto con el inspector de END los resultados para garantizar que estén

completos y tengan resultados aceptables, Cuando se presenten rechazos de soldadura por defectos fuera de norma, informar al supervisor encargado del frente, Informar al supervisor de los frentes, sobre los rechazos, inconsistencias, cambios o actividades pendientes, para que sean realizadas de acuerdo con los procedimientos aprobados, Llenar los formatos correspondientes a cada disciplina civil, mecánica, electricidad, soldadura y ensayos no destructivos, estructuras y pintura, Previo al inicio de construcción de obra documentarse con procedimientos constructivos, planos última revisión y especificaciones técnicas, Elaborar registros con los resultados de las inspecciones realizadas. Verificar los trabajos ejecutados. Sugerir cambios o adiciones de diseño que puedan evitar fallas potenciales.

2.4.3 Supervisor de Montaje Analizará los riesgos propios del manejo de las condiciones topográficas del terreno y del área en general, registrándolos como actividades críticas cuando así lo amerite. De igual forma divulgará a todo el personal sobre los riesgos y medidas preventivas o de control a tener en cuenta.

El Supervisor debe asegurarse de que el procedimiento de construcción y el de seguridad en el trabajo hayan sido entendidos por el personal, para tal fin debe divulgar en su frente de trabajo los procedimientos que apliquen y comentarlos con sus trabajadores hasta que considere que no existen dudas sobre el rol y responsabilidades de cada uno

2.4.4 Inspector de salud, seguridad industrial y ambiental (HSE) velar para que se realicen las charlas diarias de los 15 minutos, Velar por el cumplimiento de prácticas seguras de trabajo, Motivar a todo el personal de la empresa en la necesidad de trabajar con seguridad, Inspección a los frentes de trabajo de todo lo relacionado con HSE, Hacer cumplir los procedimientos de trabajo y aportar recomendaciones o manejo del cambio, Participar en la realización de los AST, Abrir permisos de trabajo, Inculcar a los trabajadores la importancia de un

trabajo seguro, Velar por que el personal utilice en los sitios de trabajo los E.P.P necesarios, Hacer cumplir con todos los procedimientos, normas y reglamentos de trabajo que establezca D&D INGENIEROS LTDA o el CLIENTE para el cual se labore.

Asegurará que todos los riesgos hayan sido evaluados, se hayan seguido los procedimientos y se encuentren aplicando los controles de acuerdo al Análisis de Riesgos, deberá asegurar el manejo y la disposición final de las colillas de soldadura de manera que este sea el adecuado, evitando la contaminación del suelo o el medio ambiente en general.

2.4.5 Soldador En este trabajo se debe soldar todo tipo de montajes estructurales, tubería en acero al carbón, inoxidable, galvanizada, cobre, soportes, máquinas que son necesarias en el proceso de producción de la planta; el proceso de soldadura utilizado varía de acuerdo al trabajo y material a soldar: soldadura con electrodo revestido SMAW, Cumplir con todos los procedimientos y normas de trabajo que establezca D&D ING. LTDA o el CLIENTE para el cual se labore, Cumplir con las normas y especificaciones de seguridad, salud y medio ambiente que establezca D&D ING LTDA o el cliente para el cual se labore, Recibir las instrucciones del supervisor para las labores asignadas, Realizar la inspección pre operacional del equipo de soldadura; diligenciar el check listo, Junto con el supervisor revisar trazabilidad de materiales a soldar, cumpliendo con los requisitos de QC en WPS a utilizar, Mantener vigente sus calificaciones, en los diferentes WPS que aplique la empresa, Verificar la alineación de las partes a soldar.

2.4.6 Auxiliares En este trabajo debe: ayudar al soldador en los montajes estructurales, tubería en acero al carbón, inoxidable, galvanizada, cobre, soportes, máquinas que son necesarias en el proceso de producción de la planta.

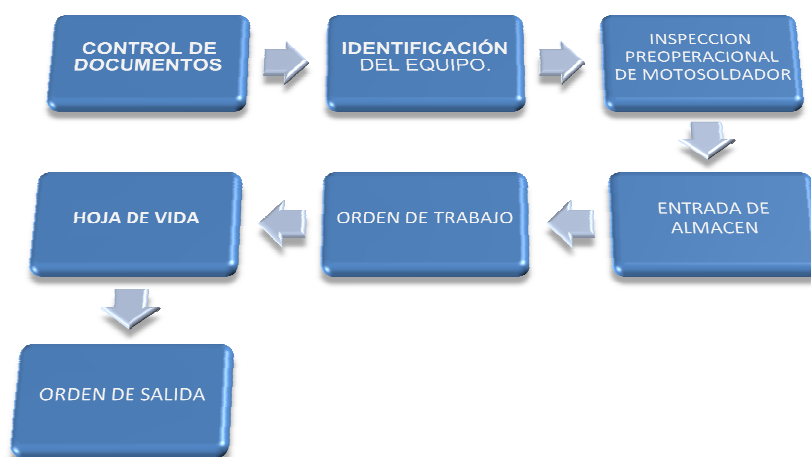
2.4.7 Mecánico En general debe desmontar, limpiar, cambiar, lubricar, alinear, nivelar, montar todo tipo de piezas mecánicas debe tener conocimiento de mantenimiento

mecánico de maquinas industriales, interpretación de planos, elementos de medición: calibrador pie de rey, flexometro, igualmente en seguridad industrial, primeros auxilios, y certificado de trabajo en altura.

2.5 DIAGRAMA DE FLUJO MANTENIMIENTO ACTUAL

El mantenimiento realizado a los equipos que necesitan de reparación de algún tipo de avería de nuestra empresa tiene el siguiente orden ya que en el pasado se trato de subcontratar con firmas especializadas estas reparaciones pero nos dimos cuenta que El mantenimiento subcontratado a un especialista es en general la alternativa más cara, pues la empresa que lo ofrece es consciente de que no compete. Los precios no son precios de mercado, sino precios de monopolio. Debe tratarse de evitarse en la medida de lo posible, por el encarecimiento y por la dependencia externa que supone. La forma más razonable de evitarlo consiste en desarrollar un Plan de Formación que incluya entrenamiento específico en aquellos equipos de los que no se poseen conocimientos suficientes, adquiriendo además los medios técnicos necesarios.


Figura 11. Diagrama de flujo mantenimiento actual



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

2.5.1 Control de documentos. El control de documentos de DIAZ & DIAZ ingenieros es elaborado para cada documento con un formato, identificando su revisión, aprobación actualización, incluye los siguientes parámetros.

Tabla 1. Identificación del equipo


		IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		I-5520-02-05
EMISOR: G.C	FECHA DE	EMISION:	FECHA DE ULTIMO CAMBIO:	L/C A

Control de documentos. Todos los formatos tienen en su encabezado lo siguiente.

1. Nombre y logotipo de la empresa.
2. Nombre del documento.
3. Código del procedimiento, instructivo o registro.
4. Emisor: nombre del área responsable de elaborar, emitir, difundir, y controlar.
5. Fecha de emisión: colocar aa-mm-dd, fecha en la cual se emite el documento.
6. Fecha de último cambio: colocar aa-mm-dd, fecha en la cual se elaboro el último cambio al documento.
7. L/C (letra de cambio) colocar el consecutivo del nivel de actualización del documento. empezando con la letra a que corresponde la emisión del documento.
8. Pagina No. ___ de ___ colocar el consecutivo de paginación de acuerdo a la cantidad de paginas del documento.
9. ELABORADO POR: Nombre o firma de jefe de sección, departamento o quien diseño el formato, quien tiene pleno conocimiento del tema central del procedimiento y es quien creó y/o modifico el procedimiento.
10. REVISADO POR: Nombre o firma del gerente designado como representante general para el sistema de calidad.
11. APROBADO POR: Nombre o firma del gerente de área que administra el procedimiento creado y/o modificado

2.5.2 Identificación del equipo DIAZ & DIAZ ingenieros identifica a cualquier equipo por el número de serie de manufactura el cual, es asignado en la casa matriz miller (para el moto soldador).

Tabla 2. Identificación del equipo

		IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO		I-5520-02-14
EMISOR: G.C	FECHA DE EMISION:	FECHA DE ULTIMO CAMBIO:	L/C A	


INSTRUCTIVO N _____

<p>IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO</p> <p>El código de manufactura o numero de serie del equipo tiene como objetivo facilitar los siguientes servicios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación numérica del equipo 3. Identificación de rutas para trazabilidad. 4. Identificación de fechas de lubricación y cambio de lubricante. 																												
<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 5px;">1</td> <td style="padding: 5px;">2</td> <td style="padding: 5px;">3</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px;">15</td> <td style="padding: 5px;">16</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="padding: 5px;">4</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">6</td> <td style="padding: 5px;">17</td> <td style="padding: 5px;">5</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="padding: 5px;">7</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="padding: 5px;">8</td> <td style="padding: 5px;">9</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">10</td> <td></td> <td style="padding: 5px;">11</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td style="padding: 5px;">12</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">14</td> <td></td> <td style="padding: 5px;">13</td> </tr> </table>		1	2	3		15	16			4	6	17	5			7		8	9	10		11			12	14		13
1	2	3																										
	15	16																										
		4																										
6	17	5																										
		7																										
	8	9																										
10		11																										
		12																										
14		13																										
<ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre de la compañía MILLER 2 Código de manufactura (S/N) 3 Peso [46kg] 4 Consecutivo no de orden de salida. 5 Tipo-tamaños 302 6 Frecuencia f [60hz] 7 Línea de construcción soultraiber 8 Velocidad motor n1 [1750min] 9 Potencia [0.66kw] 10 Tipo de lubricante 	<ol style="list-style-type: none"> 11 Viscosidad de lubricante: iso Vg.-class 12 Temperatura ambiente 2-45c 14 Tipo de motor (diesel) 15 Factor de servicio cos $\sqrt{\quad}$ 16 Voltaje nominal u [220/440] 17 Amperaje [1.21/1.18a] 																											

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

ELABORO	REVISO	APROBO
FECHA	FECHA	FECHA

2.5.3 Inspección pre operacional de motosoldador Tabla 3. Inspección pre operacional de motosoldador. Por medio del cual se hace una revisión de tipo preventiva al equipo con el fin de encontrar algún tipo de falla.

		INSPECCION PREOPERACIONAL DE MOTOSOLDADOR		I-5520-02-14
EMISOR: G.C	FECHA DE EMISION:	FECHA DE ULTIMO CAMBIO:	L/C A	

NOTA El supervisor debe de verificar que el formato se encuentra totalmente diligenciado todos los días. PERIODO DEL AL DE

N	ITEM	NO APLICA	L		M		M		J		V		S		D	
			U	N	A	R	I	E	B	M	B	M	B	M	B	M
			B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M
1	Sistema de enfriamiento															
2	Switch de encendido															
3	Indicador de encendido															
4	Indicador de temperatura															
5	Puesta a tierra existente															
6	Estado del trineo															
7	Disponibilidad de extintores															
8	El tanque de combustible tiene tapa y no presenta fugas															
9	Se retiraron lo materiales combustibles del área															
10	Se encuentra limpia el area de trabajo															
11	Cables de batería en buen estado															
12	Nivel de fluido refrigerante															
13	Control de fugas															
14	Estado de correas															
15	Estado de reóstato amperaje, voltaje															
16	Alternador															
17	Encendido															
18	Motor en optimas condiciones															
19	Las llantas en optimas condiciones															
20	Estado de los terminales															

PLACAS

MODELO


MARCA

FIRMA DEL OPERADOR

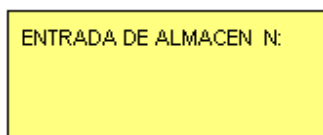
OBSERVACIONES

2.5.4 Entrada de almacén Los equipos enviados para la realización de mantenimiento por tener alguna falla encontrada con la anterior revisión son identificados con un número consecutivo por medio de un estiker amarillo para facilitar la ubicación al momento de realizar el mantenimiento.

Tabla 4. Entrada de almacén

		ENTRADA DE ALMACEN		R-5520-03-37
EMISOR: G.C	FECHA DE	EMISION:	FECHA DE ULTIMO CAMBIO:	L/C A

REGISTRO N _____



ENTRADA DE ALMACEN N: _____

SOLICITANTE: _____

EL EQUIPO PRESENTA FALLAS

SI ____ NO _____

CUALES _____


TIPO D EQUIP.	FALLA	(S/N)	MARCA	MOTOR	KW	V	A
OBSERVACIONES							

ELABORO	REVISO	APROBO
FECHA	FECHA	FECHA

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

2.5.5 Orden de trabajo La orden de trabajo se genera con el fin de solicitar la reparación del equipo, según la falla descrita en la orden de entrada.

Tabla 5. Orden de trabajo.

		ORDEN DE TRABAJO		R-5520-03-38
EMISOR: G.C	FECHA DE EMISION:	FECHA DE ULTIMO CAMBIO:	L/C A	

REGISTRO N _____

ORDEN DE TRABAJO N: _____

ENTRADA DE ALMACEN N: _____

CLIENTE: _____

DESCRIPCION DEL EQUIPO: _____

DAÑO MECÁNICO ____	DAÑO ELÉCTRICO ____
--------------------	---------------------

RESPUESTOS UTILIZADOS

CANTIDAD	NOMBRE DEL REPUESTO

DESCRIPCION DEL TRABAJO
OBSERVACIONES

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

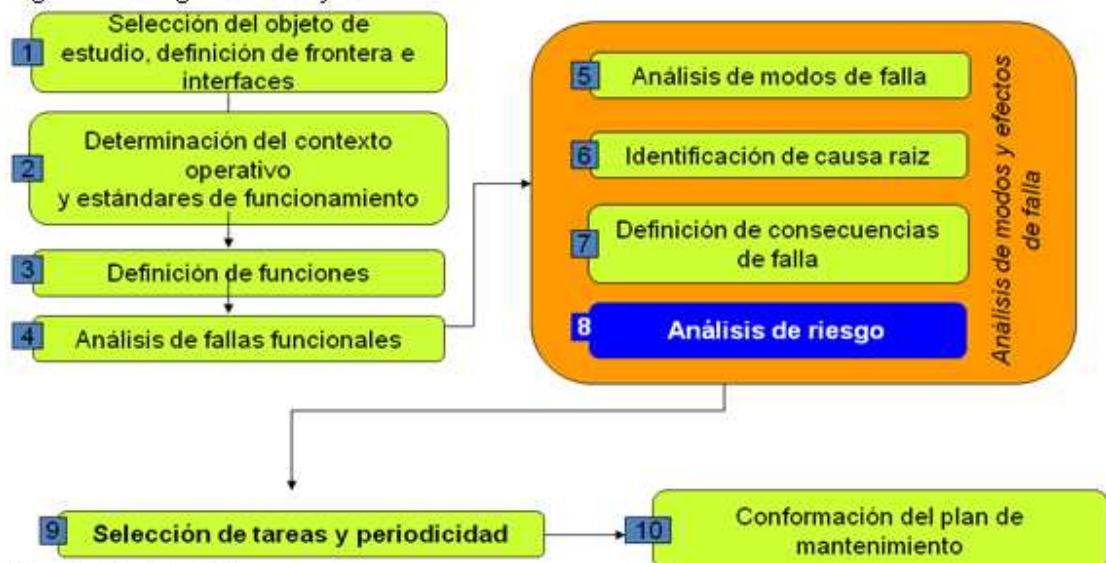
ELABORO	REVISO	APROBO
FECHA	FECHA	FECHA

3 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

El mantenimiento centrado en Confiabilidad (MCC), o Reliability-centred Maintenance (RCM), permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico.

La idea central del RCM es que los esfuerzos de mantenimiento deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que los equipos mismos. Es la función desempeñada por una máquina lo que interesa desde el punto de vista productivo. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función. También implica que se deben conocer con gran detalle las condiciones en que se realiza esta función y, sobre todo, las condiciones que la interrumpen o dificultan tal función. El RCM se fundamenta en las siguientes premisas.

Figura 12. Diagrama de flujo del RCM



Fuente: Daniel Ortiz

3.1 METODOLOGÍA DEL RCM

El proceso permite determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para cualquier activo físico. El MCC constituye una política de mantenimiento basada en la fiabilidad de las funciones de la planta o equipo que, recurriendo a un programa de mantenimiento preventivo, busca mejorar la fiabilidad funcional de los sistemas aseguradores de la seguridad y disponibilidad. Pero a la vez minimizando el costo de mantenimiento implicado.

Los 7 pasos del proceso RCM son:

1. ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
2. ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?
5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva

3.1.1 Análisis funcional motosoldador miller 302 (paso 1) Antes de comenzar a redactar las funciones deseadas para el motosoldador miller 302 que se está analizando (primera pregunta del RCM), se describirán las partes principales por las cuales está constituido este equipo.

Figura 13. Motosoldador miller 302



Nombre del sistema; motosoldador miller 302 3 procesos de soldadura. gtaw (tig), gmaw (mig), smaw (stick o varilla).

El motosoldador MILLER 302⁴ tiene como función alimentar el arco eléctrico presente entre el material base y el electrodo, a través de la salida de una cantidad de corriente suficiente para mantenerlo encendido. La soldadura por electrodo se basa en el principio de la corriente constante, esto es, la corriente distribuida por el motosoldador no debe cambiar cuando el operador mueve el electrodo en la pieza. La característica de fabricación de la motosoldador es, por lo tanto, la necesaria para mantener invariada la corriente en presencia de variaciones de la longitud del arco debidas al acercamiento o alejamiento del electrodo: cuanto más constante resulta la corriente, más estable se presenta el arco, facilitando de esta manera el trabajo del operador. Las características operacionales de este equipo son Alimentación Trifásica, Salida nominal: 300 Amp. a 32 VCD, Peso: 361 libras (164 kg)

A continuación se señalan el grupo de sistemas que funcionan conjuntamente para suministrar una salida o producto para este caso la aplicación de soldadura, mediante el proceso y manipulación de una materia prima o elementos almacenados electrodos.

3.1.1.1 Generador Los generadores (De 120 voltios y 240 voltios) separados de soldadura y energía se han diseñado para funciones específicas. Por ello el generador de soldadura de 4 polos, trifásico es el más eficiente y produce la mejor calidad de arco con un diseño preciso, pero simple y con un control confiable de soldadura.

Generador o alternador esta movido por el motor por una correa, produce corriente alterna que se rectifica por un sistema de diodos a corriente continua que se utiliza para cargar la batería el abastecimiento para el sistema eléctrico del motosoldador.

⁴ VER ANEXO A PARTES CONSTITUYENTES DE MOTOSOLDADOR MILLER 302

Figura 14. Generador



Tabla 8 Características de Generador.

Salida de potencia	CD soldadura convencional	Amperaje	Voltaje	Salida de soldadura CA
9500 vatios	30 – 300 A	20 – 300 A	13 – 35 V	30 – 225 A

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

3.1.1.2 Sistema de combustible Capacidad de combustible de 12-galones, En una obra típica usando electrodos 7018 de 1/8-pulg. (125 amps, 20% ciclo de trabajo) se puede conseguir cerca de 20 horas de operación. Soldando a 150 amps al 40% de ciclo de trabajo, se usa aproximadamente 3/4 de galón por hora cerca de 16 horas de operación. Su función bombea diesel desde el tanque y lo mezcla con aire para que pueda ir a los cilindros. El combustible es inyectado individualmente a cada cilindro.

Figura 15. Filtro de combustible, Tanque, Cedazo de combustible en línea.



3.1.1.3 Motor El motor es una máquina que transforma en trabajo mecánico la energía que el combustible contiene en estado latente. Ciclos: Admisión, compresión, explosión y escape. A continuación se señalan las características técnicas del Motor.

Figura 16. Bomba de inyección



Tabla 9. Características técnicas del Motor.

