

**ORGANIZACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS DE MANTENIMIENTOS
REALIZADOS EN EL CAMPO LA CIRA-INFANTAS DURANTE EL
PERIODO 2011 BAJO LA NORMA ISO 14224.**

**(Modelo de Gestión Basado en Procesos para Mantenimiento ISO
14224:2006)**

EDER JAIMES GARCÉS

JOSE ANTONIO ROMERO POSSO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BUCARAMANGA

2012

**ORGANIZACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS DE MANTENIMIENTOS
REALIZADOS EN EL CAMPO LA CIRA-INFANTAS DURANTE EL
PERIODO 2011 BAJO LA NORMA ISO 14224.**

**(Modelo de Gestión Basado en Procesos para Mantenimiento ISO
14224:2006)**

EDER JAIMES GARCÉS

JOSE ANTONIO ROMERO POSSO

**MONOGRAFÍA DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ESPECIALISTAS EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO**

Director del Proyecto:

RODRIGO ALONSO MANZANO MANZANO

INGENIERO MECÁNICO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

BUCARAMANGA

2012



A C U E R D O No. 164 DE 2003
(diciembre 16)



**ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO, TRABAJOS
DE INVESTIGACION O TESIS Y AUTORIZACIÓN
DE SU USO A FAVOR DE LA UIS**

Yo, JOSE ANTONIO ROMERO POSSO, mayor de edad, vecino de
Bucaramanga, identificado con la Cédula de Ciudadanía No. 7'917.585
de CARTAGENA, actuando en nombre propio, en mi calidad de autor del trabajo de
grado, del trabajo de investigación, o de la tesis denominada(o):

ORGANIZACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS DE MANTENIMIENTOS REALIZADOS
EN EL CAMPO LA CIRA-INFANTAS DURANTE EL PERIODO 2011 BAJO LA NORMA
ISO 14224. (Modelo de Gestión Basado en Procesos para Mantenimiento ISO
14224:2006)

hago entrega del ejemplar respectivo y de sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD o DVD) y autorizo a LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, para que en los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquiler, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. PARÁGRAFO: La presente autorización se hace extensiva no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, uso en red, Internet, extranet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es de su exclusiva autoría y detenta la titularidad sobre la misma. PARÁGRAFO: En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión, EL AUTOR / ESTUDIANTE, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados; para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia se firma el presente documento en dos (02) ejemplares del mismo valor y tenor, en Bucaramanga, a los 15 días del mes de NOVIEMBRE de Dos Mil doce (2012).

EL AUTOR / ESTUDIANTE:

(Firma) JA.P.S.O.

Nombre Jose Antonio Romero Posso -
cc. 7917585 de cartagena.



DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A mi Dios que me demuestra lo mucho que me ama otorgándome todos
los días muchas bendiciones.

A mis padres Eduardo y Yolanda, quienes siempre me apoyaron y me
dieron su amor.

A Paola mi novia, amiga, mujer, confidente y todo lo siempre quise
encontrar en una mujer, quien aparte de regalarme todo su amor, me ha
dado la enorme felicidad de ser padre.

A mi familia quien ha sido mi apoyo y ejemplo a seguir.

Y a todos aquellos que ven en mi una gran persona y un gran
profesional.

EDER.

A Dios Padre, su gran hijo Jesús y a el Espíritu Santo; este título no
valdría nada si Tú Señor no me lo hubieras entregado.

A mi esposa Imslian Andrea, mi hija Mariana y mi hijo Juan José.

A mi hermosa y gran familia que me apoyo con su tiempo y oraciones.

JOSE ANTONIO.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
2.1 OBJETIVOS.....	4
2.1.1 OBJETIVO GENERAL	4
2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
2.3 JUSTIFICACIÓN.....	7
2.4 POSIBLES INTERESADOS EN EL PROYECTO	9
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	10
3.1 NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES DE LA ISO	18
4. DESARROLLO DE LA ORGANIZACIÓN	20
4.1 GENERALIDADES.....	20
4.2 ALCANCE.....	20
4.3 TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	21
4.4 APLICACIÓN DE LA NORMA	27
4.4.1 EQUIPOS CUBIERTOS:.....	27
4.4.2 PERIODOS DE ANÁLISIS:	28
4.4.3 USUARIOS DE LA NORMA ISO 14224:	28
4.5 RECOMENDACIONES PARA EL INTERCAMBIO DE DATOS:.....	28
4.5.1 DETALLE VS. DATOS PROCESADOS:	29
4.5.2 CONFIDENCIALIDAD DE LOS DATOS:	29
4.5.3 SEGURIDAD DE LOS DATOS:	29
4.5.4 ESTIMAR LOS COSTOS DE LOS DATOS:.....	29
4.6 BENEFICIOS DE LA RECOLECCIÓN E INTERCAMBIO DE DATOS	30
4.7 DATOS.....	32
4.7.1 CALIDAD DE DATOS	32
4.7.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	38
4.8 LÍMITES DE LOS EQUIPOS Y TAXONOMÍA	40
4.8.1 DESCRIPCIÓN DE LAS FRONTERAS	40

4.8.2	TAXONOMÍA.....	41
4.8.3	ASPECTOS DE TIEMPO EN LA RELACIÓN DATOS	45
4.9	DATOS RECOMENDADOS PARA LOS EQUIPOS, FALLAS Y MANTENIMIENTOS.....	48
4.9.1	CATEGORÍAS DE LOS DATOS.....	48
4.9.2	FORMATO DE LOS DATOS.....	50
4.9.3	ESTRUCTURA DE LOS DATOS.....	51
4.9.4	DATOS DE LOS EQUIPOS	53
4.9.5	DATOS DE LAS AVERÍAS	55
4.9.6	DATOS DE MANTENIMIENTOS	56
5.	DESARROLLO DEL ANÁLISIS.....	62
5.1	ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS DE MANTENIMIENTO	63
5.2	RESULTADOS DEL ANÁLISIS.....	80
6.	CONCLUSIONES.....	86
7.	RECOMENDACIONES	88
8.	BIBLIOGRAFÍA.....	92

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa ubicación campo La Cira Infantas	7
Figura 2. Ejemplo de diagrama de fronteras	41
Figura 3. Taxonomía	41
Figura 4. Ejemplo de taxonomía de un sistema	43
Figura 5. Ejemplo de los tiempos del mantenimiento	47
Figura 6. Estructura lógica de los datos (Ejemplo).....	51
Figura 7. Categorías del Mantenimiento	57
Figura 8. Vista de opción de filtrado	65
Figura 9. Opción de filtro.....	65
Figura 10. Opción de autofiltro	66
Figura 11. Encabezado de la tabla de organización de los datos de averías	81
Figura 12. Encabezado de la tabla de organización de los datos de mantenimiento	81
Figura 13. Resumen de criticidades de las fallas analizadas.....	82
Figura 14. Resumen de eventos según el modos de falla.....	82
Figura 15. Resumen de eventos según el mecanismo de falla.....	83
Figura 16. Resumen de eventos según la causa de la falla	83
Figura 17. Resumen de eventos según la subunidad en la falla	84
Figura 18. Resumen de eventos según el componente en falla	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Problemas, limitaciones y almacenamiento de datos de calidad	37
Tabla 2. Datos de los equipos comúnmente aplicados a todas las clases de equipos.....	53
Tabla 3. Datos de las averías	55
Tabla 4. Datos de las actividades de mantenimiento	60
Tabla 5. Severidad según barriles diferidos	64



RESUMEN ESPAÑOL

TÍTULO: ORGANIZACIÓN DE DATOS HISTÓRICOS DE MANTENIMIENTOS REALIZADOS DEL CAMPO LA CIRA-INFANTAS DURANTE EL PERIODO 2011 BAJO LA NORMA ISO 14224. (Modelo de Gestión Basado en Procesos para Mantenimiento ISO 14224:2006)¹

AUTORES: EDER JAIMES GARCÉS

JOSE ANTONIO ROMERO POSSO²

PALABRAS CLAVES: ISO, 14224, falla, modo, mecanismo, causa, información, dato.

CONTENIDO:

El siguiente trabajo describe la forma de cómo propone la norma ISO 14224 una base completa para la normalización, recolección, almacenamiento e intercambio de datos de confiabilidad de mantenimiento de equipos en todo su ciclo de vida.

El origen, el manejo, la calidad de sus datos, y la organización de la información en un sistema gerencial del mantenimiento es parte clave en el alcance de los resultados deseados en cualquier estrategia de mantenimiento enfocada hacia la ausencia de fallas, la alta disponibilidad de los equipos y los procesos continuos de producción, por lo cual por medio del presente documento describiremos el análisis de los datos recopilados durante el periodo 2011 del área de mantenimiento en el campo La Cira-Infantas, como punto de mejora de la estrategia de mantenimiento actual hacia el aumento y establecimiento de una alta confiabilidad del sistema de producción del campo petrolero.

Consiste, en parte, de una base documental en español de la norma ISO 14224 versión 2006, de las definiciones contenidas en ella y de un glosario de mantenimiento útil para el propio alcance de la norma, así como, para las área de aplicación de las estrategias de mantenimiento por fuera de la industria del petróleo, petroquímica y del gas natural.

¹ Monografía de grado.

² Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Rodrigo Alonso Manzano Manzano.



ABSTRACT ENGLISH

TITLE: ORGANIZATION OF HISTORICAL DATA FIELD MAINTENANCE PERFORMED THE CIRA-INFANTAS DURING THE PERIOD 2011 UNDER ISO 14224. (MODEL BASED ON PROCESS MANAGEMENT MAINTENANCE ISO 14224:2006)³

AUTHORS: EDER JAIMES GARCÉS

JOSE ANTONIO ROMERO POSSO⁴

KEYWORDS: ISO, 14224, failure, mode, mechanism, cause, information, data.

ABSTRACT:

The following paper describes the way how ISO 14224 proposes to provide a comprehensive basis for standardization, collection, storage and exchange of reliability data for equipment maintenance throughout its life cycle.

The origin, management, data quality, and organization of information in a maintenance management system is a key part in reaching the desired results in any maintenance strategy focused on the absence of failures, high availability equipment and continuous production processes, so through this document describe the analysis of data collected during the period 2011 maintenance area in the La Cira-Infantas field, as a strategy to improve the current maintenance to the rise and establishment of high reliability of production system oil Field.

It consists, in part, a Spanish documentary basis of standard ISO 14224 version 2006 of the definitions contained on it and a useful glossary of maintenance inside the very scope of the standard as well as to the area of application of the maintenance strategies outside the oil industry, petrochemical and natural gas.

³ Monograph grade.

⁴ Escuela de Ingeniería Mecánica. Especialización en Gerencia de Mantenimiento. Director: Rodrigo Alonso Manzano Manzano.



1. INTRODUCCIÓN

La norma ISO 14224:2006 tiene como objetivo la estandarización internacional del proceso de recolección de los datos de mantenimiento, permitiendo así una mayor facilidad en el intercambio de la información relevante entre empresas del sector petroquímico, petrolero o del gas.

Esta norma nace a partir de la industria petrolera, petroquímica y de gas natural, queriendo lograr una confiabilidad en los datos del mantenimiento en las instalaciones (áreas de perforación, producción, refinación y transporte de petróleo y gas natural, etc.), por medio de la recopilación de datos de manera estandarizada durante todo el ciclo de vida del activo.

La norma ISO 14224:2006 permite que los usuarios puedan usar la información de una manera confiable y así tomar las mejores decisiones. Además, esta norma establece directrices y principios claros para el manejo de los datos de confiabilidad del área de mantenimiento, partiendo del listado de equipos en la manera como deben ser recopilados, esta información debe contener los datos relevantes del equipo (Taxonomía), datos de fallas (Causas y consecuencias), datos de mantenimiento (Actividades de mantenimiento, y recursos utilizados) y consecuencias del mantenimiento y la confiabilidad (Disponibilidad, seguridad, medio ambiente y mantenibilidad). La norma ISO 14224:2006 establece una serie de niveles jerárquicos que sirven para mostrar en grupos y categorías los principales tipos de equipos y de sistemas, donde se requiere tener un mínimo de datos, los cuales deben ser registrados en un formato estándar para facilitar su análisis.



Este estudio parte de la necesidad encontrada en el departamento de mantenimiento del campo petrolero La Cira-Infantas, operado por la asociación Oxy-Ecopetrol, donde se identificaron datos de mantenimientos correctivos y preventivos del periodo 2011 levantados por personal de operación y mantenimiento sin utilizar un estándar internacional. La implementación de esta norma técnica internacional en el campo La Cira-Infantas permitiría aumentar muy significativamente la calidad en los datos de mantenimiento, debido a que la información resultante se podría intercambiar y comparar con total tranquilidad.

La información recopilada de los mantenimientos (datos técnicos que dan origen a la selección y desarrollo de este documento) no puede ser divulgada por considerarse confidencial al interior del departamento de mantenimiento del campo La Cira-Infantas pero esperamos que en el desarrollo del análisis logremos mencionar los puntos clave que puedan ser aplicables al realizar el mismo proceso en datos más recientes del mismo campo o en otras aplicaciones similares.

El alcance del proceso que describimos en este libro incluye los parámetros y criterios que fueron asumidos en el proceso de organización de la información recibida de las actividades de los mantenimientos realizados durante el periodo 2011, basados en los conocimientos específicos del campo por parte de los autores, sin incluir análisis detallados de esta información ya que el enfoque de la captura de los datos por parte del personal de campo no fue hacia los procesos de mejora de la confiabilidad, desde cada uno de sus elementos hacia todo el sistema (desde lo particular hacia lo general) o para permitir compartir la información entre empresas del sector petrolero, sino hacia la cuantificación de pérdidas por producciones no extraídas del subsuelo o diferidas y/o la identificación de malos actores



en el campo, organizado entre los grandes grupos que podrían ser llamados disciplinas (eléctrica, mecánica, instrumentación y equipo estático).

En la fundamentación teórica de este documento nos remitiremos continua y ampliamente a la norma ISO 14224 de 1999 y del 2006 como fuente técnica. Tomando continuos párrafos traducidos al español en un lenguaje que esperamos sea de fácil comprensión para un lector con conocimientos básicos de mantenimiento.



2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 OBJETIVOS

2.1.1 OBJETIVO GENERAL

Organizar los datos históricos de mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos obtenidos del campo durante el periodo 2011, bajo la norma internacional ISO 14224:2006, según solicitud del departamento de mantenimiento del campo de producción la Cira-Infantas de Ecopetrol S.A.

2.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El cumplimiento del objetivo general del proyecto comprende lo siguiente:

- ✓ Estandarizar bajo la norma internacional ISO 14224:2006 la información de los datos históricos obtenidos en campo de las actividades de los mantenimientos correctivos, preventivos y predictivos realizados durante el periodo 2011.
- ✓ Aportar en el desarrollo de un procedimiento corporativo de identificación de los eventos de mantenimiento a recopilar del campo.
- ✓ Generar un documento base de consulta de la aplicación de la norma internacional ISO 14224:2006.



