

**ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA NORMA
ISO 14224: 2006 Y LOS PILARES DE CONFIABILIDAD DE LA SMRP PARA LA
INDUSTRIA MANUFACTURERA; ENFOCADO EN EL SECTOR
METALMECÁNICO.**

JEFFERTH ALBEYRO VALENCIA JAIMES

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

2015

**ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA NORMA
ISO 14224: 2006 Y LOS PILARES DE CONFIABILIDAD DE LA SMRP PARA LA
INDUSTRIA MANUFACTURERA; ENFOCADO EN EL SECTOR
METALMECÁNICO.**

JEFFERTH ALBEYRO VALENCIA JAIMES

**Monografía presentada como requisito para optar el título de Especialista en
Gerencia de Mantenimiento**

Director:

**José Leonardo Castillo Valencia
Especialista en Gerencia de Proyectos**

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

2015

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo a mi gran amigo Manuel Alberto Castro Carvajalino, estudiante de ingeniería Industrial UIS quien por circunstancias del diario vivir, ya no se encuentra acompañándonos físicamente, pero su fortaleza, verraquera, gallardía e inteligencia quedaron, y hace parte de cada triunfo de quienes fuimos considerados sus amigos.

A él, mi más profunda admiración

Jéfferth A. Valencia Jaimes

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Intercesión de la Virgen María Auxiliadora.

Jéfferth A. Valencia Jaimes

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	12
1. ANÁLISIS DE LA NORMA ISO 14224:2006	15
1.1 INTRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CAPÍTULOS 1, 2, 3 Y 4	17
1.2 ANÁLISIS DE LOS CAPÍTULOS 5, 6 Y 7	19
1.2.1. Oreda.	21
1.3 ANÁLISIS DE LOS CAPÍTULOS 6 Y 7	24
1.4 ANÁLISIS DE LOS CAPÍTULOS 8 Y 9	28
1.5. ANÁLISIS DE LOS ANEXOS	34
1.5.1. Análisis anexos A y B.	34
1.5.1. Análisis anexo C.	43
2. ANÁLISIS DE LOS PILARES DE CONFIABILIDAD DE LA SMRP	49
2.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA SMRP	49
2.2 CMRP Y CMRT	52
2.2.1 Pilares de LA SMRP	52
2.2.1.1 Dirección del negocio (Negocios y administración).	53
2.2.1.2 Organización y liderazgo (Competencias requeridas para el personal).	55
2.2.1.3. Gestión del trabajo en Mantenimiento	55
2.2.1.4. Confiabilidad del proceso de manufactura.	58
2.2.1.5. Confiabilidad de Equipos	61
3. GUÍA DE MODELO DE GESTIÓN INDUSTRIA MANUFACTURERA	69
3.1. INDUSTRIA MANUFACTURERA; CLASIFICACIÓN	69
3.1.1. Sector Metalmecánico.	70
3.2. INTEGRACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA GUÍA PARA UN MODELO DE GESTIÓN.	71
4. CONCLUSIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	86

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Equipos presentes en OREDA.....	24
Tabla 2. Definición y clasificación de tiempos para análisis de mantenimiento y confiabilidad.....	32
Tabla 3. Niveles taxonómicos	35
Tabla 4. Clasificación instalaciones por categoría.	35
Tabla 5. Clasificación de equipos por categoría.	36
Tabla 6. Clasificación de equipos por categoría	38
Tabla 7. Sub división equipo en componentes (motor de combustión).....	39
Tabla 8. Especificación de datos en equipos (Unidades y prioridad).....	40
Tabla 9. Clasificación de datos de falla para tipo de análisis	41
Tabla 10. Definiciones de la línea de tiempo (Down time vs Up time).	45
Tabla 11. Matriz del mantenimiento	74

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Países miembros de la ISO	15
Figura 2. Ejemplo de Diagrama de límites Bomba.....	29
Figura 3. Pirámide Taxonómica.....	30
Figura 4. Caracterización motores de combustión.....	38
Figura 5. Pilares del conocimiento. SMRP.....	50
Figura 6. Identificación sub sectores dentro del sector Metalmecánico.....	71
Figura 7. Clasificación taxonómica para Industria manufacturera.....	81

RESUMEN

TÍTULO: ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO BASADO EN LA NORMA ISO 14224 :2006 Y LOS PILARES DE CONFIABILIDAD DE LA SMRP PARA LA INDUSTRIA MANUFACTURERA; ENFOCADO EN EL SECTOR METALMECÁNICO*

AUTORES: JEFFERTH ALBEYRO VALENCIA JAIMES**

PALABRAS CLAVES: CONFIABILIDAD, GESTION DEL MANTENIMIENTO, COSTO DEL CICLO DE VIDA (LCC), INDICADORES CLAVES DE DESEMPEÑO (KPI'S), HERRAMIENTAS DE GESTION, ORDEN DE TRABAJO (O.T)

DESCRIPCION:

Las exigencias de la globalización y los tratados internacionales, el crecimiento de la tercerización y el control normativos de procesos conducen a una mayor organización de cada una de las áreas que componen las compañías. Mantenimiento a través del tiempo ha dejado de ser aquel rincón, aquella “puertita de allá”, para convertirse hoy por hoy en uno de los eslabones que forma la cadena productiva en la organización. Las exigencias en eficiencia y calidad de sus procesos han convertido a la gestión del mantenimiento en una de las principales fuentes en la generación de utilidades para las compañías proyectándolas y fortaleciéndolas en el tiempo.

La ISO mediante su Estándar internacional ISO 14224 de 2006 da unos lineamientos dentro de la base de la gestión del mantenimiento, y normaliza elementos necesarios para el fortalecimiento de la gestión para la industria dl petróleo, petroquímica y gas.

La SMRP (Society For Maintenance And Reliability Professionals) establece 5 pilares para la administración del mantenimiento y la confiabilidad, dentro de la gestión de activos.

La SMRP ofrece una excelente guía para la organización y estandarización de las empresas mediante la implementación de sus cinco pilares.

Este par de referentes nacen de las mejores prácticas en el mantenimiento y quedan a disposición para la interpretación y extrapolación a cualquier industria que desee optimizar su gestión de mantenimiento. Estos dos referentes sirven de materia prima para la evaluación del nivel de madurez de las organizaciones.

* Monografía

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Especialización en Gerencia de Mantenimiento.
Director: Jose Leonardo Castillo Valencia.

SUMMARY

TITLE: Analyses of the maintenance management based in ISO 14224: 2006 and the pillars of reliability of the SMRP to the manufacturing industry; focused in metal mechanical area*

AUTHORS: JEFFERTH ALBEYRO VALENCIA JAIMES**

KEY WORDS: Reliability, maintenance management, cost of the life cycle (CLC), key performance indicators (KPI'S). Management tools, work order (W.O.)

DESCRIPTION:

Requirements of the globalization and the international treaties, the growth of the outsourcing and the regulatory process control lead to a larger organization for each areas that make up companies. Maintenance over time has ceased to be in the corner, that "beyond door", today it becomes in one of the link that form the productive chain in the organization. The requirements in processes efficiency and quality has become maintenance management in one of the main sources in generating utilities for the companies projecting and making them strong over time.

The International Standard ISO 14224 of 2006 give some guidelines within the base of the maintenance management, and normalize necessary elements to the management strengthening for the petroleum industry, petrochemical and gas.

The SMRP (Society for Maintenance and Reliability Professionals) identifies five pillars for maintenance administration and the reliability, inside the actives management.

The SMRP provides an excelent guide to organize and get differents standard factories through the implementation of its five pilars.

This pair of references have grown of the better practices in the maintenance and are available for interpretation and extrapolation to any industry that want to optimize their maintenance management.

These two references are the raw materials for assessing the level of maturity of organizations

* Monograph

** Physic mechanical faculty engineering. Specialization in Maintenance Management. Director: José Leonardo Castillo Valencia. Project Management Specialist.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la industria, la globalización, la optimización de procesos y el desarrollo de mantenimiento a nivel mundial bajo estándares que permiten hablar un mismo idioma, son el referente para el inicio de este trabajo de grado.

Muchas compañías de la Industria Manufacturera en Colombia llevan una adecuada gestión de mantenimiento; cada una por su lado, haciendo de esta una ventaja competitiva. Pero por otra parte también existen empresas en las cuales el mantenimiento sigue siendo un tema representado por un gran gasto y un mal necesario, administrado además, por quienes conciben el mantenimiento según sus experiencias y su parecer (Criterio Personal), haciendo de la labor investigativa y científica de mantenimiento algo irrelevante e innecesario.

Estas pruebas y error en la gestión de mantenimiento le cuestan a las organizaciones mucho dinero y lo más importante, la perdida de la credibilidad en la gestión de mantenimiento.

Actualmente las organizaciones más importantes y rentables a nivel mundial se encuentran en el sector energético (Petroleo, Gas, Minería). Estas empresas entendieron la importancia de mantenimiento en el organigrama Organizacional y de su impacto en las utilidades y la rentabilidad del negocio.

Similares procesos y equipos, así como la necesidad de optimizar su gestión de mantenimiento y su gran capacidad económica, fueron algunos de los puntos que logran que se organice y se genere un estándar en mantenimiento. Así es como, mediante el comité Técnico PSE/17 de materiales y equipos para la industria petrolera, petroquímica e industria del gas natural, se genera en 1999 la ISO 14224; estándar de mantenimiento para las industrias del sector energético.

Esta norma describe la recolección de datos, principios, términos y definiciones asociados, que constituyen un "lenguaje de confiabilidad".

La información permite cuantificar la confiabilidad del equipo y compararla con la confiabilidad de equipos de características similares. Esto facilita el control del negocio (Benchmarking) y así la identificación de brechas en el proceso, optimiza el tratamiento de las fallas, ayuda a minimizar el impacto de las mismas, Hace más sencillo la recolección de la información valiosa de mantenimiento y permite una comunicación y adaptación más rápida a los procesos de mantenimiento así como el mejoramiento continuo.

Por otra parte, según lo planteado para este trabajo, quedarían pendientes puntos vitales dentro de la organización y gestión del mantenimiento que no contempla la ISO 14224:2006, como lo son la plena identificación de roles y responsabilidades dentro del flujo de la O.T, las herramientas y técnicas para el análisis de las fallas, evaluación del proceso y generación de estándares, administración de los efectos del cambio de procesos y equipos apoyado en los sistemas de información, establecer estrategias basadas en los modelos y filosofías exitosos de mantenimiento.

Todos estos elementos que se definieron como aún pendientes por abarcar dentro de la propuesta de trabajo, y que hacen parte de la definición de mantenimiento según la misma ISO 14224; que define mantenimiento como:

Mantenimiento se define como la combinación de todas las acciones administrativas y técnicas, incluyendo acciones de Supervisión, dirigidas a conservar un ítem o a restaurarlo al estado en que pueda desempeñar su función requerida.

Se cubren mediante dos de los cinco pilares establecidos por la SMRP dentro de la certificación como profesionales en mantenimiento y confiabilidad (CMRP). Para este trabajo se definen como una serie de actividades comunes que sirven de apoyo para organizar la gestión de mantenimiento, y sobre la cual se pueden construir o implementar los modelos que cada organización crea conveniente y se adapten a lo proyectado por la Dirección general en su estrategia.

Así, con toda esta información se hará una extrapolación hacia la industria manufacturera, de manera que se genere una guía para la implementación de un modelo de gestión para aquellas empresas que aún no se han podido organizar. Así mismo servir de base para la estandarización de algunos procesos en esta industria; así como la Industria del petróleo hizo lo propio.

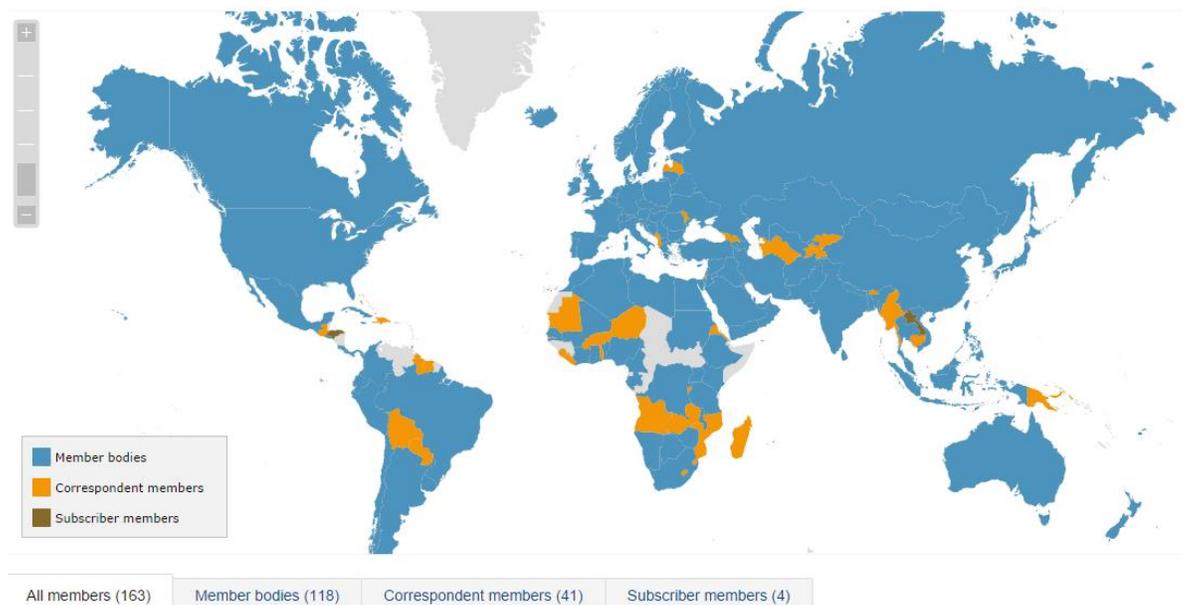
1. ANÁLISIS DE LA NORMA ISO 14224:2006

Antes de comenzar a describir la importancia de la ISO 14224, se hará un breve recuento acerca del significado de la ISO y sus alcances, de manera que se pueda contextualizar el impacto en mantenimiento de dicha norma.

La ISO (International Organization for Standardization) es una organización independiente, No gubernamental. El mayor desarrollador de normas Internacionales a nivel mundial.

Cuenta actualmente con 163 países miembros y 3368 organismos técnicos que velan por el desarrollo de estas normas.

Figura 1. Países miembros de la ISO



Fuente: ISO members [en línea] disponible en: http://www.iso.org/iso/home/about/iso_members.htm (03 Septiembre 2014)

Cabe resaltar que los estándares o Normas Internacionales dan las especificaciones de clase mundial de productos, servicios y sistemas, para garantizar la calidad, seguridad y eficiencia.

La ISO 14224 nace en 1999 y su primera edición se publica el 15 de Julio del mismo año. Esta norma Internacional fue elaborada por la ISO/TC 67 Materiales, equipo y estructuras “offshore” para la industria de petróleo y gas natural.

La ISO 14224:2006 fue elaborada en base a la norma ISO 14224: 1999, la experiencia adquirida a través de su uso, y los conocimientos técnicos y mejores prácticas compartidas a través del proceso de desarrollo internacional.

Esta segunda edición canceló y reemplazó la primera edición (ISO 14224: 1999), que ha sido técnicamente modificada y ampliada. El Anexo B, que contiene notaciones de falla y mantenimiento se ha hecho normativa. Además, los Anexos A, C, D, E y F dan recomendaciones sobre el uso de datos de confiabilidad y mantenimiento para diversas aplicaciones.

La ISO 14224:2006 tiene como objetivo la estandarización internacional del proceso de recolección y análisis de los datos de mantenimiento, permitiendo el intercambio de información entre las diferentes industrias asociadas al sector del petróleo, petro químico y del gas.