Modelo	D772-E3
Tipo	Motor diesel de 4 tiempos refrigerado por agua, vertical
Numero de cilindros	3
Diámetro y carrera	67X 68
Cilindrada total l	0,719
Cámara de combustión	Tipo esférico
Potencia neta intermitente kw rpm	14/3600
Potencia neta continua	12.2/3600
Velocidad máxima sin carga	3800
Velocidad mínima en ralentí	900 a 1000
Orden de a)encendido	1- 2- 3
Sentido de giro	Contrario al de las agujas del reloj (visto desde el lado del volante)
Bomba de inyección	Mini bomba Bosch tipo MD
Presión de inyección	13,73 MPa (149 kgf cm ²)
Temporización de la inyección	0,366 rad (20°)
Relación de compresión	23,5 :1
Combustible	Gasoleno N 2- D
Lubricante clasificación api	Superior a CF
Dimensiones mm longitud X anchura X altura	426 x 389 x 520
Peso en seco especificación BB	63,1
Sistema de arranque	Motor de arranque
Motor de arranque	12 v 0,80 kw
Generador de carga	12v 150 w
Capacidad recomendada de la batería capacidad a razón de 5 horas	12 v 36 AH

3.1.1.4 Sistema de lubricación Asegura que en cada movimiento del motor éste reciba aceite para que se pueda mover con facilidad. Las dos principales cosas que necesitan aceite son los pistones (para que se puedan deslizar fácilmente en su cilindro) y la polea para que pueda rotar libremente. El aceite es succionado por una bomba, corre hacia el filtro para quitarle impurezas, y luego lanzado en chorritos a las paredes del cilindro. El aceite usado es recolectado y utilizado para repetir el ciclo

El objeto principal de la lubricación es el de evitar el contacto del metal con el metal entre una pieza móvil y otra, la fricción originada por ese contacto ocasiona pérdida de potencia, rápido desgaste de las superficies y un aumento de temperatura que podría causar que las piezas muy ajustadas se dilatarían hasta hacerlas fallar. En la siguiente figura se muestra Filtro de aceite, Tanque de aceite.

Figura 17. Filtro de aceite, Tanque de aceite.



3.1.1.5 Sistema de descarga Incluye el tubo de escape y el mofle. Sin un mofle lo que se escucharía es el ruido de muchas pequeñas explosiones que vienen al escape. Un mofle reduce el sonido. Principales componentes tubo de escape, drenaje de aceite

Figura 18. Tubo de escape, drenaje de aceite



3.1.1.6 Sistema de enfriamiento o refrigeración Ventilador elemento de enfriamiento que solo opera cuando es necesario, reduciendo el consumo de energía y la cantidad de polvo metálico y partículas Suspendidas que entran a la maquina.

Figura 19. Líquido refrigerante, Ventilador, Radiador



Por efectos del gran volumen de calor no utilizado que ha de radiarse hacia los cilindros y otras partes se necesitan medios que permitan regular adecuadamente la temperatura y mantenerla dentro de ciertos límites de seguridad. El agua que circula por tubos alrededor del cilindro y viaja al radiador para enfriarlo. Principales componentes radiador, bomba

3.1.1.7 Sistema de succión de aire El aire fluye a través de un filtro directo a los cilindros. El aire que llegue a la máquina es primero presurizado (así que más mezcla de aire/combustible puede ser medida en cada cilindro) para incrementar la eficiencia. La cantidad de presurización es llamada "empujón". En la siguiente figura se muestra el Limpiador de aire o Filtro de aire.

Figura 20. Filtro de aire.



3.1.1.8 Sistema electrónico Pantallas digitales estas Indican los valores pre ajustados y reales de voltios y amperios de soldadura. Intervalos entre cambios de aceite, Nivel de combustible, Revoluciones del motor

Figura 21. Pantallas digitales



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

3.1.1.9 Sistema eléctrico consta de un motor encendedor eléctrico y un solenoide. Cuando se voltea la llave en el encendedor el motor de arranque rota el motor unas pocas revoluciones para que el proceso de combustión pueda comenzar. El arranque debe superar: 1) toda la fricción interna causada por los anillos del pistón, 2) la presión de compresión de cualquier cilindro, 3) la energía necesitada para abrir y cerrar válvulas con el árbol de levas, y 4) la bomba de agua, de aceite, alternador. Debido a esto se necesita mucha energía. El solenoide es esencialmente un gran switch electrónico que puede soportar tal corriente. Cuando se acciona la llave se activa el solenoide para alimentar el motor

Consta de una batería y un alternador. EL alternador está conectado al motor por un cinturón y genera electricidad para recargar la batería. La batería genera 12 voltios de poder

Batería es una fuente de corriente continua producida por la reacción química entre ácido sulfúrico y placas de plomo rojo y gris, se utiliza para la prendida del motor y se reserva para alimentar el sistema eléctrico del motosoldador.

Figura 22. Batería y alternador



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

3.2 ANÁLISIS DE MODOS EFECTOS DE FALLAS Y CRITICIDAD (FMECA)

El procedimiento FMECA tiene como función principal organizar todas las tareas correctivas modificativas o proactivas a realizar de mantenimiento, después de haber realizado exhaustivamente el análisis de falla y el RCFA , el método procedimental FMECA parte del concepto de que ya se conocen todas las fallas reales y potenciales. por su parte el RPN lo que hace es jerarquizar cada una de las tareas en los diferentes elementos o equipos , con el fin de priorizar los esfuerzos en los equipos que más lo requieran acorde a su grado de criticidad. El procedimiento se puede aplicar en forma independiente mas sin embargo el RPN es parte fundamental del FMECA.

Tabla10. Etapas de desarrollo del procedimiento FMECA son

- ✓ Describir las funciones primarias y secundarias de los equipos
- ✓ Establecer todas las fallas funcionales reales y potenciales conocidas
- ✓ Los modos de fallas
- ✓ Evaluar las consecuencias y los efectos de cada modo de falla con su falla y su función
- ✓ Medir el RPN mediante evaluación de la severidad la probabilidad de ocurrencia y la posibilidad de detección
- ✓ Establecer las acciones correctivas o planeadas proactivas
- ✓ Realizar las tareas
- ✓ Medir nuevamente el RPN y replantear las acciones

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

3.2.1 Fallas funcionales o estados de falla (PASO 2) Las fallas funcionales o estados de falla identifican todos los estados indeseables del sistema. Notar que los estados de falla están directamente relacionados con las funciones deseadas.

Tabla 11. Fallas funcionales del motosoldador.

FALLAS FUNCIONALES	MODO DE FALLA
Cuando el motor arranca con dificultad	1 Mezcla de aire o de agua en el sistema de combustible
Cuando el motor arranca con dificultad	2 La batería esta descargada y el motor de arranque no hace girar el cigüeñal,
Cuando la potencia desarrollada es insuficiente	3 Desgaste de la bomba de inyección
Si el motor se para bruscamente	4 Sobrecalentamiento de piezas móviles por lubricación insuficiente o incorrecta
Cuando el color de los gases es especialmente malo	5 Combustión incompleta
Cuando tiene que pararse el motor inmediatamente	6 La velocidad del motor aumenta o disminuye bruscamente
Voltajes y Amperajes de soldadura varían de forma incontrolable	7 Falla tarjeta electrónica
Cuando tiene que pararse el motor inmediatamente	8 El color de los gases de escape se vuelve de repente oscuro.
Cuando el motor se sobrecalienta	9 Correa del ventilador esta alargada
Falta de penetración, Falta de fusión, Inclusion de escoria, Porosidad, Grietas, So cavado	10 superficies contaminadas con escamas de oxido, grasas , pinturas preparación deficiente de hombro y abertura de bisel tipo y diámetro de electrodo inadecuado velocidad de avance alta y bajo amperaje
Motor sobrecalentado	11 Corrosión en el interior del radiador o en el circuito de refrigerante
El motor tiene que pararse inmediatamente	12 El piloto de aceite se enciende durante el funcionamiento

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

3.2.2 Modos de falla (PASO 3) Un modo de falla es una posible causa por la cual un equipo puede llegar a un estado de falla. Por ejemplo, " Corrosión en el interior del radiador" es un modo de falla que hace que un radiador llegue al estado de falla identificado por la falla funcional " Motor sobrecalentado".

Un modo de falla podría ser definido como cualquier evento que pueda causar la falla de un activo físico o sistema o proceso.

En la siguiente tabla se describen los modos de falla con el respectivo numero de fallas ordenados de mayor a menor entre julio 2007 a julio 2009.

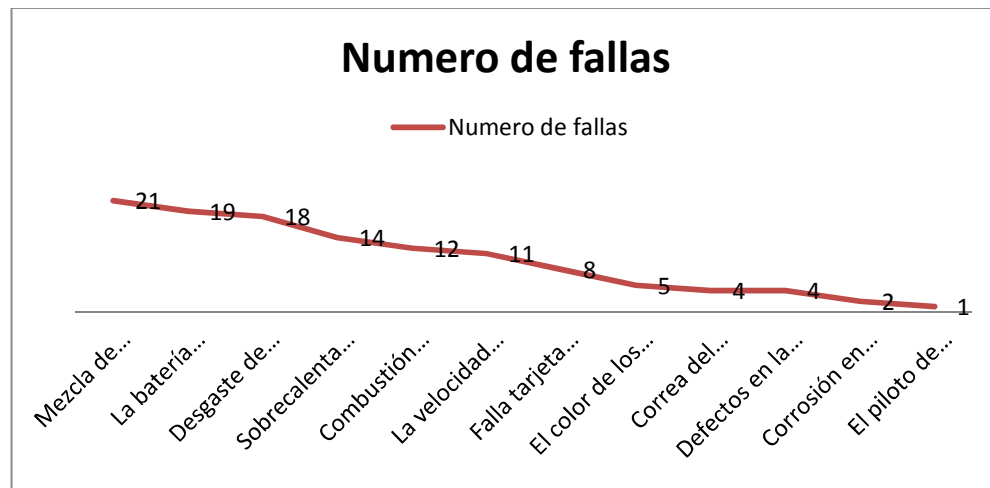
Tabla 12. Modos de fallo.

	MODOS DE FALLO	NUMERO DE FALLAS	RATA DE FALLAS/AÑO
1	Mezcla de aire o de agua en el sistema de combustible.	21	10.5
2	La batería esta descargada y el motor de arranque no hace girar el cigüeñal	19	9.5
3	Desgaste de la bomba de inyección.	18	9
4	Sobrecalentamiento de piezas móviles por lubricación insuficiente o incorrecta	14	7
5	Combustión incompleta	12	6
6	La velocidad del motor aumenta o disminuye bruscamente	11	5.5
7	Falla tarjeta electrónica	8	4
8	El color de los gases de escape se vuelve de repente oscuro.	5	2.5
9	Correa del ventilador esta alargada	4	2
10	Defectos en la soldadura	4	2
11	Corrosión en el interior del radiador o en el circuito de refrigerante	2	1
12	El piloto de aceite se enciende durante el funcionamiento	1	0.5

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

En el siguiente diagrama ilustramos los principales modos de falla ocurridos en el motosoldador MILLER 302 registrados en los formatos del departamento de mantenimiento de DIAZ & DIAZ INGENIEROS.

Figura 23.Frecuencia de ocurrencia de modos de falla



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

3.3 CATEGORÍA DE MODOS DE FALLA SEGÚN CONSECUENCIAS

La falla de un equipo puede afectar a sus usuarios de distintas formas es así como cada modo de falla identificado en el análisis de RCM debe ser clasificado en una de las siguientes categorías

- ✓ Fallos ocultos **FO** aquellas fallas que no tienen ningún impacto cuando ocurren salvo que posteriormente ocurra alguna otra falla. Por ejemplo, la falla del filtro de auxilio no tiene ninguna consecuencia adversa salvo que ocurra una falla posterior (rotura de sellos de filtro de servicio) que haga que sea necesario cambiar el filtro.
- ✓ Seguridad física **SF** poniendo en riesgo a personas (accidentes e incidentes ocurridos durante el proceso)
- ✓ Afectando al medio ambiente **MA** (contaminación por medio de gases, grasas, lubricantes al medio ambiente)
- ✓ Imagen corporativa **IC** (pérdida de credibilidad ante clientes)
- ✓ Costo de reparación **OR** (incremento por mantenimientos correctivos)
- ✓ Efectos en los clientes **OC** (pérdida económica de clientes por entregas tardías o de productos en mal estado)

La metodología a seguir para la evaluación de la criticidad se realiza en base de las siguientes matrices.

Tabla 13. Criticidad de equipos por fallas ocultas

FALLOS OCULTOS FO	VALOR
No existen fallas ocultas que puedan generar fallas múltiples posteriores	0
Existe una baja posibilidad de que la falla no sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	1
En condiciones normales la falla siempre será oculta y generara fallas múltiples posteriores	2
Existe una baja posibilidad de que la falla si sea detectada y ocasione fallas múltiples posteriores	3
La falla siempre es oculta y ocasionara fallas múltiples graves en el sistema	4

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Tabla 14. Criticidad de equipos por impacto en la seguridad.

SEGURIDAD FÍSICA SF	VALOR
No afecta	0
Afecta a una persona y es posible que puede generar incapacidad de tipo temporal	1
Afecta de 2 a 5 personas y puede generar incapacidad de tipo temporal	2
Afecta a más de 5 personas y puede generar incapacidad de tipo temporal o permanente	3
Genera incapacidad permanente a una o más personas	4

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Tabla 15. Criticidad de equipos por impacto al medio ambiente.

IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE MA	VALOR
No hay contaminación	0
Contaminación leve y controlable con limpieza o contención local, no daña el ecosistema	1
Contaminación no controlable con limpieza ,afecta de manera leve y reversible a corto plazo menos de 6 meses , no afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema	2
Contaminación grave controlable, afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en menos de 3 anos.	3
Contaminación grave no controlable afecta los recursos sociales y el ecosistema. es reversible en más de 3 anos o es irreversible	4

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Tabla 16 Criticidad de equipos por impacto a la imagen corporativa.

IMAGEN CORPORATIVA IC	VALOR
No es relevante	0
Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos	1
Conocimiento sector Boyacá, afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1.000 dólares	2
Conocimiento nacional, afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos inversión 1000 y 10.0000 dólares	3
Conocimiento internacional, afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos inversión mayor 10.000 dólares	4

Tabla 17 Criticidad de equipos por costo de reparación.

COSTO DE REPARACIÓN OR	VALOR
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 501 y 5000 dólares	2
Entre 5001 y 50000 dólares	3
Mayor de 50001 dólares	4

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Tabla 18 Criticidad de equipos por efectos en los clientes.

EFFECTOS EN LOS CLIENTES OC	VALOR
Entre 1 y 50 dólares	0
Entre 51 y 500 dólares	1
Entre 501 y 5000 dólares	2
Entre 5001 y 50000 dólares	3
Mayor de 50001 dólares	4

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

La clasificación de la criticidad se da por medio de la siguiente ecuación.

$$\text{Criticidad } = c = (FO * KFO) + (SF * KSF) + (MA * KMA) + (IC * KIC) + (OR * KOR) + (OC * KOC)$$

Donde los coeficientes de los factores son constantes su suma es de 1o del 100% así:

$$KFO = 0,05 = 5\%$$

$$KSF = 0,20 = 20\%$$

$$KMA = 0,10 = 10\%$$

$$KIC = 0,30 = 30\%$$

$$KOR = 0,30 = 30\%$$

$$KOC = 0,05 = 5\%$$

Para el primer modo de falla (Mezcla de aire o de agua en el sistema de combustible). Tenemos

$$C = (FO * KFO) + (SF * KSF) + (MA * KMA) + (IC * KIC) + (OR * KOR) + (OC * KOC)$$

$$S = (2 * 0,05) + (0 * 0,20) + (3 * 0,10) + (1 * 0,30) + (1 * 0,30) + (1 * 0,05)$$

$$S = 0.1 + 0 + 0.3 + 0.3 + 0.3 + 0.05 = 1,05$$

3.3.1 Valoración de los modos de falla El análisis de criticidad es un estudio semi cuantitativo de los eventos de fallas posibles en los activos y el ordenamiento de estos de acuerdo con la gravedad de las consecuencias, El orden en el que se evalúan las consecuencias es el siguiente:

- ✓ **Crítico** categoría donde se ubican los activos cuya funciones primaria para llevar a cabo el proceso productivo o las consecuencias de falla pueden provocar graves daños a la salud o medio ambiente.
- ✓ **Semicrítico** categoría donde se ubican los activos que no cumplen funciones primarias o causan graves danos pero su indisponibilidad en el tiempo puede llevar a interferir con el proceso productivo
- ✓ **No crítico** categoría donde se ubican los activos con funciones de soporte o alternativas que no generan grandes impactos en el proceso o tienen posibilidad de ser reemplazados por otros.

De la criticad valorada se aplica la siguiente tabla con el fin de clasificar cada uno de los modos de falla en critico semicritico y no critico.

Tabla 19 Parámetros para establecer la criticidad

RANGO
$\geq 2,8$ critico ≤ 4
$\geq 1,4$ semi critico $\leq 2,7$
≥ 0 No critico $\leq 1,3$

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

A continuación se señalan cada una de los modos de falla tratados con la respectiva valoración.

Tabla 20. Valoración de criticidad y RPN

MODO DE FALLA	FALLOS OCULTOS FO	Valor	SEGURIDAD FÍSICA SF	valor	IMPACTO AL MEDIO AMBIENTE	valor	IMAGEN CORPORATIVA IC	valor	COSTO DE REPARACIÓN OR	valor	EFFECTOS EN LOS CLIENTES OC	valor	TOTAL	critic	OCURRENCIA	valor	DETECCIÓN	valor	RPN
	0,05		0,20		0,10		0,30		0,30		0,05								
1 Mezcla de aire o de agua en el sistema de combustible.	En condiciones normales la falla siempre será oculta y generara fallas múltiples posteriores	2	No afecta	0	Contaminación grave controlable, afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en menos de 3 años	3	Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 51 y 500 dólares	1	1.05	No critico	>9 a 12 fallas por año	4	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	8.4
2 La batería esta descargada y el motor de arranque no hace girar el cigüeñal	Existe una baja posibilidad de que la falla no sea detectada y ocasiona fallas múltiples	1	No afecta	0	No hay contaminación	0	Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos	1	Entre 51 y 500 dólares	1	Entre 51 y 500 dólares	1	0.7	No critico	>9 a 12 fallas por año	4	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	5.6
3 Desgaste de la bomba de inyección.	La falla siempre es oculta ocasionara fallas múltiples graves en el s	4	No afecta	0	Contaminación no controlable conl impieza ,afecta de manera leve y reversible a corto plazo	2	Conocimiento sector Boyacá, afecta la credibilidad de clientes pero se maneja argumento	2	Entre 5001 y 50000 dólares	3	Entre 5001 y 50000 dólares	3	2.05	Semicritico	>6 a 9 fallas por año	3	Baja- Probabilidad para detectar causas potencialesmecanismos y modos de fallo subsecuentes	3	11.7

4	Sobrecalentamiento de piezas móviles por lubricación insuficiente o incorrecta	La falla siempre es oculta y ocasionara fallas múltiples graves	4	Genera incapacidad permanente a una o más personas	4	Contaminación grave controlable, afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en menos de 3 años.	3	Conocimiento nacional, afecta la credibilidad de clientes pero se maneja .	3	Entre 5001 y 50000 dólares	3	Entre 5001 y 50000 dólares	3	3.25	Critico	>6 a 9 fallas por año	3	Seguro- Siempre se detectara causas potenciales mecanismos	1	3.6
5	Combustión incompleta	Existe una baja posibilidad de que la falla no sea detecta	1	Afecta de 2 a 5 personas y puede generar incapacidad de tipo temporal	2	Contaminación no controlable con limpieza ,afecta de manera leve y reversible a corto plazo	2	Conocimiento sector Boyacá, afecta la credibilidad de clientes	2	Entre 501 y 5000 dólares	2	Entre 501 y 5000 dólares	2	1.95	Semicritico	>3 a 6 fallas por año	2	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	7.8
6	La velocidad del motor aumenta o disminuye bruscamente	Existe una baja posibilidad de que la falla no sea detecta	1	No afecta	0	No hay contaminación	0	Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos	1	Entre 501 y 5000 dólares	2	Entre 501 y 5000 dólares	2	1.05	No critico	>3 a 6 fallas por año	2	Baja- Probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	3	6.3
7	Falla tarjeta electrónica	En condiciones normales la falla siempre será oculta	2	No afecta	0	Contaminación leve y controlable con limpieza o contención local, no daña el ecosistema	1	Afecta la credibilidad de clientes	1	Entre 51 y 500 dólares	2	Entre 51 y 500 dólares	2	1.2	No critico	>3 a 6 fallas por año	2	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos	2	4.8
8	El color de los gases de escape se vuelve de repente oscuro.	Existe una baja posibilidad de que la falla no sea detectada	1	Genera incapacidad permanente a una o más personas	4	Contaminación grave no controlable afecta los recursos sociales y el ecosistema. es reversible en más de 3 años	4	Conocimiento sector Boyacá, afecta la credibilidad de clientes	2	Entre 5001 y 50000 dólares	3	Entre 5001 y 50000 dólares	3	2.9	Critico	De 0 a 3 fallas por año	1	Seguro- Siempre se detectara causas potenciales mecanismos y modos de fallos subsecuentes	1	2.05