- ✓ Describir las ventajas en el levantamiento y registro de los eventos bajo la normativa internacional ISO 14224:2006.
- ✓ Detallar las ventajas del empleo de la norma ISO 14224:2006 en el campo de producción La Cira-Infantas.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El campo de explotación petrolera La Cira–Infantas se encuentra ubicado en el área de influencia del municipio de Barrancabermeja, actualmente se encuentra operado por la asociación entre Ecopetrol y Occidental Andina LLC (OXY), la cual fue suscrita el 5 de septiembre del 2005 en un contrato de colaboración empresarial con el fin de incrementar la producción y las reservas extraíbles del campo La Cira-Infantas, ubicado en el corregimiento El Centro (Santander).⁵

Este proyecto hace parte de la recuperación de campos maduros de Colombia, como una de las acciones contempladas en la estrategia del Gobierno Nacional y de Ecopetrol para frenar la caída en la producción y aplazar la pérdida de la autosuficiencia petrolera.

Para llevar a cabo el proyecto de explotación petrolera se ha requerido de cuantiosas inversiones y la incorporación de nuevas tecnologías, donde Ecopetrol continua siendo el operador de las actividades de producción del campo y Occidental Andina es el ejecutor de las inversiones que el proyecto requiera.

⁵ Contrato de Colaboración Empresarial La Cira -Infantas, Ecopetrol S.A y OXY http://www.ecopetrol.com.co/contenido_imprimir.aspx?conID=39113&catID=200



La producción de campo ha presentado un aumento en los últimos años desde un valor de 5.000 barriles día a un valor actual de alrededor de 37.000 barriles día⁶, con lo cual se ha requerido un aumento en la infraestructura y de equipos de mayor capacidad. Para mantener este crecimiento en la producción se requiere de una estrategia de mantenimiento con alta confiabilidad que permita cumplir las metas proyectadas al 2014.

Cabe anotar que en la actualidad existen alrededor de 864 pozos productores distribuidos en 180 km cuadrados del área de influencia del proyecto lo cual demanda una estrategia elaborada del mantenimiento.

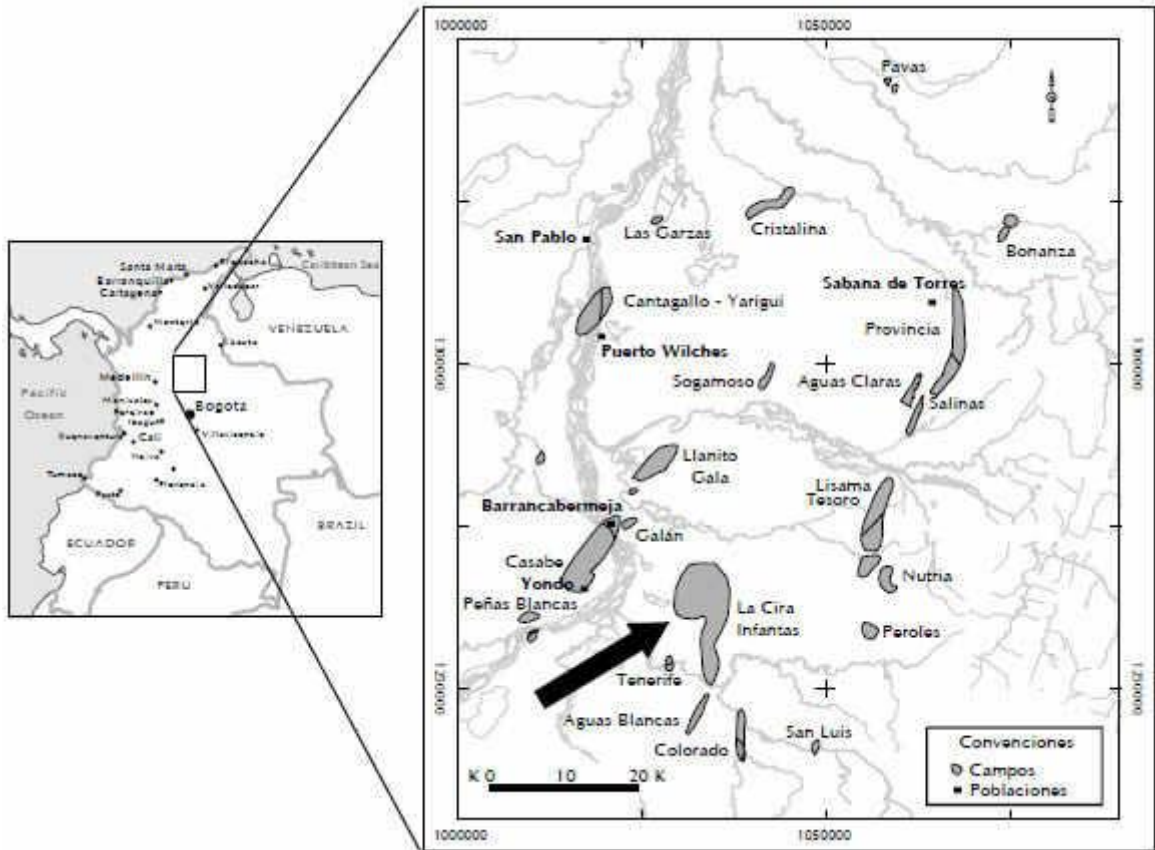
Basados en los datos históricos de mantenimiento recopilados por el personal de campo durante el periodo 2011, los cuales no fueron tomados de acuerdo a ningún estándar internacional, se evidencia una oportunidad de mejora en la estrategia actual y futura del levantamiento en campo de la información de los mantenimientos, que puede impactar en la estrategia de confiabilidad del área de mantenimiento, todo esto, aplicado en un sistema de información que comprende los eventos y procedimientos involucrados, con realimentación efectiva a través de su propia producción de información, a través de la generación de información externa a él y en el mejor de los casos lograr comparar el departamento de mantenimiento con los departamentos de mantenimiento de otras zonas de la misma empresa o en general de la industria petrolera.

Los campos La Cira-Infantas están ubicados en la parte central de la antigua Concesión de Mares, al oriente del río Magdalena y al sur del río Sogamoso, abarcando un área de 160 kilómetros cuadrados y a 22

⁶ Boletines corporativos Comunicados ECOPETROL S.A. y Comunicaciones Magdalena medio

kilómetros de Barrancabermeja. Son los campos de mayor producción a lo largo de la historia en la cuenca del valle medio del Magdalena.

Figura 1. Mapa ubicación campo La Cira Infantas



2.3 JUSTIFICACIÓN

De acuerdo a la situación planteada anteriormente la norma ISO 14224:2006, brinda una base internacional para la organización y recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato estándar para las áreas de perforación, producción, refinación y transporte de petróleo y gas natural, con criterios que pueden extenderse a otras actividades e industrias; de la cual tomaremos los



lineamientos para la organización de la información de las actividades de mantenimiento del periodo 2011.

Con esta investigación se pretende complementar y mejorar la metodología aplicada actualmente en la especificación, recolección y aseguramiento de la calidad de los datos de campo que permitan cuantificar la confiabilidad de equipos y componentes que permita compararla con la de otros campos de producción de características similares en la industrial del petróleo y gas, además de recomendaciones, en este proceso, hacia el personal de campo (directo y contratistas) que labora al servicio del departamento de mantenimiento del campo La Cira-Infantas.

Anteriormente no se ha realizado ningún estudio específico del modelo de organización de datos recopilados en el campo bajo la norma ISO14224, en su versión del año 1999 o de la versión más reciente del año 2006, del campo La Cira-Infantas o en proyectos anteriores presentados ante la Universidad Industrial de Santander a nivel de postgrado, sin embargo es posible encontrar en internet información general en inglés principalmente de aplicaciones de esta norma en el mundo.

El proyecto de implementación de la estrategia de levantamiento de los datos del mantenimiento bajo los parámetros de la norma ISO 14224:2006, basado en la organización de los datos del año 2011, es viable en el departamento de mantenimiento del campo La Cira-Infantas, teniendo en cuenta que requerirá invertir en capacitación en la norma al personal de campo que levanta los datos, así como personal adicional exclusivo y capacitado en la norma que asegure la calidad de la información recibida (como primer nivel de calidad), redefinir los



arboles taxonómicos de los activos y sus componentes basándose en la propuesta de la norma y capacitar al personal actual que analiza y presenta los resultados de la información (segundo nivel de calidad), todo esto apuntando a la implementación de una estrategia de gerenciamiento del mantenimiento ya sea RCM, TPM, etc.

2.4 POSIBLES INTERESADOS EN EL PROYECTO

- ✓ ECOPETROL S.A.
- ✓ Occidental Andina L.L.C.
- ✓ Personal directivo y técnico de operación y mantenimiento.
- ✓ Empresas del sector Petrolero.
- ✓ Ingenieros de confiabilidad de Ecopetrol S.A. y empresas contratistas del campo.



3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En general, no se da la suficiente importancia a la medición de resultados tomados del registro de datos sistemático y ordenado bajo un único criterio, como instrumento para gerenciar el área de mantenimiento como un negocio sino, en muchos casos, a la intuición en el conocimiento de los equipos, sistemas y en muchos casos a la experiencia intangible del personal operativo de mantenimiento o de sus directivos, por esto, la falta del uso continuado de registros, imposibilita establecer mecanismos de comparación de los indicadores con aquellos de clase mundial.

En muchos casos se percibe la falta de rigor en la recolección y registro de datos que permita alimentar estos cálculos; como elementos fundamentales para la administración y toma de decisiones y aunque el mercado tiene en existencia diferentes herramientas computacionales que, en teoría, permitirían resolver estos conflictos, pero que muchos de estos no describen lo básico. Y esto es, ¿Cómo administrar la información?, ¿Qué datos guardar?, ¿Como clasificarlos?, ¿Cómo relacionarlos? ¿Qué criterios de identificación de eventos y actividades se tendrán en cuenta para el registro de la información?, etc., de modo que los cálculos y análisis que se deriven de aquellos no se constituyan en otro problema de interpretación, adicional a los existentes.

Asimismo, se encuentra bibliografía abundante y disponible en la que se dan guías acerca de este tema; pero, como dice la pregunta anterior, con falta de criterios estrictos y límites a adoptar, su uso e implementación en Operación y Mantenimiento (O&M); y la



circunstancia de que los Índices no pueden ni deben ser medidos en forma aislada, sino que necesitan de otros que los complementen.

Desde el año 2001 varios operadores han puesto en marcha una iniciativa industrial centrada en el intercambio de información de fallas, prácticas operacionales y otros datos pertinentes al mantenimiento, como un esfuerzo para obtener una mejor comprensión de los diversos factores que afectan la vida de los activos. Al principio, las compañías involucradas reconocieron que había muchos desafíos en este esfuerzo, uno de las principales es la forma de lograr la coherencia en los datos recogidos por varios operadores.

Las Normas ISO 14224, SAE 1739/1011 (RCM), y los Datos Estadísticos del OREDA, pretenden cubrir en gran parte los puntos antes mencionados.

La ISO 14224 es una herramienta para registrar eventos y experiencias. Se llega a la conformación de una Base de Datos, OREDA, aplicando conceptos de límites y jerarquías prestablecidas mediante un proceso estructurado en forma secuencial y limitado en las posibilidades de calificación, y ponderación de los eventos de mantenimiento.

En este documento abordaremos la norma ISO 14224:2006 como guía principal en la organización de 4386 datos de los eventos de fallas durante el periodo comprendido entre el 2 de enero del 2011 y el 27 de noviembre del 2011 en las áreas Eléctrica, Equipo pesado, Tubería y Vías y Unidades de Bombeo del departamento de mantenimiento del campo La Cira-Infantas

Ya que durante el año 2011 y anteriores no fue establecido un estándar o procedimiento de identificación y descripción de las fallas presentadas



en los equipos de producción. Los análisis de fallas realizados con estos datos han sido generalmente dirigidos a las comparaciones de las frecuencias de fallas, al cálculo del tiempo medio entre Fallos (MTBF), tendencias históricas, y con énfasis en la producción diferida ocasionada por el no cumplimiento de su función mas no en la confiabilidad del sistema y de cada equipo, por lo cual a partir de este estudio se analizarán los datos recopilados durante el periodo mencionado y esperamos sea base documental para la recolección cualitativa y cuantitativa de los datos referentes a los eventos presentados de ahora en adelante con lo cual se impactará en la forma de presentar los cálculos para la toma de decisiones que permita comparar el departamento de mantenimiento de este campo de producción petrolera con otros similares en área de influencia, cantidad de activos, procesos, valoración económica y cantidad de personal activo.

Esta revisión en los procesos de registro de fallas existentes reveló que una de sus principales limitaciones es integrar la información de las fallas junto a un amplio conjunto de factores influyentes, tales como las condiciones operacionales durante el ciclo de vida en servicio del equipo como las especificaciones de estos. La mayoría de datos recopilados son de campo y/o de la operación específica, y carecen típicamente de suficiente amplitud para evaluar los equipos durante el ciclo de vida bajo diferentes condiciones.

Estos inconvenientes disminuyen la capacidad de desarrollar relaciones o correlaciones entre los tipos y la frecuencia de las fallas, condiciones específicas del sitio de instalación y las especificaciones del equipo, por esto sin tales correlaciones, ejecutar las predicciones de vida que se llevan a cabo en un estudio de viabilidad son poco más que conjeturas,



y agregan incertidumbre significativa al resultado económico del proyecto. Además, los análisis del impacto que un cambio práctico podría hacer en el ciclo de vida del equipo (es decir, la pregunta "¿Qué pasaría si?") es también muy difícil. Generalmente, la información necesaria para estos tipos de evaluaciones no puede obtenerse fácilmente a partir del seguimiento en los sistemas actuales. Por lo cual se no se obtiene una base amplia y suficiente para la fabricación de tales decisiones críticas. A menudo, la única opción es un "ensayo y error".

En el departamento de mantenimiento del campo La Cira-Infantas se ha reconocido que con el fin de obtener una mejor comprensión de los factores que afectan los equipos, y reducir la incertidumbre en la predicción de la operación, se necesita información confiable derivada de conjuntos grandes de datos consistentes como sea posible, y esto se logra por medio de dos elementos clave: Un conjunto general de datos de parámetros cuantitativos y cualitativos, y una nomenclatura estándar para la codificación de la información de fallas.

La información tomada en campo obedece a la actividad diaria del personal o recorredores del área operativa de Ecopetrol, aunque gran parte de esta información es suministrada al personal de monitoreo por parte de las empresas contratistas al servicio de los contratos de ECP. Estas empresas contratistas desarrollan trabajos eléctricos, instrumentación, mecánicos, civiles y metalúrgicos

La información analizada en este estudio es tomada como veraz y es aplicada en la identificación de los malos actores del campo, por pozo, por área y por disciplina, en los planes de acción, proyección de los



recursos a realizar y se tiene en cuenta para los presupuestos del departamento de mantenimiento del campo La Cira-infantas.

Los datos por analizar no incluyen en sus registros un "modo de falla", o un "mecanismo de falla", normalizado en lo que respecta a los modos o mecanismos encontrados en las tablas originales. Una terminología y un formato común para la clasificación de las fallas es necesario, para asegurar que todos los usuarios tienen interpretaciones muy similares de un suceso de falla, y que la recopilación de datos y los análisis se llevan a cabo de una manera consistente. Aunque es un reto establecer un conjunto común de terminología, porque las fallas son descritas generalmente en términos cualitativos, fuertemente influenciados por la experiencia y los antecedentes del observador.

La interpretación de las tendencias de fallas ha representado la mayor proporción de problemas de calidad de datos en otros esfuerzos similares de recopilación de datos de fallas.