Esta norma permite a los usuarios usar la información pertinente a mantenimiento de manera confiable y de esta manera poder monitorear y tomar las mejores decisiones en cuanto a la optimización de la gestión de mantenimiento.

A continuación se hará un análisis e interpretación de cada uno de los elementos (Capítulos) que conforman la norma para entenderla y poderla extrapolar más adelante en la guía de modelo de gestión.

1.1 INTRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS CAPÍTULOS 1, 2, 3 Y 4

Cómo se expuso anteriormente, esta norma internacional (ISO 14224:2006) fue elaborada en base a la ISO 14224:1999 (La cual queda cancelada para efectos de normalización) y a la experiencia alcanzada a través de su aplicación en el desarrollo de los procesos internacionales hasta la fecha de su actualización.

El crecimiento y la importancia que ha tomado esta norma se debe a la gran relevancia en el uso de políticas para la seguridad, la confiabilidad y la mantenibilidad de los equipos y procesos en la Industria del petróleo, gas natural y petroquímica; siendo estos, materia prima para la eficiencia y optimización de costos en las organizaciones.

En busca de esa eficiencia, optimización y aumento de la confiabilidad en las empresas; los datos de las fallas (Causas de falla, Modos de falla, mecanismos de falla), tiempos de mantenimiento discriminados, recursos y demás datos relacionados con los equipos (Mantenimiento y operación) han venido tomando cada día más y más importancia.

Sin embargo, la norma además de generar los lineamientos para la toma de datos y posterior análisis, también expone la importancia de re transmitir aquellos datos dentro de la organización y fuera de ella (Con otras compañías). Para esto propone y normaliza parámetros para la interpretación y notación de fallas (Anexo B), así como también propone tablas para la captación de datos que facilitan la interpretación, análisis y transferencia de los mismos. Todo esto con el único fin de adelantarse a la falla gracias a las experiencias de otras industrias. Ya que, el hecho de pertenecer al mismo gremio y manejar procesos similares Eg: Extracción y envío de crudo, hace que las experiencias de los “competidores” o experiencias propias, puedan predecir una falla en el proceso o en los equipos.

Por otra parte, la norma describe términos y definiciones asociados que constituyen un "lenguaje en confiabilidad" que puede ser útil para comunicar la experiencia operativa. El manejar la misma terminología asegura la asertividad en la comunicación interna de mi compañía y con mis colaboradores externos.

Esta Norma Internacional recomienda además una cantidad mínima de datos requeridos para el análisis de mantenimiento y confiabilidad, y se centra en dos cuestiones principales:

- Requisitos de datos para su uso en diversas metodologías de análisis;
- Formato de datos estandarizado para facilitar el intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento

La norma también especifica algunas restricciones para el uso de la misma. Para una información más detallada de este aspecto, se recomienda dirigirse directamente a la norma (Scope) o a la monografía "Organización de datos históricos de mantenimientos realizados en el campo la Cira – Infantas durante el periodo 2011, bajo la norma ISO 14224", la cual hace una buena traducción de la norma como soporte del tema de monografía.

El capítulo 2 de la norma ISO14224:2006, indica los documentos de referencia (Otras normas) y apoyo para casos específicos de equipos en la aplicación de la norma, tales como: Maquinaria eléctrica rotativa, Transformadores de potencia y sistemas de aislamiento eléctrico y grados de protección. Los cuales se rigen por sus propias normas según la IEC (International Electrotechnical Commission).

El capítulo especifica el cumplimiento de la aplicación de la norma de apoyo (IEC) de carácter indispensable, cuando se trabaja con la ISO 14224:2006.

En busca de no dar espacios a otras interpretaciones en cuanto a conceptos, la norma (ISO 14224:2006) registra y define algunos conceptos útiles para su interpretación y análisis.

Términos como Disponibilidad, Tiempo Activo de mantenimiento, Límites o fronteras, falla, mantenibilidad entre otros, son definidos en el capítulo 3 de la norma. Para una información más detallada cada una de las definiciones, se recomienda dirigirse directamente a la norma (Capítulo 3) o igualmente a la monografía “Organización de datos históricos de mantenimientos realizados en el campo la Cira – Infantas durante el periodo 2011, bajo la norma ISO 14224”, la cual hace una buena traducción de la norma como soporte del tema de monografía.

El capítulo 4 de la norma, hace un listado con las principales siglas manejadas en el ámbito del mantenimiento. Siglas como CAPEX, OPEX, RCM, RAM, FMECA, KPI aparecen listadas con su respectivo significado.

La interpretación y contextualización de cada una de ellas se tiene que hacer por aparte (Investigación personal) y se recomienda para un mejor entendimiento de la norma y de los procesos de gestión del mantenimiento.

1.2 ANÁLISIS DE LOS CAPÍTULOS 5, 6 Y 7

Los capítulos 5, 6 y 7 tratan en su orden de: (5. Application) Detalles en la aplicación de la norma, (6. Benefits of RM data collection and exchange) Los beneficios en cuanto a mantenimiento y confiabilidad en la recolección e intercambio de datos, y (7. Quality of data) recomendaciones para mejorar la Calidad de los datos.

Continuando con el orden en la interpretación de la norma, el capítulo 5 aclara que el uso y la aplicabilidad de la norma viene dada para los equipos utilizados en el campo de la petroquímica, petróleo e industria del gas natural, pero no se limita a los equipos de las categorías allí descritas, pues existen más equipos (nuevos o modificados) que hacen parte de la industria y no aparecen en la norma debido a que esta solo muestra ejemplos para tipos específicos de equipos.

La norma aclara que el espacio de tiempo en el que se deben recoger los datos para un excelente análisis de confiabilidad tiene que venir desde la instalación del equipo hasta su disposición final; durante todo el ciclo de vida, incluyendo modificaciones.

Cuando se habla de los datos para análisis de confiabilidad, principalmente estamos hablando de tiempos; datos de tiempos: Tiempos de reparación (Mantenibilidad), tiempos de operación, tiempos en cada mantenimiento (Administrativos, ejecución, etc), etc. También se registran datos de paradas (N° de paradas). Cada empresa es libre de tomar los datos convenientes según sus indicadores trazados para la meta que busca.

En el punto 5.3 de la norma, se muestra la utilidad de los datos para los diferentes niveles de cargos dentro de la compañía, así como los beneficios de los datos entre empresa, los diseñadores y demás personas involucradas directamente con los equipos, aclarando que estos datos no son únicamente para el uso exclusivo del área de confiabilidad o de las áreas similares de análisis de información.

Los datos de Mantenimiento y confiabilidad se pueden disponer además para el análisis en el diseño de los equipos, instalación y su operación.

Aunque la norma no especifica el manejo de los costos; datos de costos, es muy importante controlarlos y registrarlos en los diferentes sistemas de información.

Estos datos sobre el costo del ciclo de vida de los equipos (LCC: Life Cycle Cost) son útiles para establecer prioridades en la toma de decisiones.

Cabe resaltar que para cualquier tipo de dato recopilado, lo acertado de la decisión tomada según los análisis, depende directamente de la calidad de los mismos.

El principal objetivo de la norma es lograr el intercambio de los datos entre las compañías del sector. Para lograr esto, la norma es clara en cuanto al manejo de los datos: Los periodos de tiempo, los equipos y su taxonomía, la concientización de la calidad y fidelidad en la toma, la estandarización de modos y causas de falla, y terminología asociada. Y aunque no define las herramientas para el manejo de los datos, expone y define algunos indicadores que se deberían controlar; a su vez deja libre la manera de procesar y sacarle provecho a toda la información que se encuentra dentro de la planta.

Muchos datos ya se encuentran registrados en varios documentos destinados para tal fin. Uno de los documentos pioneros en la recolección de datos para el análisis y mejora del mantenimiento y la confiabilidad se conoce como OREDA.

1.2.1. Oreda. Por muchos años las empresas petroleras noruegas y extranjeras han estado colaborando con: SINTEF Tecnología y Sociedad, Departamento de Seguridad y Confiabilidad, DNV (Oslo) y otros consultores, en la recolección de datos sobre el mantenimiento, la confiabilidad y la seguridad de las instalaciones en alta mar (plataformas). Junto con un software especialmente desarrollado, estos datos proporcionan una base para la preparación de los análisis de confiabilidad. Tales análisis simplifican la tarea de seleccionar las "mejores" soluciones técnicas y han dado lugar a un ahorro significativo en el desarrollo y operación de las plataformas.

OREDA (Offshore REliability Data) es un proyecto organizado y patrocinado por 8 compañías de la industria del petróleo y el gas, con operaciones alrededor del mundo. El principal propósito de OREDA es recoger e intercambiar datos de confiabilidad entre las empresas participantes.

OREDA ha establecido una completa base de datos, con los datos de confiabilidad y mantenimiento para los equipos de exploración y producción de una amplia variedad de áreas geográficas, instalaciones, tipos de equipos y condiciones de operación. Plataformas sub marinas y equipo de superficie tienen mayor cobertura en este documento; sin embargo los equipos terrestres también están incluidos tanto en la base de datos como en el software especializado OREDA.

Actualmente la base de datos contiene datos más de 265 instalaciones, 16 000 unidades de equipos con 38000 fallas y 68 000 registros de mantenimiento.

Además de la acumulación de un gran banco de datos de confiabilidad, y el uso de los datos por parte de las empresas participantes, los logros en la OREDA incluyen:

- Normas para la recolección de datos de confiabilidad (ISO 14224:2006)
- Directrices y software para la recopilación y análisis de datos.
- La publicación de los datos de confiabilidad. Cinco ediciones públicas de un Manual de datos confiabilidad han emitido (1984, 1992, 1997, 2002, 2009), que se vende en más de 50 países en todo el mundo.
- Datos utilizados en los análisis, como apoyo a las decisiones. Por ejemplo selección de conceptos, optimización del diseño.
- Intercambio de conocimiento en confiabilidad entre las empresas participantes, y la cooperación con los aliados, tales como fabricantes, institutos de investigación, etc

- Cooperación con los proveedores de sistemas submarinos Cameron, FMC Kongsberg submarinos, Aker Solutions y Vetco Gray
- Promoción del concepto OREDA y aplicación de datos OREDA en más de 40 ponencias en diversos congresos internacionales.
- Cursos de formación y materiales para los usuarios de OREDA.
- Los datos utilizados en diversos proyectos de investigación y tesis de estudiantes

Al 2010, 10 compañías del gas y el petróleo de 7 países diferentes hacían parte en el proyecto:

- ConocoPhillips Skandinavia AS
- Petrobras S.A. (associated member)
- Shell Global Solutions UK
- Eni S.p.A Exploration & Production Division
- ExxonMobil Production Company
- Gassco (associated member)
- GdF SUEZ E&P Norge AS (associated member)
- BP Exploration Operating Company Ltd
- Statoil ASA
- TOTAL S.A.

Uno de los mayores alcances de OREDA fue el desarrollo del estándar ISO basado en sus propios conceptos (ISO 14224).

Los equipos que cubre OREDA se muestran en la siguiente imagen:

Tabla 1. Equipos presentes en OREDA

Rotating machinery	Mechanical equipment	Control & Safety	Subsea equipment
Combustion engines	Cranes	Control Logic Units	Control systems
Compressors	Heat exchangers	Fire & Gas detectors	Dry tree riser
Electric generators	Heaters and Boilers	HVAC	El. power distribution
Electric motors	Loading arms	Input devices	Flowlines
Gas turbines	Swivels	Nozzles	Manifolds
Pumps	Turrets	Power transformers	Pipelines
Steam turbines	Vessels	UPS	Production risers
Turboexpanders	Winches	Valves	Running tools
		Frequency converters	Subsea pumps
		Switchgear	Subsea vessels
			Templates
			Wellhead & X-mas trees

Fuente: Presentación pdf. OREDA (Offshore Reliability Data) (<http://www.oreda.com/general%20oreda%20presentation.pdf>)

1.3 ANÁLISIS DE LOS CAPÍTULOS 6 Y 7

Continuando con el análisis de los capítulos 6 y 7 de la norma (Benefits of RM data collection and Exchange y Quality of data), uno de los principales beneficios de la administración de los datos es la mejora de la confiabilidad.

Las industrias a nivel mundial han calculado el costo de la no confiabilidad y las consecuencias que esto acarrea.

El aumento de la confiabilidad es proporcional a la identificación y tratamiento que se le den a las causas de falla.

Todos los planes correctivos generados, conllevarán a una retro alimentación sobre la desviación presentada y con ello a la disminución de las fallas, traduciéndose en mejoras sostenibles en la confiabilidad, rentabilidad y seguridad.

Listando algunos de los más significativos beneficios de la aplicación adecuada de la norma se tienen:

- Optimización de los tiempos en inspecciones y overhous de equipos
- Optimización en el contenido de los procedimientos de mantenimiento.
- Disminución en el costo el ciclo de vida
- Mayor eficiencia en equipos y procesos
- Mayor claridad para la toma de decisiones
- Disminución de fallas catastróficas
- Disminución en impactos ambientales
- Benchmarking más eficaz
- Mayor Disponibilidad de equipos
- Mejorar la seguridad para el personal
- Reducción el impacto ambiental

Sin embargo el costo del tratamiento de los datos es bastante alto, con lo que se tiene que tener siempre un balance entre los equipos a los que se van a recoger los datos y los beneficios que se espera obtener. Para esto, se recomienda mediante cualquier tipo de análisis y según las características propias del negocio, seleccionar los equipos que puedan generar un mayor impacto en la seguridad, producción, medio ambiente o costos de reparación o reemplazo.

El capítulo 7 muestra unas recomendaciones para el inicio en la aplicación de la norma antes de comenzar con el proceso de toma de datos (y después de haber seleccionado los equipos):

- 1) Definir el objetivo de la toma de datos con el fin de recoger los datos pertinentes para el uso previsto. Ej: Calculo y control de Disponibilidad, Confiabilidad, Costos. Datos para RCM, LCC, etc
- 2) Investigar la fuente (s) de los datos para asegurar que los datos relevantes y de calidad se encuentren disponibles. Además definir metodologías y mecanismos para la toma, administración y análisis de los mismos.

- 3) Definir la información taxonómica para ser incluida en la base de datos para cada equipo.
- 4) Identificar la fecha de instalación, la población y el/los periodo (s) de operación desde el cual se comienzan a tomar los datos.
- 5) Definir los límites para cada clase de equipo, indicando que datos de mantenimiento y confiabilidad van a ser tomados. (Estos límites se definen en el análisis del capítulo 8)
- 6) Aplicar una única definición y un método de clasificación de las fallas.
- 7) Aplicar una única definición y un método de clasificación de las fallas asociadas a mantenimiento
- 8) Definir los controles utilizados en la verificación de calidad de los datos (véase 7.1.3 y 7.1.9 de la Norma). Como mínimo verificar las siguientes condiciones:
 - El origen de los datos se documenta y es trazable.
 - Los datos proceden de un tipo de equipo similar, la tecnología y las condiciones de funcionamiento.
 - El equipo es importante para el propósito de la norma (por ejemplo, no modelos obsoletos).
 - Los datos se ajustan a las definiciones y normas de interpretación (por ejemplo, definición de falla).
 - Fallas registradas están dentro de los límites del equipos y los periodos de inspección definidos
 - La información es consistente (por ejemplo, la consistencia entre los modos de fallo y el impacto de la falla).
 - Los datos se registran en el formato correcto.
 - Tomar los datos necesarios para un análisis estadístico.
 - Se consulta el personal de operación y mantenimiento para validar los datos.