9 Correa del ventilador esta alargada	Existe una baja posibilidad de que la falla no sea detectada y ocasione fallas	1	No afecta	0	No hay contaminación	0	No es relevante	0	Entre 1 y 50 dólares	0	Entre 1 y 50 dólares	0	0.05	No critic0	De 0 a 3 fallas por año	1	Seguro- Siempre se detectara causas potenciales mecanismos y modos de fallos subsecuente	1	0.05
10 Falta de penetración Falta de fusión, Inclusión de escoria, Porosidad, Grietas, Socavado	. La falla siempre es oculta y ocasionara fallas múltiples graves en el sistema	4	Genera incapacidad permanente a una o más per zonas	4	Contaminación grave controlable, afecta la disponibilidad de recursos sociales y el ecosistema. Es reversible en menos de 3 años.	3	Conocimiento sector Boyacá, afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumento	2	Entre 5001 y 50000 dólares	3	Entre 5001 y 50000 dólares	3	2.95	Critico	De >9 a 12 fallas por año	4	Seguro- Siempre se detectara causas potenciales mecanismos y modos de fallos subsecuentes	1	11.8
11corrosion en el interior del radiador o en el circuito de refrigerante	La falla siempre es oculta y ocasionara fallas múltiples graves en el sistema	4	No afecta	0	Contaminación leve y controlable con limpieza o contención local, no daña el ecosistema	1	Conocimiento sector Boyacá, afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos e inversión inferior a 1.000 dólares	2	Entre 5001 y 50000 dólares	3	Entre 5001 y 50000 dólares	3	1.95	Semicritico	De >3 a 6 fallas por año	2	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	7.8
12 el piloto de aceite se enciende durante el funcionamiento	No existen fallas ocultas que puedan generar fallas múltiples posteriores	0	No afecta	0	No hay contaminación	0	Afecta la credibilidad de clientes pero se maneja con argumentos	1	Entre 501 y 5000 dólares	2	Entre 501 y 5000 dólares	2	1	No critico	De 0 a 3 fallas por año	1	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	2

Del estudio de la anterior tabla, podemos resumir en la siguiente tabla el resultado de la criticidad de los modos de falla analizados.

Tabla 21. Resumen del nivel de criticidad de modos de falla.

MODO DE FALLA	CRITICIDAD
1 Mezcla de aire o de agua en el sistema de combustible.	1.05 No critico
2 La batería esta descargada y el motor de arranque no hace girar el cigüeñal	0.7 No critico
3 Desgaste de la bomba de inyección.	2.05 Semicritico
4 Sobrecalentamiento de piezas móviles por lubricación insuficiente o incorrecta	3.25 Critico
5 Combustión incompleta	1.95 Semicritico
6 La velocidad del motor aumenta o disminuye bruscamente	1.05 No critico
7 Falla tarjeta electrónica	1.2 No critico
8 El color de los gases de escape se vuelve de repente oscuro.	2.9 Critico
9 Correa del ventilador esta alargada	0.05 No critico
10 Falta de penetración Falta de fusión,Inclusión de escoria, Porosidad,Grietas, Socavado	2.95 Critico
11 Corrosión en el interior del radiador o en el circuito de refrigerante	1.95 Semicritico
12 El piloto de aceite se enciende durante el funcionamiento	1 No critico

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

3.3.2 Índice de riesgo o número de prioridad de riesgo NPR Resultado numérico de multiplicar la frecuencia, por la gravedad de la falla

Tabla 22. Ocurrencia

OCURRENCIA	VALOR
De 0 a 3 fallas por año	1
De >3 a 6 fallas por año	2
De >6 a 9 fallas por año	3
De >9 a 12 fallas por año	4

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Tabla 23. Detección

DETECCIÓN	VALOR
Seguro- Siempre se detectara causas potenciales mecanismos y modos de fallos subsecuentes	1
Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2
Baja- Probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	3
Nula- No se puede detectar una causa potencial mecanismos y modos de fallo subsecuentes	4

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Para el primer modo de falla (Mezcla de aire o de agua en el sistema de combustible). Tenemos de ecuación

RPN= Severidad*Posibilidad de ocurrencia *Probabilidad de detección

$$=S*O*DI$$

$$RPN= 1,05*4*2=8.4$$

Con el anterior análisis, se puede resumir en la siguiente tabla el resultado de la criticidad de los modos de falla analizados.

Tabla 24. Valoración RPN

MODO DE FALLA	TOTAL	OCURRENCIA	Valor	DETECCIÓN	valor	RPN
1 Mezcla de aire o de agua en el sistema de combustible.	1.05	>9 a 12 fallas por año	4	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	8.4
2 La batería esta descargada y el motor de arranque no hace girar el cigüeñal	0.7	>9 a 12 fallas por año	4	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	5.6
3 Desgaste de la bomba de inyección.	1.3	>6 a 9 fallas por año	3	Baja- Probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	3	11.7
4 Sobre calentamiento de piezas móviles por lubricación insuficiente o incorrecta	1.2	>6 a 9 fallas por año	3	Seguro- Siempre se detectara causas potenciales mecanismos y modos de fallos subsecuentes	1	3.6
5 Combustión incompleta	1.95	>3 a 6 fallas por año	2	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	7.8
6 La velocidad del motor aumenta o disminuye bruscamente	1.05	>3 a 6 fallas por año	2	Baja- Probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	3	6.3
7 Falla tarjeta electrónica	1.2	>3 a 6 fallas por año	2	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	4.8
8 El color de los gases de escape se vuelve de repente oscuro.	2.05	De 0 a 3 fallas por año	1	Seguro- Siempre se detectara causas potenciales mecanismos y modos de fallos subsecuentes	1	2.05
9 Correa del ventilador esta alargada	0.05	De 0 a 3 fallas por año	1	Seguro- Siempre se detectara causas potenciales mecanismos y modos de fallos subsecuentes	1	0.05
10 Falta de penetración Falta de fusión	2.95	De >9 a 12 fallas por año	4	Seguro- Siempre se detectara causas potenciales mecanismos y modos de fallos subsecuentes	1	11.8
11 Inclusión de escoria, Porosidad,	1.95	De >3 a 6 fallas por año	2	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	7.8
12 Grietas, Socavado	1	De 0 a 3 fallas por año	1	Media- Mediana probabilidad para detectar causas potenciales mecanismos y modos de fallo subsecuentes	2	2

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

3.4 ANÁLISIS DE CAUSA RAÍZ DE LAS FALLAS RCFA

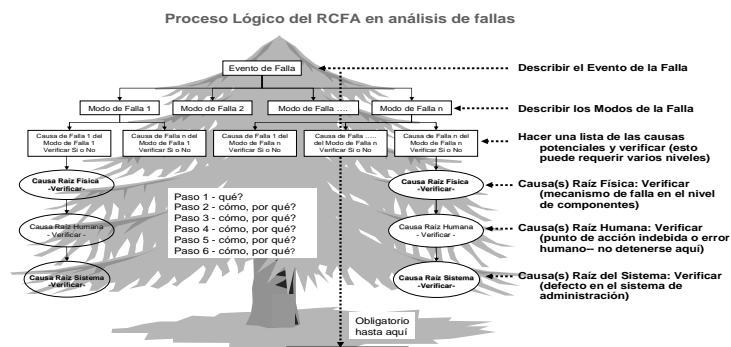
El análisis de causa raíz de las fallas es un método riguroso para la solución de problemas en cualquier tipo de fallas se basa en un proceso lógico y el la utilización de arboles de causa de fallas, consiste en una representación visual de los eventos de una falla en el cual por razonamiento deductivo y mediante la verificación de los hechos que ocurran se puede llegar de una manera fácil y fluida a las causas originales de las fallas. Con el RCFA se puede llegar a deducir hasta tres niveles de causa raíz. Permite aprender de las fallas mediante la eliminación de las causas, en vez de corregir los síntomas. el método RCFA es una ayuda complementaria al método de análisis de falla que perfecciona las etapas requeridas en el, para encontrar las diferentes causas inmediatas ,básicas y raíz.

Tabla 25. Ventajas RCFA.

VENTAJAS RCFA.	
✓	Permite establecer un patrón de fallas en elementos o maquinas
✓	Aumenta la motivación del recurso humano del grupo caza fallas ya que en la mayoría de los casos es muy exitoso en la búsqueda de causas raíces
✓	Mejora las condiciones ambientales como también la seguridad industrial
✓	Reduce sustancialmente los tiempos de no funcionalidad y de no disponibilidad de los equipos.

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Figura 24. Proceso RCFA



Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Cada falla funcional suele tener más de un modo de falla. Todos los modos de falla asociados a cada falla funcional deben ser identificados durante el análisis de RCM. A continuación señalamos los modos de falla y fallas funcionales del motosoldador MILLIER 302.

Tabla 26. Fallas funcionales

FALLAS FUNCIONALES	MODOS DE FALLA
Cuando el motor arranca con dificultad	Mezcla de aire o de agua en el sistema de combustible, Combustible es viscoso y no fluye, Mezcla de aire o agua en sistema de combustible, Fugas en las válvulas, el aceite del motor se hace viscoso en tiempo frio, La batería esta descargada y el motor de arranque no hace girar el cigüeñal
Cuando la potencia desarrollada es insuficiente	Desgaste de la bomba de inyección, Compresión insuficiente, Fuga en válvulas, Combustible insuficiente, Sobrecalentamiento de piezas móviles por lubricación insuficiente o incorrecta, Filtro de aire está sucio, Desgaste de la bomba de inyección.
Si el motor se para bruscamente	Falta de combustible, Inyector incorrecto, Las piezas móviles se sobrecalientan
Cuando el color de los gases es especialmente malo	Regulador de combustible defectuoso, Combustible de mala calidad usar n2 d
Cuando tiene que pararse el motor inmediatamente	El color de los gases de escape de repente se vuelve oscuro, Los cojinetes se sobrecalientan, Se oye bruscamente un sonido no habitual, La velocidad del motor aumenta y disminuye bruscamente
Cuando tiene que pararse el motor inmediatamente	El color de los gases de escape se vuelve de repente oscuro, Aceite del motor insuficiente, Correa de motor rota o alargada, Corrosión en el interior del radiador o en el circuito de refrigerante, Fugas de agua

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

Al identificar los modos de falla de un equipo o sistema, es importante listar la "Causa raíz" de la falla. Por ejemplo, si se están analizando los modos de falla de los rodamientos de una bomba, es incorrecto listar el modo de falla "falla rodamiento". La razón es que el modo de falla listado no da una idea precisa de porque ocurre la falla.

Es por "falta de lubricación"? Es por "desgaste y uso normal"? Es por "instalación inadecuada"? Notar que este desglose en las causas que subyacen a la falla si da una idea precisa de porque ocurre la falla.

Tabla 27. Modos de fallo, Causa raíz⁵

MODOS DE FALLO	CAUSA RAÍZ
1 Mezcla de aire o de agua en el sistema de combustible.	Acoplamiento flojo en la línea de combustible, tornillos de purga de aire sobre filtro de combustible y bomba de inyección sueltos.
2 La batería esta descargada y el motor de arranque no hace girar el cigüeñal	Batería sin liquido, cables de contacto mal ensamblados
3 Desgaste de la bomba de inyección.	Combustible de mala calidad este causara desgaste de la bomba gasoleno n2d,
4Sobrecalentamiento de piezas móviles por lubricación insuficiente o incorrecta	Filtro de aceite en obstruido por impurezas, avance da la inyección desajustado
5 Combustión incompleta	Atomización insuficiente ajuste incorrecto de válvulas,
6 La velocidad del motor aumenta o disminuye bruscamente	Abrazaderas de combustible sueltas
7 Falla tarjeta electrónica	Durante traslado por golpes rotura de partes
8 El color de los gases de escape se vuelve de repente oscuro.	Inyectores desgastados
9 Correa del ventilador esta alargada	Desalineación de poleas
10 Defectos en la soldadura	Mala aplicación por parte del soldador
11 Corrosión en el interior del radiador o en el circuito de refrigerante	Fugas de agua o liquido refrigerante
12 El piloto de aceite se enciende durante el funcionamiento	Holgura de los cojinetes de motor dimensionada

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

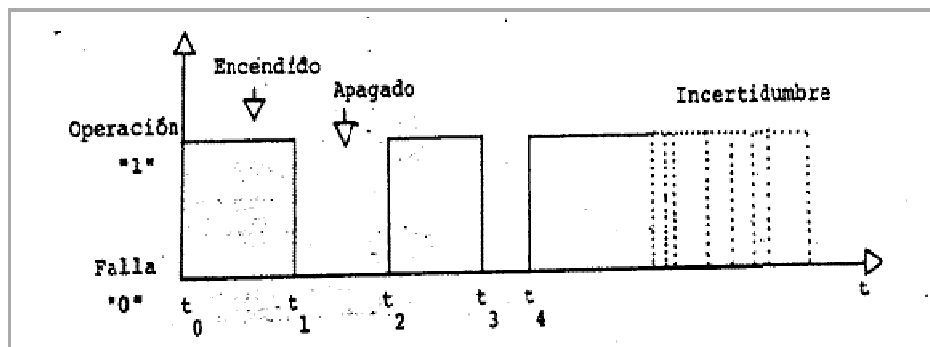
⁵ Root cause failure analysis. Analisis de La causa raiz de las fallas. El Análisis de Causa Raíz es un método que se centra en determinar de manera unívoca el origen de una falla o de una serie de eventos

3.5 ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD MANTENIBILIDAD Y DISPONIBILIDAD (CMD)

El CMD permite tener un control total sobre el sistema de mantenimiento y producción en cuanto a operación y sostenimiento eficiente de los equipos al igual que se logra el uso efectivo de los recursos y productos que se dispone

La confiabilidad se asocia a las fallas, la mantenibilidad a reparaciones y la disponibilidad a la posibilidad de generar productos o servicios. Como es ilustrado en la siguiente figura.

Figura 25. Comportamiento de un equipo



Fuente estadística básica en mantenimiento

Tiempo de operación:

$$TO1 = t_1 - t_0$$

$$TO2 = t_3 - t_2$$

$$TO3 = t_7 - t_4$$

Tiempo de duración de la falla:

$$TF1 = t_2 - t_1$$

$$TF2 = t_4 - t_3$$

3.5.1 Disponibilidad Disponibilidad es la probabilidad de que el equipo esté operando satisfactoriamente en el momento en que sea requerido después del comienzo de su operación, cuando se usa en condiciones estables, donde el

tiempo total considerado incluye el tiempo de operación, tiempo activo de reparación, tiempo inactivo, tiempo en mantenimiento preventivo tiempo administrativo y tiempo logístico.

Disponibilidad = $\text{Confiabilidad} / (\text{Confiabilidad} + \text{Mantenibilidad})$

Disponibilidad = Tiempo en que el dispositivo opera correctamente y funciona bien / Tiempo en que el elemento o maquina puede operar.

Luego de estudiar todas las opciones existentes para modelar la disponibilidad de un equipo, tomamos la recomendación que enumera la síntesis universal de medición CMD para las empresas que están comenzando a implementar este sistema, que es la disponibilidad genérica o de steady state ya que no medimos los tiempos logísticos, ni los administrativos ni los tiempos de demora por repuestos o recursos humanos y no exige grandes cantidades de datos históricos.

Teniendo en cuenta que la actividad económica de nuestra empresa es de prestación de servicio y los equipos no operan de forma continua por la tanto hay que asumir que el tiempo en que el equipo está disponible pero no produce.

Los datos necesarios para registrar la disponibilidad son sacados del historial del equipo la hoja de vida y el plan de mantenimiento, las horas de mantenimiento empiezan desde el momento en que el equipo queda fuera de servicio.

Por medio del formato mostrado a continuación se puede mostrar el reporte diario utilizado para recolectar el historial de las horas en que el equipo estuvo en mantenimiento y las horas operativas.

$A_G = \text{Tiempo de Funcionamiento} / \text{Tiempo en que puede operar}$

Donde:

MUT =Es el promedio de los tiempos útiles individuales

MDT =Es el promedio de los tiempos de no disponibilidad

La disponibilidad genérica en este caso se mide en porcentaje mientras que los MUT y MDT se miden en unidades de tiempo, segundos, minutos, horas

3.5.1.1 Disponibilidad de motosoldador miller 302 Este equipo trabaja las 24 horas del día por tanto debería de trabajar aproximadamente 720 horas mensuales, los mantenimientos realizados a este equipo se miden atravez de las 24 horas de trabajo diarias

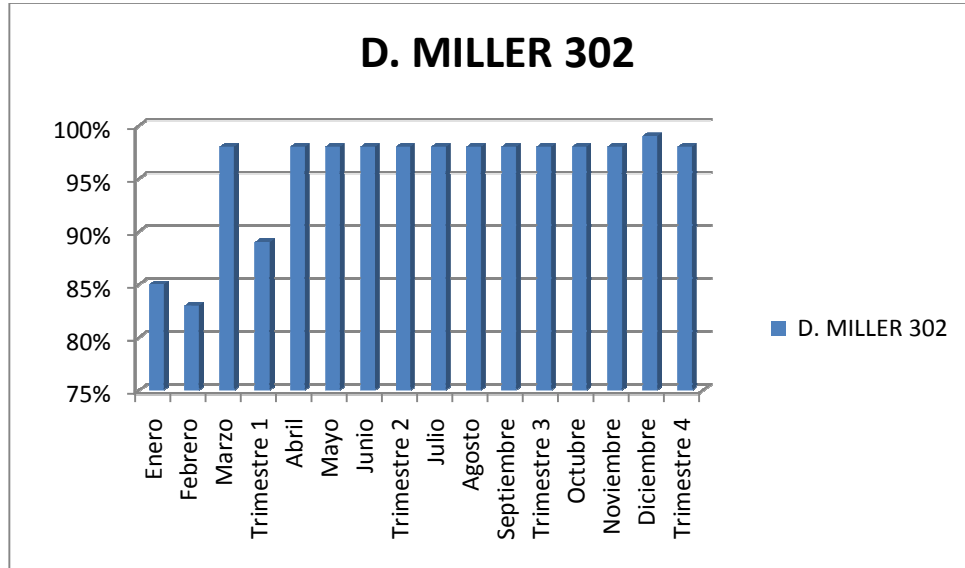
En el siguiente formato se encuentra recolectada la información obtenida donde se registran las horas operativas y las horas que estuvo en mantenimiento durante el mes.

Tabla 29. Disponibilidad de motosoldador miller 302

Año 2008	Hora operativas	Horas de mantenimiento	Indicador	Meta
Enero	208	32	85%	
Febrero	204	36	83%	
Marzo	235	5	98%	
Trimestre 1	216	24	89%	90>=%
Abril	236	4	98%	
Mayo	236	4	98%	
Junio	235	5	98%	
Trimestre 2	236	4	98%	90>=%
Julio	235	5	98%	
Agosto	236	4	98%	
Septiembre	236	4	98%	
Trimestre 3	236	4	98%	90>=%
Octubre	236	4	98%	
Noviembre	236	4	98%	
Diciembre	236	4	99%	
Trimestre 4	236	4	98%	90>=%

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

Figura 26. % Disponibilidad de motosoldador miller 302 año 2008



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

El anterior estudio nos muestra en porcentaje la disponibilidad durante cada uno de los meses del motosoldador miller 302 siendo en los meses de cuando el equipo tuvo un mayor grado de disponibilidad.