El objetivo y la esencia de la norma ISO 14224:2006 en la estandarización de las prácticas de la recopilación de datos facilitando el intercambio de información importante entre inversionistas, fabricantes, plantas y contratistas de todo el mundo.

El estándar internacional ISO 14224:2006 proporciona una base amplia para la recolección de los datos de confiabilidad y mantenimiento -RM en inglés - Reliability and Maintenance - en un formato estándar para los equipos en todas las instalaciones y operaciones dentro de la industria de petróleo, gas natural e industria de petroquímicos durante el ciclo de vida útil de los equipos. En él se describen los principios de recopilación de datos y los términos y las definiciones asociadas que constituyen un "lenguaje de confiabilidad" que puede ser útil para



comunicar las experiencias operacionales. Los modos de fallo definidos en esta misma norma se pueden utilizar como un "vocabulario de confiabilidad" para aplicaciones diversas así como cuantitativa como cualitativas. La norma internacional ISO 14224:2006 también describe el control de calidad de los datos y las prácticas de aseguramiento para proporcionar una guía para el usuario.

La estandarización de las prácticas de recolección de datos facilita el intercambio de información entre partes, por ejemplo: plantas, propietarios, fabricantes y contratistas. La norma internacional ISO 14224:2006 establece los requisitos que cualquier sistema de administración de información de datos RM simplificado o comercialmente disponible requiere para cumplir cuando están diseñados para el intercambio de datos de RM. Por ejemplo, Al abordar las directrices y principios para el intercambio y la fusión de tales datos de RM.

La norma internacional ISO 14224:2006 recomienda una cantidad mínima de datos que requieren ser recogidos y se centra en dos aspectos principales:

- ✓ Los requerimientos de los datos para el tipo de datos que deben recogerse para su uso en diversas metodologías de análisis
- ✓ Un único formato de datos estandarizado para facilitar el intercambio de los datos de confiabilidad y mantenimiento entre plantas, propietarios, fabricantes y contratistas.

Las siguientes categorías principales de datos deben ser recogidos:

- ✓ Datos de los equipos, por ejemplo, la taxonomía del equipo, los atributos de equipo.



- ✓ Los datos de fallas, por ejemplo, causa de la fallas, consecuencias de las falla.
- ✓ Los datos de mantenimiento, por ejemplo, acciones de los mantenimientos, recursos utilizados, consecuencias del mantenimiento, el tiempo de inactividad.

Las áreas principales donde tales datos son usados son las siguientes:

- ✓ Confiabilidad, por ejemplo, eventos de falla y mecanismos de falla.
- ✓ Disponibilidad y eficiencia, por ejemplo, disponibilidad de equipo, disponibilidad del sistema, disponibilidad de la planta de producción.
- ✓ Mantenibilidad, por ejemplo, mantenimientos correctivos y preventivos, capacidad de la mantenibilidad.
- ✓ Seguridad y medio ambiente, por ejemplo, fallas de equipos con consecuencias adversas para la seguridad y/o el medio ambiente.

La norma internacional ISO 14224:2006 no se aplica a:

- ✓ Los datos sobre aspectos de costos (directos).
- ✓ Los datos de las pruebas de laboratorio y de fabricación (por ejemplo, pruebas aceleradas de ciclo de vida).
- ✓ Fichas completas de datos de equipo (sólo los datos pertinentes para evaluar el desempeño de la confiabilidad se incluyen).



- ✓ Datos adicionales de puesta en servicio que un operador, en forma individual, puede considerar útil para su operación y mantenimiento.
- ✓ Los métodos de análisis y aplicación de datos de RM (sin embargo, los principios del cómo calcular la confiabilidad básica y los parámetros de mantenimiento están incluidos en los anexos).

Al implementar adecuadamente esta norma técnica internacional se garantiza la calidad en los datos de mantenimiento, por lo que los usuarios que trabajan con esta norma técnica pueden intercambiar datos con toda tranquilidad; la norma ISO 14224:2006 establece directrices y principios claros para el manejo de los datos de mantenimiento de confiabilidad, definiendo como primer punto un listado de equipos que son cubiertos con la forma de como se deben recopilar estos datos, haciendo recomendaciones concretas como:

- ✓ No se deben incluir elementos de diseño único o elementos con configuración única, por lo que sólo debe incluir aquellos elementos que son considerados con denominación genérica según su clase, con el fin de que se pueda comparar "con sus semejantes".
- ✓ Excluya ítems conectados, salvo que se deban incluir por las especificaciones; por ejemplo las fugas que se producen en una conexión y que no pueden ser relacionadas únicamente al ítem conectado deben incluirse en las especificaciones.
- ✓ Si un controlador y una unidad impulsada usan una subunidad en común (por ejemplo el sistema de lubricación) como regla



general se deben relacionar los eventos y fallas de mantenimiento de esta subunidad a la unidad impulsada.

- ✓ Incluya equipos de instrumentación solamente donde el equipo de instrumentación tenga una función de monitoreo y/o control específico para una unidad solamente y/o si está localmente en el equipo; esto se debe a que los equipos de instrumentación por lo general son de uso general (por ejemplo los sistemas SCADA) y no deben ser incluidos.
- ✓ La norma ISO 14224:2006 establece una serie de niveles jerárquicos que servirán para mostrar en grupos y categorías los principales tipos de equipos y de sistemas.

3.1 NORMAS TÉCNICAS INTERNACIONALES DE LA ISO

Una norma ISO es desarrollada por un grupo de expertos, dentro de un comité técnico donde también se encuentran asociaciones de consumidores, académicos, organizaciones no gubernamentales y gubernamentales. Una vez que la necesidad de una norma se ha establecido, estos expertos se reúnen para discutir y negociar un proyecto de norma. Tan pronto como un proyecto ha sido desarrollado que se comparte con los miembros de ISO que se les pide a comentar y votar en ella. Si se logra un consenso el proyecto se convierte en un estándar ISO, si no que se remonta a la comisión técnica para posteriores ediciones.

ISO no decide cuándo debe desarrollar un nuevo estándar. En cambio, ISO responde a una solicitud de la industria u otras partes interesadas, como los grupos de consumidores. Típicamente, un sector de la



industria o de grupo se comunica la necesidad de un estándar a su miembro nacional que se pone en contacto ISO.



4. DESARROLLO DE LA ORGANIZACIÓN

4.1 GENERALIDADES

La ISO (Organización Internacional de Normalización) es la federación mundial de los principales organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). Las organizaciones internacionales, tanto gubernamentales como no gubernamentales, también participan en el trabajo en coordinación con la ISO. La ISO colabora estrechamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) en todo lo que se refiere a la normalización electrotécnica. La Norma Internacional ISO 14224:2006 ha sido elaborada por la ISO/TC 67, Materiales, equipo y estructuras “offshore” para la industria de petróleo y gas natural.

Esta segunda edición cancela y reemplaza la primera edición (ISO 14224:1999) la cual fue modificada y extendida, por lo cual nos referiremos de ahora en adelante como la norma ISO 14224 sin mencionar que se refiere específicamente a la segunda edición del año 2006, a menos que se detalle mención de la versión del año 1999.

4.2 ALCANCE

Este estándar recomienda una cantidad mínima de información y se enfoca en dos aspectos principalmente:

- ✓ Requerimientos del tipo de datos a ser recopilados para ser usados en diversas técnicas de análisis.



- ✓ Estandarizar el formato de los datos para facilitar el intercambio de los datos de confiabilidad y mantenibilidad entre plantas, propietarios, manufactureros y contratistas.

Se deberán recolectar datos en las siguientes categorías principalmente:

- ✓ Datos de equipos, por ejemplo: taxonomía de los equipos y atributos.
- ✓ Datos de fallas, por ejemplo: Causa de la falla y la consecuencia de la falla.
- ✓ Datos de los mantenimientos, por ejemplo: actividades de los mantenimientos, recursos utilizados, consecuencias de los mantenimientos, downtime (tiempo fuera de línea).

Las principales áreas donde estos datos serán empleados son:

- ✓ Confiabilidad
- ✓ Disponibilidad/Eficiencia
- ✓ Mantenibilidad
- ✓ Seguridad y medio ambiente

4.3 TÉRMINOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Para fines de la aplicación de esta norma internacional, se aplicarán los siguientes términos y definiciones, tomados del documento original en inglés con lo cual buscamos enfocarnos directamente a la fuente:

Avería (Failure, evento de falla): Terminación o pérdida de la habilidad de un elemento de realizar una función requerida.



Causa común de falla: Fallas de diferentes elementos de una misma causa directa, que ocurre en un periodo de tiempo relativamente corto, donde estas fallas no son consecuencia una de la otra.

Causa de la falla o causa raíz: Circunstancias asociadas con el diseño, fabricación, instalación, uso o mantenimiento que ha llevado a la falla.

Clase del equipo: Clase o tipo similar de unidades o equipos, por ejemplo: todas las motobombas.

Clase de severidad: efecto en el funcionamiento de la unidad de equipo.

Confiabilidad: capacidad de un objeto para realizar una función requerida bajo determinadas condiciones durante un intervalo de tiempo determinado.

Datos del equipo: Parámetros técnicos, operacionales o del entorno que caracterizan el diseño y el uso de una unidad o equipo.

Datos de fallas: Datos que caracterizan la ocurrencia de un evento de falla.

Datos de mantenimiento: Datos que caracterizan la actividad del mantenimiento planeada o realizada.

Datos genéricos de confiabilidad: Datos de confiabilidad que abarcan familias o equipos similares.

Demanda: Activación de la función (incluye la activación funcional, operacional o de prueba).



Descriptor de averías: aparente causa de una avería tal como se indica normalmente en el sistema de control de mantenimiento.

Disponibilidad: Habilidad de un elemento que está en un estado en el cual puede realizar una función solicitada bajo ciertas condiciones en un instante dado de tiempo o durante un intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos son dados.

Down state (Estado fuera de línea, estado de inactividad): Estado interno de inhabilidad de un elemento caracterizado por una falla o por la posible incapacidad de realizar una función requerida durante un mantenimiento preventivo.

Down time (Tiempo fuera de línea o tiempo muerto): intervalo de tiempo durante el cual un elemento esta fuera de línea.

Elemento (Ítem): Cualquier parte, componente, dispositivo, subsistema, unidad funcional, equipo o sistema que pueda considerarse individualmente.

Elemento mantenible: Elemento o pieza que constituye una parte o ensamblaje de partes, que generalmente se encuentra en el nivel más inferior de la jerarquía durante el mantenimiento.

Error: Discrepancia entre un valor calculado, observado o medido o una condición de verdadero, y un valor especificado o teórico correcto o una condición esperada.

Estado operativo: estado en el que un aparato cumple una función requerida.

Falla (Fault, estado en falla): Estado de un elemento caracterizado por la inhabilidad de realizar una función requerida, excluyendo el tiempo



durante el cual se lleva a cabo un mantenimiento preventivo u otras acciones planeadas, o a causa o retraso de recursos externos.

Falla al encender: Falla ocurrida inmediatamente cuando el elemento se le solicita iniciar.

Falla crítica: falla de un equipo que causa una inmediata terminación de la habilidad de realizar una función requerida.

Falla incipiente: Imperfección en el estado o condición de un elemento en la cual una avería no crítica o crítica podría, o no, eventualmente ser esperada como resultado si una acción correctiva no se lleva a cabo.

Falla no crítica: Avería que no conlleva a cesar la función o funciones fundamentales, pero compromete una o varias funciones.

Falla oculta: Avería que no es evidente de manera inmediata al personal de operación y mantenimiento.

Función requerida: función o combinación de funciones de un aparato que se consideran necesarias para brindar un determinado servicio.

Frontera: Interface entre un elemento y su entorno.

Horas-hombre de mantenimiento: duración acumulada de los tiempos de mantenimiento individual expresado en horas empleadas por el personal de mantenimiento para un tipo específico de acción de mantenimiento o durante un intervalo de tiempo determinado.

Identificador del equipo (TAG number): Número o código que identifica la ubicación física de un equipo.

Impacto de la falla: Impacto de una falla en la función de un equipo o en la planta.



Impacto del mantenimiento: Impacto del mantenimiento en la planta o en la(s) función(es) del equipo(s).

Mantenibilidad: Habilidad de un elemento bajo condiciones dadas de uso, de ser conservado, o restaurado, a un estado el cual pueda realizar una función requerida, cuando el mantenimiento es realizado bajo condiciones dadas y usando procedimientos y recursos establecidos.

Mantenimiento: combinación de acciones técnicas y administrativas, incluyendo supervisión, cuyo fin es mantener o reparar el aparato para que opere en un estado que le permita realizar las funciones requeridas.

Mantenimiento correctivo: Mantenimiento de realizado después de un reconocimiento de falla y con la intención de colocar un elemento en un estado en el cual pueda realizar una función requerida.

Mantenimiento de oportunidad: Mantenimiento de un elemento que es retrasado o adelantado en el tiempo cuando una oportunidad no planeada ocurre.

Mantenimiento preventivo: mantenimiento realizado a intervalos predeterminados o según criterios prescritos, y cuyo fin es reducir la probabilidad de avería o el deterioro del funcionamiento de un aparato.

Mecanismo de falla: Proceso físico, químico u otro proceso que lleva a la falla.

Modificación: Combinación de todas las acciones técnicas y administrativas esperando cambiar un elemento.



Modo de falla: Efecto por el cual una falla es observada en un ítem en falla.

Nivel contractual: Nivel o subdivisión de un elemento desde el punto de vista de la actividad de mantenimiento.

Periodo de monitoreo: intervalo de tiempo entre la fecha de inicio y la fecha de recopilación de los datos.

Recolector de datos: persona u organización a cargo del proceso de recolección de datos.

Redundancia (en un equipo): disponibilidad de más de un medio para realizar una función requerida de un elemento.

Registro del mantenimiento: Parte de la documentación del mantenimiento que contiene todas las averías, fallas e información de los mantenimientos relacionada a un elemento.

Retrasos logísticos: Es el tiempo acumulado durante el cual el mantenimiento no puede ser realizado debido a la necesidad de adquirir recursos, excluyendo cualquier retraso administrativo.

Subunidad: ensamblaje de aparatos que cumple una función específica y que es necesaria para que la unidad de equipo logre el desempeño esperado dentro del límite principal.

Taxonomía: Clasificación sistemática de elementos en grupos genéricos basado en factores posiblemente comunes a varios de los elementos.

Tiempo activo de mantenimiento: Es la parte de la duración total de la actividad del mantenimiento durante la cual una acción automática o



manual de mantenimiento es realizada en un elemento, excluyendo los retrasos logísticos y administrativos.

Tiempo inactivo o tiempo muerto: Parte del tiempo en línea durante el cual el elemento o equipo no está operativo.

Tiempo operativo: intervalo de tiempo durante el cual un aparato está en estado operativo.

Unidad de equipo: Una unidad específica adentro de una clase de equipo como está definido por sus límites, por ejemplo: Una motobomba.

Up state (Estado activo): Estado de un elemento caracterizado por el hecho que puede realizar una función requerida, asumiendo que los recursos externos, si se requieren, están suministrados.

Up time (Tiempo activo o estado operativo): Intervalo de tiempo durante el cual un elemento esta es su estado activo.