Al igual que para el análisis de los capítulos anteriores, se recomienda complementar la información con la Norma (ISO 14224:2006).

Cabe resaltar que sea este o cualquier proceso que se inicie dentro de la organización es indispensable para el éxito de la misma, involucrar al personal que hace parte directa o indirectamente del ciclo de los datos. Motivar, reconocer, capacitar, involucrar y señalar el horizonte que se espera, son las bases para el éxito en la implementación.

Por otra parte, durante y después del ejercicio de recopilación de datos, estos se analizan para verificar la consistencia en cuanto a distribuciones razonables, códigos apropiados y las interpretaciones correctas de acuerdo con lo planeado. Este proceso de verificación de calidad deberá ser documentado y puede variar dependiendo de si la recolección de datos es para una sola planta o implica varias instalaciones de la empresa o industria.

Para el almacenamiento y facilidad de extracción de los datos se tiene que tener un adecuado sistema de información. Sea cual sea el sistema elegido; según costo beneficio y necesidad de la empresa, este tiene que traer todos los elementos necesarios para facilitar la búsqueda y extracción de los datos de cada equipo, así como la facilidad para poder intercambiar datos (Formatos estandarizados, códigos asignados y estandarizados) y con un grado de seguridad que no permita la pérdida de información, alteración por mala manipulación o fuga de datos.

Otra recomendación que hace la norma antes de comenzar con el proceso de toma y almacenamiento de los datos es:

- Las personas involucradas directamente con el proceso de toma y análisis deben conocer este estándar Internacional
- Realizar un ejercicio piloto o de prueba durante un periodo de tiempo para verificar la disponibilidad de la información, la calidad de las fuentes de información y la viabilidad de los métodos para la toma de los datos.

Un sistema para hacer frente a las desviaciones encontradas en el proceso de recopilación de datos, tales como las definiciones ambiguas, la falta de reglas de interpretación, códigos inadecuados, mala codificación etc, debería ser establecido y los problemas encontrados resueltos tan pronto como sea posible. Todo esto retroalimentará el proceso y se expondrá ante el personal involucrado.

1.4 ANÁLISIS DE LOS CAPÍTULOS 8 Y 9

Los capítulos 8 (Equipment boundary, taxonomy and time definitions) y 9 (Recommended data for equipment, failures and maintenance) son la base para la organización y estandarización de los equipos dentro de la compañía.

Como en todo proceso, se comienza por definir y establecer algunos conceptos, de manera que todos podamos hablar el mismo idioma.

Boundary se definió como la interfaz entre un ítem y su entorno. Son los límites entre los diferentes sistemas que componen un equipo.

Establecer límites e identificarlos de forma clara y sin espacio a duda; para cada uno de los sistemas, nos permite:

- Identificar claramente el elemento dentro de cada sistema el equipo.

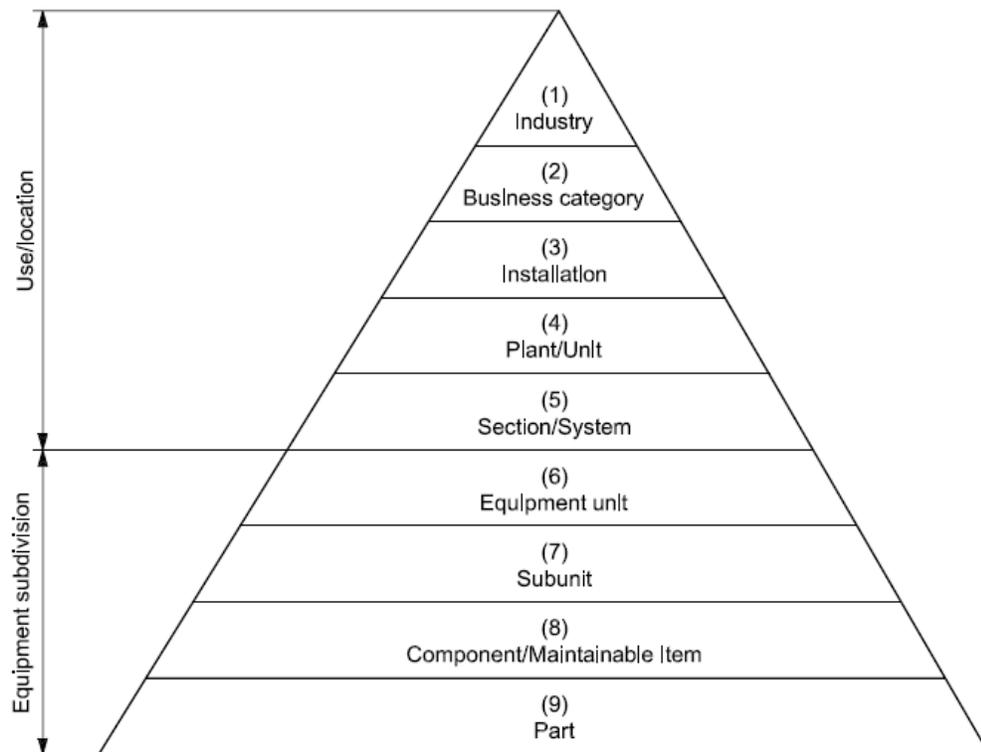
Para el análisis de los datos de confiabilidad y mantenimiento, hace más efectiva la toma de decisiones en cuanto a identificar el elemento de falla o la causa física de la falla.

Así mismo, facilita la comunicación entre operadores, personal de mantenimiento y fabricantes de equipos. Ej: En ocasiones, múltiples fallas de un equipo se asignan

Es de vital importancia identificar cada elemento dentro de los sistemas, de manera que no se vayan a presentar superposiciones de estos o repeticiones en 2 o más sistemas. La norma en el anexo A, propone y recomienda diagramas de límite para algunos equipos.

Cómo ya se venía tratando, es indispensable una correcta identificación de los elementos que constituyen los sistemas dentro de un equipo. Así mismo para mayor claridad en el almacenamiento de los datos, se recomienda identificar los equipos dentro de las diferentes áreas, y las áreas dentro de los diferentes sectores de la organización. Para cumplir con tales recomendaciones y facilitar la lectura de los datos y el intercambio de los mismos, La norma en su Literal 8.2 establece una identificación taxonómica jerárquica.

Figura 3. Pirámide Taxonómica



Fuente: ISO 14224:2006. Pg 28. Capítulo 8 ((Equipment boundary, taxonomy and time definitions). Literal 8.2 (Taxonomy).

Los niveles 1 a 5 representan una categorización de alto nivel que se relaciona con las industrias y aplicaciones de plantas independientemente de los equipos que hacen parte. Esto es porque un equipo (por ejemplo la bomba) puede ser utilizado en muchas industrias diferentes y configuraciones de la planta y, para el análisis de la confiabilidad de un equipo similar, es necesario tener el contexto operativo.

Los niveles del 6 al 9 se refieren al equipo como unidad, con la subdivisión en niveles inferiores correspondientes a una relación padre-hijo. Esta Norma Internacional se centra en el nivel de “Equipo” (nivel 6), para la toma de datos de mantenimiento y confiabilidad, y también indirectamente en los elementos inferiores, como sub unidades y componentes.

El número de niveles o de subdivisiones para la toma de datos de mantenimiento y confiabilidad, depende de la complejidad del equipo y el uso de los datos. Un solo instrumento puede ser que no necesite mayores detalles, mientras para un compresor grande, varios niveles pueden ser necesarios.

Para los datos utilizados en los análisis de la disponibilidad, los datos a nivel de equipo (Nivel 6), pueden ser los únicos datos requeridos. Mientras que un análisis RCM y análisis de las causas, pueden requerir datos sobre mecanismo de fallo en el componente / elemento mantenible, o partes.

En el literal 8.3.1 de la norma se establece una distribución para los diferentes tiempos de operación o inactividad del equipo durante el día.

La norma clasifica los tiempos en 2 grandes grupos “Down time” (Inactividad; No disponibilidad) y “Up time” (Equipo Activo o Disponible).

Para entender un poco más el concepto, se anexa la tabla explicativa de la norma y se analiza.

Tabla 2. Definición y clasificación de tiempos para análisis de mantenimiento y confiabilidad

Total time												
Down time						Up time						
Planned down time				Unplanned down time		Operating time				Non-operating time		
Preventive maintenance		Other planned outages		Corrective maintenance		Other unplanned outages						
Preparation and/or delay	Active preventative maintenance (item being worked on)	Reserve ^a	"Cold" stand-by	Modification ^b	Preparation and/or delay	Active corrective maintenance (item being worked on) ^c	Shutdown, ^d operational problems/restrictions etc.	Run-down	Ramp-up	Running	"Hot" stand-by	Idle

^a Means that item is available for operation, but not required for some time. Does not include items considered as "spare parts" or items taken out of service on a more permanent basis.

^b Modification can change the reliability characteristics of an item and can, therefore, require that the collection of reliability data for the surveillance period be terminated before the modification and be re-started with a new surveillance period after the modification.

^c Includes fault diagnosis, repair action and testing (as required).

^d Shutdown of machinery (trip and manual shutdown) is defined in C.1.8.

Fuente: ISO 14224:2006. Pg 31. Capítulo 8 ((Equipment boundary, taxonomy and time definitions). Literal 8.3.1 (Surveillance and operating period).

Para comprender este cuadro y cualquier análisis para otra clasificación de tiempos en los equipos, basta con entender el siguiente concepto para clasificar como Down Time o Up time.

Un equipo está en estado "Up time" (Disponible) si en el momento de la verificación 1) está en operación o, 2) en el caso de no estar en operación (Encendido), de ser requerido este podrá operar inmediatamente (Ej: Planta eléctrica en centro médico). Que es exactamente lo que no sucede cuando se encuentra en mantenimiento (cualquiera que sea). En el momento de ser requerido, este no podrá operar inmediatamente sino hasta cuando terminen las tareas de mantenimiento. O en el caso de una gran masa (volante) que se

encuentra en su proceso de detención o equipo en enfriamiento, estos no podrán por seguridad ponerse en operación de manera Inmediata, entonces estos tiempos clasifican como “down Time” y el equipo se clasifica como no disponible.

En general se ha hablado sobre datos; datos de confiabilidad y mantenimiento o como se detalla en la Norma, datos RM (Reliability and Maintenance).

El capítulo 9 establece 3 tipos principales de datos por categorías:

- Datos de equipos
- Datos de falla
- Datos de mantenimiento

En cada una de estas categorías se definen unos elementos mínimos a tener en cuenta para las necesidades de análisis.

Todos estos datos es recomendable archivarlos en un adecuado sistema de información.

Actualmente los sistemas de información (ERP II) traen los espacios o pestañas para ingresar los datos de equipos y plantas de manera organizada. Sin embargo, para sistemas de información que no permitan esto o para diseñadores de software de administración de recursos y mantenimiento, se recomienda seguir la norma de manera que, en una estructura lógica se pueda ingresar el equipo con la información referente a su ubicación y condiciones ambientales y operacionales, así como los demás elementos expuestos en la pirámide taxonómica.

En este software o sistema de información; sea cual fuere (CMMS, MRO, EAM o ERP) se recomienda almacenar todos los datos de manera organizada. La norma expone 4 modelos para la arquitectura de las Bases de datos, según las necesidades de la compañía.

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos de esta norma internacional, se deben recoger un mínimo de datos. Estos datos, se marcan mediante asterisco (*) en los ejemplos presentados en el anexo A de la norma y en las tablas ejemplo del literal 9.4.

La norma presenta 3 tipos de tablas para los datos de equipos; según la clasificación de datos expuesta anteriormente:

- Datos comunes de equipos: Que corresponden a los datos de los 6 primeros niveles de la distribución taxonómica (Industria, categoría del negocio, Instalación, Planta, sección o sistema y equipos)
- Datos de falla: Identifica desde el origen (mecanismo de falla) la falla; con fecha, hasta las consecuencias de la misma. Dejando por escrito todos los detalles del área de mantenimiento en el tratamiento de la falla.
- Datos de mantenimiento: Historial de tiempos (Administrativos, Mtto Activo, etc), Recursos invertidos (Consumibles, Equipo y herramienta, Horas hombre de mtto), Balances.

Estas tablas muestran mediante ejemplos particulares, un panorama para comprender un poco más el objetivo en la organización de los datos según la norma.

1.5. ANÁLISIS DE LOS ANEXOS

1.5.1. Análisis anexos A y B. El anexo A, es un anexo informativo. Son recomendaciones, o la forma cómo la ISO propone organizar las características de los equipos por clases basado en los niveles taxonómicos.

Tabla 3. Niveles taxonómicos

Main category	Taxonomic level	Taxonomy hierarchy	Definition	Examples
Use/location data	1	Industry	Type of main industry	Petroleum, natural gas, petrochemical
	2	Business category	Type of business or processing stream	Upstream (E and P), midstream, downstream (refining), petrochemical
	3	Installation category	Type of facility	Oil/gas production, transportation, drilling, LNG, refinery, petrochemical (see Table A.1)
	4	Plant/Unit category	Type of plant/unit	Platform, semi-submersible, hydrocracker, ethylene cracker, polyethylene, acetic acid plant, methanol plant (see Table A.2)
	5	Section/System	Main section/system of the plant	Compression, natural gas, liquefaction, vacuum gas oil, methanol regeneration, oxidation section, reaction system, distillation section, tanker loading system (see Table A.3)

Fuente: Norma ISO 14224. Pg 29. Capítulo 8 ((Equipment boundary, taxonomy and time definitions). Literal 8.2 (Taxonomy).

Debido a que tanto el tipo de industria (Nivel 1) como las categorías del negocio (Nivel 2) están plenamente identificadas. El anexo se enfoca en los niveles inferiores.

Por ejemplo: tomando como referente el ejemplo de la norma, se tiene que a cada una de las categorías definidas se le asignan las diferentes instalaciones que se encuentran en la industria del petróleo.

Tabla 4. Clasificación instalaciones por categoría.

Business category			
Upstream (E & P)	Midstream	Downstream	Petrochemical
Oil/gas production facility (offshore/onshore)	Liquefied natural gas plant (LNG)	Refinery	Petrochemical complex
Gas processing	Liquefied petroleum gas plant (LPG)	Gas Processing	Shipping
Drilling rig	Gas to liquids plant (GTL)	Pipeline	Terminal
Intervention vessel	Combined heating and power (CHP)	Shipping	
Terminal	Terminal	Terminal	
Pipeline	Storage		
	Shipping (LNG, Oil)		
	Pipeline		

Fuente: Norma ISO 14224:2006. Pg 43. Anexo A. Literal A.1

Y así sucesivamente, cada Instalación tendrá sus plantas y cada planta sus secciones hasta definir y tener el árbol completo para cada uno de los componentes o ítem mantenible, según las categorías.

De igual forma, para el nivel 6 de la pirámide taxonómica se listan los equipos por clases, más utilizados en la industria del petróleo, petroquímica y gas.

Parte del listado de Equipos según diferentes categorías de operación

Tabla 5. Clasificación de equipos por categoría.

Equipment category	Equipment class — Level 6	Example included in Annex A
Rotating	Combustion engines	Yes
	Compressors	Yes
	Electric generators	Yes
	Electric motors	Yes
	Gas turbines	Yes
	Pumps	Yes
	Steam turbines	Yes
	Turboexpanders	Yes
	Blowers and fans	No
	Liquid expanders	No
	Mixers	No
Mechanical	Cranes	Yes
	Heat exchangers	Yes
	Heaters and boilers	Yes
	Vessels	Yes
	Piping	Yes

Fuente: Norma ISO 14224:2006. Pg 45. Anexo A. Modificado por el autor.