La disponibilidad nos ayuda a controlar y a verificar el comportamiento del estado del motosoldador con el fin de mantenerla o mejorarla.

En general el motosoldador de D&D INGENIEROS se encuentran en buen porcentaje de disponibilidad según los registros de mantenimiento de los anteriores meses.

3.5.2 Confiabilidad-fallas La medida de la confiabilidad de un equipo es la frecuencia con la cual ocurren las fallas en el tiempo si no hay fallas el equipo es 100% confiable, si la frecuencia de fallas es muy baja, la confiabilidad del equipo es aun aceptable, pero si la frecuencia de fallas es muy alta , el equipo es poco confiable, un equipo bien diseñado, perfectamente montado correctamente probado y apropiadamente mantenido no debe de fallar nunca (en teoría) sin embargo la experiencia ha demostrado que incluso los equipos mejor diseñados, montados y mantenidos fallan alguna vez.

La confiabilidad⁶ está estrechamente relacionada con la calidad de un producto y con frecuencia considerada un componente de esta. La calidad puede ser definida cualitativamente como la cantidad de satisfacción de los requerimientos de los usuarios del producto, la confiabilidad se interesa por cuánto tiempo el producto continúa en funcionamiento después de entrar en operación, una baja calidad del producto implica una disminución de su confiabilidad, de la misma manera que una calidad alta implica una confiabilidad elevada.

Para el caso de D&D INGENIEROS que estamos comenzando a desarrollar el concepto de CMD y que no contamos con un historial profundo y detallado sobre el comportamiento de motosoldador vamos a utilizar el método de distribución Weibull, donde los datos son las horas en que el equipo se encuentra operativo y las horas en que estuvo en reparación.

Los datos que se toman para el análisis son principalmente los tiempos relacionados con el activo los cuales juegan un papel fundamental, como conceptos fundamentales tenemos:

- ✓ **Tiempo entre fallas TBF** (Time between failure): Es el tiempo transcurrido entre una falla y la siguiente. En el cálculo de la confiabilidad este factor es uno de los más utilizados, la data se toma para el tiempo promedio entre fallas TPEF - MTBF el cual indica el intervalo de tiempo más probable entre un arranque y la aparición de una falla, su relación se encuentra en que mayor sea su valor, mayor es la confiabilidad del componente o equipo.
- ✓ **Tiempo hasta la falla TTF** (Time to failure): Usado en equipos no reparables, es el tiempo desde que el equipo empieza a operar en condiciones normales hasta el momento en que ocurre la falla.
- ✓ **Tiempo para reparar TTR** (Time to repair): Es el tiempo tomado para reparar el activo que ha fallado.

⁶ La confiabilidad se define como la probabilidad de que un sistema, equipo o componente lleve a cabo su función adecuadamente durante un periodo dado bajo condiciones de operaciones previamente definidas y constantes.

Los datos para esta evaluación los tomamos de los formatos empleados para registrar las paradas que a tenido el equipo durante el año y señalando cuales son programas y no programadas. Ver tabla n 28

Tomamos los datos de los mantenimientos incluyendo los correctivos y lo preventivos, estos nos indican cuantas interrupciones a tenido durante su operación, este dato se lo suministramos a la siguiente tabla.

Los datos obtenidos para el estudio de confiabilidad son los mismos registrados en la tabla de disponibilidad.

Tabla 30. Confiabilidad-fallas miller 302

No. Dato j	Datos de operación sin fallas en horas	Datos de operación sin fallas de menor a mayor	$F(t)=j/(N+1)$	$\ln(\ln(1/(1-F(t))))$ Y de la regresion	\ln de datos x de la regresion	$x_j^* y_j$	$x_j'^2$	y estimada	y-j-y	(y_j-y)	x_j-x media	(X_j-X) estimada' 2	yj-y media	(y_j-y) media' 2	$(x_j-x\text{media})^*$ $(y_j-y\text{media})$
1	208	204	9,09%	-2,35	5,32	-12,5	28,28	-2,16	-0,19	0,03	-0,117	0,014	-1,855	3,443	0,218
2	204	208	18,18%	-1,61	5,34	-8,57	28,49	-1,89	-0,28	0,08	-0,098	0,01	-1,111	1,234	0,109
3	235	235	27,27%	-1,14	5,46	-6,25	29,81	-0,15	-0,99	0,99	0,024	0,001	-0,649	0,421	-0,016
4	236	235	36,36%	-0,79	5,46	-4,34	29,81	-0,15	-0,64	0,41	0,024	0,001	-0,299	0,089	-0,007
5	236	235	45,45%	-0,5	5,46	-2,73	29,81	-0,15	-0,35	0,12	0,024	0,001	-0,005	0,00	0,00
6	235	236	54,55%	-0,24	5,46	-1,3	29,85	-0,09	-0,15	0,02	0,028	0,001	0,258	0,066	0,007
7	235	236	63,64%	0,01	5,46	0,06	29,85	-0,09	0,1	0,01	0,028	0,001	0,507	0,257	0,014
8	236	236	72,73%	0,26	5,46	1,43	29,85	-0,09	0,35	0,12	0,028	0,001	0,757	0,573	0,022
9	236	236	81,82%	0,53	5,46	2,91	29,85	-0,09	0,62	0,39	0,028	0,001	1,029	1,058	0,029
10	236	236	90,91%	0,87	5,46	4,78	29,85	-0,09	0,96	0,93	0,028	0,001	1,37	1,876	0,039

Media 50%

Suma	-26,5	295,46	-4,95	0,00	3,11	0,00	0,03	0,00	9,02	0,41
------	-------	--------	-------	------	------	------	------	------	------	------

Y Media -0,495

X Media 5,435

Pendiente b 14,2371

Intercepto a -77,879

Escala η	237,49
Forma β	14,2371
MTBF	228,954

Ajuste 0,00

Se 0,5320 Error estandar del estimado O variacion o error tipico

r'2 0,6547 Coeficiente de determanacion muestral

r 0,8091 Coeficiente de correlacion multiple

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

De la anterior tabla podemos concluir que la confiabilidad del motosoldador miller 302 para operar sin presentar ninguna falla es de 228,954 horas de trabajo.

Este resultado nos da una idea del tiempo que el equipo puede trabajar sin ninguna dificultad para por medio de tareas de mantenimiento realizadas por D&D INGENIEROS este tiempo cada vez sea mayor.

3.5.3 Mantenibilidad-reparaciones A la probabilidad de que un elemento maquina o dispositivo pueda regresar nuevamente a su estado de funcionamiento normal después de una avería falla o interrupción productiva (funcional o de servicio) mediante una reparación que implique la realización de unas tareas de mantenimiento, para eliminar las causas inéditas que generan la interrupción se le denomina mantenibilidad .la normalidad del sistema al ser restaurado puede referirse a su cuerpo como a su función.

La mantenibilidad se asocia a la facilidad con que un elemento o dispositivo puede ser restaurado a sus condiciones de funcionalidad establecidas , lo cual implica tener en cuenta todas las características y hechos previstos que ocurren antes de haber alcanzado ese estado de normalidad tales como el diseño, el montaje la operación, las habilidades de los operarios las modificaciones realizadas, las reparaciones anteriores, la capacidad de operación la confiabilidad ,los mantenimientos realizados a lo largo y ancho de la vida útil del equipo ,la calidad de repuestos, la limpieza, el impacto ambiental que genera influyen directamente en el grado de mantenibilidad de un equipo.

Para hallar la mantenibilidad del motosoldador miller 302 escogimos la misma metodología de distribución Weibull⁷ y la información de los mantenimientos realizados durante el periodo estudiado.

⁷ Este análisis es conocido como curva de la bañera o Davies comienza con una incidencia de la falla conocida como mortalidad infantil o desgaste de funcionamiento seguida por una frecuencia de fallas que aumenta gradualmente o que es constante y luego por una una zona de desgaste, seguida de una disminución de falla

Tabla 31. Mantenibilidad-Reparaciones miller 302

No. Dato j	Datos de operación sin fallas en horas	Datos de operación sin fallas de menor a mayor	$F(t) = j / (N+1)$	$\ln(\ln(1/(1-F(t))))$ Y de la regresión	\ln de datos x de la regresión	x_j^*	x_j^{*2}	y estimada	y-j y estimada	$(y_j - y)$ estimada ²	$x_j - x$ media	$(X_j - X)$ estimada ²	$y_j - y$ media	$(y_j - y)$ media ²	$(x_j - x \text{ media})^*$ $(y_j - y \text{ media})$	
1	32	4	9,09%	-2,35	1,39	-3,26	1,92	-0,89	-1,46	2,13	-0,495	0,245	-1,855	3,443	0,918	
2	36	4	18,18%	-1,61	1,39	-2,23	1,92	-0,89	-0,71	0,51	-0,495	0,245	-1,111	1,234	0,549	
3	5	4	27,27%	-1,14	1,39	-1,59	1,92	-0,89	-0,25	0,06	-0,495	0,245	-0,649	0,421	0,321	
4	4	4	36,36%	-0,79	1,39	-1,1	1,92	-0,89	0,1	0,01	-0,495	0,245	-0,299	0,089	0,148	
5	4	4	45,45%	-0,5	1,39	-0,69	1,92	-0,89	0,39	0,15	-0,495	0,245	-0,005	0,00	0,003	
6	5	5	54,55%	-0,24	1,61	-0,38	2,59	-0,71	0,47	0,23	-0,271	0,074	0,258	0,066	-0,07	
7	5	5	63,64%	0,01	1,61	0,02	2,59	-0,71	0,72	0,52	-0,271	0,074	0,507	0,257	-0,138	
8	4	5	72,73%	0,26	1,61	0,42	2,59	-0,71	0,97	0,95	-0,271	0,074	0,757	0,573	-0,206	
9	4	32	81,82%	0,53	3,47	1,85	12,01	0,77	-0,24	0,06	1,585	2,512	1,029	1,058	1,63	
10	4	36	90,91%	0,87	3,58	3,13	12,84	0,87	0,01	0,00	1,703	2,899	1,37	1,876	2,332	
Media			50%													
						Suma	-3,83	42,23	-4,95	0,00	4,62	0,00	6,85	0,00	9,02	5,49

Y Media -0,495
X Media 1,881

Pendiente b 0,8006
Intercepto a -2,0011

Escala η	12,81
Forma β	0,801
MTTR	13,79

Ajuste 0,00
Se 0,6483 Error estandar del estimado O variacion o error tipico
 r^2 0,4873 Coeficiente de determinacion muestral
r 0,6980 Coeficiente de correlacion multiple

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

Con esta tabla obtenemos el MTTR (el promedio de las reparaciones de un equipo) en horas de trabajo, los datos suministrados a esta tabla son los mismos registrados en la tabla de disponibilidad.

De la anterior tabla podemos concluir que cada intervención de mantenimiento realizada por dd ingenieros al motosoldador miller 302 es de aproximadamente 13,79 horas.

El registro de la confiabilidad mantenibilidad y disponibilidad será evaluado mes a mes con el fin de mejorar estas variables y así lograr una mayor eficiencia del departamento de mantenimiento de D&D INGENIEROS.

En la siguiente tabla registramos el resumen de la confiabilidad mantenibilidad y disponibilidad del motosoldador miller 302.esta tabla será suministrada a la gerencia de D&D INGENIEROS con el fin de discutir oportunidades de mejora.

Tabla 32. Indicadores CMD

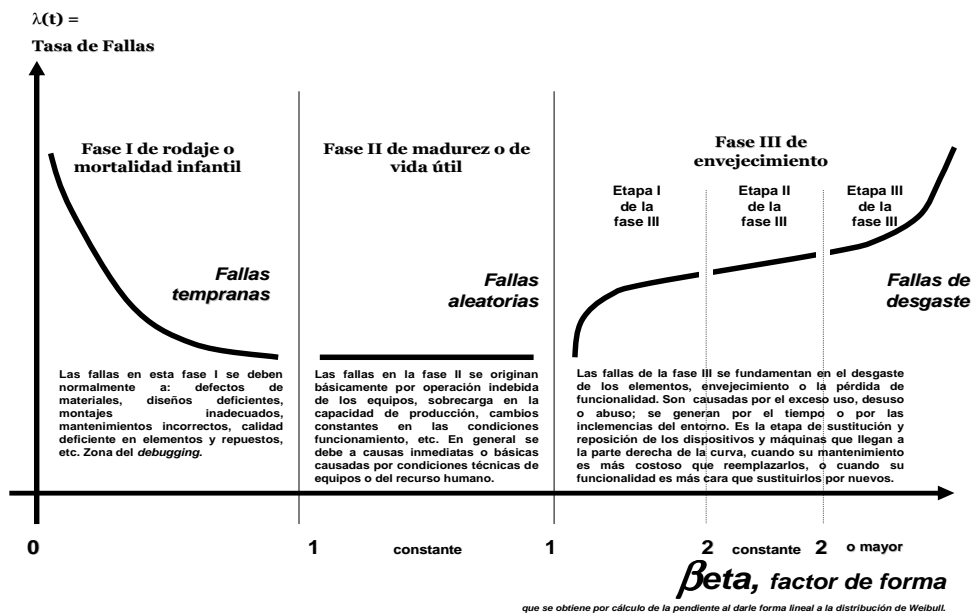
INDICADORES DE CMD							
	CONFIABILIDAD C			MANTENIBILIDAD M			DISPONIBILIDAD
EQUIPO	FACTO DE ESCALA η	FACTOR DE FORMA β	MTBF	FACTO DE ESCALA η	FACTOR DE FORMA β	MTTR	%
MOTO SOLDADOR MILLER 302	237,49	14,2371	228,95	12,81	0,801	13,79	

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

3.5.3.1 Curva de la bañera La curva de la bañera ayuda a entender la relación entre β y los mecanismos de falla a través de la vida de un componente.

El análisis Weibull provee una pista acerca de las fallas de los mecanismos con las diferentes pendientes o parámetros de forma, en la siguiente figura se muestra la curva de la bañera y la relación existente con el comportamiento de las fallas y los parámetros de confiabilidad.

Figura 27. Curva de la bañera



Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Con el β obtenido de la mantenibilidad del motosoldador miller 302 se puede definir en qué estado se encuentra según la curva de davies o de la bañera.

En la siguiente tabla mostramos la interpretación del β según la curva de la bañera.

Tabla 33. Interpretación de los factores y parámetros de forma

	característica	Causado por	Disminuido con
Fase 1 mortalidad infantil $\beta \leq 1$	La tasa de fallas disminuye paulatinamente o drásticamente con el tiempo	Defecto de producción, fallas por soldadura fisuras, Errores de diseño componentes imperfectos equipos de calidad defectuosa Medio ambiente fuera de de control Condiciones fuera de estándar Ensamblados o instalaciones inadecuados Procesos inadecuados Desconocimiento del procedimiento adecuado de funcionamiento Malos repuestos	Cheque o de funcionamiento. control de calidad Examen de aceptación FMECA o análisis de fallas acciones correctivas buenas
Fase 2 rodaje o vida útil $1 \leq \beta \leq 2$	El beta y la tasa de fallas son fijos en valor Los fallos no se producen debido a causas inherentes al equipo sino por causas externas	Mantenimiento inadecuado entorno de trabajo cargas aleatorias errores humanos Situaciones fortuitas eventos inesperados al azar Mala operación	Rediseño de maquinas o de proceso recurrencia revisión técnica de proceso u operación
Fase 3 desgaste o envejecimiento o $\beta \geq 2$	La tasa de fallas se incrementa después de un periodo de operación Los fallos se producen por desgaste natural del equipo debido al transcurso del tiempo.	Fatiga corrosión envejecimiento fricción cargas cíclicas defectos ocultos bajos coeficientes de seguridad	Tareas proactivas reemplazo de componentes tecnología instrumentos avanzados específicos de orden técnico de mantenimiento

Fuente: Mantenimiento Para Empresas Industriales Alberto Mora

Con $\beta = 0,801$ de mantenibilidad nos damos cuenta que el motosoldador miller 302 esta en la Fase 1 mortalidad infantil con un $\beta \leq 1$.

4 RECOMENDACIONES PARA GERENCIAMIENTO DEL MANTENIMIENTO

En el RCM, la selección de políticas de mantenimiento está gobernada por la categoría de consecuencias, es así como a continuaciones referenciamos las principales tareas de mantenimiento que contribuirían con el satisfactorio desarrollo de mantenimiento centrado en confiabilidad para el motosoldador MILLER 302 de D&D INGENIEROS.

1. GESTIÓN EN MANTENIMIENTO
2. CICLO PHVA
3. PLAN DE MANEJO DE INCIDENTES AMBIENTALES

4.1 GESTIÓN EN MANTENIMIENTO

4.1.1 Mantenimiento actual En la siguiente figura señalamos el mantenimiento correctivo preventivo predictivo aplicado por D&D INGENIEROS s antes de ser estudiada la metodología de RCM.

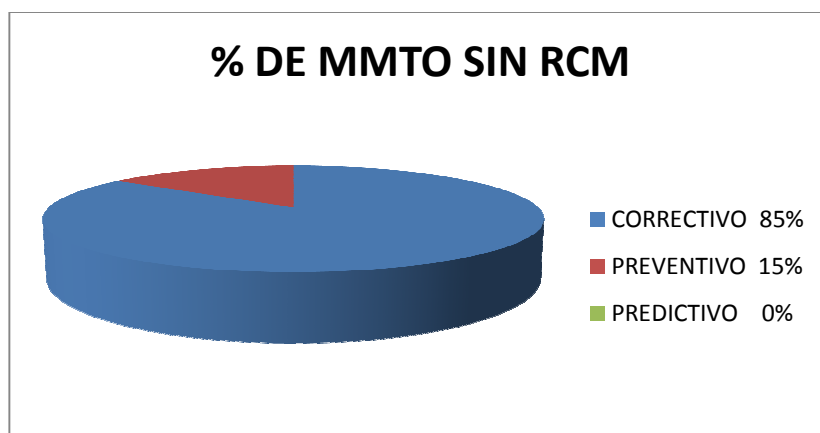
Tabla 34. Mantenimiento sin RCM

TIPO DE MMTO	% DE MMTO SIN RCM
CORRECTIVO	85%
PREVENTIVO	15%
PREDICTIVO	0%

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

En esta tabla observamos que el 85 % del mantenimiento al motosoldador miller 302 es de tipo correctivo mientras que el mantenimiento predictivo y preventivo tienen una mínima aplicación en este importante activo de la empresa.

Figura 28. Mantenimiento sin RCM



Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

4.1.2 Metodología RCM El objetivo del RCM (Mantenimiento centrado en Confiabilidad) es determinar cuáles son las tareas de mantenimiento adecuadas para que un activo físico cualquiera sea capaz de trabajar correctamente.⁸ A continuación señalamos el tipo de mantenimiento sugerido según la valoración de los modos de falla realizada en el anterior capítulo.

- ✓ Falta de penetración Falta de fusión, Inclusión de escoria, Porosidad, Grietas, Socavado siendo esta prueba debida a error humano se recomienda. Este modo de falla fue valorada como critico

Tabla 35 Tareas por falta de fusión.

1. Mejorar proceso de selección de personal.
2. Capacitar al personal en procedimientos de soldadura y metodología RCM
3. Realizar pruebas de ensayos no destructivos tintas penetrantes, radiografía, gamografía, ultrasonido
4. Diligenciar formatos señalados en tablas 42, 43, 44.
5. Motivar por medio de premios e involucrar a todos los trabajadores del departamento de mantenimiento en la mejora continua.