4.4 APLICACIÓN DE LA NORMA

Para la aplicación de la norma se contemplan las siguientes consideraciones:

4.4.1 EQUIPOS CUBIERTOS:

La norma ISO 14224 es aplicable a tipos de equipos usados en la industria del petróleo, gas natural y petroquímica, incluye pero se limita a las categorías de equipos de procesos, sistema de tuberías, equipo de seguridad, equipo de submarino, tuberías, equipos de carga y



descarga, equipos de pozo y equipos de taladros. El equipo puede estar instalado de manera permanente en las facilidades o usado en conjunto con instalaciones, mantenimiento o fases de modificaciones.

4.4.2 PERIODOS DE ANÁLISIS:

El estándar ISO 14224 aplica a los datos recopilados durante el ciclo de vida operativo de los equipos, incluyendo instalación, arranque, operación y mantenimiento y modificaciones.

4.4.3 USUARIOS DE LA NORMA ISO 14224:

Esta norma esta intencionada a ser aplicada por usuarios de: Instalaciones, plantas, facilidades, propietarios, operadores, compañías, industrias, fabricantes, diseñadores, autoridades, reguladores, consultores y contratistas, así como desarrolladores de programas computacionales de administración del mantenimiento

4.5 RECOMENDACIONES PARA EL INTERCAMBIO DE DATOS:

El objetivo principal de la norma ISO 14224 es hacer posible el intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento en un formato común al interior de una compañía, entre compañías, entre industrias o al dominio público. A continuación algunos aspectos a ser considerados al respecto son:



4.5.1 DETALLE VS. DATOS PROCESADOS:

Los datos pueden ser intercambiados en varios niveles, así como los datos a un nivel básico, como a un nivel más detallado donde puedan ser calculados indicadores.

4.5.2 CONFIDENCIALIDAD DE LOS DATOS:

Algunos campos podrían ser confidenciales y/o posiblemente usados para quienes no fueron recopilados, por ejemplo: Para obtener una ventaja comercial o experiencia en procesos. Para evitar esto se puede asignar “blancos o ceros” en tales datos o convertir tales datos en anónimos.

4.5.3 SEGURIDAD DE LOS DATOS:

Asignar políticas de seguridad y privacidad en el almacenamiento y acceso a los datos, por ejemplo por medio de contraseñas.

4.5.4 ESTIMAR LOS COSTOS DE LOS DATOS:

En muchos casos es muy útil calcular anualmente el costo de la recolección, organización y almacenamiento de los datos



4.6 BENEFICIOS DE LA RECOLECCIÓN E INTERCAMBIO DE DATOS

A pesar de que muchos propietarios de plantas han mejorado la confiabilidad de sus operaciones, la pérdida de producción y la baja confiabilidad de los equipos aun representa un alto costo anual para la industria, aun teniendo en cuenta que la mayoría de los eventos de falla no son catastróficos, al utilizar estos eventos para priorizar las actividades de mantenimientos correctivos y preventivos es la clave para mejorar la confiabilidad, apuntando hacia la rentabilidad y seguridad.

Los beneficios de los análisis de los datos de confiabilidad son amplios, incluyendo la oportunidad de optimizar los tiempos de los mantenimientos mayores y las inspecciones, el contenido de los procedimientos de los mantenimientos, así como los costos de los ciclos de vida de los equipos en repuestos y programas de mejoras en facilidades alrededor del mundo. Otros resultados de la recolección y análisis de los datos de confiabilidad y mantenimiento incluyen mejoras en la toma de decisiones, reducción en las fallas catastróficas, reducción en los impactos ambientales, una valoración más efectiva entre empresas, mejoras en el desempeño e incrementos en las disponibilidades de las unidades de proceso.

Las mejoras en la confiabilidad de los equipos son dependientes de las experiencias de uso de los equipos, y se convierte en factor decisivo en la selección de equipos nuevos según sus parámetros de confiabilidad y mantenibilidad tomados en cuenta.



A fin que puedan ser analizados en conjunto los datos recopilados, se requiere que estos sean organizados en un único formato de común acuerdo entre las empresas.

La norma ISO 14224 ha sido referenciada por diversas naciones con respecto a los requerimientos de las compañías por sistemas de recolección, análisis e implementación de acciones mantenimientos correctivos y preventivos.

La recolección de datos de confiabilidad y mantenimiento es costosa y por esto es necesario que este esfuerzo este comparado a sus beneficios e intenciones de uso. Comúnmente aplica a operaciones o equipos donde las consecuencias de averías tienen un impacto en la seguridad, producción, medio ambiente o un alto costo de las reparaciones o remplazos.

En resumen, al adoptar el uso de la norma ISO 14224 se obtienen beneficios:

- ✓ Económicos por ejemplo, mejora en la rentabilidad, reducción en las pólizas de aseguramiento
- ✓ Aspectos generales, por ejemplo, mejora en la planeación de recursos
- ✓ Seguridad y medio ambiente, por ejemplo, reducción en las fallas catastróficas, reducción de los impactos ambientales
- ✓ Analíticos, por ejemplo, mejora en la toma de decisiones, permite la cooperación entre industrias, permite predicciones más precisas, es básico para estudios de confiabilidad, disponibilidad y mantenibilidad.



4.7 DATOS

A continuación los aspectos más importantes de la norma ISO 14224 con respecto a la esencia de su finalidad y la obtención de los datos:

4.7.1 CALIDAD DE DATOS

4.7.1.1 DEFINICIONES DE LA CALIDAD DE DATOS

La confiabilidad de los datos de RM (Reliability and maintenance) levantados en campo y, por ende, de todos los análisis realizados, depende mucho de la calidad de los datos recopilados. Los datos de alta calidad se caracterizan por:

- ✓ La exhaustividad de los datos en relación a la especificación.
- ✓ El cumplimiento riguroso con las definiciones de los parámetros de confiabilidad, tipos de datos y formatos.
- ✓ Entrada precisa, transferencia, manejo y almacenamiento de los datos (manuales o electrónicos).
- ✓ Cantidad suficiente y una duración adecuada del periodo de vigilancia para permitir confianza estadística.
- ✓ Relevancia a las necesidades que el usuario requiere de los datos



4.7.1.2 ACCIONES PLANEADAS

Se requiere enfatizar en las siguientes medidas antes que el proceso de recolección de datos inicie:

- a. Definir el objetivo de la recopilación de datos a fin de reunir los datos pertinentes para el uso especificado. Dichos datos pueden utilizarse en los siguientes ejemplos de análisis: análisis de riesgo cuantitativo (QRA); confiabilidad, análisis de disponibilidad y mantenimiento (RAM); mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM); costo del ciclo de vida (LCC).
- b. Investigar la(s) fuente(s) de los datos a fin de asegurar la disponibilidad de datos de buena calidad.
- c. Definir la información taxonómica a ser incluida en la base de datos para cada equipo
- d. Identificar la fecha de instalación, población y período(s) operativo(s) del equipo del que se extraerán los datos.
- e. Definir las fronteras de cada clase de equipo, indicando cuales datos de confiabilidad y mantenimiento serán recopilados.
- f. Aplicar una definición uniforme de averías y un método de clasificación de las averías.
- g. Aplicar una definición uniforme del mantenimiento de averías y un método de clasificación de los mantenimientos de las averías.
- h. Definir los puntos de control a usar en la verificación de la calidad de los datos. Como mínimo, se deberá verificar lo siguiente:
 - El origen de los datos está documentado y es trazable.



- Los datos se originan de un tipo de equipos, tecnología y condiciones operacionales similares.
 - El equipo es reciente.
 - Los datos cumplen reglas de definiciones e interpretación.
 - Los históricos de averías se encuentran dentro de los límites de los equipos y el periodo de monitoreo.
 - La información es consistente.
 - Los datos están registrados en un formato correcto.
 - Se ha recopilado suficientes datos para permitir una confianza estadística suficiente.
 - El personal de operación y mantenimiento fue consultado para validar los datos.
- i. Definir un nivel de prioridad para la integridad de los datos por un método definido. Un método es distribuir la importancia de los diferentes datos por recopilar usando tres clases de importancia:
- Alto: Datos necesarios (100%).
 - Medio: Datos altamente deseables (mayor al 75%).
 - Bajo: Datos deseables (mayor al 50%).
- j. Definir los niveles de detalle de los datos de confiabilidad y mantenimiento reportados y recopilados para relacionarlos con respecto a la importancia de la producción y la seguridad del equipo.



Basar la priorización en aspectos como seguridad u otras medidas de severidad.

- k. Preparar un plan para el proceso de recopilación de datos; por ejemplo, programas, hitos, secuencia y número de unidades de equipo, períodos de monitoreo que se cubrirán, etc.
- l. Planear como los datos se ensamblarán y reportarán, vislumbrando un método para transferir los datos desde las fuentes al sitio de almacenamiento de los datos usando métodos adecuados.
- m. Capacitar, motivar y organizar al personal encargado de la recopilación de datos. Asegurarse de que el personal conozca ampliamente:
 - Los equipos
 - Las condiciones operacionales
 - La norma ISO 14224
 - Los requerimientos de calidad de los datos
- n. Crear un plan y tomar las medidas necesarias para asegurar la calidad del proceso de recopilación de datos. Esto debe incluir, como mínimo, procedimientos documentados para el control de calidad de los datos, registro y corrección de las desviaciones.
- o. Es recomendado realizar un análisis costo-beneficio de la recolección de datos en un ejercicio piloto de los métodos y herramientas de recopilación de datos (manuales, electrónicos) a fin de verificar la factibilidad de los procedimientos planeados de recopilación de datos.



- p. Revisar las medidas planeadas luego de un periodo usando el sistema. Adicionalmente investigar las fuentes de datos para asegurarse de que se puedan hallar los datos de inventario necesarios y de que los datos operativos estén completos.

4.7.1.3 VERIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS DATOS RECOPIRADOS

Durante y después del ejercicio de recopilación de datos, se deberán analizar los datos a fin de verificar la consistencia, distribuciones razonables, códigos apropiados e interpretaciones correctas. El proceso de control de calidad debe documentarse y divulgarse. Al fusionar las bases de datos individuales, es esencial que cada registro de dato tenga una identificación única.

Asegurar la calidad de los datos en las etapas más cercanas a la fuente o en la misma fuente evita que datos incorrectos sean incluidos y/o procesados.

El personal encargado de la recopilación debe verificar la calidad de cada dato y de las tendencias generales de la confiabilidad reflejada por la suma de los eventos individuales de acuerdo con las medidas planeadas.

4.7.1.4 LIMITACIONES Y PROBLEMAS

Algunas de las limitaciones y problemas en los cuales se debe estar atento cuando se recopila datos de calidad se encuentran a continuación:

Tabla 1. Problemas, limitaciones y almacenamiento de datos de calidad

Problema	Retos
En la fuente	La fuente de los datos puede retrasarse en los datos requeridos y la fuente de información puede ser difundida en diferentes sistemas. Se recomienda evaluar cuidadosamente este aspecto en la planeación a fin de asegurar la calidad, método de recolección y costos.
En la Interpretación	Comúnmente los datos son compilados desde la fuente a un formato estándar. En este paso la fuente de los datos puede interpretar diferente varios datos individuales. Se recomienda crear definiciones adecuadas, entrenamiento y validaciones de calidad para reducir este problema.
En el formato de los datos	A fin de limitar la base de datos en tamaño y hacerla más sencilla de analizar, se recomienda codificar la información preferiblemente en un formato de texto-simple, pero no olvidar que esta recomendación podría no permitir la recolección de cierta información o describir situaciones inesperadas o inciertas.
En el método de recolección de los datos	La mayoría de los datos necesitados para esta categoría al día de hoy son almacenados en sistemas computarizados. Por medio del uso de algoritmos y tablas intermedias se pueden transferir los datos.
En la competencia y la motivación del personal	La recolección de los datos de una forma normal y manual, puede convertirse en un ejercicio tedioso y repetitivo, por esto tenga en cuenta empleados con suficientes conocimientos en sus funciones, evite emplear personal con bajas competencias o experiencia en la recopilación de los datos y encuentre formas de estimular la recolección de datos.



4.7.2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

4.7.2.1 FUENTES DE DATOS

El sistema de control de mantenimiento de las instalaciones constituye la principal fuente de datos RM. La calidad de los datos que pueden recuperarse de esta fuente depende, en primera instancia, de la manera en que se reportan los datos de RM. La generación de datos de RM, de acuerdo a esta Norma Internacional, debe considerarse en el sistema de control de mantenimiento de las instalaciones, brindando así una base más consistente y sólida para la transferencia de datos de RM a las bases de datos de RM del equipo.

El nivel de detalle de los datos de RM reportados y recopilados debe estar estrechamente vinculado con la producción e importancia de la seguridad del equipo. El establecimiento de prioridades debe basarse en la regularidad, seguridad y otras evaluaciones de criticidad.

Las personas responsables de reportar los datos de RM se beneficiarán del uso de estos datos. La participación de este personal en la determinación y comunicación de estos beneficios es un requisito para generar datos de RM de calidad.

4.7.2.2 MÉTODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

El proceso típico de recolección de datos consiste en recopilar los datos desde diferentes fuentes en una base de datos donde el tipo y el formato de los datos son predefinidos. Los principales métodos son:



- ✓ Enlazar todas las fuentes de datos disponibles y extraer los datos “en bruto” relevantes en un almacenamiento intermedio.
- ✓ Interpretar esta información y traducirla en un tipo y formato deseado para la base de datos principal, en la mayoría de los casos esto se hace manualmente.
- ✓ Transfiera los datos desde la fuente hacia el almacenamiento de confiabilidad usando un método apropiado. Se sugiere se realizado por métodos automatizados por medio de algoritmos, lo cual podría requerir un esfuerzo adicional.
- ✓ Los métodos de recolección de datos impactan significativamente en el análisis costo-beneficio del proceso y debe ser cuidadosamente planeado y probado previo arranque del proceso principal.

4.7.2.3 ORGANIZACIÓN Y ENTRENAMIENTO EN LA RECOLECCIÓN DE DATOS

La organización de los datos puede ser realizada al interior de la compañía empleando recursos propios o como una tarea específica realizada por una compañía especializada o por personal asignado. Como los datos son por naturaleza históricos, es evidente que toma cierto tiempo antes que una cantidad suficiente de datos sean acumulados para permitir conclusiones validas basadas únicamente en estadísticas.

El personal de recolección de los datos requiere diversas habilidades y debe estar familiarizado con el concepto de la recolección de datos. Se requiere entrenamiento especialmente en el personal clave del proceso



para asegurar datos de calidad. El personal que recopila los datos debe ser diferente a aquellos que realizan el análisis de los datos. El personal que recopila los datos debe tener como pre-requisito conocer la norma ISO 14224.

Antes de comenzar el proceso es muy útil un ejercicio piloto para verificar el personal adecuado, la calidad de la fuente y la viabilidad de los métodos. Esto opera como modelo de que puede lograrse en un periodo de tiempo y presupuesto.

Se debe establecer un sistema para ajustar las desviaciones encontradas en la recolección de los datos para resolver los problemas de manera inmediata, ya que puede ser una tarea mayor realizar los ajustes cuando hay muchos datos recopilados.