Para cada uno de estos equipos; Los que aparecen con YES, en la columna de la derecha (Example included in Annex A), la norma establece

- Clasificación de equipos por tipo;
- Definición de los límites;
- Subdivisión en niveles inferiores;
- Datos específicos del equipo.

Para comprender un poco más el objetivo de este anexo, se mostrará el ejemplo de clasificación para uno de los equipos que se encuentran dentro de la categoría de Equipo rotativo (Rotating): Motores de combustión (Enmarcado en la imagen anterior dentro del recuadro amarillo).

Se resalta un aspecto importante: La clase de equipo hace referencia a la clasificación general Ej: Bombas. Pero dentro de esta clasificación es bien sabido que existe otra clasificación. A la siguiente clasificación se le denomina acá como “type” también conocido en el ámbito del mantenimiento como Familia. Ej: Bombas de desplazamiento positivo. Entonces, las bombas de engranajes están clasificadas en la clase de Bombas y son de la familia de las bombas de desplazamiento positivo.

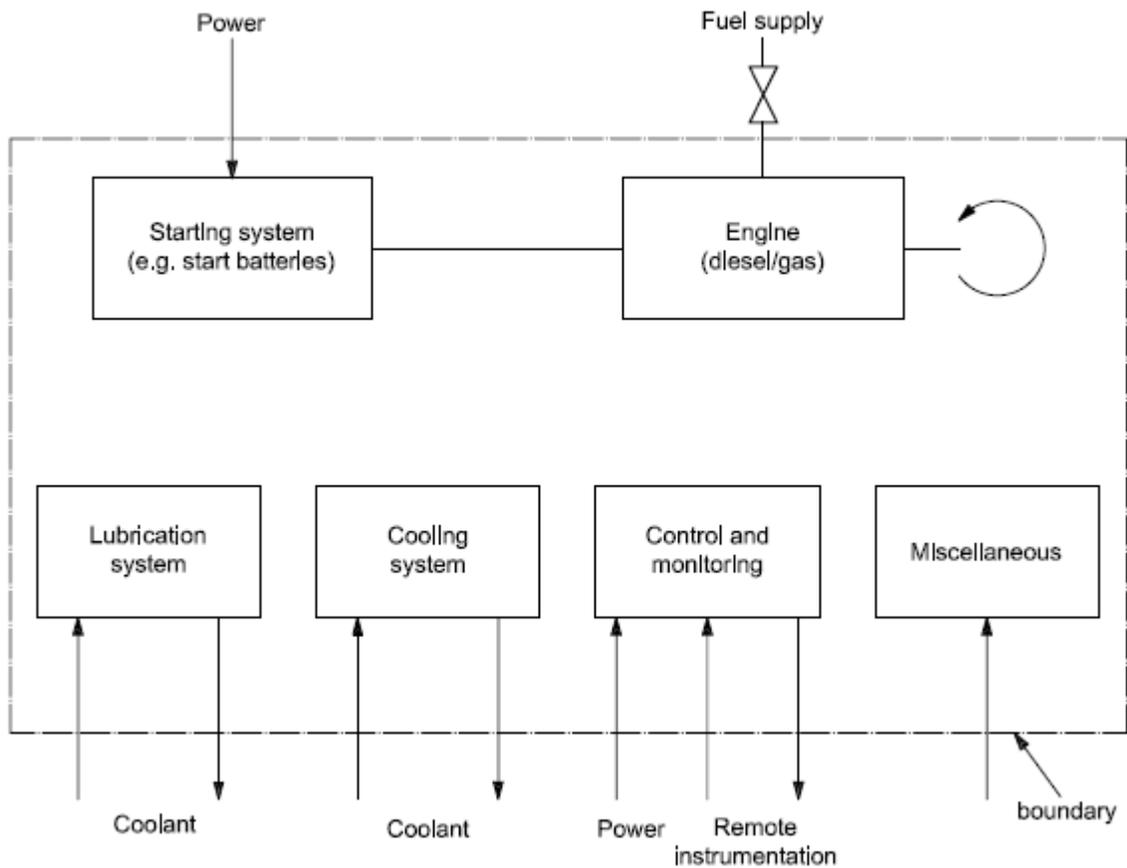
Para el caso específico que enmarcamos en la imagen anterior (Ver imagen Clasificación de equipos por categoría) tenemos:

- Categoría: Equipo rotativo; Que puede hacer parte de cualquier instalación dentro de alguna categoría del negocio.
- Clase: Motores

Tabla 6. Clasificación de equipos por categoría

Equipment class — Level 6		Equipment type	
Description	Code	Description	Code
Combustion engines — piston (diesel/gas engines)	CE	Diesel engine	DE
		Otto (gas) engine	GE

Figura 4. Caracterización motores de combustión.



Fuente: Caracterización motores de combustión. Norma ISO 14224:2006. Pg 48.
Anexo A. Literal A.2.2 (Rotating-equipment data)

Tabla 7. Sub división equipo en componentes (motor de combustión).

Equipment class Level 6	Combustion engines					
Subunit/ Component	Start system	Combustion engine unit	Control and monitoring	Lubrication system	Cooling system ^a	Miscel- laneous
Maintainable item/Part	Start energy (battery, air) Starting unit Start control	Air inlet Ignition system Turbocharger Fuel pumps Injectors Fuel filters Exhaust Cylinders Pistons Shaft Thrust bearing Radial bearing Seals Piping Valves	Actuating device Control unit Internal power supply Monitoring Sensors ^b Valves Wiring Piping Seals	Reservoir Pump Motor Filter Cooler Valves Piping Oil Temperature- control sensor	Heat exchanger Fan Motor Filter Valves Piping Pump Temperature- control sensor	Hood Flange joints
^a May include water-cooled or air-cooled systems. ^b Specify type of sensor, e.g. pressure, temperature, level, etc.						

Fuente: Norma ISO 14224:2006. Pg 49. Anexo A. Literal A.2.2 (Rotating-equipment data)

Hasta este punto se hizo la respectiva clasificación por “type” o familia (Clasificación de equipos por categoría). Así mismo se realizó el diagrama de límites, haciendo la sub división por sistemas (Caracterización motores de combustión), y se finaliza definiendo los ítems mantenible o componentes que conforman cada uno de los sistemas (Sub división equipo en componentes) anteriormente definidos.

La Norma cierra esta descripción por equipos con una tabla en donde se dejan establecidas algunas características principales de cada uno de los componentes, con detalles en las unidades físicas en que trabaja y la prioridad en la necesidad de control de datos.

Tabla 8. Especificación de datos en equipos (Unidades y prioridad)

Name	Description	Unit or code list	Priority
Driven unit	Driven unit (equipment class, type and identification code)	Specify	High
Power - design	Maximum rated output (design)	Kilowatt	High
Power - operating	Specify the approximate power at which the unit has been operated for most of the surveillance time	Kilowatt	High
Speed	Design speed	Revolutions per minute	High
Number of cylinders	Specify number of cylinders	Integer	Low
Cylinder configuration	Type	Inline, vee, flat	Low
Starting system	Type	Electric, hydraulic, pneumatic	Medium
Ignition system	Otto, diesel	Compression ignition (diesel), spark plugs	Medium
Fuel	Type	Gas, light oil, medium oil, heavy oil, dual	Low
Air-inlet filtration type	Type	Free text	Low
Engine-aspiration type	Type of engine aspiration	Turbo, natural	Medium

Fuente: Norma ISO 14224:2006.Pg 49. Anexo A. Literal A.2.2 (Rotating-equipment data)

En el anexo B (Interpretation and notation of failure and maintenance parameters), encontramos toda la información necesaria para la identificación y clasificación de las fallas.

Inicialmente se hacen unas aclaraciones fundamentales en cuanto la necesidad de identificar las detenciones de los equipos por fallas, mantenimientos o cualquier otra causa; y los resultados de los análisis según los datos ingresados.

a) Para los análisis de confiabilidad, principalmente se tienen en cuenta las fallas intrínsecas del equipo, es decir, fallos físicos que ocurren en el equipo que está siendo considerado y que normalmente requieren alguna restauración (mantenimiento correctivo).

b) Para el historial de vida de los equipos, es necesario registrar todas las acciones de mantenimiento preventivo, de la misma manera que se hace con el mantenimiento correctivo.

c) Para el cálculo y análisis de la disponibilidad, se deben registrar todos los fallos que han causado algún corte en la operación de los equipos. Esto incluye paros debido a que los límites operativos están siendo rebasados (por ejemplo, fallo por disparo de alguna protección; Temperatura); donde no se produce ningún fallo físico del equipo.

d) Aun cuando no hay fallas en el periodo, es importante registrar esto para los análisis de confiabilidad.

La tabla a continuación; tomada de la norma, especifica cuáles datos se han de tener en cuenta para cada uno de los análisis correspondientes (Disponibilidad y confiabilidad), basados en las premisas anteriores

Tabla 9. Clasificación de datos de falla para tipo de análisis

Type of failure/maintenance to record	Reliability	Availability
Failures that require some corrective maintenance action to be carried out (repair, replacement)	Yes	Yes
Failure discovered during inspection, testing and/or preventive maintenance that requires repair or replacement of typically non-wear items (seals, bearings, impellers, etc.)	Yes	Yes
Failure of safety devices or control/monitoring devices that necessitates shutdown (trip) or reduction of the items capability below specified limits	Yes	Yes
Shutdown (trip) of the item (whether automatically or manually controlled) due to external conditions or operating errors, where no physical failure condition of the item is revealed	No	Yes
Failure of the equipment caused by external impact (e.g. lack of power supply, structural impact, etc.)	No	Yes
Periodic replacement of consumables and normal wear parts	No	No
Minor planned maintenance services, such as adjustments, lubrication, cleaning, oil replacement, filter replacement or cleaning, painting, etc.	No	Yes
Testing and inspections	No	Yes
"On-demand" activations	Yes	Yes
Preventive or planned maintenance ^a	Yes (No)	Yes
Modifications, new work, upgrades ^b	No	Yes/No
^a To get the full lifetime history of the equipment, the actual preventive maintenance should be recorded. For recording failures only, this can be skipped. ^b Modifications are normally not a part of maintenance but are frequently done by maintenance personnel.		

Fuente: Norma ISO 14224:2006. Anexo B. Pg 123. Literal B.1 (Failure interpretation)

Si se hace un paneo sobre la cantidad y diversidad de fallas que pueden ocurrir en un solo equipo, se puede llegar a la conclusión de que se necesitaría un robusto

sistema de información para la administración de todos esos datos. Por otra parte, es evidente que en muchas ocasiones identificar una falla, comenzando por su mecanismo, causa y modo se puede convertir en un acertijo de varias soluciones, según quien interprete la falla. Llámese operador, mantenedor o el testigo presente en el momento de la falla, cada uno denominará la falla según sus pre-saberes, su intuición y conocimiento del proceso actual.

Con el fin de limitar el tamaño de la base de datos y hacer más fácil el análisis de los mismos, se recomienda que los códigos de la información sean utilizados siempre que sea aplicable. Un inconveniente que se presenta con la codificación se debe a la generación de códigos sin un orden lógico, de manera que se generen tantos códigos que haga que la información se pierda, otro inconveniente se debe a la generación de códigos demasiado extensos que dificulten el aprendizaje y manejo de la información; o por el contrario, generar una codificación de pocos elementos (dígitos) de manera que no se alcance a registrar la información básica del componente o equipo.

Para esto, la norma establece una definición unificada para la interpretación de códigos, para la obtención de información altamente confiable.

Cabe recordar que este anexo B es Normativo; no está como propuesta.

La codificación para este anexo B se realizará para los siguientes momentos de la falla:

- Identificación y codificación de Mecanismo (s) de falla
- Identificación y codificación de Causa (s) de Falla
- Identificación y codificación de Método (s) de detección
- Identificación y codificación de Actividad (es) de mantenimiento realizada.
- Identificación y codificación de Modo (s) de falla

Cada uno de estos momentos presenta una tabla guía, la cual especifica detalladamente y con ejemplos, tanto el formato cómo los datos que allí se deben diligenciar. Cada tabla trae su notación, aclaraciones y recomendaciones acerca del diligenciamiento.

1.5.1. Análisis anexo C. A diferencia del anexo anterior (Anexo B), El anexo C es de carácter informativo. Es una guía para la interpretación y cálculo de la Confiabilidad y otros parámetros derivados del mantenimiento.

Aunque la norma no cubre el análisis de datos en el sentido amplio, este anexo incluye algunas reglas de interpretación recomendadas y las ecuaciones de cálculo básico en el análisis de datos de confiabilidad y mantenimiento. Para una evaluación más a fondo de este tema, se recomienda los libros de texto sobre el tema y algunas de las normas que figuran en la bibliografía al final de la norma internacional.

Inicialmente la norma establece definiciones propias del anexo, además de detallar en otros elementos de la falla.

La norma establece tres categorías para la redundancia:

- Passive standby (Pasiva) -Active standby (Activa) -Mixed (Mixta)

Las redundancias Pasivas hacen referencia a equipos que no se encuentran desempeñando su función principal pero estarán disponibles siempre y cuando el operador envíe una orden de activación o encendido. Las redundancias activas se ven en equipos conectados directamente al sistema. Que no están desempeñando siempre su función principal sino una función secundaria que hace que siempre esté encendido y alerta ante alguna situación anormal en las condiciones del

proceso; y sin necesidad de orden del operador ante una salida de parámetros del proceso, automáticamente y de manera inmediata lo respaldan.

Los sistemas mixtos tienen tanto del sistema pasivo cómo del activo. Equipos en estado pasivo y equipos en estado activo, o configuraciones en serie donde es necesario del uno para que pueda trabajar el otro.

En cuanto a fallas, la norma identifica algunas características útiles para el posterior desarrollo del anexo.

Fallas Independientes: Cuando las fallas que se registran en un equipo no tienen ninguna causa en común entre ellas (Ej: Vehículo no enciende: Batería descargada y ausencia de combustible).

Fallas Dependientes: Cuando las fallas que se registran en un equipo tienen una causa en común.

Las causas comunes de falla, también tienen su clasificación:

- Falla en servicios esenciales (Electricidad, Aire del compresor, etc) o fallas por el medio ambiente (Incendios, Sismos, etc)
- Fallas internas: (errores de diseño, mala instalación, etc)
- Fallas en cascada: (Una falla des encadena la siguiente y así sucesivamente)

Para los análisis en cuanto al manejo de las fallas (especialmente confiabilidad), también es muy importante determinar la veracidad de la causa de falla.

Por lo general un paro (Shutdown), puede tener varias características ya que este se puede dar por: - Causas físicas reales, - Disparo de protecciones (Real o des ajuste del sensor) – Manual (Por orden del operador). Así que siempre es

importante determinar el verdadero motivo de la falla para no errar en el cálculo de los indicadores y acertar en la toma de decisiones.

Entrando en detalle sobre el principal objetivo de este anexo, se comenzará por describir el manejo de los datos para el análisis de la Disponibilidad y confiabilidad; entiendo que ambos conceptos aunque por definiciones parezcan iguales, son conceptos totalmente diferentes.

La disponibilidad cómo ya se expuso en los capítulos anteriores, se puede comprender como La capacidad de que un equipo o sistema pueda operar cuando sea requerido.

Para el cálculo de la disponibilidad únicamente se tienen en cuenta los conceptos de tiempo, por eso es importante identificar todos los tiempos dentro del día a día del desempeño del equipo. La norma los clasifica estos tiempos en dos grandes grupos: Down Time y Up time.

Tabla 10. Definiciones de la línea de tiempo (Down time vs Up time).