⁸ Tomado de RCM. Mantenimiento Centrado En Confiabilidad En Argentina

- ✓ Sobrecalentamiento de piezas móviles por lubricación insuficiente o incorrecta este modo de falla fue valorada como crítica para este tipo de falla se recomienda implementar las acciones listadas a continuación.

Tabla 36. Tareas por sobrecalentamiento de piezas

<p>1. Compruebe el aceite del por medio de la varilla de aceite motor antes de arrancar y transcurridos mas de 5 minutos después de pararlo, si el nivel es bajo ,quite el tapón de llenado y añada aceite hasta alcanzar el nivel adecuado, el mínimo contenido de aceite es de 1.8 L</p> <p>2. El aceite del motor debe de ser de acuerdo a la temperatura ambiente entre 0 a 25 ºC SAE 20, por encima de 25 ºC SAE 30 o tener propiedades de clasificación API o mas altas.</p> <p>3. El drenaje del aceite será más fácil de hacer si lo efectúa cuando el motor esta todavía caliente.</p> <p>3. Cambie el aceite después de las primeras 50 horas de funcionamiento y cada 100 horas después</p> <p>4. Cambie el cartucho de filtro de aceite después de las primeras 50 horas y cada 200 horas después.</p> <p>5. Después de cambiar el cartucho descenderá un poco el nivel del aceite, por lo tanto haga funcionar el motor un rato y compruebe que no hay fugas.</p> <p>6. Relializar pruebas de análisis de aceites</p> <p>7. Diligenciar formatos señalados en tablas 42, 43,44.</p>
--

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

- ✓ El color de los gases de escape se vuelve de repente oscuro. Este modo de falla fue valorada como critico este modo de falla fue valorada como crítica para este tipo de falla se recomienda implementar las acciones listadas a continuación.

Tabla 37. Tareas por color de gases

<p>1. Compruebe los tubos de combustible cada 50 horas, si la abrazadera esta floja apriétela bien, cambie los tubos de combustible que están hechos de goma cada 2 años.</p> <p>2. Purge el sistema de combustible cada 3 meses.</p> <p>3. Diligenciar formatos señalados en tablas 42, 43,44.</p> <p>4. Capacitaciones y cursos acerca del funcionamiento del motosolador</p>

- ✓ Desgaste de la bomba de inyección. Este modo de falla fue valorada como semicritica para este tipo de falla se recomienda implementar las acciones listadas a continuación.

Tabla 38. Tareas por desgaste de bomba de inyección

1. Estos fallos pueden deberse a diferentes razones como repuestos defectuosos, reparaciones incorrectas, desconocimiento del equipo por parte de los operadores.
2. Cuando los tubos de combustible no estén instalados tape los extremos con un trapo o papel limpio para evitar que entre suciedad, la suciedad en los tubos puede hacer que la bomba de inyección funcione incorrectamente llevándola a fallar.
3. Lavar periódicamente el filtro de combustible.
4. Disponer de registro de datos y documentación técnica
5. Registrar información documentar actividades
6. Tener un inventario de repuestos originales

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

- ✓ Combustión incompleta. Este modo de falla fue valorada como semicritica para este tipo de falla se recomienda implementar las acciones listadas a continuación.

Tabla 39. Tareas por combustión incompleta

1. Implementar un programa basado en condiciones de variables del motor como presión de aceite, temperatura, caudal.
2. Limpie el filtro de combustible transcurridas 100 horas de funcionamiento hagalo en un lugar limpio para evitar la entrada de polvo, cierre el grifo del recipiente del filtro de combustible, gire el baso para soltarlo y límpielo con diesel, móntelo nuevamente.
3. Diligenciar formatos señalados en tablas 42, 43,44.

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

- ✓ Corrosión en el interior del radiador o en el circuito de refrigerante. Este modo de falla fue valorada como semicritica para este tipo de falla se recomienda implementar las acciones listadas a continuación.

Tabla 40. Tareas por corrosión en radiador

1. el refrigerante durara una jornada de trabajo , si se llena el sistema antes de comenzar el trabajo, revise siempre el nivel de refrigerante antes de comenzar el trabajo
2. compruebe que hay dos grifos de drenaje en la parte inferior del radiador, apriete con seguridad la tapa del radiador si la tapa esta floja o mal puesta, el agua se derramara y el motor se sobrecalentara.
3. Utilize siempre 3,1 l de refrigerante (50/50 refrigerante de larga duración SAE J 1034 y agua) el no realizar esta mezcla adecuada conlleva corrosión en el interior.
4. Diligenciar formatos señalados en tablas 42, 43,44.

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

En la siguiente tabla observamos el porcentaje de mantenimiento recomendado para el motosoldador, observamos un aumento tanto en mantenimiento preventivo como predictivo.

Tabla 41. Mantenimiento con RCM.

TIPO DE MMTO	% DE MMTO CON RCM
DETECTIVO	25%
PREVENTIVO	70%
PREDICTIVO	5%

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

Por medio del uso y diligenciamiento adecuado de los siguientes formatos de inspección pre operacional motosoldador así como de procedimiento para certificación de motosoldadores se obtendría una importante ubicación de fallas así como un buen registro del historial de modos de falla del equipo.

Tabla 42. Pre uso motosoldador.

DIAZ & DIAZ INGENIEROS		INSPECCION PREOPERACIONAL MOTOSOLDADOR															
PLACAS N°: _____ MODELO: _____ PERIODO: DEL _____ AL _____ DEL _____		PERMISO DE TRABAJO N°:															
FECHA: _____		LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO			
INSPECCIONADO POR: _____		MOTOSOLDADOR N° _____		MARCA: _____		HOROMETRO INICIAL: _____		HOROMETRO FINAL: _____		HORAS TRABAJADAS: _____							
DESCRIPCION		LUNES		MARTES		MIÉRCOLES		JUEVES		VIERNES		SABADO		DOMINGO			
NIVEL DEL TANQUE COMBUSTIBLE		B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M		
NIVEL DE ACEITE																	
NIVEL DEL LIQUIDO RADIADOR																	
ESTADO DE BATERIA																	
ESTADO DE BORNES Y CONEXIONES DE BATERIA																	
DISPOSITIVO DE POLO A TIERRA																	
DISPOSITIVO DE EXTINTOR APROPIADO																	
DISPOSICION DE KIT AMBIENTAL																	
DISPOSICION DE CONECTORES DE ACOPLA RAPIDO - MASA Y PINZA																	
DISPOSICION DE CONECTORES TRIPOLARES - PULIDORAS Y OTROS																	
ESTADO GENERAL DE CABLES E INSTALACIONES ELECTRICAS																	
ESTADO GENERAL DE ACOPLS, SELLOS, ETC. (VERIFICAR LA NO PRESENCIA DE FUGAS DE ACEITE Y/O COMBUSTIBLE)																	
ESTADO GENERAL DE ORDEN Y ASEO																	
UBICACIÓN ADECUADA DEL MOTOSOLDADOR (NIVEL, ANCLAJE, ETC.)																	
ESTADO DEL EXOSTO Y CONDICIONES DEL EQUIPO (CORROSION, GOLPES, ENDIDURAS, RADIADOR, ETC.)																	
COMPUERTAS LATERALES																	
SOPORTES DEL MOTOR																	
MOTOR DE ARRANQUE																	
ALTERNADOR																	
SISTEMA ELECTRICO																	
GENERADOR																	
SOPORTE DEL GENERADOR																	
INDICADORES (HOROMETRO Y TEMPERATURA)																	
LLANTAS																	
DISPOSITIVO DE TIRO																	
SALIDA A 110 Y 220 AC																	
CORREAS ALTERNADOR Y MOTOR																	
NIVEL DE RUIDO . Menor de 95 dBa																	
VASO DE TRAMPA DEL COMBUSTIBLE																	
TACOS DE PARQUEO																	
FIRMA DIARIA DEL OPERADOR																	
V. B° SUPERVISOR.																	
		FUERA DE SERVICIO SI NO															
OBSERVACIONES: _____																	
NOTA IMPORTANTE: La inspeccion preoperacional debe realizarla ÚNICAMENTE el OPERADOR del equipo. En caso de nesesitar ayuda adicional debe informarle a su SUPERVISOR quien tomara la decisión mas segura.																	
Nombre del Operador _____		Nombre del Supervisor _____															

MPL-HSF-016 Inspeccion preoperacional motosoldador

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

Tabla 43. Procedimiento para certificación de motosoldadores

1.OBJETIVO

Establecer un procedimiento claro y conciso para realizar pruebas electromecánicas del MOTOSOLDADOR MILLER 302 no energizado y pruebas de voltaje de salida en funcionamiento además de su condición general

2.ALCANCE

Este procedimiento aplica únicamente para realizar pruebas de resistencia electromecánica y aislamiento del motosoldador no energizado y pruebas de voltaje de salida en funcionamiento, revisión de tomas 110 v 240 v y voltaje DC para soldar

3.RESPONSABLES

Supervisor

4.PRECAUSIONES DE SALUD Y SEGURIDAD

Seguir los procedimientos y normas de HSE (health security enviroment) utilizar EPP equipos de protección personal (gafas casco guantes y botas) verificar las condiciones del área de trabajo de su correcta adecuación y organización

5.ACCIONES SECUENCIALES

Tramitar permiso de trabajo ,verificar ausencia de tensión de voltaje, verificar el buen estado de las herramientas con las cuales se hacen las pruebas

6.HERRAMIENTAS Y EQUIPOS A UTILIZAR

Tester, alicates, destornillador de estrella y pala, cortafíos

7. DESARROLLO

- ✓ Limpieza manual del encauchetado de la extensión y las clavijas
- ✓ Revisión del encauchetado para verificar danos fisuras presencia de deformaciones, aplastamientos, encintados
- ✓ Revisión de ruedas y estructura en general
- ✓ Reajuste de tornillería interna al igual qué clavijas
- ✓ Revisión del cable a tierra mínimo que sea n 8 AWG probar continuidad de clavija a la estructura del motor
- ✓ Prueba de continuidad con tester
- ✓ Prueba por 15 minutos para verificar voltaje alterno voltaje dc y voltaje de salida para soldar

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

- ✓ Pruebe que el alternado este generado a 13.5 VDC máximo
- ✓ Prueba de batería mínimo 13 VDC
- ✓ Prueba a las salidas auxiliares de voltaje AC deben de registrar en el rango de 115 a 125 v máximo en la salida de 115v AC y de 230 v a 250 v AC máximo en la salida de 230 v AC respectivamente
- ✓ Prueba de generación de voltaje en DC se hará prueba en salida de voltaje en máximo y mínimo voltaje
- ✓ Estado de la batería su conexión y bornes de fijación
- ✓ Verificar en el tablero de características ya que estas nos indican amperaje tipo de aislamiento, serie modelo y voltaje

8.SISTEMA MECÁNICO

- ✓ Revisión de ausencia de fugas en sistema de refrigeración
- ✓ Revisión de ausencia de fugas en sistema de lubricación
- ✓ Revisión de ausencia de fugas en sistema de combustible
- ✓ Revisión de del anclaje de los componentes electromecánicos
- ✓ Revisión del nivel de aceite agua y ACPM
- ✓ Revisión del estado de las cuñas para el bloqueo de llantas en el caso que necesario halarlo
- ✓ Estado del extintor y conos de señalización
- ✓ Revisión del estado de las puertas, techo, guardas, llantas, y estructura en general

9 PRUEBA OPERATIVA

- ✓ Sistema de arranque
- ✓ Prueba en vacio por 5 minutos
- ✓ Lectura de parámetros de acuerdo a la placa

10.ACCIONES POSTERIORES A LA REVISIÓN

Ordenar el área donde se trabajo

Depositar adecuadamente los residuos en bolsas correspondientes verde reciclable, roja contaminantes, negra orgánicas





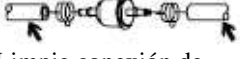
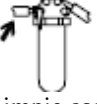









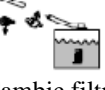



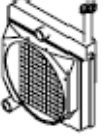


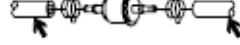


OBSERVACIONES

REGISTRO DE REVISIÓN

ELABORO	REVISO	APROBO
FECHA	FECHA	FECHA

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

Tabla 44.Revisiones periódicas

cada 8 horas	 Revise nivel de refrigerante	 Revise nivel de combustible	 Revise nivel de aceite	 Limpie derrames de aceite y combustible
cada 50 horas	 Limpie conexión de combustible	 Limpie conexión de combustible	 Limpie terminales para soldar	
cada 100 horas	 Limpie depurador de aire	 Revise mangueras del depurador de aire	 Revise tensión de la correa	 Limpie terminales de la batería
	 Cambie aceite			
cada 200 hora	 Cambio aceite	 Revise mangueras del radiador	 Cambie etiquetas borradas	 Cambie filtro de combustible en línea
	 Cambie filtro del combustible	 Revise velocidad del motor		
cada 500 horas	 Revise correa del ventilador	 Lave el radiador	 Revise cables de soldar	
cada 2000 horas	 Revise mangueras de combustible	 Revise mangueras de combustible	 Revise liquido de enfriar y mangueras	

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

4.2 CICLO PHVA

La utilización continua del PHVA nos brinda una solución que realmente nos permite mantener la competitividad de nuestros productos y servicios, mejorar la calidad, reduce los costos, mejora la productividad, reduce los precios, aumenta la participación de mercado, supervivencia de la empresa, provee nuevos puestos de trabajo, aumenta la rentabilidad de la empresa.

El seguimiento y la medición del proceso realizado por D&D INGENIEROS durante la construcción de estructuras soldadas dan lugar a una serie importante de datos de modos de falla del motosoldador MILLER 302, como resultado de las distintas evaluaciones, que deben ser tratados y analizados con el fin de conseguir la mayor eficiencia del departamento de mantenimiento. Para conseguir una mayor eficiencia será utilizado el ciclo PHVA cuyas características son:

Figura 29. Ciclo de mejoramiento PHVA.



La correspondencia entre la aplicación de las etapas de una acción correctiva y preventiva en el ciclo PHVA, es el siguiente:

PLANEAR Es establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización

- ✓ Implementar las acciones correctivas: P
- ✓ Registrar los resultados de las acciones correctivas: P.

HACER Implementación de los procesos

- ✓ Revisión de las no conformidades: H.
- ✓ Revisar las acciones correctivas tomadas: H.

VERIFICAR Realizar el seguimiento y medir los procesos y los productos contra las políticas, los objetivos y los requisitos del producto e informar sobre los resultados

- ✓ Evaluar la necesidad de adoptar acciones correctivas: V.

ACTUAR Tomar acciones para mejorar continuamente el desarrollo de los procesos

- ✓ Determinar la causa de las no conformidades: A.

Las acciones incluidas correctivas y preventivas, se aplican para promover la mejora del funcionamiento de la empresa, las características de estas son.

- ✓ **Acciones correctivas.** Se toman acciones para eliminar la causa de no conformidades con objeto de prevenir que vuelva a ocurrir. (Llevadas a cabo después de presentadas las no conformidades)
- ✓ **Acción preventiva.** Se efectúan antes de presentarse las no conformidades. Visualizar que probables no conformidades puedan presentarse en el futuro, desarrollar acciones de prevención para evitar que estas se presenten realizando o aumentando las acciones de capacitación

4.2.1 ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS

- ✓ Se registra el modo de falla encontrado
- ✓ Se determina la acción preventiva o correctiva buscando eliminar la causa de la no conformidad potencial.
- ✓ Se implanta la acción preventiva o correctiva.

- ✓ Una vez cumplida la fecha prevista se le hace seguimiento, para verificar si se llevo a cabo o no lo propuesto.
- ✓ Se registran los resultados y se evalúa si fue eficaz (se elimino la causa potencial).

Tabla 45. Acciones correctivas y preventivas

		ACCIONES CORRECTIVAS Y PREVENTIVAS		R-5520-03-34
EMISOR: G.C	FECHA DE EMISION:	FECHA DE ULTIMO CAMBIO:		L/C A

REGISTRO N_____

El objetivo de DIAZ&DIAZ INGENIEROS es disminuir el valor del indicador para la obtención de un mejor producto.

NO CONFORMIDAD	ACCION CORRECTIVA C PREVENTIVA V	ACCIÓN CORRECTIVA EFECTIVA		ACCIÓN PREVENTIVA EFECTIVA		OBSERVACION
		SI	NO	SI	NO	
	C					
	V					

En caso de ser eficaz la acción preventiva o preventiva implementada se cierra la acción.

ELABORO	REVISO	APROBO
FECHA	FECHA	FECHA

Fuente: DIAZ & DIAZ INGENIEROS

El formato anterior denominado acciones correctivas y preventivas tiene como objetivo:

1. Revisar las no conformidades. El proceso de identificar las no conformidades se registro en el formato es utilizado como base para el análisis y revisión de las no conformidades.

2. Determinar las causas de las no conformidades. Las causas de una no conformidad pueden proceder de fallas en el recurso humano, los equipos, la maquinaria, los procesos, la materia prima o las instalaciones.

4.3 INDICADORES DE GESTIÓN⁹

Todas las actividades de mantenimiento de D&D INGENIEROS pueden medirse con parámetros que enfocados a la toma de decisiones son señales para monitorear la gestión del departamento de mantenimiento, así se asegura que las actividades vayan en el sentido correcto y permiten evaluar los resultados de la gestión mmto frente a sus objetivos, metas, responsabilidades. Estas señales son conocidas como indicadores de gestión.

Un indicador de gestión es la expresión cuantitativa del comportamiento y desempeño de un proceso, cuya magnitud, al ser comparada con algún nivel de referencia, puede estar señalando una desviación sobre la cual se toman acciones correctivas o preventivas según el caso.

Un indicador es una medida de la condición del proceso de mantenimiento del motosoldador miller en un momento determinado. Los indicadores en conjunto pueden proporcionar un panorama de la situación del motosoldador con el fin de mejorar la eficiencia del departamento.

En la siguiente tabla se señalan los Indicadores de gestión a utilizar por D&D INGENIEROS con el fin de visualizar si las acciones correctivas o preventivas se han desarrollado de forma adecuada.

⁹ Los indicadores de Gestión resultan ser una manifestación de los objetivos estratégicos de una organización a partir de su Misión. Igualmente, resultan de la necesidad de asegurar la integración entre los resultados operacionales y estratégicos de la empresa.

Tabla 46. Indicadores de gestión.

INDICADOR	FORMULA	OBJETIVO	INTERVALO
Disponibilidad	$\frac{\text{Tiempos \acute{u}tiles individuales}}{\text{Tiempos \acute{u}tiles individuales} + \text{Tiempos de no disponibilidad}}$	90 o Mas	Semestral
Frecuencia de fallos	$\frac{\text{N\acute{u}mero de paradas debidas a fallos}}{\text{Tiempo de operaci3n}}$	Minimizar	Mensual
Costo de paradas	$\text{Tiempo de paradas} * \text{Costo por unidad de tiempo}$	Minimizar	Mensual
MTBF	$\frac{\text{Tiempo total de operaci3n}}{\text{Tiempo de carga}}$	De acuerdo con metas de mmt0	Mensual
MTTR	$\frac{\text{Tiempo total de paradas}}{\text{N\acute{u}mero de paradas}}$	De acuerdo con metas de mmt0	Mensual
Tasa costos de mantenimiento	$\frac{\text{Costo total de mmt0}}{\text{Costo total de producci3n}} * 100$	De acuerdo con metas de mmt0	Semestral

Fuente JUAN MORALES, implementaci3n del TPM.

4.3.1 Beneficios derivados de los indicadores de gesti3n Entre los diversos beneficios que puede proporcionar a nuestra empresa la utilizaci3n de indicadores de gesti3n, se tienen:

✓ **Satisfacci3n del cliente**

La identificaci3n de las prioridades para nuestra empresa marca la pauta del Rendimiento. En la medida en que la satisfacci3n del cliente sea una prioridad para D&D INGENIEROS, as\ lo comunicar\ a su personal y enlazar\ las estrategias con los indicadores de gesti3n, de manera que el personal se dirija en dicho sentido y sean logrados los resultados deseados.