4.8 LÍMITES DE LOS EQUIPOS Y TAXONOMÍA

4.8.1 DESCRIPCIÓN DE LAS FRONTERAS

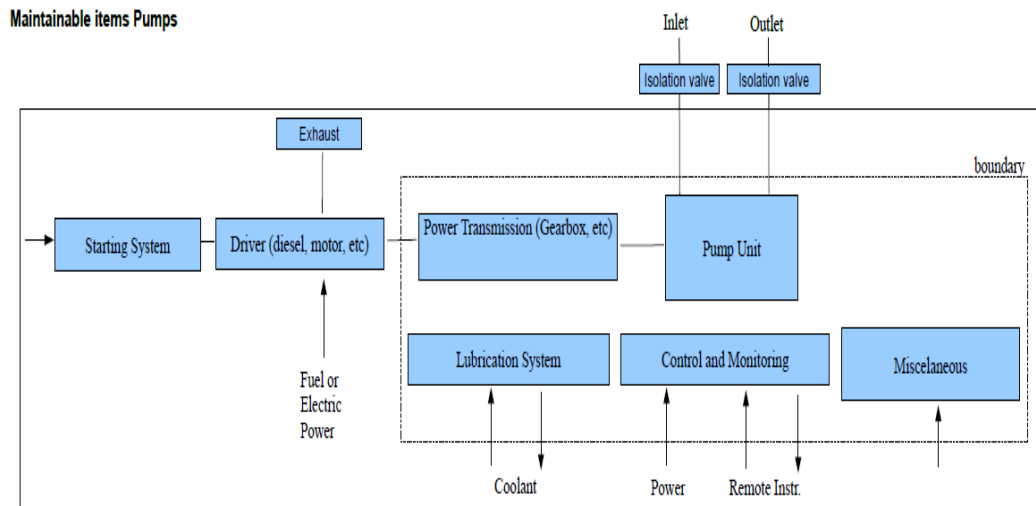
Es necesario realizar una clara descripción de las fronteras para la recopilación, fusión y análisis de los datos de RM de diferentes industrias, plantas o fuentes. De otro modo, la fusión y análisis se basarían en datos incompatibles.

Para cada clase de equipo, se definirá un límite que indique qué datos RM se recopilarán.

El diagrama de fronteras deberá mostrar las subunidades y las interfaces con los equipos adyacentes. La descripción textual adicional

deberá, para fines de claridad, especificar detalladamente lo que se considerará dentro y fuera de las fronteras.

Figura 2. Ejemplo de diagrama de fronteras

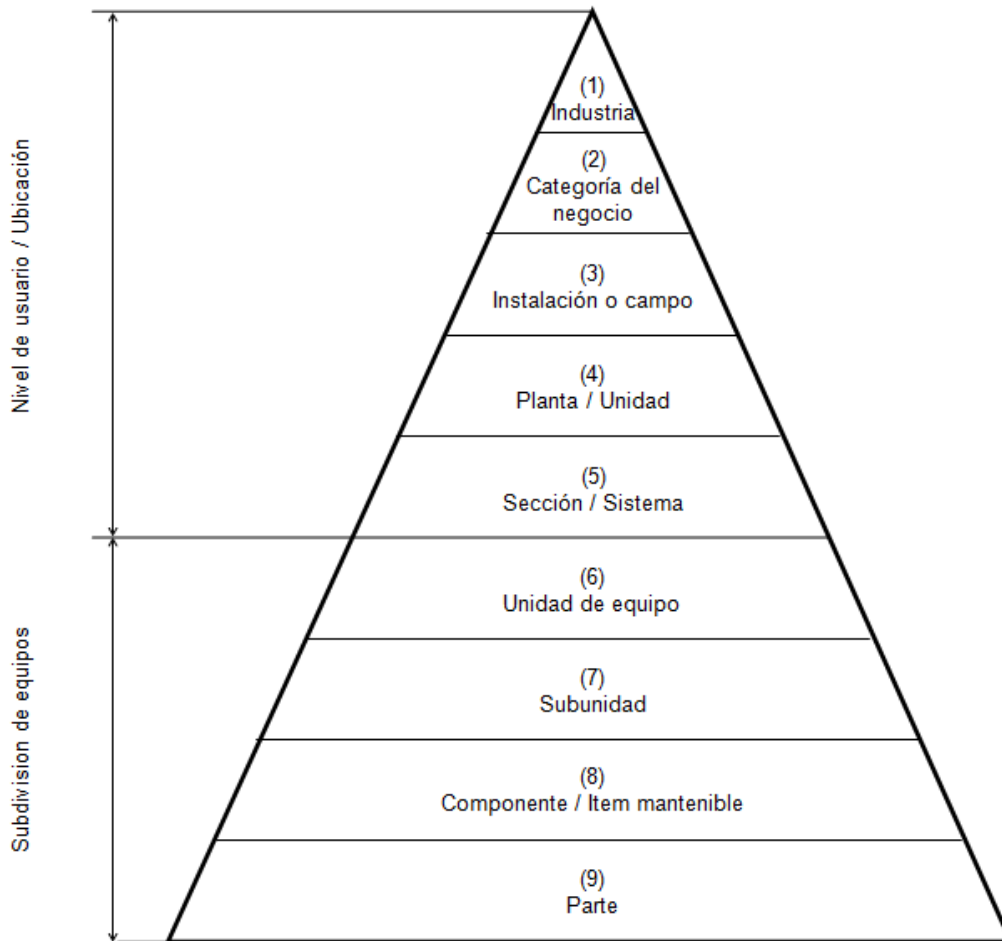


Fuente: OREDA.

4.8.2 TAXONOMÍA

La taxonomía es una clasificación sistemática de los elementos en grupos genéricos basada en factores comunes a variadas. A continuación la clasificación de los elementos de acuerdo a la norma ISO 14224:

Figura 3. Taxonomía



Fuente: ISO 14224

Los niveles 1 al 5 representan la categorización de alto nivel que relaciona las industrias y plantas sin importar sus equipos, por ejemplo una motobomba, puede ser usado en diversas industrias y configuraciones de plantas.

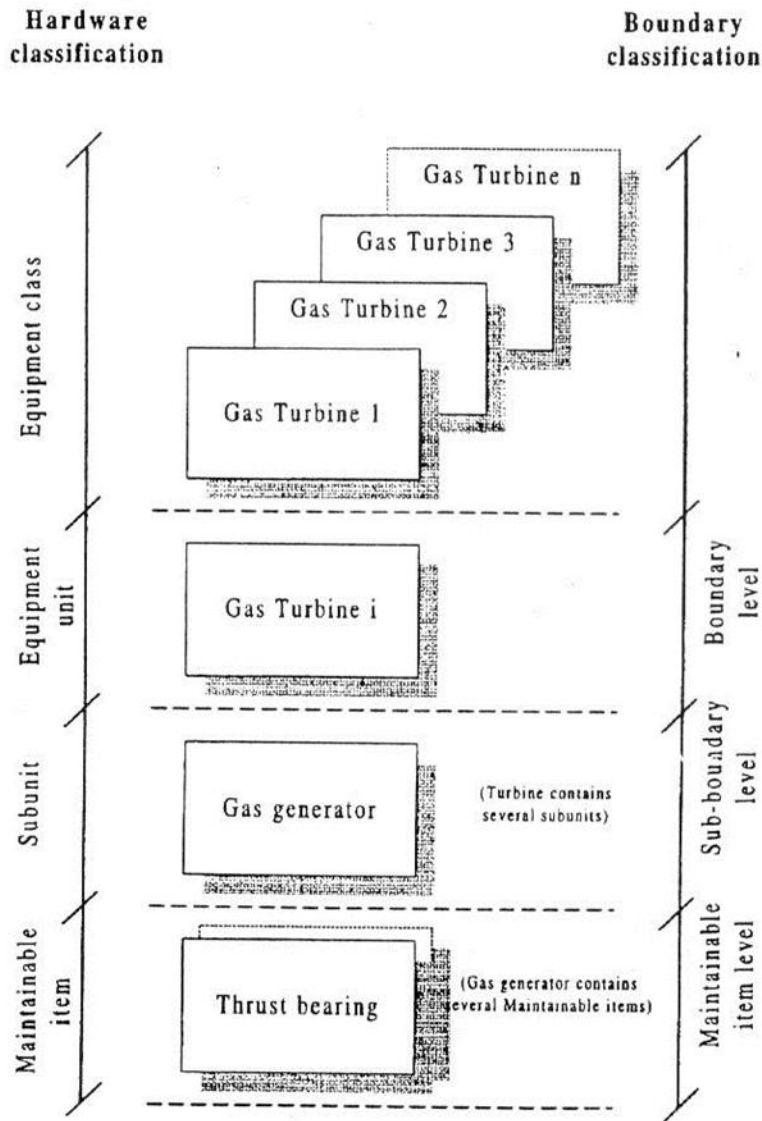
Los niveles 6 al 9 están relacionados a los equipos como inventarios con la subdivisión en los niveles inferiores correspondiente a la relación padre-hijo. La norma ISO 14224 se enfoca en la recolección de datos del nivel 6 e indirectamente hacia los niveles inferiores tales como



subunidades y componentes. Un instrumento simple podría no requerir despiece mientras que un compresor grande podría requerir un despiece más amplio. Con los datos recopilados, para análisis de confiabilidad el nivel de equipo podría ser suficiente mientras que para un análisis RCM o un análisis de causa raíz podría requerir datos de los mecanismos de falla, los componentes y/o ítems mantenibles y partes. La norma ISO 14224 no aplica específicamente para el nivel 9.

Se requiere que los datos de confiabilidad y mantenimiento sean relacionados a ciertos niveles dentro de las jerarquías taxonómicas a fin que puedan ser comparables, por ejemplo, un modo de falla será relacionado a un equipo mientras que un mecanismo de falla será relacionado a menor nivel alcanzable de la jerarquía.

Figura 4. Ejemplo de taxonomía de un sistema



Fuente: ISO 14224:1999



4.8.3 ASPECTOS DE TIEMPO EN LA RELACIÓN DATOS

4.8.3.1 PERIODO DE MONITOREO, SEGUIMIENTO Y TIEMPOS OPERATIVOS

El periodo de monitoreo es típicamente empleado como la duración en el tiempo requerido para determinar los parámetros de confiabilidad relacionada al tiempo, por ejemplo el MTBF. Para muchos equipos, la operación, el periodo operativo, activo o en servicio es menor que el periodo de monitoreo debido a los mantenimientos, reemplazo de componentes u operaciones intermitentes del equipo, por ejemplo las motobombas de transferencia. Cuando un equipo se encuentra en estado de espera o en stand-by, por ejemplo al estar listo para operar en cualquier momento, por las definiciones de la ISO 14224 no aplicaría estar en un estado operativo, si se requieren procesos de puesta a punto previo al arranque.

Se pueden recopilar únicamente los datos de los mantenimientos preventivos si solo se está interesado en analizar los periodos no operativos causados por las actividades de mantenimiento. Se debe tener en cuenta que los periodos aleatorios de puesta fuera de servicio de los equipos temporales o permanentes no se consideran relevantes para la recolección de datos.

El periodo de monitoreo debe por lo anterior incluir diversos estados operativos de los equipos donde se pueden incluir los retrasos en los arranques luego de los mantenimientos.



4.8.3.2 PERIODOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Dependiendo de la finalidad y viabilidad, los datos pueden ser almacenados por toda la vida útil de los equipos o solo durante un menor intervalo de tiempo, lo cual depende del factor costo y estableciendo un periodo de tiempo razonable. Si tomamos en cuenta la curva de la bañera como parámetro del comportamiento de los equipos, se recomienda la adquisición de datos durante el periodo de la operación estable, o luego del área de obsolescencia o desgaste avanzado esperado, después de haber realizado mantenimientos mayores, donde se espere un comportamiento estable nuevamente y considerando que dicha etapa ha finalizado. En ocasiones es recomendable y muy útil iniciar la captura de los datos desde el “día uno” a fin de acumular conocimiento sobre las averías en los arranques, en este caso, esta información debe considerarse como inicial a la operación de estos equipos y debe ser diferenciada de la información tomada de los equipos en su etapa estable.

La duración del tiempo debe ser balanceada junto a la tasa esperada de fallas, tamaño de la población y acceso a los datos. En equipos de alta importancia o donde se conoce que la tasa de fallas es mucho mayor se recomienda que los tiempos sean muy amplios.

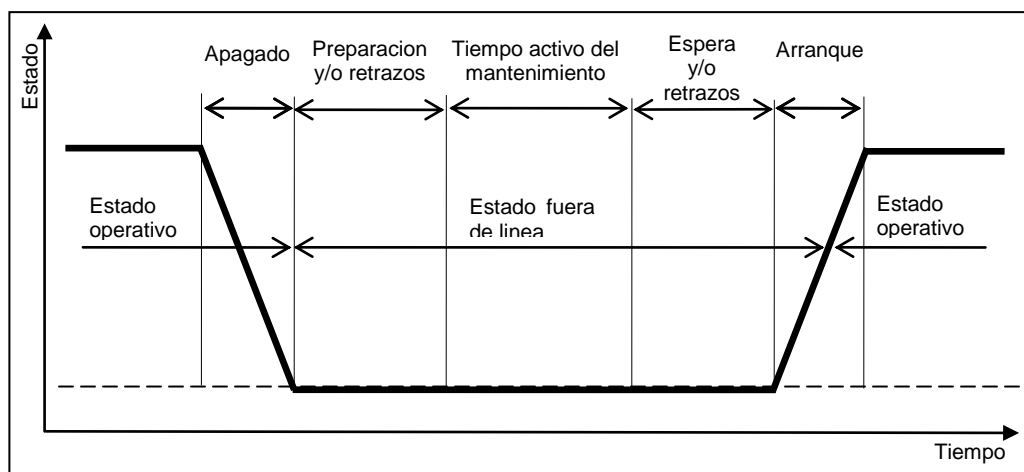
Aunque los tiempos en ocasiones apliquen para dos fechas calendario en diversos tipos de equipos pueda ser determinado por las horas operativas, por ejemplo equipos redundantes que operan uno a la vez en una configuración en paralelo, para lograr identificar la verdadera tasa de fallas calculada basado en la operación actual, según tiempo en

horas continuas del calendario o en horas operativas, lo cual debe ser de alta prioridad la estimación de este parámetro.

4.8.3.3 TIEMPOS DE LOS MANTENIMIENTO

Dos tiempos principales del mantenimiento son de gran importancia: El tiempo fuera de línea y los tiempos activos del mantenimiento, como se observa en la siguiente figura.

Figura 5. Ejemplo de los tiempos del mantenimiento



Fuente: ISO 14224

El tiempo fuera de línea (Down time) incluye el tiempo calendario desde el momento en que el equipo es detenido para una reparación hasta que se intenta realizar el servicio luego de haber cumplido con satisfacción las pruebas operativas.

El tiempo activo del mantenimiento es el tiempo calendario durante el cual las actividades de mantenimiento en el equipo son correctamente



realizadas. Por definición el tiempo activo del mantenimiento normalmente no puede ser mayor al tiempo fuera de línea.

El tiempo requerido para el enfriamiento y/o procesos de apagado antes de realizar las actividades del mantenimiento no son considerados tiempos fuera de línea.