Total time												
Down time							Up time					
Planned down time				Unplanned down time			Operating time			Non-operating time		
Preventive maintenance		Other planned outages		Corrective maintenance		Other unplanned outages						
Preparation and/or delay	Active preventative maintenance (item being worked on)	Reserve ^a	"Cold" stand-by	Modification ^b	Preparation and/or delay	Active corrective maintenance (item being worked on) ^c	Shutdown, operational problems/restrictions etc. ^d	Run-down	Ramp-up	Running	"Hot" stand-by	Idle
^a Means that item is available for operation, but not required for some time. Does not include items considered as "spare parts" or items taken out of service on a more permanent basis. ^b Modification can change the reliability characteristics of an item and can, therefore, require that the collection of reliability data for the surveillance period be terminated before the modification and be re-started with a new surveillance period after the modification. ^c Includes fault diagnosis, repair action and testing (as required). ^d Shutdown of machinery (trip and manual shutdown) is defined in C.1.8.												

Fuente: Norma ISO 14224:2006. Pg 31 Capítulo 8 (Equipment boundary, taxonomy and time definitions). Literal 8.3.1 (Surveillance and operating period)

También, según la necesidad de control en la organización, se definen en esta norma internacional, 2 tipos de Disponibilidad, Operacional e Intrínseca (o Técnica o inherente).

$$A_i = \frac{MTF}{MTF + MTR}$$

$$A_o = \frac{MU}{MU + MD}$$

Donde:

Ao = Disponibilidad Operativa

Ai = Disponibilidad Intrínseca

MTF (Mean Time to Failure) = Se calcula usando los tiempos de operación.

MTR (Mean Time to Repair) = Se calcula usando los tiempos de reparación

MU (Mean Uptime) = Se calcula usando los tiempos de operación

MD (Mean Downtime) = Se calcula usando los tiempos de “planned” y “upplanned” Downtime.

Para efectos de cálculo de los ingenieros de confiabilidad, es más usado el cálculo de la disponibilidad Intrínseca (Ai). Para el control general de mantenimiento es más familiar el cálculo de la Disponibilidad operacional (Ao).

Los demás conceptos que abarca la norma en el anexo C, hacen referencia parámetros netamente utilizados en el ámbito de la ingeniería de confiabilidad. Conceptos como tasa de fallas, mantenibilidad y aspectos más profundos de los tiempos de mantenimiento están allí claramente explicados. Es necesario sin embargo contar con apoyo de más bibliografía para comprender cada uno de los elementos allí expuestos.

Análisis anexo D,E y F

En los siguientes anexos se muestra inicialmente una tabla de resumen donde se organiza la información tomada de mantenimiento y se distribuye según el tipo de análisis a realizar.

En esta misma tabla se le da un valor de prioridad a la información mediante los valores 1 y 2. Donde 1 representa la necesidad de la información para el tipo de análisis y 2, no es necesaria la información; es opcional.

En el anexo E se hace una concreta explicación acerca de la relación entre los Indicadores claves de desempeño (KPI's) y el benchmarking. Se presentan algunos ejemplos de KPI's, según lo que se desee controlar.

No olvidar que los KPI's deben estar alineados con los objetivos de la organización que los creó y administra. La organización es libre de definir los KPI en la manera que más contribuyan a la mejora del desempeño de la organización.

Por otra parte, el benchmarking se usa para determinar el desempeño de las áreas claves de la compañía, evaluar y comparar tanto interna como externamente con otras compañías que tengan procesos y negocios similares.

A manera de resumen se describe el proceso de mejora en la organización, basado en el benchmarking y los indicadores claves de la siguiente manera:

Para identificar las falencias en los procesos, se procede por realizar un Benchmarking en la organización, esto arrojará las áreas o procesos más débiles, y los puntos atacar. Basado en la identificación de las debilidades, se establecen los indicadores con sus respectivos parámetros y límites. Así mismo el responsable y las fechas de cumplimiento. Cada periodo cumplido se harán las

respectivas mediciones y con estos resultados se tomarán las decisiones pertinentes (correctivas o proactivas) para la disminución de las brechas encontradas en el primer Benchmarking.

Como todo proceso de mejora, esto es un ciclo en el cual constantemente se deben realizar estas mediciones, controles y acciones.

El anexo provee una tabla completa donde se muestran los KPI's más utilizados en la industria. La tabla indica el nivel taxonómico donde se toman los datos, las unidades en las que se mide el indicador, una explicación del indicador, una guía para el cálculo de este y el perfil del personal encargado para el manejo del indicador.

En el anexo F se exponen las definiciones asociadas a aquellos equipos críticos en el tema de la seguridad.

Los instrumentos para el control de la seguridad son elementos que ejercen gran influencia en la seguridad y la integridad de la planta, con lo que es necesario un tratamiento diferente en la identificación de las fallas, especialmente cuando se trata de fallas ocultas.

2. ANÁLISIS DE LOS PILARES DE CONFIABILIDAD DE LA SMRP

2.1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS DE LA SMRP

La SMRP (Society For Maintenance And Reliability Professionals) es la Sociedad de profesionales para el mantenimiento y la confiabilidad. La SMRP es una sociedad sin ánimo de Lucro formada por profesionales cuyo objetivo es el crecimiento de la industria en cuanto a temas de confiabilidad y gestión de activos.

La SMRP es el primer recurso en la gestión de activos para las compañías que buscan la mejora de sus procesos y procedimientos.

Su misión, es elevar el prestigio y llegar a ser una autoridad mundial en cuanto a la gestión de activos, el mantenimiento y la confiabilidad. Su principal objetivo es dar a la industria herramientas optimizadas con enfoque en la mejora continua y la reducción de costos en las áreas de: Mejores prácticas, Manejo de indicadores, y Benchmarking.

Para apoyar esta misión, la SMRP tiene 3 comités encargados:

- Comité de Mantenimiento y confiabilidad
- Comité de Mejores Prácticas
- Comité de Benchmarking

Comité de Mantenimiento y confiabilidad

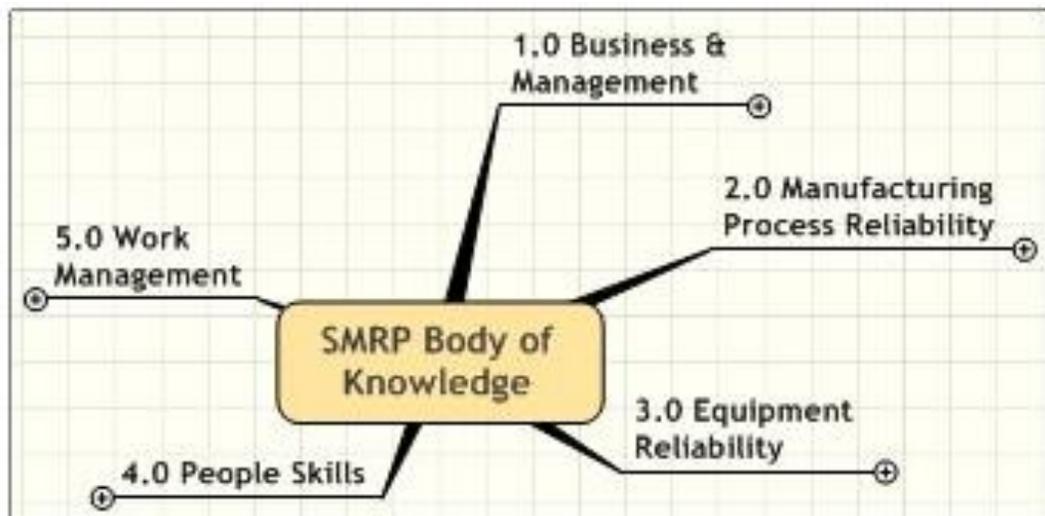
Este comité está encargado del desarrollo de los temas (conocimiento) que deben manejar los profesionales del mantenimiento y la confiabilidad; y que serán evaluados para que se certifiquen como tales.

Estos temas se distribuyen en cinco Pilares:

1. Dirección del negocio (Negocios y administración)
2. Confiabilidad en el proceso de manufactura.
3. Confiabilidad de equipos.
4. Organización y liderazgo (Competencias requeridas para el personal)
5. Gestión del trabajo en mantenimiento

Cada uno de estos temas tienen un marco general de conocimiento, los cuales más adelante se tratarán cuando se presente cada capítulo de los pilares.

Figura 5. Pilares del conocimiento. SMRP.



Fuente: The Society For Maintenance And Reliability Professionals. The M&RK Committee is one of 3 committees that comprise SMRP's Body of Knowledge [en línea] disponible en:

Directorate.<http://www.smrp.org/i4a/pages/index.cfm?pageID=3323>.

Para el objetivo de la monografía, esta se centrará principalmente en los pilares de confiabilidad (Confiabilidad de equipos y Confiabilidad del proceso).

Comité de mejores prácticas

La misión de este comité es identificar y desarrollar las mejores prácticas en mantenimiento y confiabilidad e identificar y desarrollar indicadores estándar (KPI's), con el fin de usar un mismo lenguaje en mantenimiento.

Las principales tareas de este comité son: el seguimiento a los indicadores actuales, Identificar y desarrollar nuevos indicadores de ser necesario y definir los valores en los indicadores (parámetros) para mantener el control de las mejores prácticas.

En cuanto a la definición de indicadores, cada uno de ellos debe tener:

- Definición del indicador - Objetivo del indicador - Quien lo administrará
- Frecuencia de toma - Medida y rango -Fórmula matemática

Entre otros elementos.

Comité de BenchMarking

La misión de este comité es llevar el Benchmarking hacia las áreas de mantenimiento y confiabilidad de las diferentes organizaciones. Para esto es fundamental tener establecidos claramente los indicadores con los cuales se va a realizar la comparación.

El Comité de Benchmarking tuvo la tarea de desarrollar y mantener una herramienta de benchmarking de clase mundial que promueva la excelencia en mantenimiento y confiabilidad, mediante la evaluación comparativa de indicadores según los 5 pilares de la SMRP.

2.2 CMRP Y CMRT

El CMRP (Certified Maintenance and Reliability Professional) y el CMRT (Certified Maintenance and Reliability Technician), son certificaciones emitidas por la SMRP para técnicos o profesionales que aprueben el examen internacional.

El CMRT es una certificación para personal técnico, que haya trabajado en mantenimiento, bajo los lineamientos de la confiabilidad. Esta certificación evalúa criterios de desempeño en:

- Prácticas de mantenimiento
- Solución de problemas y análisis
- Mantenimiento Preventivo y predictivo
- Mantenimiento Correctivo

Para mayor información y detalle de cada uno de los tópicos en las áreas evaluadas se recomienda dirigirse directamente al website de la SMRP.

El CMRP es la certificación que se les da a los profesionales que aprueban el examen diseñado por el comité de mantenimiento y confiabilidad de la SMRP.

Cómo se había abordado anteriormente, la SMRP definió 5 pilares fundamentales para la gestión de activos, de los cuales por motivo de desarrollo de la monografía, solo nos enfocaremos en 2 de ellos. Sin embargo esto no señala la importancia de estos sobre los demás.

El CMRP entonces evalúa a los profesionales en cada uno de los 5 pilares, combinando las habilidades prácticas, el conocimiento y la experiencia de quien se presenta.

2.2.1 Pilares de LA SMRP. Dentro de la estructura de la SMRP, el comité de Conocimiento en mantenimiento y confiabilidad se encargó de desarrollar la

estructura que rige y mide a los profesionales en estas áreas. El desarrollo de esta estructura del conocimiento se basó en 5 pilares fundamentales.

1. Dirección del negocio (Negocios y administración)
2. Confiabilidad en el proceso de manufactura.
3. Confiabilidad de equipos.
4. Organización y liderazgo
5. Gestión del trabajo

Cada uno de estos pilares se sub divide en los diferentes temas que comprenden el área del conocimiento. El comité entrega una guía que servirá como documento de referencia descriptiva y comprensiva; y será una fuente de información para ser utilizada por los profesionales de mantenimiento y confiabilidad.

2.2.1.1 Dirección del negocio (Negocios y administración). Este pilar describe las habilidades usadas para trasladar las metas de la organización en metas apropiadas de mantenimiento y confiabilidad que soporten y contribuyan a los resultados del negocio de la organización.

Tomando textualmente de la guía de criterios de evaluación para este pilar; se extraen los temas involucrados en esta área del conocimiento y que son fundamentales dentro del dominio de un profesional.

La SMRP establece que un profesional debe saber y tener habilidades para:

- 1) Crear una dirección estratégica y un plan: La Gerencia funcional debe crear una visión y un plan para conseguir que el personal y la gerencia trabajen hacia las mismas metas. Los líderes de mantenimiento y confiabilidad deben poder crear y ejecutar los planes estratégicos que resolverán las metas de negocio de largo plazo de la planta.

- 2) Venta del programa y del cambio: Los recursos serán asignados solamente cuando la gerencia entienda el valor, la dirección, y las expectativas de funcionamiento al aplicarlas.
- 3) Crear sistema de evaluación de medidas y desempeño: Las metas deben ser claras, medibles y establecidas de una manera de arriba hacia abajo: es decir, las metas de la planta deben conducir con las metas de la organización que conducen las metas de mantenimiento y de confiabilidad requeridas para alcanzarlas
- 4) Administración del riesgo: El manejo del riesgo es una tarea necesaria de mantenimiento de hoy y del profesional de la confiabilidad.
- 5) Preparación del caso de negocio: Un caso sólido del negocio se requiere para conseguir la financiación, los recursos y la ayuda requeridos. Proporciona un propósito claro (una necesidad demostrada) y ventajas de ser alcanzado.
- 6) Comunicación a socios: Los líderes de mantenimiento requieren las habilidades para comunicar con eficacia para obtener ayuda para las iniciativas de mejora.
- 7) Planear y presupuestar recursos: Los profesionales del mantenimiento necesitan ser capaces de desarrollar un plan y por consiguiente presupuestar recursos. Un buen plan está basado en la historia del equipo y del costo, el cuidado en el largo plazo que el activo necesita y las metas. Esto permite la creación de planes detallados para el consumo de materiales, mano de obra y los servicios contratados que se pueden para arriba en un plan maestro.
- 8) Mantenimiento / Acuerdos de desempeño de Operaciones / Especificaciones: Es importante para el buen funcionamiento de la organización que el mantenimiento y otras disciplinas implicadas estén de acuerdo con las metas y las medidas usadas para cuantificarlas. Igualmente es importante una comprensión de los papeles que cada uno desempeña y las responsabilidades que tienen en contribuir para la realización de la meta.

2.2.1.2 Organización y liderazgo (Competencias requeridas para el personal).

Este pilar describe los procesos para asegurar que el staff de mantenimiento y confiabilidad es el mejor calificado y mejor asignado para alcanzar las metas de la organización desde mantenimiento.

- 1) Evaluación de la competencia organizacional y dirección: La gente responsable de la confiabilidad en el nivel de gerencia debe explorar constantemente su ambiente por tendencias, eventos y oportunidades que pudieran afectar el programa de confiabilidad.
- 2) Desarrollo de la estructura organizacional de mantenimiento y confiabilidad: El profesional de confiabilidad debe entender la importancia de una adecuada estructura organizacional, sin la cual los mejores esfuerzos previstos de mantenimiento y confiabilidad pueden no tener éxito. El desarrollo organizacional toma el " cómo es" la estructura de la compañía y se traslada hacia adelante al estado "deseado a ser".
- 3) Desarrollo del staff de M&R: El talento humano asignado al programa de confiabilidad, necesita ser evaluado y desarrollado según su nivel de habilidades y necesidades de entrenamiento. De acuerdo con esto, los planes de desarrollo personales se utilizan para transferir las habilidades necesarias que proporcionarán el nivel requerido de funcionamiento en el trabajo.
- 4) Comunicar Mantenimiento y confiabilidad a la organización: Los profesionales de mantenimiento y confiabilidad necesitan usar un buen plan de comunicaciones para eliminar muchas de las trampas asociadas con sus esfuerzos de mejoramiento. Transmitiendo el mensaje correcto a los recursos de mantenimiento y confiabilidad en el momento adecuado ayudan a mantener un buen perfil que sea relevante a la compañía.