✓ **Monitoreo del proceso**

El mejoramiento continuo sólo es posible si se hace un seguimiento exhaustivo a cada eslabón de la cadena que conforma el mantenimiento. Las mediciones son las herramientas básicas no sólo para detectar las oportunidades de mejora, sino además para implementar las acciones.

✓ **Benchmarking**

Conocer el entorno para aprender e implementar lo aprendido. Una forma de lograrlo es a través del benchmarking para evaluar productos, procesos y actividades y compararlos con los de otra empresa. Esta práctica es más fácil si se cuenta con la implementación de los indicadores como referencia.

✓ **Gerencia del cambio**

Un adecuado sistema de medición les permite a las personas conocer su aporte en las metas de mantenimiento y cuáles son los resultados que soportan la afirmación de que lo está realizando bien.

4.4 PLAN DE MANEJO DE INCIDENTES AMBIENTALES

A continuación se hace referencia a el tratamiento adecuado que se debe de hacer con los residuos industriales generados por D&D INGENIEROS, ya que la parte ambiental es de vital importancia durante el desarrollo del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM.

4.4.1 Que hacer cuando ocurre un derrame de un combustible liquido. Si el derrame es pequeño, sigamos los siguientes pasos:

- 1) Rodeemos con tierra, arena o aserrín el derrame, para evitar su desplazamiento a corrientes de agua, drenajes o aljibes.
- 2) No fumemos durante el derrame y su contención, porque los vapores que emana el combustible pueden causar incendios.
- 3) Ya confinado el hidrocarburo, tapémoslo con mas tierra, arena o aserrín.
- 4) Recojamos con palas y empaquemos en bolsas plásticas, para luego llevarlo al relleno sanitario.

Si es un derrame que no podemos contener fácilmente, por su volumen y el sitio de ocurrencia:

- 1) Contengamos con arena, tierra o aserrín la mayor cantidad posible de combustible.
- 2) Evitemos el contacto directo con el líquido derramado.

4.4.2 ¿Qué hacer con los elementos y residuos contaminados con

combustibles? Cuando ocurre un derrame de combustibles o lubricantes, se utilizan para la recolección y limpieza del hidrocarburo, elementos como palas, picas, baldes, estopas, serrín, arena, tierra, cascarilla de arroz.

Una vez terminada la labor, estos elementos y los residuos generados deben limpiarse y disponerse de la siguiente manera:

- 1) Los baldes, picas y palas debemos lavarlos en un área del taller que tenga trampas y drenaje de aguas aceitosas.
- 2) Los materiales de contención como las estopas, cascarillas de arroz y aserrín podemos empacarlos en bolsas y llevarlos al incinerador o al relleno sanitario.
- 3) Los residuos de aceite, la arena y la tierra, debemos mezclarlos con tierra limpia y con cal para ser utilizados en el arreglo de vías.
- 4) Evitemos contaminar las áreas limpias con los residuos contaminados, al momento de transportarlos.
- 5) No manipulemos estos materiales sin elementos de protección personal.
- 6) Los elementos de uso personal, como botas, guantes, overol, se deben lavar con detergentes biodegradables. No utilicemos gasolina para realizar esta actividad.

4.4.3 Que hacer cuando ocurre un incendio? Si el incendio se produce por una fogata, apaguémoslo inmediatamente con agua en baldes o mangueras, para bajar la temperatura en toda el área afectada. Si el incendio se produce cuando derramamos combustible líquido o alguna sustancia inflamable:

- 1) Apaguémoslo inmediatamente con extintores de gas carbónico, polvo químico seco. Si no hay ninguno de estos instrumentos, ahogamos el fuego con frazadas o con arena o tierra, hasta que logremos extinguirlo.
- 2) No utilicemos agua para apagarlo porque propagamos más el fuego.

4.4.4 Manejo de residuos sólidos En el manejo de los residuos sólidos se deben tener en cuenta las siguientes etapas en las que de alguna manera todos participamos.

- GENERACION.
- CLASIFICACION.
- ALMACENAMIENTO.
- TRANSPORTE.
- DISPOSICION FINAL.

Para lograr un buen manejo de los residuos sólidos se debe contar en primera instancia con el compromiso de todos los trabajadores de D&D INGENIEROS.

- **GENERACIÓN** Los residuos sólidos en general se clasifican según su origen, así:

- a) DOMESTICOS
- b) INDUSTRIALES
- c) HOSPITALARIOS

Siendo los residuos industriales los que manejamos en nuestra empresa serán a continuación tratados

Residuos industriales Son los que se generan de las actividades de la operación misma, tales como: polines, bolsas de papel, chatarra metálica, canecas, colillas de soldadura, entre otros.

- **CLASIFICACIÓN** Los residuos sólidos generados deben ser separados y clasificados en el sitio de origen, por cada una de las personas que laboran en las diferentes áreas de nuestra empresa y teniendo en cuenta sus características, en recipientes adecuados, según el código de colores establecido.

De acuerdo a sus características se separan en: reciclables, orgánicos y contaminados.

Residuos reciclables: Residuos que por sus características los podemos comercializar para la producción de nuevos subproductos o reutilizarlos en otras actividades a través de procesos de transformación, reduciendo el uso de los recursos naturales.

Dentro de este tipo de residuos tenemos productos tales como:

Papel, cartón, madera, chatarra, vidrio, aluminio (latas de cerveza y refrescos), residuos de demolición o construcción, neumáticos, baterías, envases plásticos entre otros.

Residuos orgánicos o biodegradables: Todos aquellos provenientes de la preparación de alimentos, los cuales se descomponen naturalmente.

Entre ellos encontramos:

Desechos de frutas, verduras, residuos de comidas, restos vegetales y otros.

Residuos contaminados: Aquellos residuos que por su estado o procedencia no podemos reutilizar, ni se descomponen naturalmente por lo tanto su disposición final es la incineración.

Código de colores En el área de oficinas y talleres, la clasificación de los reciclables debe ser en recipientes separados para: Papel, Vidrio, Plástico e Icopor

Dentro de cada recipiente se debe colocar una bolsa plástica del mismo color que el recipiente, con el fin de identificar fácilmente el contenido y no mezclarlos con los demás residuos.

Una vez se retire la bolsa llena y se traslade al sitio de almacenamiento temporal dentro del taller de la empresa, se debe colocar dentro del recipiente una nueva bolsa. Las bolsas deberán ser de plástico resistente, para soportar el peso de los residuos y una vez llenas se deberán cerrar o amarrar.

Adicionalmente, para aquellos residuos que por su tamaño no se pueden manipular en recipientes como es el caso de la madera y la chatarra se debe disponer de un área adicional cercana al sitio de almacenamiento de residuos sólidos, para su acumulación ordenada y su posterior transporte para la disposición final.

- **ALMACENAMIENTO TEMPORAL TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN** Cada sitio de trabajo debe tener un área disponible para el almacenamiento temporal de los residuos clasificados, el cual debe ser cubierto, y suficientemente amplio para almacenar los residuos generados durante varios días, mientras regresa el vehículo recolector.
- **TRANSPORTE** Los residuos debidamente clasificados en las diferentes áreas de trabajo (campamentos de construcción, pozos, facilidades centrales de producción) son transportados hacia el relleno sanitario para su manejo y disposición final.

Los residuos reciclables como: papel limpio, cartón, metal, vidrio, plástico. Son almacenados en las bodegas de acopio para que finalmente sean enviados a centros mayoristas para su aprovechamiento en fabricación de nuevos subproductos.

- **DISPOSICION** En el relleno sanitario se realiza la disposición final de los residuos sólidos. Los residuos orgánicos que deben llegar en bolsas

negras, serán depositados en las trincheras y/o terrazas, para su degradación natural.

4.4.5 Recomendaciones para el buen manejo de los residuos sólidos Para el buen desarrollo de manejo de residuos sólidos, se debe realizar un seguimiento y control de cada uno de los diferentes aspectos o actividades antes descritos, tales como:

- Verificar que en cada una de los talleres de D&D INGENIEROS se cuente con un área y elementos apropiados para la clasificación y almacenamiento temporal de los residuos sólidos.
- Participar activamente en el proceso de clasificación de los residuos sólidos en el sitio de origen.
- El área destinada para el almacenamiento debe ser ventilado y protegido de las lluvias y el sol.
- Periódicamente se debe realizar el lavado del área de almacenamiento.
- Minimizar el uso de vasos de icopor o plástico, usando productos biodegradables y los reutilizables.
- Evitar el contacto del agua lluvia con los residuos almacenados temporalmente.
- Se deben programar campañas periódicas de fumigación de áreas para el control de roedores y moscas.

El manejo inadecuado de los residuos sólidos presenta en primera instancia una contaminación visual, y progresivamente se convierte además en un sitio propicio para la generación de ratas y otras plagas las cuales pueden generar epidemias que afectan la salud.

La generación de líquidos (lixiviados)¹⁰, como chatarra principal desecho de D&D INGENIEROS, sin un adecuado manejo pueden contaminar las aguas subterráneas, y aguas superficiales.

¹⁰ Propios del proceso de degradación de los residuos sólidos orgánicos como chatarra.

4.5 RECOMENDACIONES

Se hace necesario asegurar la calidad de las reparaciones y fabricaciones que se llevan a cabo dentro de DIAZ&DIAZ INGENIEROS, así como de los activos físicos que posee la empresa es por esta razón que se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones.

1. El Cliente es la principal prioridad de nuestra empresa, razón por la cual todos los esfuerzos que se realicen deben de estar encaminados hacia la satisfacción del cliente herramienta que asura la competitividad y supervivencia como empresa.

2. El proceso de toma de datos en formatos de mantenimiento de equipos, es una etapa de vital importancia en la aplicación del RCM, razón por la cual se debe fomentar la cultura del correcto diligenciamiento de estos formatos con todos los trabajadores de la empresa.

3. El éxito de la utilización del RCM dependerá fundamental-mente del recurso humano involucrado, motivo por el cual, hay que tener un especial cuidado en el proceso de selección, inducción y en la formación del personal que participará en este proceso. El proceso de inducción y formación, deberá ser capaz de motivar al personal y de generar en este, el compromiso necesario, para implantar las metodologías del RCM de forma eficiente.

4. Capacitar al personal en tareas de mantenimiento preventivo, predictivo, detectivo así como en tareas y herramientas de RCM.

5. Fomentar el desarrollo de trabajo en equipo, mejora continua, indicadores de gestión, como instrumentos para el crecimiento personal y laboral.

5. CONCLUSIONES

1. La principal función de mantenimiento es sostener la funcionalidad de los equipos y el buen estado de las maquinas a través del tiempo, bajo esta premisa se puede entender la evolución del área de mantenimiento al atravesar las distintas épocas acorde a las necesidades de sus clientes que son todas aquellas dependencias o empresas de servicios que generan bienes.
2. Con la aplicación del RCM se realiza una interacción de aspectos tan importantes como seguridad, medio ambiente, imagen corporativa, costo de reparación efectos en los clientes, estándares que son muy significativos para cualquier empresa que desee mantenerse competitiva.
3. Los parámetros estadísticos de mantenimiento son: la confiabilidad, la mantenibilidad y la disponibilidad. Estos se relaciona con el comportamiento del equipo de la siguiente forma: la confiabilidad se obtiene en base a los equipos de operación, la mantenibilidad se calcula con los tiempos fuera de servicio del sistema y la disponibilidad es un parámetro que se estima a partir de los dos anteriores.
4. Con la aplicación de la metodología RCM DIAZ&DIAZ ingenieros realiza la identificación de los principales modos de falla y obtendrá una invaluable base de datos de datos del equipo y así aumentara significativamente la vida útil de estos siendo además una metodología que contribuye y fortalece el trabajo en equipo ya que maneja un lenguaje técnico fácil de aprender.
5. Por medio de la utilización de los indicadores de gestión sugeridos se puede hacer un importante seguimiento al comportamiento del funcionamiento de un equipo para plantear metas de mejora continua que contribuyan con el crecimiento de nuestra empresa.

BIBLIOGRAFIA

CARRASCAL, RUEDA. Optimización de la estrategia para el mantenimiento de los equipos de generación de energía eléctrica de la refinería de Cartagena mediante el uso de herramientas de confiabilidad. 2000

GIRALDO, Sebastián. TPM como valor de las industrias. 2001

MORA GUTIERREZ, Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. 2009.

MORA, Luis Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas industriales o de servicios. 2ª Ed. Medellín: AMG, 2007.

MOUBRAY, John. Reliability Centered Maintenance. London: Butterworth-Heinemann, 1992.

OROZCO Roberto. Implementación del mantenimiento basado en la confiabilidad mantenibilidad y disponibilidad en BUZCA S.A., 2009

SAAVEDRA, Euler. Diseño de la estrategia para la implementación del mantenimiento productivo total en CERAMICA ITALIA S.A, 2008

YOLVIN CORTEZ, Desarrollo de un modelo de gestión de mantenimiento utilizando el RCM como estrategia para ser aplicado a equipos y sistemas eléctricos en plantas de fertilizantes, 2000.

WWW.MANTENIMIENTOPLANIFICADO.COM

WWW.MILLER.COM

WWW.NORIA.COM/SP/CONFERENCIA.ASP

WWW.RCM-CONFIABILIDAD.COM.AR

GLOSARIO

- ✓ **MANTENIMIENTO** El mantenimiento puede ser definido como el conjunto de acciones destinadas a mantener o reacondicionar un componente, equipo o sistema, en un estado en el cual sus funciones pueden ser cumplidas. Entendiendo como función cualquier actividad que un componente, equipo o sistema desempeña, bajo el punto de vista operacional.
- ✓ **CONFIABILIDAD** La confiabilidad es la probabilidad de que no ocurra una falla de determinado tipo, para una misión definida y con un nivel de confianza dado.
- ✓ **PROCESO** Es un conjunto de actividades que utiliza recursos humanos, materiales y procedimientos para transformar lo que entra al proceso en un producto de salida.
- ✓ **SISTEMA.** Conjunto de elementos que están relacionados entre sí.
- ✓ **FALLA** es un hecho no previsible inherente a un sistema que desvía su comportamiento al descrito en su especificación y que en la mayoría de los casos impide que este cumpla con su misión.
- ✓ **UTILIZACIÓN DEL EQUIPO UT** la utilización del equipo permite conocer el porcentaje de tiempo que un equipo estuvo operando en un periodo de análisis, el objetivo de este indicador es comparar la capacidad usada contra la instalada, con la finalidad de optimizarla.
- ✓ **MOTOSOLDADOR** Es una maquina soldadora que no requiere de energía eléctrica ya que trae su propio generador (que para generar la corriente de salida trabaja con un motor de combustión interna que puede ser a gasolina o diesel) y lo que hace este es que transforma energía mecánica en energía eléctrica que es necesaria para el fin de la soldadora incluso la puedes usar como planta también ya cuentan con contactos para herramienta menor o cualquier equipo de bajo consumo.

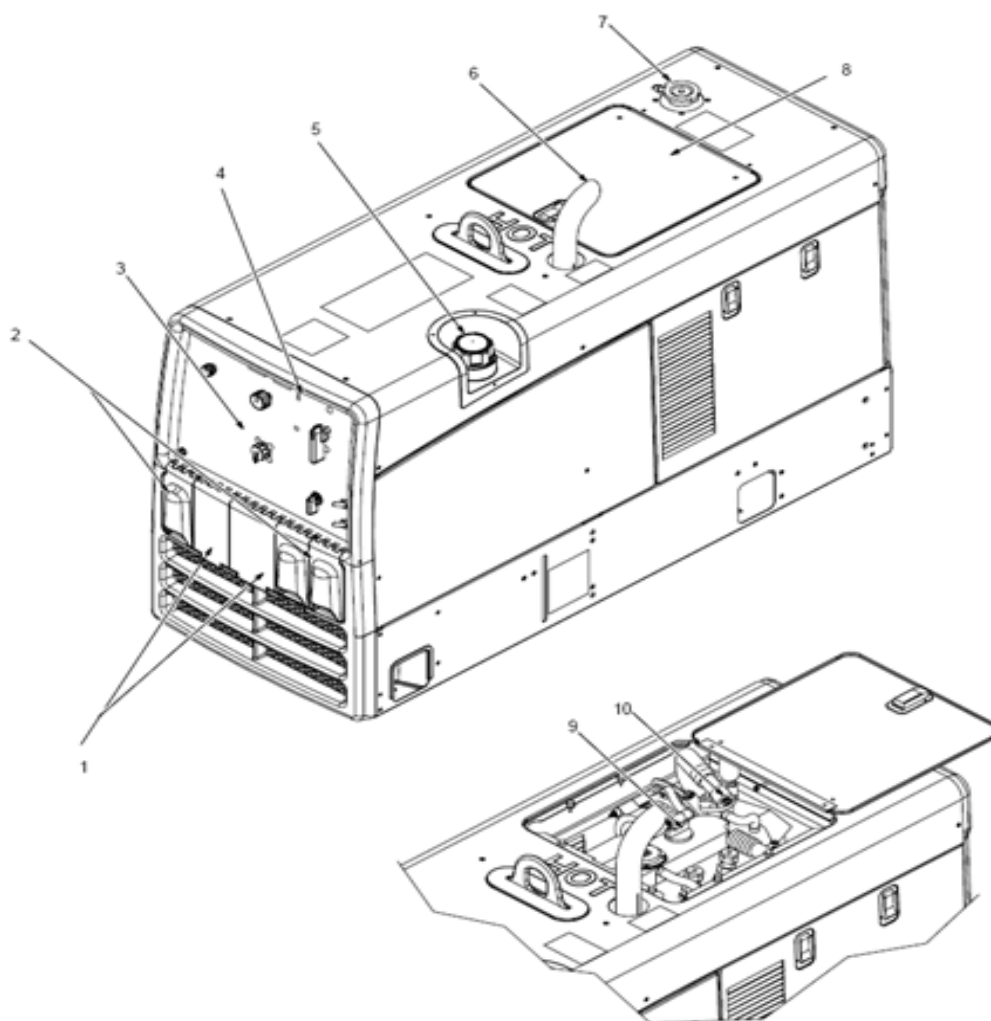
- ✓ **RCM** Reliability Centered Maintenance, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad
- ✓ **CONFIABILIDAD** Se puede definir como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se puede definir también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.
- ✓ **RCFA** Root cause failiture analysis. Analisis de La causa raiz de las fallas. El Análisis de Causa Raíz es un método que se centra en determinar de manera unívoca el origen de una falla o de una serie de eventos, de modo que se puedan tomar medidas tendientes a evitar su ocurrencia en el futuro y/o a mitigar sus consecuencias en todos los aspectos relevantes
- ✓ **F M E A** Análisis de modo y efectos de falla
- ✓ **F M E C A** Failiture mode, effects causes and criticality analysis , Análisis de los modos, los efectos, las causas y las criticidades de las fallas.
- ✓ **RPN** Risk priority nunmber , Numero de riesgo prioritario

ANEXOS

ANEXO A

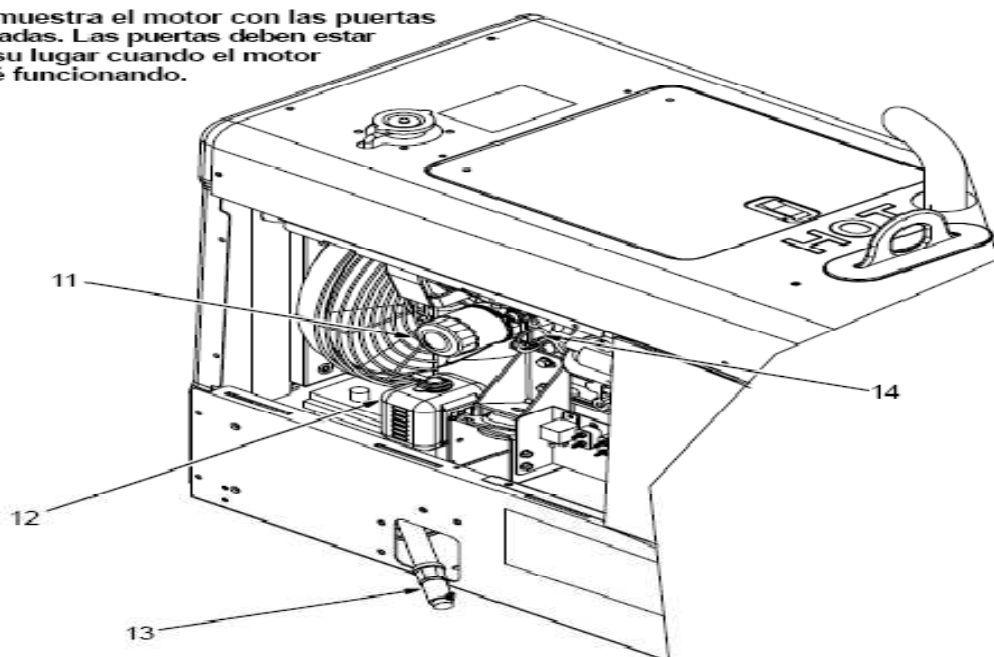
PARTES COSTITUYENDES DEL MOTOSOLDADOR MILLER 302