4.9 DATOS RECOMENDADOS PARA LOS EQUIPOS, FALLAS Y MANTENIMIENTOS

4.9.1 CATEGORÍAS DE LOS DATOS

Los datos de RM deben recopilarse de manera organizada y estructurada. Las categorías superiores de datos sobre el equipo, las averías y el mantenimiento se muestran a continuación:

4.9.1.1 DATOS INHERENTES A LOS EQUIPOS (INFORMACIÓN DE INVENTARIOS)

La descripción de equipo se caracteriza por:

- a. Datos de identificación, por ejemplo, ubicación del equipo, clasificación, datos de instalación, datos de la unidad de equipo.
- b. Datos de diseño, por ejemplo, datos del fabricante, características de diseño.
- c. Datos de aplicación, por ejemplo, operación, ambiente.

Estas categorías de datos deben generalizarse para todas las clases de equipo; por ejemplo, clasificación por tipo, clasificación según unidad de



equipo (ejemplo, número de fases para un compresor). Esto debe reflejarse en la estructura de base de datos

4.9.1.2 DATOS DE FALLAS

Estos datos se caracterizan por:

- ✓ Datos de identificación, registro de averías y ubicación del equipo.
- ✓ Datos de la avería para fines de caracterización; por ejemplo, fecha de la avería, partes mantenibles averiadas, clase de severidad, modo de avería, causa de la avería, método de observación.

4.9.1.3 DATOS DE MANTENIMIENTO

Estos datos se caracterizan por:

- ✓ Datos de identificación; por ejemplo, registro de mantenimiento, ubicación del equipo, registro de averías.
- ✓ Datos de mantenimiento o parámetros del mantenimiento; por ejemplo, fecha en que se realizó el mantenimiento, categoría del mantenimiento, actividad de mantenimiento, impacto del mantenimiento, ítems mantenidos.
- ✓ Recursos y/o aparatos utilizados en el mantenimiento, horas-hombre de mantenimiento por disciplina y total.
- ✓ Tiempos del mantenimiento, tiempo activo, tiempo de inactividad.



El tipo de datos de averías y mantenimiento serán comunes para todas las clases de equipo, a excepción de aquellos casos donde se requerirán tipos específicos de datos, por ejemplo en el caso del equipo submarino.

El mantenimiento correctivo realizado debe registrarse a fin de describir la acción correctiva que se realizará tras una avería. Se requieren registros de mantenimiento preventivo para mantener una historia completa de vida útil de una unidad de equipo.

4.9.2 FORMATO DE LOS DATOS

Cada registro, por ejemplo una avería, debe identificarse en la base datos mediante cierta cantidad de atributos. Cada atributo describe una información, como por ejemplo, el modo de avería. Se recomienda codificar cada información, siempre que sea posible. Las ventajas de este enfoque son:

- ✓ Facilitación de consultas y análisis de datos.
- ✓ Ingreso simple de datos.
- ✓ Verificación de la consistencia durante el ingreso de datos, utilizando códigos predefinidos.
- ✓ Minimización del tamaño de la base de datos y reducción en los tiempos de respuesta de las consultas

El rango de códigos predefinidos deberá optimizarse. Un rango de códigos resumido puede ser muy general y no sería útil. Un amplio rango de códigos podría brindar una descripción más precisa, pero



dilatara el proceso de ingreso de datos; adem1s, es posible que la persona que requiere los datos no utilice todos los c1digos. Se deben seleccionar c1digos mutuamente excluyentes.

La desventaja de contar con una lista de c1digos predefinidos frente a un texto abierto es que posiblemente se pierda cierta informaci3n detallada. Se recomienda incluir texto general a fin de brindar informaci3n suplementaria. Tambi3n ser1a 1til incluir campos de texto abierto con informaci3n adicional para corroborar el control de la calidad de los datos.

4.9.3 ESTRUCTURA DE LOS DATOS

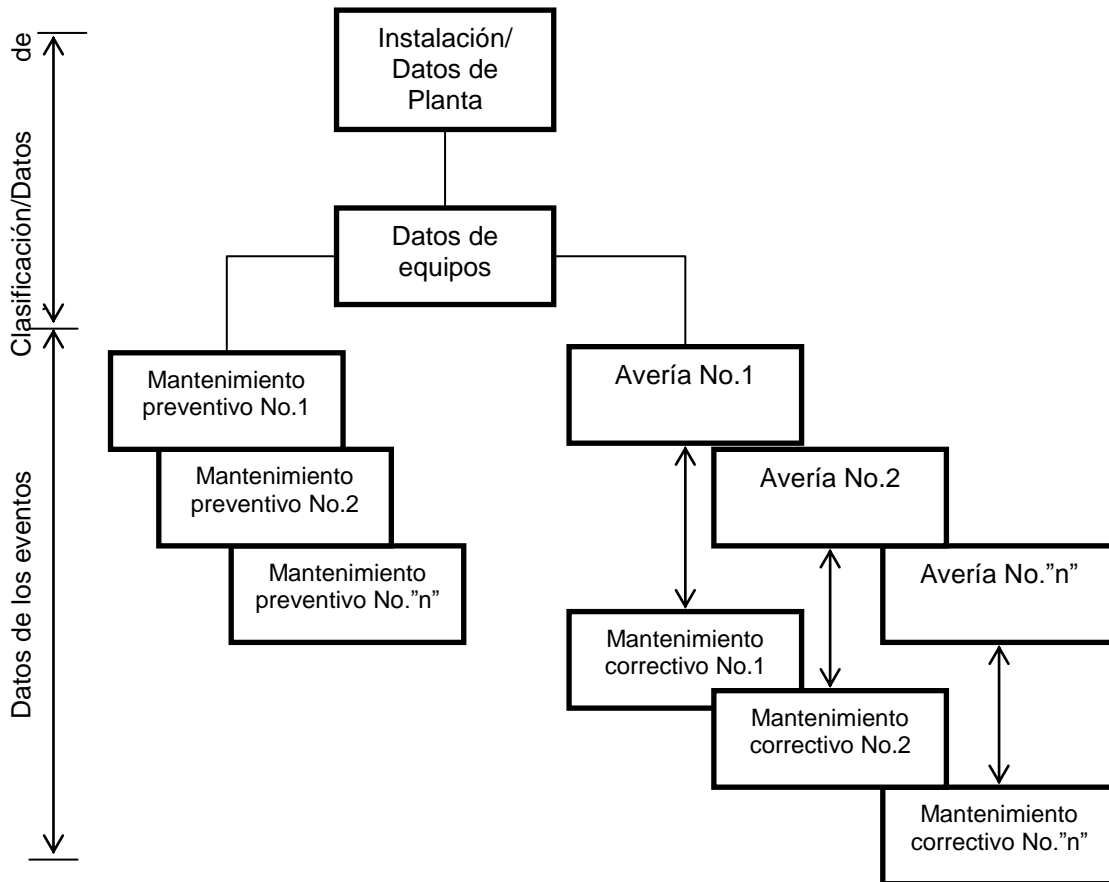
4.9.3.1 DESCRIPCIONES:

Los datos recopilados deben organizarse y relacionarse en una base de datos a fin de brindar un f1cil acceso para actualizaciones, consultas y an1lisis de, por ejemplo, estad1sticas y an1lisis de vida 1til. Existen en la actualidad diversas bases de datos comerciales para este fin. Se deben tener en cuenta los siguientes aspectos al organizar la estructura de los datos

4.9.3.1.1 Estructura l3gica:

Define las relaciones l3gicas entre las principales categor1as en la base de datos. Este modelo representa un punto de vista orientado hacia aplicaciones. La figura 6 muestra la estructura l3gica mencionada:

Figura 6. Estructura l3gica de los datos (Ejemplo)



Fuente: ISO 14224

4.9.3.1.2 Arquitectura de la base Estructura lógica:

Así se define el diseño de la base datos en el cómo los datos individuales están relacionados y ubicados. Las siguientes categorías pueden ser empleadas

- ✓ Modelo jerárquico
- ✓ Modelo de red
- ✓ Modelo relacional

- ✓ Modelo enfocado a objetos

4.9.4 DATOS DE LOS EQUIPOS

El primer paso para la recopilación de datos RM es clasificar el equipo de acuerdo a parámetros técnicos, operativos y ambientales. Esta información también es necesaria para determinar si los datos son adecuados o válidos para varias aplicaciones. Existen algunos datos que son comunes a todas las clases de equipo y otros que son específicos a cada clase de equipo.

Para garantizar el logro de los objetivos establecidos en estas Normas Internacionales, es necesario recopilar un mínimo de datos. La tabla 2 contiene los datos comunes a todas las clases de equipo.

Tabla 2. Datos de los equipos comúnmente aplicados a todas las clases de equipos

Categoría	Datos	Nivel taxonómico	Categoría del negocio (ejemplos)				
			Upstream	Midstream	Downstream	Industria Petroquímica	La Cira-Infantas (Upstream)
Uso/Atributos de ubicación	Industria	1	Petróleo	Gas natural	Petróleo	Petroquímica	Petróleo
	Categoría del negocio	2	E&P	Midstream	Refinación	Petroquímica	Extracción
	Código de la Instalación o nombre	3	Producción	Tubería	Refinación	Petroquímica	Producción
	Código de la instalación o nombre	3	Delta	Línea de gas Beta	Refinería B/bermeja	Petroquímica	La Cira-Infantas
	Código del propietario o nombre	4	Smith Ltda.	Johnsen Inc.	JPL Corp.	ABC ASA	ECOPETROL
	Ubicación geográfica	3	UKCS	Europa	Medio-Este USA	UK	El Centro
	Planta/Categoría	4	Plataforma petrolera	Estación de compresión	Hidro-cracker	Cracker de etileno	Estación de recolección de crudo 6A
	Planta/Código unitario o nombre	4	Alpha 1	CS 3	HH 2	EC 1	LCI-6A



	Sección/sistema	5	Procesamiento de crudo	Compresión	Reacción	Sistema de reacción	Sistema contraincendios
	Categoría operativa	5	Control remoto	Control remoto	Modo manual	Modo manual	Modo automático
Atributos de equipos	Clase de equipo	6	Motobomba	Compresor	Intercambiador de calor	Calentador	Motor
	Tipo de equipo	6	Centrifuga	Centrifuga	Coraza y tubería	Llama	Eléctrico de inducción
	Identificador del equipo/ubicación (Ej.: TAG)	6	P101-A	C1001	C-21	H-1	ME-60001
	Descripción del equipo (nomenclatura)	6	Transferencia	Compresor principal	Reactor efluente	Calentador de carga	Motor de motobomba contraincendios
	Identificador único del equipo	6	12345XL	10101	Cxy123	909090	8900009892
	Nombre del fabricante	6	Johnson	Wiley	Smith	Anderson	WELLS
	Modelo por el fabricante	6	Mark I	CO ₂	GTI	SuperHeat A	PM-0123
	Datos de diseño relevantes para cada clase de equipo y subunidad/componente, por ejemplo: capacidad, potencia, velocidad, presión, etc.	6	Específico de cada equipo	Específico de cada equipo	Específico de cada equipo	Específico de cada equipo	40HP, 480V, 20A, 3000 RPM
Operación	Estado operativo normal	6	Activo	Activo en espera	Intermitente	Activo	Activo en espera
	Fecha inicial de arranque del equipo	6	01.01.2003	01.01.2003	01.01.2003	01.01.2003	01.03.2011
	Fecha de inicio de puesta en servicio	6	01.02.2003	01.02.2003	01.02.2003	01.02.2003	15.03.2011
	Período de monitoreo (calculado)	6	8950	8000	5400	26300	8950
	Tiempo operativo (medido/calculado)	6	3460	100	5200	4950	5184
	Número de arranques durante el período de monitoreo (operativos y de prueba)	6	340	2	N/A	N/A	25
	Parámetros operativos relevantes, por ejemplo:	6	Específico de cada equipo	Específico de cada equipo	Específico de cada equipo	Específico de cada equipo	Opera en automático previo a la operación

	condiciones ambientales, potencia de operación, etc.						del motor de combustible
Información adicional	Información adicional en texto libre que pueda aplicar	6	Según aplique	Según aplique	Según aplique	Según aplique	Modelo similar al instalado en la LCI-3A.
	Fuente de los datos, por ejemplo: P&ID, manuales, etc.	6	Según aplique	Según aplique	Según aplique	Según aplique	Manual y datos de placa

Fuente: ISO 14224

En el caso de cambio de un equipo, aplica el cambio del serial en el sistema pero se conserva el identificador de posición (TAG number).

4.9.5 DATOS DE LAS AVERÍAS

Es imprescindible una definición uniforme de las averías que puedan ocurrir en los equipos y un método de clasificarlas cuando es necesario combinar datos de diferentes fuentes en una base de datos común de mantenimiento.

En la siguiente tabla se describen los datos mínimos por recopilar ante cada evento de falla

Tabla 3. Datos de las averías

Categoría	Datos por recolectar	Descripción	Ejemplo La Cira-Infantas
Identificación	Identificador de la falla	Numero único que identifica el evento	2011A00001
	Identificador del equipo/Ubicación	TAG	ELCIZO0511
Datos de la avería	Fecha	Fecha de la detección	02.01.2011
	Modo de falla	Normalmente al nivel de unidad de equipo (nivel 6, ver taxonomía)	Eléctrico - Desconocido
	Impacto en la seguridad	Ninguno, parcial o total	NINGUNA
	Impacto en la operación	Ninguno, parcial o total	BAJO
	Impacto en la función del equipo	Efecto en la función	CRITICO

		del equipo (crítico, gradual o despreciable)	
	Mecanismo de falla	El proceso físico, químico u otro que llevo a la avería	Avería eléctrica - general
	Causa de la falla	Las circunstancias durante el diseño, fabricación, o uso que llevaron a la avería.	Varios – Desconocido
	Subunidad en falla	Nombre de la subunidad que fallo	MOTOR
	Componente/Item mantenible en falla	Nombre del componente que fallo	NO REPORTADO
	Método de detección	Como fue detectada la avería	Otros
	Condición operativa antes de la avería	Ej.: Activo, en arranque, en pruebas, en espera, disponible.	ACTIVO
Anotaciones	Información adicional	Permite registrar mayor detalle de las circunstancias que llevaron al evento de la falla	Neutro

Fuente: ISO 14224

La causa de una avería y el mecanismo de falla, en ocasiones, no son conocidos al momento de la recolección de los datos, ya que requieren de las conclusiones de un análisis de causa raíz.

La herramienta del análisis de causa raíz se recomienda en eventos de grandes consecuencias, de alto impacto económico, de amplios tiempos de reparación o en averías que ocurren más frecuentemente de lo que se considera normal, en este último caso para la identificación de los “malos actores”.

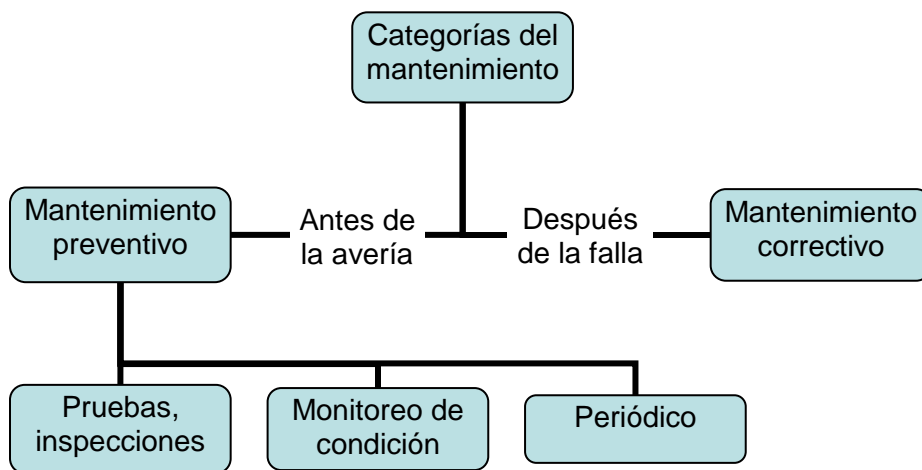
4.9.6 DATOS DE MANTENIMIENTOS

El mantenimiento se lleva a cabo en los siguientes casos:

- ✓ Para corregir una avería (mantenimiento correctivo).