2.2.1.3. Gestión del trabajo en Mantenimiento. Esta área está enfocada en las habilidades usadas para obtener la realización de los trabajos de mantenimiento y confiabilidad. Incluye las actividades de planeación, programación, aseguramiento

de la calidad de las actividades de mantenimiento, almacén y manejo de inventarios.

De esa forma, un profesional debe cumplir con los siguientes requisitos:

- 1) Identificación y comprensión del trabajo: Es importante para aquellos que identifican las necesidades de trabajos de mantenimiento entender los diferentes tipos de acciones que se pueden tomar y cuando deberán ser aplicadas desde el punto de vista técnico. De igual importancia es la habilidad de evaluar la justificación del negocio para el plan de mantenimiento y la necesidad de desarrollar un sistema de datos que lo soporte. La habilidad de administrar el trabajo, mantener el apropiado "backlog", y minimizar la sobre ejecución también debe ser evidente.
- 2) Sistema de priorización formal en toda la planta: El profesional de mantenimiento necesita ser capaz de desarrollar un lógico y fácil sistema de priorización del trabajo para los grupos de trabajo con múltiples habilidades en toda la planta. El sistema de priorización debe tener en consideración todos los factores críticos para el éxito del negocio y de la función mantenimiento.
- 3) Planeación efectiva antes de la programación: El entendimiento correcto del proceso de planeación es crítico para aquellos que administran la función de mantenimiento. El profesional de mantenimiento necesita ser capaz de articular el valor del negocio derivado del proceso de planeación. Planeación es la llave para incrementar la eficiencia de la fuerza de trabajo de mantenimiento, y aquellos que la manejan deben conocer las etapas que encierra hacer un eficiente y efectivo plan.
- 4) Administración efectiva de la programación del trabajo y el "backlog": El profesional de mantenimiento necesita entender los factores claves del éxito para una adecuada programación del trabajo. Las múltiples necesidades de los grupos de planta y las necesidades del negocio deben ser consideradas en el

proceso de programación. Se requiere de un buen entendimiento de cómo balancear todos los factores para crear un programa lógico y alcanzable.

- 5) Administración efectiva de recursos (Personal, material, financiero): Es necesario entender claramente los métodos y mejores prácticas para un uso efectivo de los recursos necesarios en mantenimiento.
- 6) Documenta la ejecución del trabajo y actualiza registros / historia: Los profesionales de mantenimiento deben demostrar su habilidad para crear, actualizar y administrar las órdenes de trabajo de tal manera que asegure que aquellos que hacen el trabajo entiendan los que se debe hacer, cuanto tiempo debe durar, que medidas de seguridad se deben tomar y los materiales que necesitarán. También deben asegurar que los datos históricos relevantes se guarden y puedan ser utilizados para guiar mejoramientos.
- 7) Revisión de la historia de los equipos e identificación de fallas: Se deben entender los métodos adecuados para asegurar ambos, la disponibilidad de equipos y la efectividad de los recursos. Necesita saber las diferentes metodologías para encontrar la fuente de defectos, la causa raíz de las fallas, y como implementar los cambios necesarios para prevenir fallas recurrentes ya conocidas. La mentalidad de confiabilidad y eliminación de defectos necesita ser evidente.
- 8) Medición efectiva del desempeño y seguimiento: Se necesita demostrar el entendimiento de los indicadores de desempeño de mantenimiento y como aplicarlos. Debe ser evidente la habilidad de identificar y usar indicadores complementarios para dar una evaluación global del desempeño y soportar las necesidades del negocio.
- 9) Planeación de proyectos de capital: El profesional de mantenimiento entiende las etapas requeridas para planear e implementar un proyecto capital. Debe conocer los requerimientos de cada etapa. Es evidente la habilidad para usar herramientas y técnicas críticas para el éxito en el proceso de planeación de un proyecto.

10) Uso efectivo de las tecnologías de información (CMMS, etc.): El profesional de mantenimiento necesita la habilidad de usar una gran variedad de sistemas computarizados de administración de la información usada en la función de mantenimiento.

2.2.1.4. Confiabilidad del proceso de manufactura. Este tema se relaciona con las actividades de mantenimiento y confiabilidad relacionadas con el proceso de fabricación de la organización para asegurarse de que estas actividades efectivamente mejoran el proceso de fabricación.

Para cumplir con estas especificaciones y hacer que sea efectivo el proceso, el profesional debe cumplir con los siguientes requisitos:

1) Especificaciones, estándares de la industria y procesos de mantenimiento

Los profesionales del mantenimiento utilizan estándares y especificaciones como manera de traducir los esfuerzos del programa de confiabilidad en un mejor funcionamiento de su compañía. Un acercamiento es utilizar análisis comparativo (Benchmarking) entre los resultados de la compañía y los resultados de otras compañías, particularmente si su funcionamiento se considera como determinación de un estándar para el funcionamiento. Las brechas en el funcionamiento del programa de confiabilidad se deben identificar, interpretar, y comunicar a otras áreas de los departamentos financieros, operacionales y otros de la compañía, Ejemplo: de servicio.

Los planes para cerrar las brechas se crean, se repasan, y se mejoran continuamente como parte de un "programa" vivo; para mejoramiento de la confiabilidad.

Para realizar esto, se siguen los siguientes pasos:

1. Revisión y entendimiento de especificaciones y estándares

2. Identificar y analizar brechas entre los estándares de la industria y las prácticas de la compañía
3. Desarrollo e implementación del cierre de las brechas.
4. Medición de resultados y ajuste de planes.

Entendimiento del proceso de manufactura: Las operaciones y los recursos de mantenimiento y confiabilidad deben tener la misma comprensión del proceso de fabricación que tratan de desarrollar, diferenciando solamente en el nivel de detalle que requieren para su función de trabajo. Los flujos de proceso se deben saber y documentar en términos de entradas, salidas, recursos, y restricciones del proceso. Se establecen controles para asegurar que el proceso es estable.

Las necesidades del cliente se ponen como prioridad para los diseños del proceso y del producto, y la confiabilidad del equipo se utiliza para proporcionar la estabilidad y control que se requiere.

Técnicas de efectividad de manufactura: El mantenimiento, la confiabilidad, los recursos de la operación y de la producción deben ambos tener maneras de medir su desempeño y progresar hacia las metas del negocio y de fabricación de la compañía. La responsabilidad de mejorar la eficacia de las medidas es compartida por todos los miembros de la organización, según lo evidenciado por su participación en las actividades poli-funcionales que ayudan a alcanzar objetivos comunes

1. Desarrollar medidas relativas a la confiabilidad del equipo contra el proceso de manufactura
 - 1.1. Efectividad global de equipo
 - 1.2. Rata de rechazos
 - 1.3. Calidad del producto
 - 1.4. Rata de mejoramiento de la producción

2. Establecer sociedad entre producción y mantenimiento para hacer mas efectivo la administración de los activos
 - 2.1. Mantenimiento productivo total
 - 2.2. Creación de equipos de manufactura
 - 2.3. Equipos multifuncionales para solución de problemas y mejoramiento de procesos.

Seguridad, Salud y medio ambiente: Salud ocupacional, seguridad (H & S) y medio ambiente no se deben sacrificar para alcanzar las metas de fabricación y producción. Las ventajas de una buena gestión de H & S y prácticas ambientales se deben reconocer para ayudar a crear un ambiente de trabajo más seguro y agradable que consolide el mejoramiento de la satisfacción profesional.

Manejo de los efectos por cambio de procesos y equipos: Existen algunos factores que hacen que el personal que administra confiabilidad y programas de mantenimiento no alcancen sus metas; por ejemplo cuando: I) el proceso se cambia intencionalmente sin que la gente evalúe el efecto sobre los equipos, o, II) la condición del equipo se degrada con el tiempo al punto donde puede cumplir las metas de confiabilidad. Para evitar estas trampas, un proceso formal de la gerencia del cambio es necesario para identificar cualquier cambio significativo a la capacidad del proceso o del equipo. La identificación de cualesquier cambio, se desarrolla un plan de modificación que asegure que el proceso continúa teniendo activos capaces y confiables

1. Crea procesos que identifican cuando se han hecho cambios (proceso de manejo del cambio)
2. Aplicación de procesos de evaluación analíticos para identificar los efectos de cambios hechos
 - 2.1. Análisis de RCM
 - 2.2. FMEA

3. Implementa y administra cambios en:
 - 3.1. Políticas
 - 3.2. Procedimientos
 - 3.3. Diseños
 - 3.4. Procesos / modificaciones de equipos

2.2.1.5. Confiabilidad de Equipos. Continuando con la descripción que trae la guía de conocimiento de la SMRP, para cada uno de los pilares, se toma la guía textualmente y se hace una pequeña profundización en las herramientas y estrategias planteadas, con el fin de dar la introducción al siguiente capítulo, en el cual se planteará el modelo de gestión para la industria manufacturera enfocado al sector metal mecánico.

Este Pilar (Confiabilidad de Equipos), describe dos clases de actividades que aplican a los equipos y procesos, y de los cuales el profesional de mantenimiento y confiabilidad es responsable. La primera de esas actividades es usada para evaluar la capacidad actual de los equipos y procesos en términos de confiabilidad, mantenibilidad y criticidad. La segunda son las actividades usadas para seleccionar y aplicar las prácticas de mantenimiento más adecuadas para que los equipos y procesos continúen entregando su capacidad de diseño de la manera más segura y costo efectiva.

1. Determina las expectativas de desempeño de equipos y procesos del plan de negocios. Revisar el plan de negocios e identificar como, el alcanzar sus metas y expectativas pueden afectar la implementación de la estrategia de mantenimiento, directa o indirectamente, cambiando la forma de operar y/o mantener los activos mientras se cumplen todos los negocios, licencias, medio ambiente, seguridad y otras metas normativas y requerimientos.
 - 1.1. Revisa las metas del negocio e identifica aquellas que más deben ser soportadas por las estrategias de mantenimiento y confiabilidad.

1.2. Calcular la disponibilidad de equipos / procesos requeridos, basados en requerimientos de producción para alcanzar las metas del negocio incluyendo efectos o cambios a diferentes productos.

1.3. Establecer un presupuesto para mantenimiento de equipos

2. Establecer nivel de desempeño actual y analizar la brecha. Determinar la capacidad de producción actual del equipo para alcanzar las expectativas del plan de negocios. Identifica y cuantifica brechas entre capacidad y expectativa

2.1. Prioriza equipos y procesos para asegurar que los recursos de mantenimiento y confiabilidad sean bien usados

2.2. Selecciona y aplica las medidas adecuadas para evaluar la condición y capacidad actual de los activos y los procesos de producción

- MTBF / Rata de fallas / MTTR /rata de reparación.
- Costo de mantenimiento / Unidad de producción
- Disponibilidad de equipo
- Disponibilidad de procesos o sistemas
- Rata de desperdicios
- Demoras en producción
- Costo total del mantenimiento como porcentaje del valor del activo
- Valor de reemplazo
- Rata de demoras
- Porcentaje de mantenimiento planeado y no planeado
- Mantenibilidad

3. Para los equipos y procesos existentes, revisar resultados de las evaluaciones de desempeño para identificar oportunidades de mejora y fallas cortas potenciales de desempeño

3.1. Cambios en las condiciones de operación que puedan cambiar las necesidades de mantenimiento.

3.2. Cambios en las expectativas de desempeño

3.3. Practicas inadecuadas de mantenimiento existentes

- 3.4. Nuevos requerimientos de mantenimiento identificados a través de investigación de fallas
- 3.5. Oportunidades de aplicar nuevas tecnologías de mantenimiento
- 3.6. Equipos con problemas crónicos
- 3.7. RCFA para eventos pasados significantes
- 3.8. Análisis de Pareto
- 3.9. Análisis de cuellos de botella
- 3.10. Análisis de distribución de Weibull
4. Identifica anticipadamente requerimientos de mantenimiento para equipos nuevos.

Establece una estrategia de mantenimiento para asegurar el desempeño

El plan de mantenimiento de equipo proporciona las siguientes funciones: 1) describe las prácticas de mantenimiento específicas a ser aplicadas para asegurar la confiabilidad cotidiana del equipo que es mantenido. 2) Apoya y ayuda a alcanzar las metas del negocio establecidas por la compañía. 3) Apoya y ayuda a ejecutar la visión de la estrategia de mantenimiento corporativa.

1. Establece metas de mejoramiento del desempeño
 - 1.1. Mejoramiento de disponibilidad del proceso
 - 1.2. Análisis y crecimiento de la confiabilidad
 - 1.3. Reducción de costos de mantenimiento y desempeño global de mantenimiento
 - 1.4. Reducción del % de mantenimiento no planeado
 - 1.5. Efectividad global de equipo (OEE)
 - 1.6. Mejoramiento de la capacidad del proceso
 - 1.7. Porcentaje de mantenimiento planeado y programado
 - 1.8. Retorno neto del activo (RONA)
2. Selecciona actividades (tácticas) para alcanzar metas y cerrar la brecha

2.1. Selecciona y aplica las prácticas apropiadas del mantenimiento para equipos y procesos donde los eventos de mantenimiento y requerimientos sean bien entendidos.

- Actividades de restauración / reemplazo
- Actividades de mantenimiento basadas en condición
- Tareas para encontrar fallas (Failure-finding)

2.2. Realiza análisis adicionales para identificar las prácticas apropiadas de mantenimiento para equipos y procesos donde los costos de mantenimiento son altos, la confiabilidad es baja, o donde existen problemas crónicos.

- Análisis de causa raíz
- Análisis de modos y efectos de falla
- Análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad

2.3. Para compras de equipos e instalaciones nuevas donde no existe una historia de mantenimiento, aplicar M&R "best practices" para asegurar un máximo de confiabilidad

- Durante el diseño inicial
 - ✓ Para asegurar facilidad de mantenimiento
 - ✓ Para maximizar la confiabilidad de los procesos y componentes
 - ✓ Análisis de costo de ciclo de vida (LCC)
 - ✓ Diseño por mantenibilidad
- Durante la compra
 - ✓ Para minimizar el costo del ciclo de vida
 - ✓ Para asegurar el uso de los materiales de construcción más confiables
 - ✓ Especificaciones de compra
 - ✓ Calificación de proveedores

- Durante la instalación y adquisición de equipos con historia conocida o desconocida
 - ✓ Análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)
 - ✓ Análisis de modos y efectos de falla (AMEF)
 - ✓ Precisión en la instalación
 - ✓ Pruebas de desempeño
- Durante el arranque y operación.
 - ✓ Uso de un procedimiento detallado de comisionamiento, arranque y operación
 - ✓ Instituir el cuidado del operador /PM (TPM) y requerimiento de inspección (tour)
 - ✓ Conducir el monitoreo de condiciones por parte del operador del proceso y del equipo
 - ✓ Mantener el foco de los equipos en la excelencia incluyendo la entrega en el cambio de turno
 - ✓ Enfatizar el trabajo en equipo entre operaciones, mantenimiento e ingeniería.
- Actividades de mantenimiento durante el ciclo de vida
 - ✓ Programa vivo de análisis de mantenimiento centrado en confiabilidad
 - ✓ Enfatizar el uso de procedimientos detallados y sostenibles y un programa de mejoramiento continuo.