1 VISION GENERAL

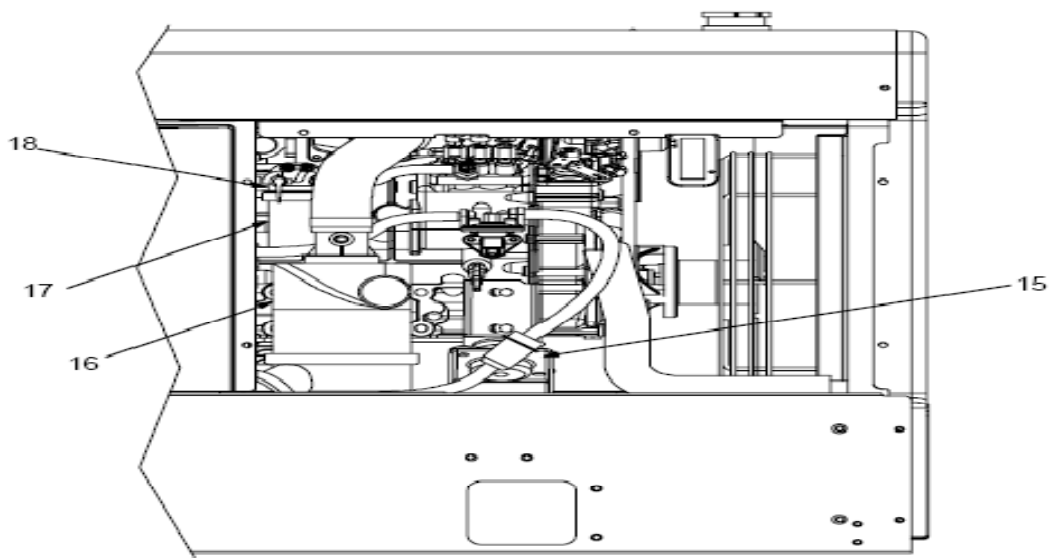


1 RECEPTÁCULOS DE POTENCIA DEL GENERADOR	6 TUBO DE ESCAPE
2 BORNES TERMINALES DE SALIDA DE SOLDADURA	7 TAPA DEL RADIADOR
3 CONTROLES DEL OPERADOR	8 ETIQUETA DE MMT DEL MOTOR
4 INDICADOR DE NIVEL DE COMBUSTIBLE	9 TAPA DE RELLENAR ACEITE
5 TAPA PARA LLENAR COMBUSTIBLE	10 TAPÓN DE BASTIDOR DEL TERMOSTATO

Se muestra el motor con las puertas quitadas. Las puertas deben estar en su lugar cuando el motor esté funcionando.



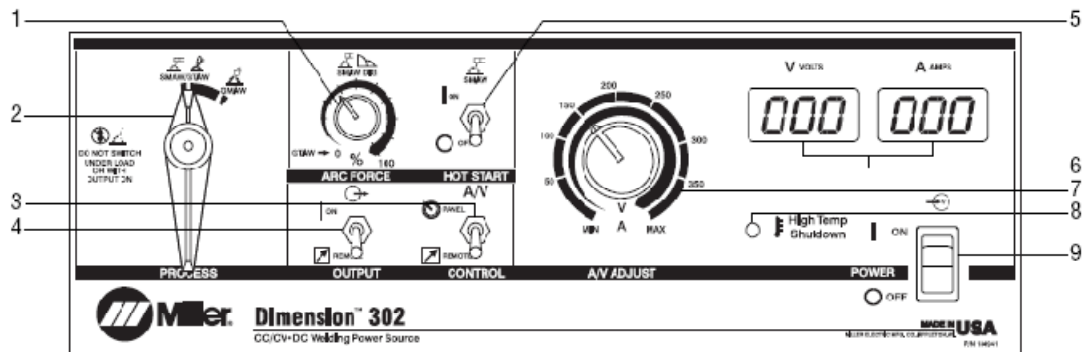
Parte izquierda del motor



Parte derecha del motor

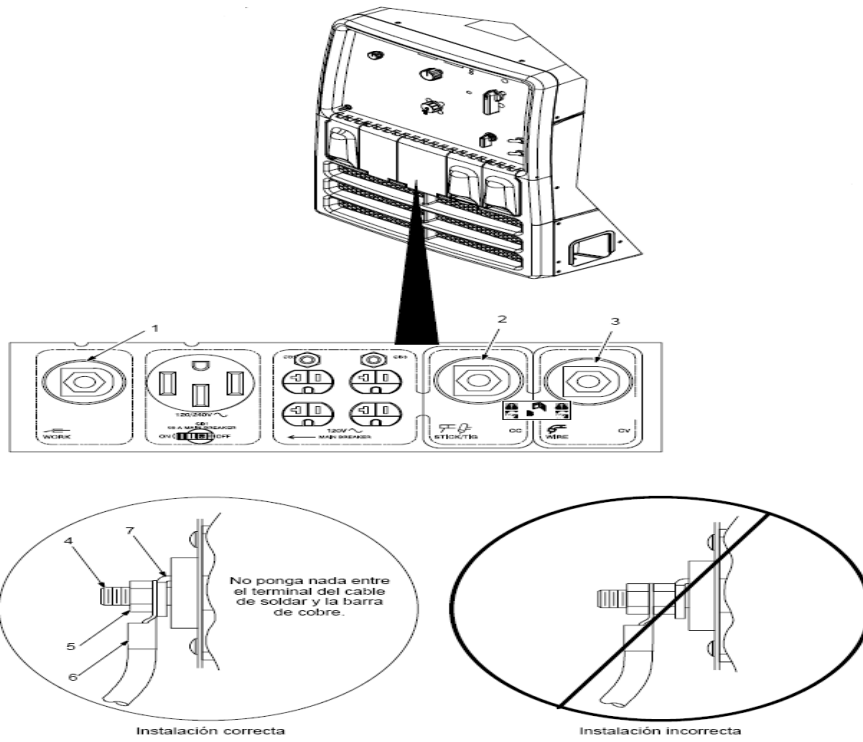
11 FILTRO DE ACEITE	15 CEDAZO DE COMBUSTIBLE
12 BOTELLA PARA EXCESO DE COMBUSTIBLE	16 LIMPIADOR DEL AIRE
13 DRENAJE DE ACEITE	17 FILTRO DE COMBUSTIBLE
14 MEDIDOR DE ACEITE	18 VÁLVULA PARA CERRAR EL COMBUSTIBLE

2 PANEL DE CONTROL



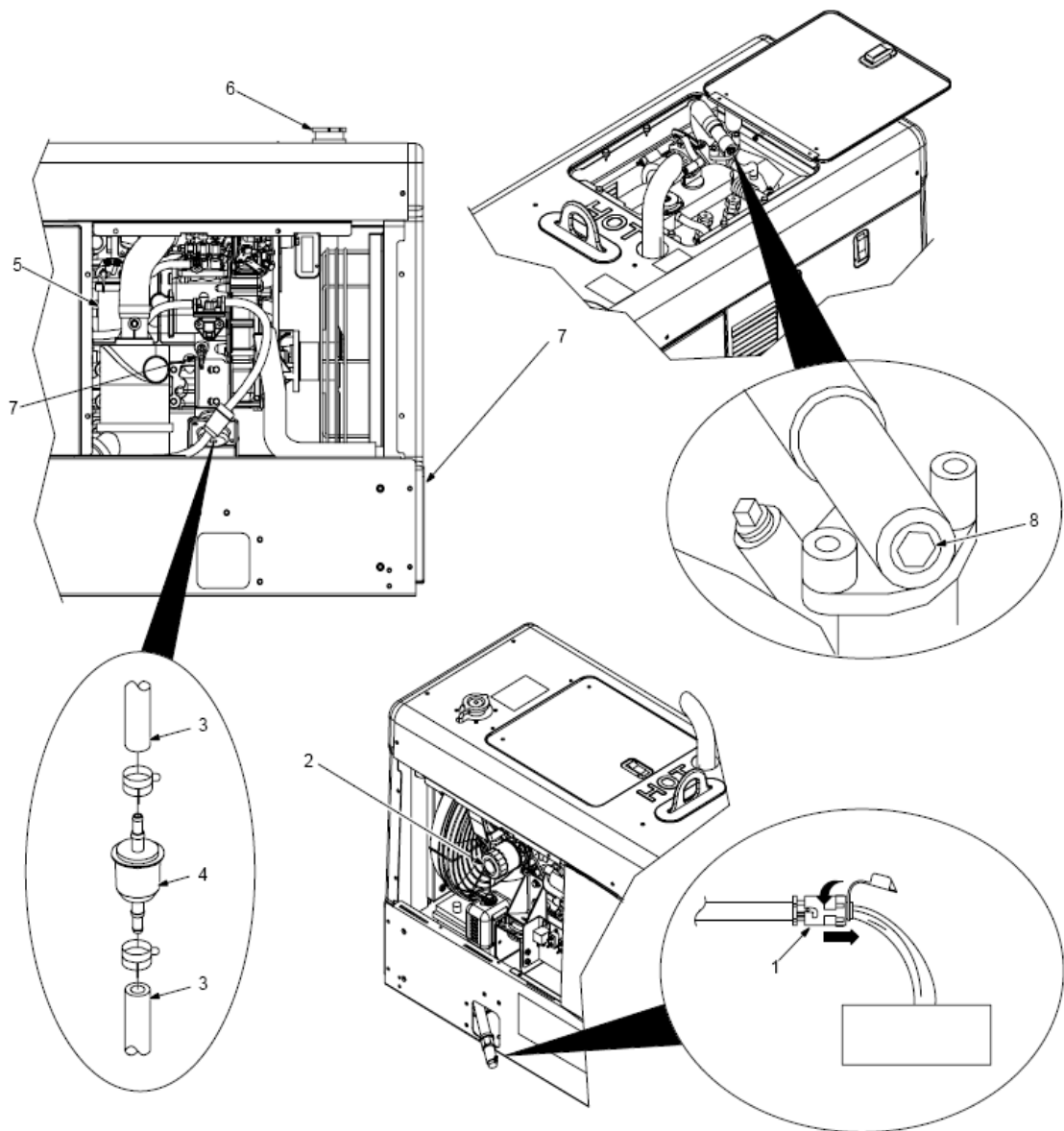
1. CONTROL DE LA FUERZA DEL ARCO (DIG)	4. INTERRUPTOR DE SALIDA (CONTACTOR)	7. CONTROL DE AJUSTE DE AMPERAJE/VOLTAJE
2. INTERRUPTOR SELECTOR DE PROCESO	5. INTERRUPTOR DE INICIO DE SOLDADURA (HOT START)	8. LUZ INDICADORA DE APAGADO POR SOBRE TEMPERATURA
3. INTERRUPTOR PARA CONTROL REMOTE AMPERAJE/VOLTAJE	6. MEDIDORES DIGITALES	9. INTERRUPTOR DE ENCENDIDO CON LUZ INDICADORA

3 CABLES DE SOLDADURA



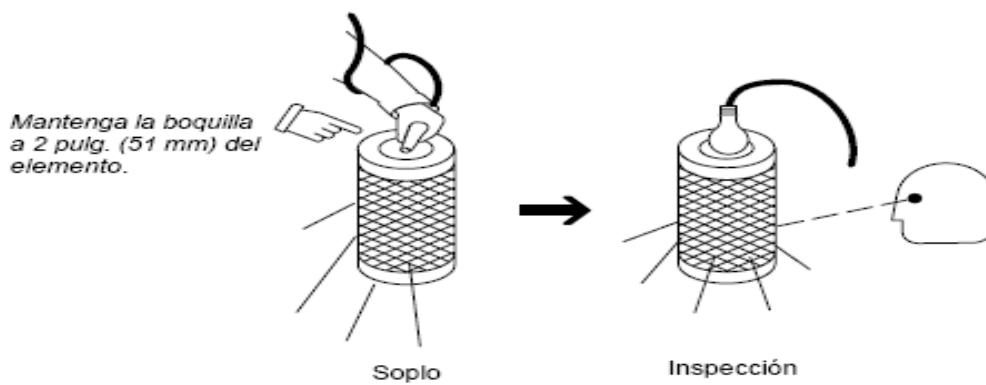
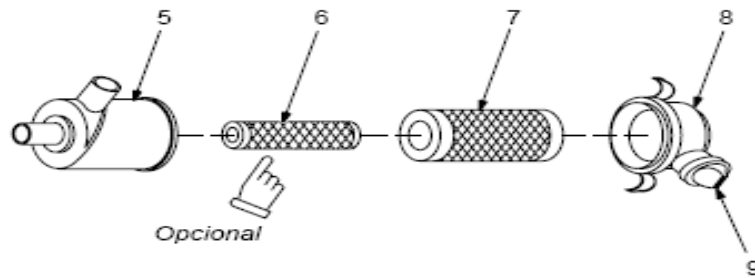
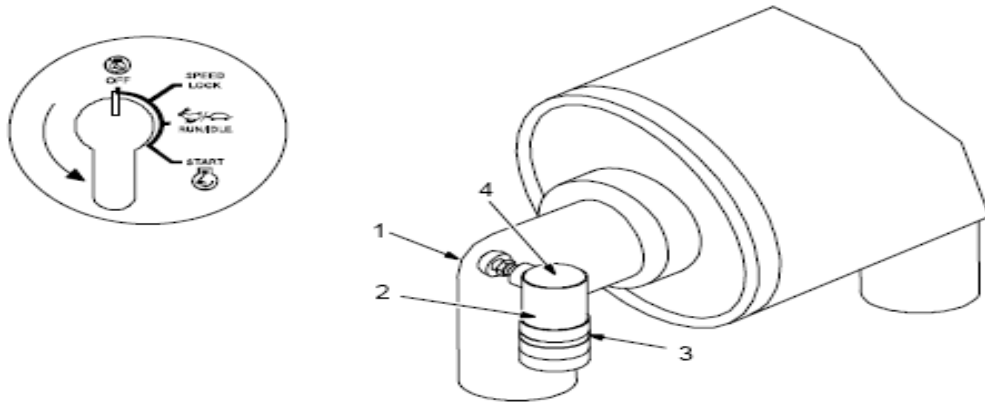
1 TERMINAL DE SALIDA DE SOLDADURA DE TRABAJO	5 TUERCA DE SALIDA DEL BORNE TERMINAL
2 TERMINAL DE SALIDA DE SOLDADURA CONVENCIONAL TIG	6 TERMINAL DEL CABLE DE SOLDAR
3 TERMINAL DE SALIDA DE SOLDADURA DE ALAMBRE	7 BARRA DE COBRE
4 TERMINAL DE SALIDA DE SOLDADURA	

4 ACEITE Y COMBUSTIBLE



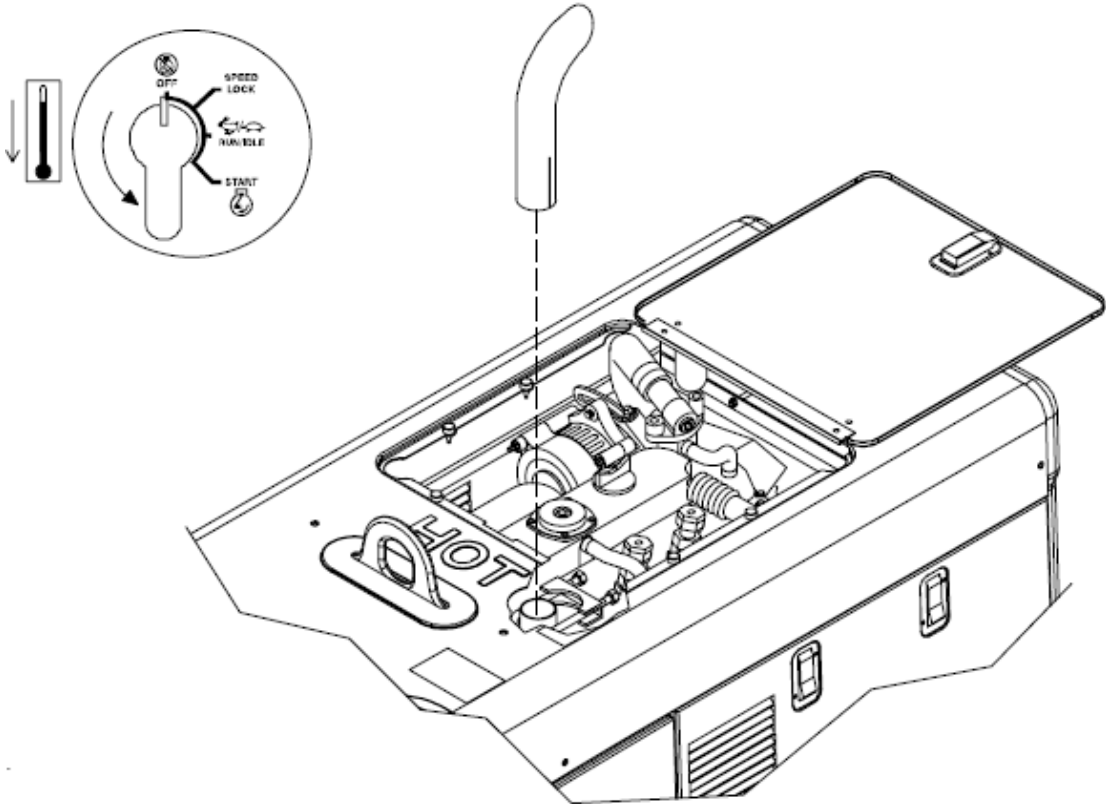
1 VALVULA PARA DRENAR EL ACEITE	5 FILTRO DE COMBUSTIBLE
2 FILTRO DE ACEITE	6 TAPA DEL RADIADOR
3 CONDUCTOS LINEAS DE COMBUSTIBLE	7 LLAVES PARA DRENAR EL RADIADOR
4 CEDAZO DE COMBUSTIBLE	8 TAPA DEL BASTIDOR DEL PERMOSTATO

5 DEPURADOR DE AIRE



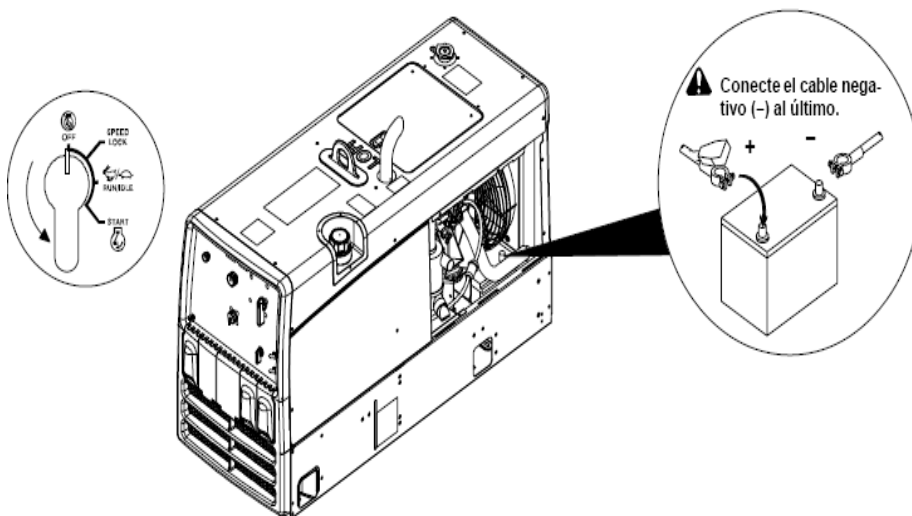
1 MULTIPLE DE ENTRADA	4 BOTON PARA REARMAR	7 ELEMENTO PRIMARIO
2 INDICADOR DE SERVICIO	5 BASTIDOR	8 TAPA
3 VENTANA	6 ELEMENTO DE SEGURIDAD	9 EYECTOR DE POLVO