- ✓ Como una actividad planeada y normalmente repetitiva y periódica para prevenir la ocurrencia de una falla (mantenimiento preventivo), donde pertenecen a este grupo las verificaciones simples, inspecciones, pruebas, etc

Figura 7. Categorías del Mantenimiento



Fuente: ISO 14224

Al igual que con los reportes de los eventos de averías se requieren definiciones uniformes de las actividades del mantenimiento y de un único reporte para todas las clases de equipos en los reportes de mantenimiento.

Un evento de modificación no se incluye en las categorías del mantenimiento pero es una tarea realizada frecuentemente por el personal de mantenimiento, afectando directamente la confiabilidad y el desempeño de un equipo.



4.9.6.1 MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS

Aunque la norma ISO 14224 no especifica la diferencia entre un mantenimiento correctivo y una avería (con afectación en la función principal del equipo sea crítico, gradual o despreciable) para el caso de este documento aplicaremos como iguales los conceptos de actividades del mantenimiento correctivo y las actividades de restauración de un equipo ante una avería.

Los datos de los mantenimiento correctivos son requeridos por la norma ISO 14224, ya que con ellos se pueden calcular básicamente el tiempo para reparar, la cantidad de mantenimientos correctivos y la estrategia de remplazo y reparación.

4.9.6.2 MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS

En el caso de los mantenimientos preventivos, la norma ISO 14224 recomienda registrarlos de manera esencialmente similar a las actividades de las averías, para lograr la siguiente información adicional:

- ✓ Historia completa de un equipo o elemento (todas las averías y mantenimientos).
- ✓ Recursos utilizados en los mantenimientos (horas hombre, repuestos).
- ✓ Tiempo total fuera de línea y así la disponibilidad total del equipo, técnica y operacional, como indicadores.
- ✓ El balance entre mantenimientos preventivos y correctivos.



- ✓ El efecto de los mantenimientos preventivos en la tasa de fallas.

Recopilando la información de las actividades de los mantenimiento preventivos es de gran utilidad para el ingeniero de mantenimiento, así como para el ingeniero de confiabilidad que desea estimar la disponibilidad de un equipo. Esta información permite generar el análisis del ciclo de vida del equipo no solo por las averías sino las actividades de mantenimiento preventivo que intentan restaurar el elemento a su condición de “nuevo”. Los mantenimientos preventivos se describen hacia los niveles de equipos, por ejemplo: motobombas, transformadores, etc., y no hacia los ítems mantenibles, como por ejemplo: filtros, aceites, etc. Esto se debe tener en cuenta en la elaboración de reportes.

Si son detectadas durante la ejecución de los mantenimientos preventivos fallas inminentes, estas deben ser reportadas como cualquier otra avería con sus correspondientes actividades de mantenimiento correctivo aun si estaban consideradas parte de las actividades preventivas y en este caso el método de detección corresponde al tipo de mantenimiento preventivo. Sin embargo, en el caso que las actividades correctivas no sea consideradas de mayor categoría pueden ser no ser reportadas como actividades individuales y hacerlas parte de las actividades preventivas. La decisión de la categorización de las actividades correctivas dentro de actividades preventivas debe ser tomada en cuenta al momento de las capacitaciones para generar datos de calidad.



4.9.6.3 PLAN DE MANTENIMIENTO (PREVENTIVO)

La norma ISO 14224 recomienda de manera opcional un plan de mantenimiento y en este caso llevar registro de las actividades realizadas como parte del mantenimiento preventivo y de las actividades que no fueron realizadas (backlog) de este plan, ya que un creciente número de actividades planeadas no realizadas indica que el control de las condiciones de la planta están siendo puesto en peligro aumentando significativamente la probabilidad de ocurrencia de eventos adversos.

En toda compañía, donde la confiabilidad y/o disponibilidad de los equipos y procesos juegan un papel de gran importancia recomendamos intensivamente la creación, actualización y continuo seguimiento de un plan de mantenimiento basado en experiencias propias o externas y datos de los fabricantes que incluya métodos, recursos e intervalos

La siguiente tabla resume los datos de requeridos por la norma ISO 14224 en este aspecto:

Tabla 4. Datos de las actividades de mantenimiento

Categoría	Datos por recolectar	Descripción	Ejemplo La Cira-Infantas
Identificación	Identificador del mantenimiento	Numero único que identifica el evento	2011MC00001
	Identificador del equipo/Ubicación	TAG	ELCIZO0511
Datos de mantenimiento	Fecha	Fecha de la realización de la actividad o fecha planeada (inicio)	02.01.2011
	Categoría del mantenimiento	Preventivo o correctivo	CORRECTIVO
	Prioridad	Alta, media o baja prioridad	MEDIA
	Intervalo (planeado)	Tiempo calendario o parámetro de programación (no es relevante para el mantenimiento correctivo)	8760



	Actividad de mantenimiento	Descripción de la actividad	Verificar
	Impacto del mantenimiento en la operación de la planta	Ninguno, parcial o total	PARCIAL
	Subunidad mantenida	Nombre de la subunidad a la cual se le realiza la actividad	MOTOR
	Componente/Ítem mantenible	Especifica el componente o ítem mantenible al que se le realiza la actividad	NO REGISTRADO
	Ubicación del repuesto	Disponibilidad de repuestos	ALMACEN
Recursos del mantenimiento	Horas-hombre por disciplina	Mecánico, eléctrico, instrumentista, otros	No registrado
	Total de horas-hombre	Sumatoria de las horas hombre por disciplina	No registrado
	Recursos de equipo utilizados	Grúas, montacargas	Ninguno
Tiempos del mantenimiento	Tiempo activo del mantenimiento	Duración del tiempo activo del mantenimiento hecho en el equipo	No registrado
	Tiempo fuera de línea	Tiempo durante el cual el equipo esta en estado fuera de línea	No registrado
	Retrasos/problemas del mantenimiento	Tiempo prolongado en el estado fuera de línea ocasionado por factores externos a mantenimiento, por ejemplo: logística, desplazamientos, lluvia, retraso de repuestos.	No registrado
Comentarios	Información adicional	Permite registrar mayor detalle del mantenimiento	Neutro

Fuente: ISO 14224



5. DESARROLLO DEL ANÁLISIS

Los 4390 eventos registrados entre el 2 de enero y el 27 de noviembre del 2011 fueron recibidos en formato de tablas de MS Excel®. Estos datos se encontraron de forma dispersa para ser analizados ya que al utilizar texto libre en las descripciones o en los modos de falla, entre otros, no se identificaban las causas o efectos comunes a simple vista, ni de forma rápida, haciendo complejo obtener conclusiones o acciones efectivas basadas en métodos formales más que estimados de diferidas asignables a fallas e identificación general de malos actores.

Se encontraron registros de actividades planeadas y no planeadas que se clasificaron según la norma ISO 14224 básicamente con un identificador de falla, en caso de falla, y su respectivo identificador de mantenimiento o únicamente con el identificador de mantenimiento si correspondía a una actividad planeada.

En el archivo recibido se hallaron los campos: fecha, campo, lugar o identificador del pozo, diferida el cual se asocia al valor en barriles no producidos por la duración de la falla y la capacidad de producción del pozo, una descripción en texto libre, una causa en texto libre, un modo de falla según la tabla general de organización de eventos de falla, una sección y una rama o disciplina, sin más detalle de los componentes o elementos de los equipos que fallaron, por ejemplo en el caso de falla de flexiconduit en el campo descripción, no se identificó si correspondió al tramo desde el afloramiento aguas abajo del tablero o desde el afloramiento inmediatamente aguas arriba del motor.

Es muy importante resaltar que el personal de campo identificó cada uno de los eventos ocurridos, entre las opciones mencionadas



anteriormente, de una manera intuitiva e informal obteniendo que la información no sea considerada de alta calidad y evidenciando la oportunidad de mejora inmediata en este proceso realizado día a día, sin embargo, esta información es considerada como valiosa ya que contiene datos relevantes de las actividades y las averías que se presentaron en el campo con su respectivo efecto o impacto en la operación del campo.

En este punto de la investigación se solicitaron las tablas de parámetros de conocimiento y aplicación por parte del personal de campo para la clasificación de los eventos y adicionalmente se encontró que el sistema de información computarizado del campo (ELLIPSE) ya posee entre sus opciones habilitadas la capacidad de ingreso de la información, muy similar a la propuesta por la norma ISO 14224, pero por haber sido esta información registrada en texto libre no pudo hacerse compatible con los tipos predefinidos del sistema.

Los autores del estudio emplearon sus conocimientos específicos del campo, apoyo de personal técnico de campo y del personal de confiabilidad para comprender los eventos, especialmente los más frecuentes, y lograr clasificar de manera adecuada los datos.

5.1 ANÁLISIS DE DATOS HISTÓRICOS DE MANTENIMIENTO

Como punto de partida se solicitó la información de las descripciones propias de los eventos del personal de campo, y así lograr conocer las fallas comunes y la forma en que son descritas en el archivo.

Al iniciar el desarrollo del proceso de organización de los datos originales, se definieron como principales ejes de identificación y



clasificación, en orden de importancia: Descripción, modo de falla, causa (de falla), sección y rama. Solo se tuvo en cuenta el valor hallado en la columna identificada como “diferida” para asignar una cuantificación del impacto del evento en la operación.

La severidad se asignó como NINGUNA, BAJO, MEDIO BAJO, MEDIO, MEDIO ALTO y ALTO según la siguiente escala:

Tabla 5. Severidad según barriles diferidos

CANTIDAD DE BARRILES DIFERIDOS	SEVERIDAD
0	NINGUNA
10	BAJO
20	MEDIO BAJO
50	MEDIO
100	MEDIO ALTO
4000	ALTO

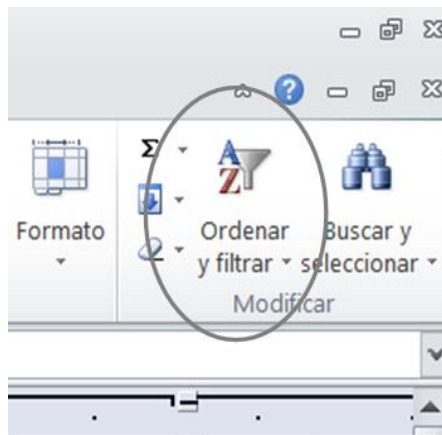
Fuente Autores

Se encontró que el campo descripción de los eventos en la tabla original fue registrada de manera muy general y resumida, ya que en muchos casos no se anotó más que una palabra o frase en el lenguaje común del campo que describe un evento, por ejemplo: neutro (en general, es un pozo detenido por un evento desconocido que previo al reinicio se inspecciona y se le da orden de arranque y este arranca sin problemas) o daño en UB (daño en la unidad de bombeo) y en otros casos iba acompañada de un texto más amplio pero sin información detallada de los componentes en falla, por ejemplo: “Falla Suministro de Energía. Fusible fallado” donde no se encuentra más detalle de la falla,

en este caso pudiendo ser uno de los tres fusibles del pórtico de llegada de la línea eléctrica de alimentación, uno de los tres fusibles del tablero de baja tensión, o uno de los tres fusibles en el tablero de control de velocidad del motor.

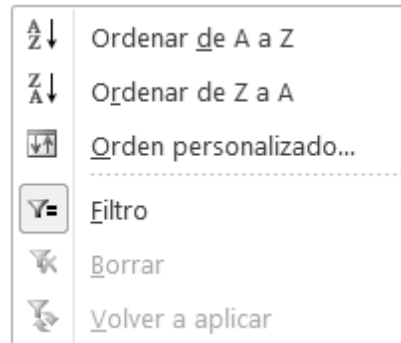
Sin embargo a pesar de estar la descripción como texto libre se logro organizar la información con la ayuda de la herramienta de auto filtrado de *MS Excel*®, en la opción filtros de texto, la opción “contiene” y logrando así similitudes entre los datos, por ejemplo: contiene “neutr” dando como resultado, neutro, neutralizado, etc.

Figura 8. Vista de opción de filtrado



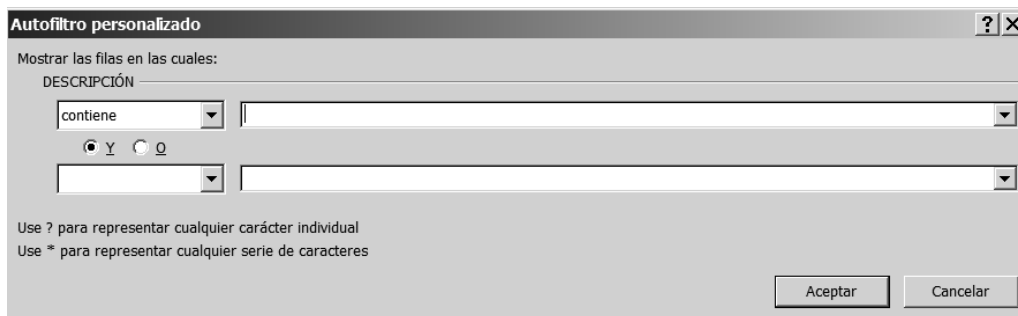
Fuente: MS Excel® versión 14.0.6123.5001 (32 bits) 2010. Microsoft Corporation®

Figura 9. Opción de filtro



Fuente: MS Excel® versión 14.0.6123.5001 (32 bits) 2010. Microsoft Corporation®

Figura 10. Opción de autofiltro



Fuente: MS Excel® versión 14.0.6123.5001 (32 bits) 2010. Microsoft Corporation®

El texto en el campo descripción fue muy variado por lo que se requirió asumir condiciones, parámetros, actividades, etc. y analizarlo, prácticamente, evento por evento para así asignar los criterios que exige la norma ISO 14224.

El personal de campo aplicó la tabla de causas de fallas de mantenimiento, asignando el valor en la columna de la tabla “modo de falla”, de las cuales, en el análisis de los datos encontramos únicamente



las siguientes (utilizaremos la forma original como se encontró en el archivo de datos):

a. Eléctrico

- ✓ Falla redes y S/E de 6.9 kV con identificador FRE
- ✓ Manto.prev. redes y S/E de 6.9 kV con identificador MRE
- ✓ Falla de equipos eléctricos 480V con identificador FEE
- ✓ Manto. Prev. Equipos eléctricos 480V con identificador MEE
- ✓ Esperando temporización con identificador ETE

b. Unidad de bombeo

- ✓ Falla mecánica unidad de bombeo con identificador FMU
- ✓ Mantenimiento menor y lubricación de U.B.M. con identificador MML

c. Equipo pesado

- ✓ Falla de bombas de inyección de agua con identificador FBI

d. Transporte de tubería

- ✓ Línea producción con identificador FLP
- ✓ Adecuación locaciones y vías con identificador FLV

Esta clasificación general nos lleva a un nivel taxonómico sección/sistema, similar al propuesto en la norma ISO 14224 de la figura 1 sin mayor detalle.