Selección de tácticas para implementación con justificación de costos (presupuesto)

Prepara el presupuesto de mantenimiento y confiabilidad para ayudar a manejar los costos requeridos para ejecutar el mantenimiento y la estrategia de confiabilidad. Prepara los casos de negocio como sea necesario para justificar esfuerzos de mantenimiento y confiabilidad para corregir deficiencias excepcionales del equipo.

1. Establece costos y mano de obra requeridos para implementar las tácticas de mantenimiento seleccionadas

1.1. Determina costos (o costos potenciales) de no confiabilidad para componentes críticos

- Costos de reparación
- Costo de reparación de daños colaterales
- Costos de oportunidad perdidas
- Costos de reemplazo de producción

1.2. Asignar recursos para reducir costos de no confiabilidad

2. Priorizar y asignar costos según se requiera para alcanzar el plan de negocios.

Ejecuta la estrategia de mantenimiento (vea Organización y liderazgo Competencias requeridas para el personal))

Aplica habilidades de gerencia del trabajo para ejecutar la estrategia de mantenimiento y confiabilidad

1. Asigna recursos para llevar a cabo cada elemento de la estrategia
2. Asegura que cada acción estratégica haya sido cerrada

Revisa el desempeño y ajusta la estrategia de mantenimiento

Repasa continuamente los indicadores claves de mantenimiento y confiabilidad para identificar la eficacia de la estrategia de mantenimiento. Ajusta la estrategia según sea necesario cuando comienzan a ocurrir desviaciones en los indicadores clave de desempeño.

1. Identifica y evalúa brechas entre el desempeño actual y las metas de mejoramiento

1.1. Revisa actividades planeadas de mantenimiento

- Están correctos los intervalos de mantenimiento?
- Los procedimientos aseguran una adecuada ejecución de la actividad?
- Las inspecciones programadas y pruebas identifican las fallas que intentan identificar?
- Las actividades de mantenimiento son costo efectivas?
- Están los PM optimizados en todos los aspectos?

1.2. Revisión de los programas de mantenimiento predictivo

- Las tecnologías de PdM y monitoreo de condiciones detectan modos de falla conocidos y justifican los costos del PdM?
- Hay nuevas tecnologías para considerar adicionales al programa de PdM?
 - ✓ Análisis de vibración
 - ✓ Análisis de shock pulse
 - ✓ Análisis acústicos y de ultrasonido
 - ✓ Análisis de calidad del aceite
 - ✓ Análisis de desgaste de partículas
 - ✓ Medición de temperatura y análisis termográfico
 - ✓ Análisis de corrientes de Hedí.
 - ✓ Análisis de circuitos eléctricos
 - ✓ Análisis de condición de transformadores
- Los operadores están aplicando cartas de control y tendencias del proceso y haciendo rutinas de "ver, oír, sentir, oler" rutinariamente?
- Están los PdM y monitoreo de condiciones integrados totalmente con la planeación y programación?

2. Identifica las mejores prácticas y nuevas tecnologías que puedan mejorar la confiabilidad de los procesos de los equipos

2.1. Benchmarking

2.2. Organizaciones de comercio y sociedades profesionales

- 2.3. Estandares industriales y especificaciones
- 3. Programas de auditorías de desempeño y conformidad con iniciativas de M&R (Maintenance & Reliability /Mantenimiento y Confiabilidad)
- 4. Ajustar metas de desempeño según se requiera para cerrar la brecha de desempeño
- 5. Analizar las fallas de los sistemas o equipos y asegurar que las estrategias de mantenimiento están direccionadas a identificar fallas potenciales según se requiera (RCFA, FMEA)
 - 5.1. Establece un proceso para calificar fallas de alto impacto para hacer análisis de fallas
 - 5.2. Establece un proceso para transferir los hallazgos en los análisis de fallas a la estrategia de mantenimiento.

3. GUÍA DE MODELO DE GESTIÓN INDUSTRIA MANUFACTURERA

3.1. INDUSTRIA MANUFACTURERA; CLASIFICACIÓN

La industria Manufacturera abarca todas las industrias en donde se lleva a cabo la transformación física o química de materiales, sustancias o componentes en productos nuevos. También, la alteración, la renovación o la reconstrucción de productos, se consideran por lo general actividades manufactureras.

Esta no es una definición única e universal pueden existir algunas variaciones a la definición. La anterior definición se basa en los criterios de clasificación de la CIIU (Clasificación Industrial Internacional Uniforme) de todas las actividades económicas; Rev 4. Adaptada para Colombia.

Otra definición para Industria manufacturera sencilla que se encuentra en internet; Es la actividad económica que transforma una gran diversidad de materias primas en diferentes artículos para el consumo.

Teniendo claro el concepto de industria manufacturera y apoyados en la CIIU se tiene la siguiente clasificación:

- Elaboración de productos Alimenticios
- Fabricación de productos textiles
- Confección de prendas de vestir
- Transformación de la madera
- Actividades de impresión de copias
- Fabricación de sustancias y productos
- Elaboración de bebidas
- Elaboración de Productos de Tabaco
- Curtido y re curtido de Cueros
- Fabricación de papel y sub productos
- Coquización, fabricación de productos de la refinación del petróleo
- Fabricación de productos farmacéutico

Químicos.

- Fabricación de aparatos y equipo eléctrico
 - Fabricación de vehículos automotores
 - Fabricación de muebles, colchones
 - Fabricación de productos de caucho y plástico
 - Fabricación de otros productos minerales no metálicos
 - Fabricación de otros productos metalúrgicos básicos
 - Industria básica de metal precioso y de metal no ferroso
 - Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos
 - Instalación, mantenimiento y a especializado de maquinaria y equipo.
- Fabricación de maquinaria y equipo
 - Fabricación de otros equipos de transp.
 - Otras industrias manufactureras

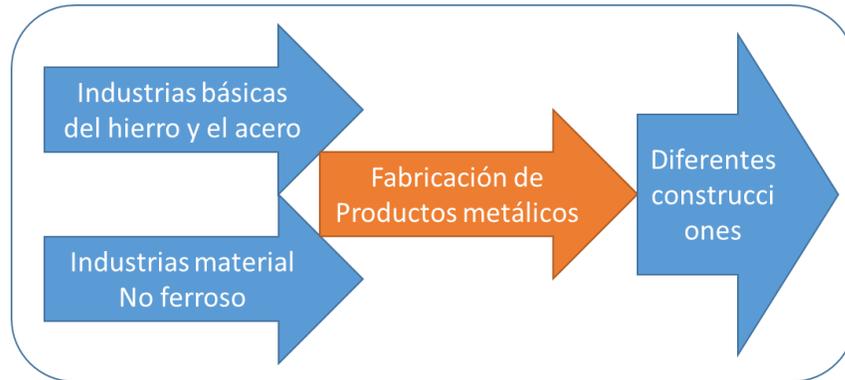
Para el caso específico de la monografía, la clasificación corresponde a:

- Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo.

Las actividades generales para el tratamiento del metal, tales como la forja o prensado, enchapado, revestimiento, grabado, perforado, pulido, soldado, entre otros procesos, que se realizan generalmente a cambio de una retribución o por contrata. Este grupo también incluye la fabricación de una variedad de productos del metal, tales como cuchillería; herramientas manuales de metal y ferretería en general; envases en lata y cubetas; clavos, tornillos y tuercas; artículos domésticos en metal; enseres fijos metálicos; propulsión de barcos y anclas; piezas y accesorios para vías férreas ensambladas y fijadas, entre otros productos, para una variedad de aplicaciones industriales y domésticas.

3.1.1. Sector Metalmecánico. El sector metalmecánico dentro de la industria manufacturera, se toma una amplia franja dentro de las clasificaciones por sub sectores. Según la distribución realizada por la mesa sectorial metalmecánica del SENA, Para la caracterización ocupacional del sector metal mecánico, el sector metalmecánico comprende las actividades encadenadas de los siguientes sub sectores en el siguiente orden:

Figura 6. Identificación sub sectores dentro del sector Metalmeccánico.



Fuente: autor

Obviamente esta clasificación arriba mostrada es una clasificación sencilla para comprender un poco los alcances del sector metal mecánico. Sin embargo y como se vio en la clasificación de la CIIU, cada una de las flechas de la anterior imagen puede comprender muchos más detalles y sub divisiones según el grado de análisis que queramos realizar.

Para el caso de análisis de la presente monografía, esta se enfocará en el sub sector de Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo, que como se mostró anteriormente, incluye las actividades de prensado, enchapado, revestimiento, grabado, perforado, pulido, soldado, entre otros procesos, que son la materia prima para los demás eslabones de la cadena, pues se enfoca en la producción y re construcción de partes y piezas.

3.2. INTEGRACIÓN Y PLANTEAMIENTO DE LA GUÍA PARA UN MODELO DE GESTIÓN.

Con el ánimo de minimizar los conceptos subjetivos en la administración de la gestión de mantenimiento y en busca de la estandarización de uno de los sectores

más influyentes dentro de la cadena productiva colombiana; como lo es el sector metal mecánico, inicia el desarrollo de la monografía.

Soportados en el conocimiento de 2 de los principales referentes de mantenimiento: Norma ISO 14224:2006 y Los lineamientos en confiabilidad (Pilares) de la SMRP, nace la siguiente propuesta para generar una guía hacia la estandarización de las bases en los modelos de gestión.

Al igual que cualquier proceso, y tal como lo hace la norma es fundamental definir y estandarizar conceptos que serán el soporte para el desarrollo de la propuesta. Dentro de las principales y más reiteradas definiciones se tiene:

Causa de falla: Las circunstancias durante el diseño, fabricación o uso que se ha convertido en una falla.

Mantenimiento: La combinación de todas las acciones administrativas y técnicas, incluyendo acciones de Supervisión, dirigidas a conservar un ítem o a restaurarlo al estado en que pueda desempeñar su función requerida.

Disponibilidad: La habilidad de un ítem de permanecer desempeñando una función requerida bajo unas condiciones dadas a un instante de tiempo, o sobre un intervalo dado asumiendo que le son suministrados todos los recursos externos.

Falla: La terminación de la habilidad de un ítem para desempeñar una función requerida.

Modo de falla: La manera observada de falla.

Planear: Identificar de manera precisa el trabajo. Implica definir el Qué, Cómo, Cuánto, Duración.

Programar: Fijar la fecha de ejecución de un plan.

Inicialmente, y posterior a definir y estandarizar terminologías a utilizar en el proceso. Las organizaciones deberán realizar una evaluación diagnóstica para identificar el estado actual de su gestión de mantenimiento.

Para esto existen varias metodologías. Una de ellas es mediante la matriz del mtto,

Tabla 11. Matriz del mantenimiento

CLASS	ESTRATEGIA DE MANTENIMIENTO	ADMINISTRACIÓN Y ORGANIZACIÓN	PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN	TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO	MEDIDAS DE DESEMPEÑO	TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y SU USO	INVOLUCRAMIENTO DE LOS EMPLEADOS	ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD	ANÁLISIS DE PROCESOS	INFORMACIÓN SOBRE INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES
WORD CLASS	Estrategia Corporativa de Mantenimiento	"Organización de Alto Desempeño"	Ingeniería de Mantenimiento y Planeación de Largo Plazo (Vista a tres años mínimo)	Todas las técnicas derivadas de un análisis estructurado	Cálculo de Efectividad de Equipos y de planta, Benchmarking y excelente base de datos de costos implementada	Bases de datos totalmente integradas	Equipos de trabajo autónomos	Programa total de confiabilidad (Predicción y Ajuste de Estrategia de Mantenimiento con base en estudios Contabilidad)	Revisión regular de los procesos de costo, tiempo y calidad, certificación ISO 9000 de los procesos de mantenimiento	Fuente única de información con toda la infraestructura de Equipos, componentes jerarquizada para realizar la gestión de mantenimiento
BEST IN CLASS	Plan de Mejoramiento a largo plazo	Admon y organización de manto "Ampliada" (Integrada) con proveedores de bienes y servicios externos	Buena planeación del trabajo, programación y Soporte de Ingeniería de Mantenimiento Implementado (Pvos con base en RCM, Análisis de Falla, Soporte Técnico)	CBM formal y dando resultados. PPMs con base en RCM. Inspecciones basadas en riesgo	MTBF/MTR, Availability, Reliability, costos de mantenimiento muy estructurados y gestionados	CMMS Convencional ligado a financiero y materiales	Equipos de mejoramiento continuo formalmente creados y funcionando	Modelamiento de Confiabilidad	Algunas revisiones de procesos administrativos de mantenimiento (estratégicos, tácticos y operativos)	Infraestructura de equipos y componentes estandarizada en las diferentes bases de datos con las cuales se realiza la gestión de mantenimiento
AWARENESS	Plan estratégico de mantenimiento a un año	Estructura organizacional de manto integrada con logística, financiera, recursos humanos, gerencia y demás áreas de la compañía.	Grupos de Planeación e Ingeniería de mantenimiento establecidos formalmente	Algo de CBM. Algo de NDT	Tiempos de parada con modo, causa y elementos de falla. Costos de mantenimiento disponibles	CMMS convencional no ligado a otros paquetes, operando y produciendo resultados	Comités de mejoramiento ad-hoc	Buena base de datos de falla, en uso y utilización de RCFA y FMEA	Revisiones periódicas de procesos o procedimientos técnicos y documentación de los procesos administrativos	Infraestructura jerarquizada y clasificada de manera que permita realizar gestión administrativa y técnica
UNSATISFACTORY	Plan de Mejoramiento de mantenimientos preventivos	Manto organizado como respuesta a la necesidad operativa del proceso productivo principal	Soporte para detección de fallas y programación elemental (no balanceo, planeación no profunda)	Inspecciones basadas en tiempo	Algunos registros de falla y costos de mantenimiento no segregados	Algunos programas y registros de repuestos	Algunas reuniones de mejoramiento en seguridad	Registro de Fallas poco usado	Procesos técnicos (procedimientos), revisados por lo menos una vez	Se dispone de la infraestructura de Equipos y componentes debidamente estructurada en algún medio magnético
INNOCENSE	Mantenimiento reactivo (run to fail)	Organización y administración funcional	No planeación. La programación es elemental y no existe la ingeniería de mantenimiento	Paradas anuales de Inspección únicamente	Ninguna aproximación sistemática a costos de mantenimiento y falla de equipos	Manual y registro ad-hoc	Solo reuniones con el personal para tocar temas sindicales o sociales	No existe registro estructurados de fallas	Procedimientos técnicos y Procesos administrativos de mantenimiento no documentados y nunca revisados (verbales o de conocimiento individual)	No existe ningún Registro de la Infraestructura de Equipos y Componentes

Fuente: GONZÁLEZ BOHORQUEZ Carlos Ramón. Mantenimiento preventivo. Especialización Gerencia de mantenimiento UIS 2013.

Esta matriz y la revisión de los criterios de certificación para el área de mantenimiento; la cual verifica el estado de mantenimiento en cuanto:

- 1) Objetivos del área de mantenimiento
- 2) Proceso de mantenimiento Normalizado
- 3) Existencia del plan de mantenimiento
- 4) Evidencia de que el plan se cumple
- 5) Procedimiento para reparaciones
- 6) Sistema de información
- 7) Procedimientos para mantenimiento
- 8) Relación interna entre áreas de mantenimiento
- 9) Protocolos de entrega y recibo de equipos
- 10) Responsabilidades definidas¹

Dan un concepto muy cercano al estado actual de la gestión de mantenimiento en cada organización. Para el caso de la evaluación por la matriz, esta permite identificar los GAP's o las brechas que existen respecto al "World class" en la gestión del mantenimiento y por ende comenzar con el plan de mejora que proyectará a mantenimiento al nivel deseado.