6. INSTALACION DEL TUBO DE ESCAPE

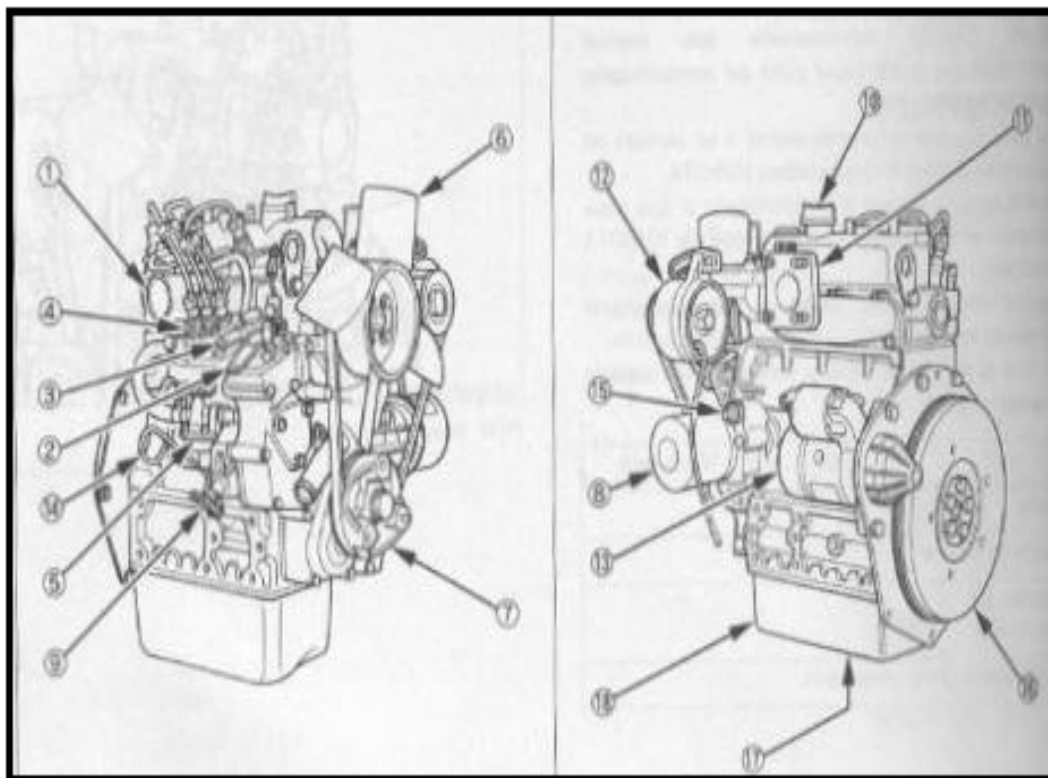


NO SOPLE EL ESCAPE HACIA EL LADO DERECHO DE LA UNIDAD DONDE LA ENTRADA DEL AIRE O EL LIMPIADOR DE AIRE PUDIERAN REQUERIR SERVICIO FRECUENTE, EL TUBO DE ESCAPE SE PUEDE APUNTAR EN LA DIRECCION DESEADA PERO SIEMPRE LEJOS DEL PANEL FRONTAL Y LA DIRECCION DE AVANCE.

7 CONEXIÓN DE LA BATERIA



8. PARTES DEL MOTOR



1. COLECTOR DE ADMISION	7. POLEA ACCIONAMIENTO DE VENTILADOR	13. MOTOR DE ARRANQUE
2. CONTROL DE VELOCIDAD	8. CARTUCHO DE FILTRO DE ACEITE	14. VARILLA DE NIVEL DE ACEITE
3. PALANCA PARADA DE MOTOR	9. GRIFO DE PURA DE AGUA	15. PRESOSTATO DE ACEITE
4. BOMBA DE INYECCIÓN	10. TAPON DE LLENADO DE ACEITE	16. VOLANTE
5. BOMBA ALIMENTACIÓN COMB	11. COLECTOR DE ESCAPE	17. TAPON DE VACIADO DE ACEITE
6. VENTILADOR DE REFRIGERACIÓN	12. ALTERNADOR	18. CARTER

ANEXO B

PROCEDIMIENTO PARA EJECUCIÓN Y CONTROL DE SOLDADURA

OBJETIVO

Describir la manera como se debe ejecutar la labor de soldadura y los controles aplicables durante su desarrollo en los campos de Cusiana, Cupiagua, Floreña, Recetor y otros.

ALCANCE

Cubre todas las operaciones de soldadura realizadas por DD LTDA en CPF's, EPF's o pozos de acuerdo a los códigos aplicables ASME Sección IX ó API Standard 1104 o la Especificación del cliente Ej: (BPX/G-G-WE-029).

PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (WPS)

Los procedimientos de soldadura serán elaborados y revisados por DD LTDA y enviados como propuesta para aprobación al Cliente.

Los Procedimientos de Soldadura están establecidos en el Formato DD -QC-043 Especificaciones de Procedimiento de Soldadura (WPS).

Adicionalmente la Calificación de cada Soldador se muestra en el Formato DD -QC-058 y la Calificación del Procedimiento de Soldadura (PQR) en el Formato DD -QC-045.

Las pruebas de calificación de procedimiento deben llevarse a cabo bajo la supervisión de un inspector QC de DD LTDA y con la presencia de un delegado del Cliente.

Se aplicarán las exigencias del código ASME Sección IX ó del código API Standard 1104 y las especificaciones complementarias acordadas con el cliente que sean aplicables.

Toda junta realizada para calificar un procedimiento de soldadura debe ser radiografiada ó inspeccionada por ultrasonido, dependiendo del Diámetro y el Espesor de la Tubería.

Las probetas para exámenes de laboratorio requeridas por los códigos, serán revisadas por un inspector de QC de DD LTDA, quien las marcará con el No. de los WPS y las enviará a un laboratorio calificado y aprobado por el Cliente. El original de las pruebas de laboratorio debe soportar el respectivo WPS.

Los informes de laboratorio de los ensayos destructivos serán revisados por el Inspector QC. Si se encuentran aceptables, se elaborará y certificará el registro de calificación del procedimiento (PQR). Posteriormente se enviará al Cliente una copia del procedimiento de soldadura calificado (tanto del WPS como del PQR) para su sello de aprobación.

El contenido de los procedimientos de soldadura que se vayan a utilizar, deben darse a conocer a los soldadores antes de su aplicación y deberán estar disponibles en el sitio de trabajo. Los procedimientos se calificaran de acuerdo a la especificación por el cliente.

Para la ejecución de las soldaduras de filete sólo se deben utilizar electrodos de bajo hidrógeno.

La progresión de la soldadura debe ser vertical ascendente para soldar tuberías *de* diámetros menores a 6" y para las soldaduras de los fittings, incluyendo las soldaduras de filete. Ningún tubo se debe mover hasta que se hayan depositado los dos primeros pases de soldadura.

En caso de ser necesaria una reparación esta se reportará en el formato DD - QC-021, esta se efectuará utilizando el mismo WPS con el que se realizó la soldadura inicial.

Los soldadores se deben calificar en la posición 6G, siguiendo los requerimientos del código ASME Sección IX ó en cuando se aplique el Standard API 1104.

El máximo desalineamiento permitido para una junta soldada a tope será de 1/8".

La separación necesaria entre la costura longitudinal de los tubos y la soldadura de accesorios (Threadolets, Weldolets, etc.), será también como mínimo 150 mm. Se realizará inspección radiográfica y/o ultrasonido, según la Especificación y los Requerimientos del Contrato.

SISTEMA	SERVICIO	RX	UT
Flow lines	Producción	40%	0%
Flow lines	Producción (cruce de ríos)	100%	0%
Flow lines	Inyección (gas y agua)	100%	5%
Well Pads	Producción / Inyección	100%	5%

Para los casos donde la combinación de los parámetros diámetro y espesor de tubería impidan obtener una calidad de radiografía confiable, se puede realizar inspección por ultrasonido como alternativa a la inspección por radiografía, previa aprobación del cliente.

El porcentaje de inspección de END en soldaduras y los criterios de aceptación o rechazo se realizarán según la especificación que aplique, según el cliente.

Todas las grietas son inaceptables. Los demás defectos pueden ser reparados si su longitud agregada no excede el 30% del perímetro del tubo, cuando la reparación no llega hasta la raíz de la junta. En caso que la reparación llegue a la raíz, la máxima longitud agregada aceptable del defecto es el 20% del perímetro del tubo. Si la junta sobrepasa estos porcentajes deberá ser cortada.

Se permiten dos reparaciones como máximo para una misma junta, en otro caso la junta debe ser cortada.

CALIFICACION DE SOLDADORES

Todo soldador debe efectuar una prueba en presencia de un inspector de QC de DD LTDA, bajo las variables de un WPS calificado. Si los resultados son aceptables, se elaborará y firmará el registro de calificación correspondiente. Sólo luego de cumplido este requisito, podrá soldar en los trabajos asignados del proyecto y dentro de los límites de su calificación.

La calificación del soldador se realizará por radiografía ó Ultrasonido dependiendo del Diámetro y el Espesor de la pared del tubo.

CONTROL DE SOLDADORES

El coordinador de QA/QC de DD LTDA será responsable de mantener una continuidad en el control del registro de calificación de los soldadores. Todos los registros deben estar disponibles al personal del cliente.

Cada soldador tendrá un estampe de identificación, el cual debe figurar en su calificación y en el formato de control de soldadores.

CONTROL DE MATERIAL DE SOLDADURA

Copia de las requisiciones deben ser enviadas al Departamento de QA/QC de DD LTDA, para inspeccionar al arribo de los materiales y certificar que están de acuerdo a la requisición. Además se verificará que los materiales se encuentren debidamente empacados. El almacenamiento de la soldadura debe hacerse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

El almacenamiento estará controlado en todo momento por una persona encargada para tal fin, quien sólo entregará material de soldadura en las cantidades y especificaciones solicitadas. Sólo deben solicitarse cantidades para terminar una determinada jornada. Cualquier electrodo revestido que sobre al final de la jornada, sea devuelto por el supervisor a la bodega, se inspeccionará y desechará si está dañado o se almacenará bajo control.

INSPECCION DE SOLDADURAS

Las inspecciones serán efectuadas durante el proceso de construcción mediante el Formato DD -QC-012, 013 y 014, examinadas por ensayos no destructivos en porcentaje según sea el caso y las especificaciones contractuales. Se llevará una libreta de soldadura diaria con la ubicación en los isométricos, donde aparecerán las soldaduras efectuadas, con el correspondiente estampe del soldador y las especificaciones de los materiales involucrados. Esta libreta debe ser parte de la documentación para conformar el Dossier de Construcción.

ETAPAS DEL PROCESO DE SOLDADURA

Para los casos de soldadura en montaje y/o prefabricado donde la unión accesorio/accesorio, accesorio/tubo o piezas pequeñas que dificulten la utilización de grapa externa, la unión se hará con aparejos de izamiento de cargas o sin éstos, siempre y cuando se garantice el correcto alineamiento bajo la coordinación del supervisor responsable.

Cuando el procedimiento de soldadura lo requiera, la temperatura de precalentamiento y entre los diferentes pases, se controlará con tizas térmicas.

JUNTAS SIN TERMINAR

No es conveniente dejar juntas incompletas al finalizar jornada; por lo cual se deberá planificar el trabajo para evitar estas situaciones. La especificación no permite juntas abiertas, pero en situaciones especiales o particulares con aprobación del QC, se podrán dejar sin terminar un máximo del 20% de la producción diaria, con un porcentaje de relleno del 70 % del total de cada junta como mínimo.

Se procederá entonces de la siguiente forma:

- Estas juntas quedarán debidamente protegidas contra agentes externos, como lluvia o corrientes de aire, mediante el uso de lonas, mantas, cintas, etc.
- Al día siguiente, se hará precalentamiento estricto a 150 °C a toda la junta antes de reiniciar la soldadura.
- Una vez terminada la junta, se tomarán las Radiografías y posteriormente inspeccionada por Ultrasonido (cuando aplique por código).

MEDIDAS DE SEGURIDAD

- El uso de soldadura de arco eléctrico o autógena, genera riesgos para la salud del operario, por la irradiación y la intoxicación por gases y/o humos que se desprenden de esta operación. Por esta última razón, se hace necesario el uso de protección respiratoria (mascarilla) durante la actividad tanto el soldador como su ayudante.
- El peligro que representa para la vista el proceso de soldar, se puede neutralizar utilizando los elementos de seguridad como son las gafas con matiz de atenuación correcta y los vidrios oscuros en la careta de soldar, de acuerdo a su visión.
- Las lesiones del ojo por soldadura, son resultado de la intensidad de las radiaciones ultravioletas invisibles, el ayudante de soldadura no debe fijar su mirada en la junta durante su ejecución, para evitar la afectación de sus ojos.
- La radiación infrarroja visible que se absorbe, genera efectos acumulativos, causando lesiones en la retina y cataratas, por ello es necesario el uso de lentes cuyas especificaciones requieren de una densidad definida por los números de tonos en los vidrios protectores, utilizados según normas y especificaciones de la NATIONAL BUREAU STANDARD de los EEUU.

- En áreas clasificadas o donde se presume presencia de gases explosivos se realizarán pruebas de gases antes de ubicar la masa, puesto que puede producir chispa y generar explosión.
- Se deberá examinar cuidadosamente los defectos de los lentes que pueden causar un esfuerzo involuntario hacia la fuente de luz, pues es un acto inseguro.
- Es conveniente observar que en sitios confinados, los soldadores que realicen empalmes pueden estar en riesgo y será necesario prever adecuada ventilación y/o aireación
- La máquina de soldar deberá estar a una distancia mínima de 3 m. de la junta que se está realizando y debe aprovisionarse de combustible antes de iniciar labores.
- Los porta electrodos estarán libres de grasas, humedad, aceites y sustancias inflamables. Se deben verificar estas condiciones antes del inicio de la operación.
- Los cables eléctricos, enchufes, toma corrientes y conexiones estarán en buen estado, deben cumplir con las normas de seguridad eléctrica y revisión actualizada
- En la soldadura y corte por arco en el taller de prefabricado, se protegerá al personal adyacente al sitio de soldadura con mamparas.
- Se inspeccionarán reguladores, medidores de gas y oxígeno para su buen funcionamiento.
- Las mangueras deberán estar en buen estado, con los colores distintivos para gas. combustible y oxígeno.
- Los acoplamientos serán del tipo que no puedan desconectarse por tracción.
- Se limpiarán las boquillas y se inspeccionarán las válvulas para detectar fugas.
- No usar grasa o aceite cerca al cilindro de oxígeno, ya que su mezcla produce oxidación generando explosión.

MANEJO DE HSE

LIDERAZGO Y RESPONSABILIDAD

Las operaciones propias del proceso de soldadura se ejecutarán de acuerdo a los procedimientos de construcción establecidos y verificados por QA/QC cumpliendo estrictamente con las normas de seguridad industrial y medio ambiente.

El Supervisor de Montaje como responsable, analizará los riesgos propios del manejo de las condiciones topográficas del terreno y del área en general, registrándolos como actividades críticas cuando así lo amerite. De igual forma divulgará a todo el personal sobre los riesgos y medidas preventivas o de control a tener en cuenta.

El inspector de HSE asegurará que todos los riesgos hayan sido evaluados, se hayan seguido los procedimientos y se encuentren aplicando los controles de acuerdo al Análisis de Riesgos.

El Inspector de HSE deberá asegurar el manejo y la disposición final de las colillas de soldadura de manera que este sea el adecuado, evitando la contaminación del suelo o el medio ambiente en general.

PERSONAL Y ENTRENAMIENTO

Todo el personal que vaya a laborar debe tener la inducción general de ingreso a la Empresa, amplia experiencia y estar debidamente entrenado en las tareas a ejecutar.

Como refuerzo, diariamente previo a cualquier actividad, se dictarán charlas de seguridad industrial, medio ambiente y salud con el fin de ilustrar a los trabajadores sobre el alcance de los trabajos y riesgos que se deben controlar. Estas charlas se registrarán en el Formato DD-HSE-088.

ANALISIS, EVALUACION Y MANEJO DE RIESGOS

El Supervisor deberá divulgar El Análisis de Seguridad en el Trabajo (AST) y asegurarse de que el procedimiento específico, análisis de tareas por actividad y el panorama de riesgos, han sido entendidos por todo el personal.

Si en el momento de llevar a cabo algún paso de la tarea se presenta peligros adicionales, el Supervisor debe diligenciar el complemento de este en campo, en el formato de Análisis de Seguridad en el trabajo y divulgar las acciones de control.

MANEJO DEL CAMBIO

Cualquier cambio en el elemento humano, los equipos, los estándares y las prácticas operacionales, deberán administrarse adecuadamente y ser reportadas por el Supervisor al Gerente. El Gerente suministrará el personal, equipo y apoyo necesario con el fin de asegurar que dichos cambios no se reflejen en actos y condiciones inseguras que puedan producir pérdidas o accidentes.

PREPARACION PARA EMERGENCIAS

Para la atención oportuna de emergencia, se debe contar con medio de comunicación, un sistema de seguridad industrial y con el apoyo de la gerencia de construcción.

Es responsabilidad del Supervisor de Montaje mantener actualizado el plan de emergencias y hacerlo conocer a todo el personal.

El frente de trabajo debe disponer como mínimo de camilla, botiquín de primeros auxilios y personal capacitado.

INVESTIGACION Y ANALISIS DE INCIDENTES

- Se informará de forma inmediata sobre el incidente, casi-accidente o incidente ambiental a H.S.E. y este a el cliente (reporte de 24 horas)
- Se evaluarán las consecuencias de la falla y se investigará el por qué de la misma.

MANEJO AMBIENTAL

Capacitación Ambiental

El personal involucrado en la actividad recibirá inducción previa a la iniciación de los trabajos, adicionalmente en campo recibirá inducción práctica, esta será registrada mediante el diligenciamiento del Formato DD-HSE-088.

Señalización

Avisos alusivos al Medio Ambiente se mantendrán en el área de trabajo como:

- Clasificación de residuos sólidos.
- Correcta utilización de letrinas.
- Manejo de hidrocarburos.
- Orden y Aseo del área.
- Protección de los recursos naturales.

MANEJO DE RESIDUOS

• Residuos Sólidos

Los residuos sólidos generados por las actividades se dispondrán en los recipientes destinados para tal fin, cumpliendo con las normas establecidas en el PMA (Plan de Manejo Ambiental).

Las colillas de soldadura y elementos de enfermería, deberán empacarse en bolsas de color rojo para indicar precaución y se trasladará al relleno sanitario para su disposición final.

Se deben tener en cuenta los lineamientos establecidos en el procedimiento para el manejo de residuos sólidos del sistema de Administración Ambiental.

- **Residuos Líquidos**

Se instalarán baños portátiles o letrinas en los sitios de trabajo cumpliendo con el procedimiento para el manejo de Residuos Líquidos. Esto dependiendo de la facilidad del terreno o instalación y del número de personas.

- **Hidrocarburos, Químicos**

En el área de Producción no se almacenará ningún tipo de producto químico, de ser necesario su almacenamiento, se realizará en un sitio previamente seleccionado, siguiendo los lineamientos establecidos en el procedimiento para manejo de Productos Químicos.