Cabe recordar que para los planes de mejora se debe realizar un balance costo efectivo para contar con la aprobación y apoyo de la dirección de la empresa en cada una de las decisiones a implementar, y posterior a esta aprobación, diseñar y transmitir las nuevas metas propuestas a todo el personal involucrado directa o indirectamente con el proceso. Tanto por encima de la pirámide organizacional (que fue lo primero) cómo hacia los niveles inferiores.

¹ TAMAYO Carlos Mario. Gerencia Estratégica y operacional del mto. Especialización gerencia de mantenimiento. UIS 2014

La evaluación de los actuales, o generación de nuevos indicadores, se hace según las necesidades encontradas y las metas y objetivos propuestos. Los indicadores según los pilares de la SMRP a definir, deben ser analizados y seleccionados de manera que no retrasen o confundan la estrategia. Estos indicadores deben contar con los siguientes elementos:

- Definición del indicador - Objetivo del indicador - Quien lo administrará
- Frecuencia de toma - Medida y rango -Fórmula matemática
- Definición para cada elemento dentro de la formula -Ejemplo de cálculo
- Parámetros comparativos (El mejor de la clase)

Trazado el rumbo, lo que queda es armarse de las mejores herramientas (apropiadas al sector) costo efectivas según lo que se desea como retribución, a cambio de la implementación.

Dentro de las herramientas para el mejoramiento se puede escoger entre RCM, FMEA, PARETO's, RCA's, RCFA etc y aquellas asociadas a las filosofías TPM, KAIZEN,LCC, entre otras, las cuales se escogen según el enfoque del mejoramiento y la necesidad de la organización.

A grandes rasgos se señala la aplicabilidad de cada una de ellas:

RCA: Los RCA (Análisis de Causa Raíz) son principalmente usados como herramienta para anticiparse a situaciones no deseadas. Son análisis que se deben realizar para procesos críticos en donde las consecuencias pueden ser catastróficas.

Los RCFA son análisis de causa raíz de la falla, son análisis indispensables ante una falla crítica.

Las fallas según la ISO 14224:2006 define y clasifica las fallas en 4 niveles:

- Críticas -Degradadas -Incipientes Desconocidas

Cada una de ellas según la afectación de la función principal y las funciones secundarias.

La falla crítica es aquella falla en donde se afecta completamente la función principal del equipo o proceso.

La falla Degrada hace referencia a la pérdida parcial de la función principal (salida de parámetros) E.g: Una bomba cuyos parámetros de diseño están en; Presión: 1500 +/- 3 psi y caudal: 20 +/- 2 gpm, y por condiciones de su ciclo de vida envía 15 gpm. En este caso sale de sus parámetros de diseño pero no pierde la totalidad de su función principal.

La falla Incipiente es aquella falla que afecta una o más funciones secundarias del equipo o proceso.

La falla desconocida es aquella falla en donde en cierto momento el equipo pierde alguna de sus funciones pero vuelve a su estado normal sin explicación alguna de lo sucedido.

También existe otra clasificación de falla según la frecuencia de ocurrencia, que aunque no aparece normalizada, se usan en el campo del mantenimiento. Estas son: Fallas crónicas y fallas catastróficas. Las primeras su impacto no es tan alto pero tiene una alta frecuencia de ocurrencia. Las fallas catastróficas son aquellas fallas que se dan 1 en periodos superiores a 3 años y cuya consecuencia puede ser muy alta E.g: Caso Plataforma B.P Golfo de México.

Los análisis de Pareto mediante la curva de Lorens son análisis que son altamente útiles en el caso de fallas crónicas para determinar los elementos relevantes en las fallas.

Los análisis de Pareto también tienen un uso preferente para análisis de malos actores “bad actors”

Los RCM, FMEA y FMECA son útiles para evaluar o generar planes de mantenimiento, cabe recordar que el mantenimiento es algo dinámico y con el paso del tiempo van a necesitar (al igual que nosotros) más mantenimiento. Y este aumento en mantenimiento depende directamente de las condiciones en las que hasta ese momento se haya desempeñado (factores externos e internos del mantenimiento y la operación).

En cuanto a las filosofías de mantenimiento, cada una de ellas tiene un componente fundamental para su aplicación llamado factor socio cultural. Debido a la procedencia de cada una de estas filosofías, es de vital importancia analizar y tener en cuenta antes de comenzar su implementación.

En general todo lo expuesto anteriormente hace parte del plan de mejoramiento para la gestión del mantenimiento en cualquier organización y que claramente aplica para el sector metalmecánico, con la diferencia exclusiva de que en estos sectores casi siempre el mantenimiento es autónomo debido a los perfiles profesionales y a las condiciones del sector.

Sin embargo dentro del proceso de mejoramiento y eliminación de brechas hay ciertos elementos indispensables que se deben tener y que en este modelo se propone estandarizar según los lineamientos que soportan la monografía.

Cómo se expuso en capítulos anteriores, la efectividad en la toma de las decisiones (En este caso, de mejora) depende directamente de la calidad de los datos que la soportan.

Todas las organizaciones de la industria manufacturera y para este caso, del sector metalmecánico deben tener un claro esquema de flujo de órdenes de trabajo, con un diseño de orden, según la necesidad de la empresa. E.g: Si lo que se desea es reducción de costos en mantenimiento, la O.T (orden de trabajo) deberá traer una mayor cantidad de casillas que especifiquen cada consumo en las actividades del mantenimiento. Si el objetivo son los tiempos de reparación, la O.T debe venir diseñada para poder registrar todos los tiempos que implican una actividad de mantenimiento (Tiempos administrativos, desplazamientos, Inconvenientes, Herramienta en mano, enfriamiento de equipos, etc).

Así mismo, se sabe que el insumo para el diligenciamiento de las O.T son los mantenimientos a los equipos, con lo que es indispensable tener previamente bien identificados cada equipo (Diagrama de límites/diagrama de bloques y taxonomía).

Mediante la identificación de los sistemas y componentes por nivel taxonómico, cada una de las fallas va a ir asignada al componente del sistema en el equipo. E.g: Falla de la bomba (Componente) en el sistema de refrigeración (sistema) del Vehículo. Con esta identificación se obtiene:

- Asignación de la falla al componente del sistema (Bomba del sistema de refrigeración del vehículo)

Esta clara asignación de falla a nivel componente, me llevará; en el caso de haber fallas reiteradas de la bomba, a tomar la decisión de investigar el componente de falla (Bomba). Para el caso contrario; y no deseado, de no tener la clasificación del

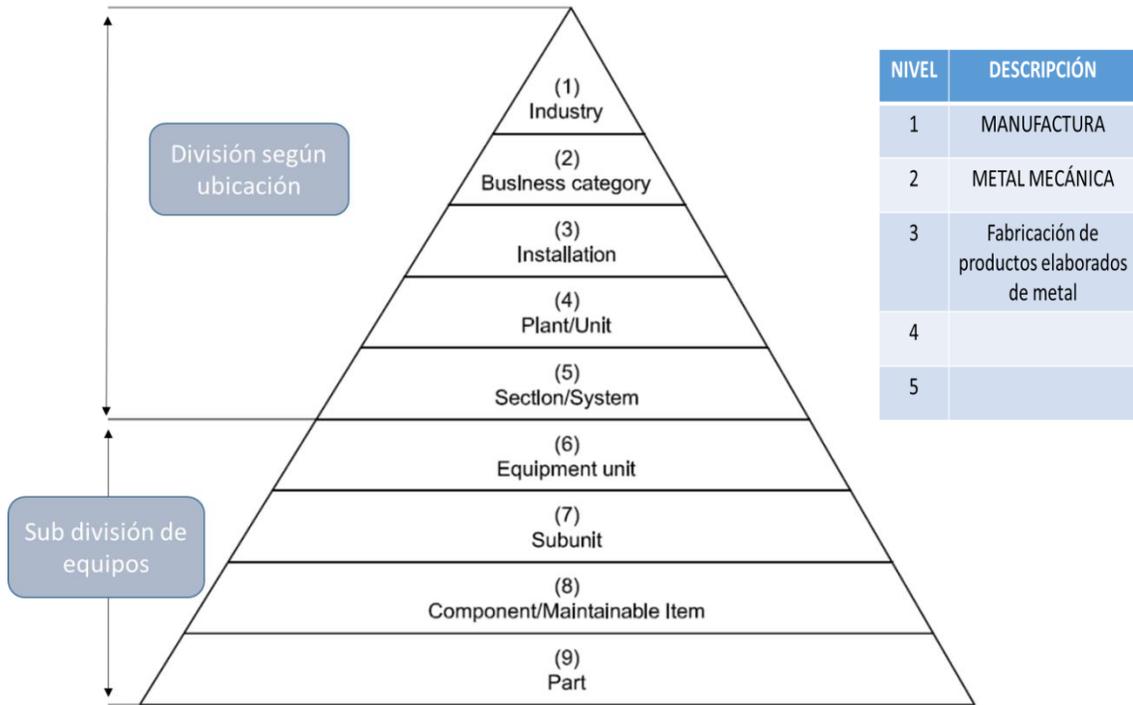
vehículo en el ejemplo anterior, difícilmente se podría encontrar a final de año (Informe anual para toma de decisiones) la causa física de la falla, pues todas las O.T's vendrían asociadas al vehículo; sabiendo la cantidad de sistemas y componentes que este posee para su operación correcta.

Para esto se propone la creación de una propia pirámide taxonómica para el sector metal mecánico y así mismo compartir esfuerzos en la generación de los correspondientes diagramas de límites para los equipos más utilizados en la industria.

En la siguiente imagen se muestra la clasificación para el caso de la monografía. Esta se realiza basado en la clasificación de la CIIU para la industria manufacturera y para el sub sector de Fabricación de productos elaborados de metal.

Así como para este sub sector dentro del sector metalmecánico en la industria manufacturera, se puede realizar la siguiente clasificación.

Figura 7. Clasificación taxonómica para Industria manufacturera.



De la misma forma en la que se realiza esta adaptación para clasificación taxonómica, se puede adaptar los códigos para los mecanismos, causas y modos de falla para los equipos más utilizados en este tipo de instalaciones de la industria manufacturera.

Por otra parte la definición de tareas dentro del diagrama de flujo de la O.T tiene que estar muy bien definido. Roles y responsabilidades según la necesidad del cargo y el perfil profesional de quien lo ocupa hacen que no haya espacios para conflictos en las tomas de decisiones. Logrando procesos más ágiles, mejor clima laboral y menos desperdicio de tiempo en las actividades.

Con esto se debe dejar asegurada la calidad en las actividades de mantenimiento. Datos confiables, en formatos correctamente diseñados con códigos estandarizados para equipos y procesos caracterizados. De igual forma roles y responsabilidades bien definidos.

Con todo lo arriba expuesto plenamente asegurado solo queda pendiente el control, la retroalimentación, la re evaluación y la mejora continua. Para esto son indispensable los indicadores y métricas, las auditorias y el Benchmarking interno y externo.

Teniendo claramente identificadas las diferencias entre disponibilidad y confiabilidad, se resalta el hecho de la distribución de los datos para el cálculo de cada uno de ellos.

Para los cálculos de Disponibilidad la principal característica es la identificación de los tiempo (Down time) de paradas; cómo se expuso en capítulos anteriores. El cálculo de la disponibilidad puede llegar a confundir si no se tienen las bases suficientes sobre el alcance de tal indicador.

La disponibilidad se puede calcular según la necesidad de control de la organización, tomando como referencia al ingeniero Alberto mora Gutiérrez en su libro mantenimiento industrial efectivo, la disponibilidad puede ser:

- Genérica (Dg) * Inherente o Intrínseca (Di) * Alcanzada (Da)
- Operacional (Do) *Operacional generalizada (Dgo)

Cada una de ellas maneja una forma diferente de calcular; con tiempos diferentes.

Para el cálculo de la Confiabilidad únicamente son tomados para análisis aquellos datos que hayan sido producto de una falla del equipo o del proceso, también conocidas como Trips.

Otros de los indicadores utilizados en mantenimiento son el MTTR, MTBF, MTTF que hacen parte de los KPI's en mantenimiento junto con indicadores de Backlog y workload.

Todos estos indicadores, bien administrados y teniendo asegurados los datos de entrada son el input para poder realizar los Benchmarking internos y externos, de manera que se pueda medir el proceso de gestión con respecto al world class

4. CONCLUSIONES

- La ISO 14224:2006 presenta unas recomendaciones y normaliza estándares de mantenimiento para la industria del Petróleo, petro química y del gas, sin embargo estos estándares son extrapolables para cualquier sector dentro de la economía que maneje actividades de mantenimiento, y en este caso particular para el sector metalmecánico dentro de la industria manufacturera en Colombia.
- Los pilares de la SMRP son excelentes referentes para la gestión del mantenimiento y la confiabilidad, y la gestión de activos. Para el sector metalmecánico en Colombia; en especial el encargado de la fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo, estos pilares ayudan a la optimización de los recursos y el mejoramiento en el ambiente laboral dentro de la compañía. Haciendo a las compañías más atractivas para los inversionistas.
- La integración de estos dos grandes referentes del mantenimiento diseñan un modelo compacto deseable para cualquier organización que quiera proyectarse hacia las organizaciones con mantenimiento clase mundo.
- Cualquier organización que quiera mejorar sus procesos, optimizar el ciclo de vida de sus activos y proyectarse a un futuro con mayores utilidades puede tomar herramientas de esta guía y adaptarlas mediante un buen plan estratégico.

- La gestión de mantenimiento no puede ser un proceso empírico y subjetivo. Existen lineamientos y estándares que mediante la experiencia de la evolución han dejado al descubierto excelentes prácticas en mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

ACIEM (Asociación Colombiana de Ingenieros). Curso Instructor, Ing. Pedro Eliseo Silva. Memorias: curso taller ingeniería de confiabilidad. 19,20 y 21 de febrero Bogotá.

AMENDOLA, Luis. Modelos Mixtos de confiabilidad. Valencia, España -. 2002

CONFIABILIDAD. NET [en Línea] Disponible en: <http://www.confiabilidad.net/> (03 Septiembre 2014)

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. Clasificación Industrial Internacional Uniforme De Todas Las Actividades Económicas. Rev. 4. Bogotá, D. C. DANE. marzo de 2012. P111. CIU Rev. 4 A.C.

GONZÁLEZ BOHÓRQUEZ Carlos Ramón. Materia: Mantenimiento Preventivo 2013. Especialización en Gerencia de mantenimiento UIS Bucaramanga

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. INTERNATIONAL STANDARD, Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment. ISO 14224: 1999. 1st Ed.

ISO members [en línea] disponible en:http://www.iso.org/iso/home/about/iso_members.htm (03 Septiembre 2014)

MORA, Alberto. mantenimiento industrial efectivo. Medellín Colombia, Editorial COLDI, Junio 2012. 2da Ed

MOUBRAY, John Mitchell. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad II. United Kingdom, Editorial Aladon Ltda. 2004. (RCM).

OREDA. Offshore Reliability Data [en Linea] Disponible en: <http://www.oreda.com/general%20oreda%20presentation.pdf> (03 Septiembre 2014)

SMRP The Society For Maintenance And Reliability Professionals [en Linea] Disponible en: <http://www.smrp.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3553> (03 Septiembre 2014)

SOCIETY FOR MAINTENANCE AND RELIABILITY PROFESSIONALS. Pilares del CMRP. <[HTTP:\www.smrp.org](http://www.smrp.org)>[Citado en agosto de 2014].

TAMAYO DOMÍNGUEZ Carlos Mario. Gerencia estratégica y operacional del mantenimiento 2014. Especializacion en Gerencia de mantenimiento UIS Bucaramanga.