En el campo causa (de la falla), en cada uno de los eventos registrados, le fue asignado una de las siguientes opciones que los autores se ayudaron con lo escrito en el respectivo campo descripción de cada evento de la tabla original y del personal técnico, para asignar las siguientes definiciones:

- ✓ ALTA CARGA: falla causada posiblemente por sobrepaso del parámetro programado en el control del motor ocasionado por un bloqueo en el equipo mecánico rotativo.
- ✓ ALTA TEMPERATURA: falla causada por aumento de la temperatura censado en los instrumentos del motor (RTD) sin más información.
- ✓ ALTA TEMPERATURA MOTOR: falla causada por exceso del parámetro de temperatura detectado en los sensores del motor sin más información.
- ✓ ALTA TENSIÓN: falla causada por aumento en el valor de la tensión sin más información de su nivel (480V, 4,6 kV, 13,2 kV, etc.) sin más información.
- ✓ ALTO NIVEL PISCINA: Evento de falla causado por el nivel excedido detectado en la piscina sin más información.
- ✓ ALTO TORQUE: falla causada por posible bloqueo de la rotación transmitido al motor eléctrico, con su consecuente aumento de corriente o por aumento en la velocidad del motor por desajuste de las correas sin más información.
- ✓ ANCLAJES UB: falla ocasionada por desajuste en el anclaje de la unidad de bombeo sin más información.



- ✓ APERTURA SECCIONALIZADOR: falla en el suministro eléctrico posiblemente en los dispositivos de corte ubicados en el pórtico de llegada de la línea de suministro sin más información.
- ✓ ARRANQUE UB: falla y luego reinicio en la operación de la unidad de bombeo sin más información
- ✓ AUTOMATIZACIÓN: actividad programada que afecta únicamente el sistema de comunicaciones inalámbrico o sus componentes electrónicos desde pozo hacia el control de producción y no detiene la actividad de la producción sin mas información.
- ✓ BAJA CARGA POZO: falla posiblemente causada por desajuste en las correas de transmisión detectada en el sistema de control del motor eléctrico sin más información.
- ✓ BAJA EFICIENCIA BOMBEO FILTROS COLAPSADOS: falla en la unidad de bombeo sin más información.
- ✓ BAJA TENSIÓN: falla detectada como tensión menor a la programada en el sistema de control del motor sin más información.
- ✓ BAJA VELOCIDAD: falla en el aumento o rampa de velocidad según programación del motor eléctrico posiblemente al momento del arranque sin más información.
- ✓ BAJO TORQUE: falla en el aumento o rampa de torque según programación del motor eléctrico posiblemente al momento del arranque sin más información.
- ✓ BAJO VOLTAJE: descripción similar a “BAJA TENSIÓN”



- ✓ BANDAS DE FRENO: falla en el mecanismo de frenado de la unidad de bombeo sin más información.
- ✓ CAMBIO ACEITE CAJA REDUCTORA: actividad programada por realizar en el equipo de transformación de revoluciones ubicado en la unidad de bombeo de cambio del lubricante interno sin más información.
- ✓ CAMBIO CONTRAPESAS: falla en los elementos de contrapeso de la unidad de bombeo sin más información.
- ✓ CAMBIO DE CUPÓN: actividad programada de cambio del elemento de monitoreo de la corrosión de tuberías sin mas información.
- ✓ CAMBIO DE FLEXICONDUIT: falla sin más información en el elemento de protección hacia la intemperie del cableado eléctrico desde el afloramiento en el suelo hasta los bornes del motor.
- ✓ CAMBIO DE RECORRIDO: falla en la unidad de bombeo ocasionada por un ajuste incorrecto en las posiciones máximas y mínimas de desplazamiento vertical sin más información.
- ✓ CENTRAR UB: falla posiblemente por desplazamiento de la alineación de la unidad de bombeo sin más información.
- ✓ CONTRAPOZO: falla en el contrapozo de la locación sin más información.
- ✓ CONTRATO SUSPENDIDO: actividad desconocida sin mas información.



- ✓ CRUCE POR CERO: falla detectada en el elemento de control del motor eléctrico posiblemente ocasionada por una mala operación del equipo sin más información.
- ✓ CUMPLIMIENTO VIDA ÚTIL UB: falla esperada por la llegada de la fecha esperada de falla sin más información.
- ✓ DAÑO SELLOS BOMBA TRANSFERENCIA AGUA: falla en los elementos de aislamiento mecánico en las bombas de transferencia de agua sin más información.
- ✓ DESALINEACIÓN UB: falla similar a “CENTRAR UB” sin más información.
- ✓ DESBALANCEO UB: falla posiblemente por desbalanceo detectado en la unidad de bombeo sin más información.
- ✓ DESEQUILIBRIO DE FASES: falla detectada en el sistema de control del motor ocasionada por una diferencia en el valor de tensión entre fases mayor al esperado sin más información.
- ✓ DISPARO BREAKER TBT: falla en la posición del dispositivo de corte eléctrico del pozo por posible accionamiento de la protección de sobrecorriente sin más información.
- ✓ DISPARO CTOS DE MEDIA TENSIÓN: falla externa en el sistema de distribución eléctrica al nivel de media tensión sin más información.
- ✓ DISPARO PROTECCIÓN DPS: falla por un evento de descarga eléctrica a tierra detectada por el elemento de protección sin más información.



- ✓ FALLA CONTROL ELÉCTRICO: falla en el sistema de control del motor sin más información.
- ✓ FALLA ACOMETIDA ELÉCTRICA DE ALIMENTACIÓN: falla posiblemente en el cableado eléctrico de alimentación del motor del pozo sin más información.
- ✓ FALLA ANCLAJE UB: falla similar a “ANCLAJES UB”.
- ✓ FALLA ARRANCADOR: falla similar a “FALLA CONTROL ELÉCTRICO”
- ✓ FALLA BASE UB: falla similar a “ANCLAJES UB”.
- ✓ FALLA BREAKER TBT: falla desconocida en el dispositivo totalizados de corte y protección eléctrica del pozo sin más información.
- ✓ FALLA CABEZAL: falla desconocida en el cabezal de la unidad de bombeo sin más información.
- ✓ FALLA CABEZAL PCP: falla similar a “FALLA CABEZAL”
- ✓ FALLA CAJA REDUCTORA: Avería desconocida en la caja reductora de la unidad de bombeo.
- ✓ FALLA CAÑUELAS: avería desconocida en los elementos de corte por sobrecorriente ubicados en el pórtico de llegada de las líneas eléctricas.
- ✓ FALLA CAREMULO: falla desconocida en el elemento de contrapeso conocido como caremulo de la unidad de bombeo sin más información.



- ✓ FALLA CAREVACA: falla desconocida en el elemento de las líneas de producción conocido como carevaca de la unidad de bombeo sin más información.
- ✓ FALLA CHUMACERA: Avería en la chumacera del equipo mecánico rotativo.
- ✓ FALLA CORREAS: Posible desajuste o rompimiento de las correas que transmiten el movimiento desde el motor eléctrico hasta el equipo mecánico rotativo.
- ✓ FALLA DISPLAY: falla en el elemento de visualización de parámetros y estado del sistema de control del motor sin más información.
- ✓ FALLA ELÉCTRICA: Avería desconocida en el sistema eléctrico.
- ✓ FALLA FASE MOTOR: falla desconocida posiblemente detectada por el sistema de control del motor como un desbalance en los parámetros de frecuencia de la tensión de alimentación sin más información.
- ✓ FALLA FRENO UB: falla similar a “BANDA DE FRENO”
- ✓ FALLA FUSIBLE: falla desconocida en el elemento de protección de sobrecorriente del pórtico o del tablero de baja tensión o del variador, sin más información.
- ✓ FALLA LUBRICACIÓN UB: falla desconocida en el sistema de lubricación de la unidad de bombeo.
- ✓ FALLA MOTOR: Avería desconocida en el motor eléctrico.



- ✓ FALLA PERDIDA DE POTENCIA: falla desconocida posiblemente por el corte en el suministro eléctrico del pozo sin más información.
- ✓ FALLA PIN: Avería desconocida en el pin de la unidad de bombeo.
- ✓ FALLA POLEAS: Avería desconocida en las o la polea de la unidad de bombeo.
- ✓ FALLA RECONNECTADOR: Avería desconocida en el elemento restauración del suministro eléctrico.
- ✓ FALLA RED ELÉCTRICA: Avería desconocida en la red eléctrica.
- ✓ FALLA RODAMIENTOS MOTOR: Avería desconocida en el rodamiento del motor.
- ✓ FALLA SERPENTINA: Avería desconocida en el elemento de medición de la producción.
- ✓ FALLA SOBREPOTECCIÓN: Avería desconocida posiblemente en el sistema de control del motor.
- ✓ FALLA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA: Avería desconocida en el sistema de transformación y control eléctrico del pozo.
- ✓ FALLA SUMINISTRO DE ENERGÍA: Avería desconocida en el sistema de suministro eléctrico.
- ✓ FALLA TRANSFORMADOR: Avería desconocida en el transformador de potencia.
- ✓ FALLA UB: Avería en la unidad de bombeo sin mas información.



- ✓ FALLA VARIADOR: Posible falla en el sistema de control eléctrico de velocidad del motor sin mayor información.
- ✓ FLUCTUACIÓN DE TENSIÓN: Avería desconocida detectada como un cambio repentino en el valor de tensión del sistema de suministro eléctrico.
- ✓ INSTALACIÓN DE SERPENTINA: actividad programada de instalación del equipo de medición de producción.
- ✓ INSTALACIÓN ELÉCTRICA: actividad programada de instalación de equipos o elementos eléctricos sin mas información.
- ✓ INSTALACIÓN GUARDACORREAS: actividad programada de instalación de la guitarra sin mas información.
- ✓ INSTALACIÓN MOTOR: Falla que ocasiono el cambio del motor instalado por uno diferente sin más información.
- ✓ INSTALACIÓN MOTOROTADOR: falla en el motorotador ubicado en la cabeza del pozo sin más información.
- ✓ INSTALACIÓN UB: Falla que ocasiono el cambio de la unidad de bombeo instalada por una diferente sin más información
- ✓ INTERRUPTOR DISPARADO: falla posiblemente ocasionada por una sobrecorriente externa o interna sin más información
- ✓ INTERRUPTOR EN OFF: falla posiblemente externa por apagado manual del pozo sin más información.
- ✓ INTERRUPTOR OFF: falla similar a “INTERRUPTOR EN OFF”
- ✓ LÍMITE DE PAR: falla similar a “ALTO TORQUE”



- ✓ LÍNEA DE FLUJO: actividad programada de modificación en la línea de producción sin mas información.
- ✓ LUBRICACIÓN UB: actividad programada de reposición o cambio de aceite en la unidad de bombeo sin más información.
- ✓ MANTENIMIENTO REDES ELÉCTRICAS: actividad programada de mantenimiento en la red aérea eléctrica externa o interna sin más información.
- ✓ MTTO CAJA REDUCTORA: actividad programada de mantenimiento en la caja reductora de la unidad de bombeo sin mas información.
- ✓ MTTO CONTROL ELÉCTRICO: actividad programada en el sistema de control del motor sin mas información.
- ✓ MTTO CORREAS: actividad programada de ajuste o cambio de correas sin más información.
- ✓ MTTO ELÉCTRICO: actividad programada en el sistema eléctrico sin más información.
- ✓ MTTO LOCACIÓN: falla desconocida que ocasiono una actividad desconocida de mantenimiento.
- ✓ MTTO MOTOR: actividad programada en el motor eléctrico sin más información.
- ✓ MTTO PIN: Actividad no planeada posiblemente recurrente en el pin del equipo mecánico rotativo sin más detalle.
- ✓ MTTO REDES ELÉCTRICAS: actividad programada



- ✓ MTTO SUBESTACIÓN ELÉCTRICA: actividad programada
- ✓ MTTO UB: actividad programada
- ✓ MTTO VARIADOR: falla en el equipo de control del motor sin más información
- ✓ MTTO VÍAS: falla ocasionada por el mal estado de las vías que ocasiona una actividad de mantenimiento sin más información.
- ✓ NEUTRO: sistema desactivado al momento de la atención por parte del personal de campo por una causa desconocida que luego de una inspección se le da orden de arranque y el sistema arranca sin problemas
- ✓ OPTIMIZACIÓN: actividad programada de ajuste en la programación o cambio de equipos por cambio en las condiciones de producción del pozo sin mas información.
- ✓ PROTECCIÓN DE BAJA VELOCIDAD: falla detectada por el sistema de control del motor al no alcanzar el nivel de velocidad en el arranque sin más información.
- ✓ PROTECCIÓN DE SOBRETENPERATURA: falla detectada como aumento en la temperatura posiblemente en el motor sin más información.
- ✓ PUNTOS CALIENTES: actividad programada de inspección de puntos calientes por medio de termografía en los sistemas del pozo sin más información.



- ✓ SOBRE PRESIÓN S.S: falla detectada como nivel de presión mayor a la esperada en el sistema de transporte del crudo sin más información.
- ✓ SOBRECARGA ELÉCTRICA: falla posiblemente en el suministro eléctrico externo sin más información.
- ✓ SOBRECORRIENTE: falla en el nivel de corriente esperado detectado en uno de los dispositivos de protección eléctricos sin más información.
- ✓ SOBRETENSIÓN: falla detectada como tensión mayor a la programada en el sistema de control del motor sin más información.
- ✓ SOBRETORQUE: falla detectada como torque mayor al esperado en el sistema de control del motor sin más información.
- ✓ SOBREVOLTAJE: falla similar a “SOBRETENSION”
- ✓ TERCEROS (INTENTO DE HURTO ACOMETIDA ELECTRICA): falla ocasionada por personas externas posiblemente por vandalismo sin más información.
- ✓ TORMENTA ELÉCTRICA: falla externa ocasionada por las condiciones ambientales sin más información.
- ✓ TRABAJANDO NORMALMENTE: falla notificada o detectada pero que al llegar al sitio no se encuentra evidencia del evento reportado y sin más información.

Con las anteriores definiciones se logró organizar los datos sistemáticamente y permitió asignar opciones requeridas por la ISO



14224 en los campos modo de falla, mecanismo de falla, causa de la falla y actividad de mantenimiento de manera dinámica, aunque en muchos de los campos correspondió a opciones generales o desconocidas.

En la columna sección encontramos: RE que significa red eléctrica, MC que significa mantenimiento de campo, UB que significa unidad de bombeo, VI que significa vías, TU que significa tubería y EP que significa estaciones de producción. Estas definiciones no entregan mayor detalle al nivel taxonómico de sistema, sin embargo, ayudaron en la organización de cada evento aplicando filtros, separando los datos en grandes grupos.

La columna rama ayudo en el proceso de organización, agrupando de manera similar al campo sección. En el campo rama encontramos las opciones: eléctrico, equipo pesado, tubería y vías y UB.

Se debieron realizar supuestos para la organización en el aspecto que se asumen los equipos en un estado operativo activo, previo al evento descrito y además se asumió que los equipos se entregan operativos y completos de parte del socio empresarial (Oxy L.L.C) donde Ecopetrol S.A. realiza únicamente la operación y el mantenimiento, es decir, Ecopetrol S.A. no realiza contracciones o instalaciones nuevas.

Se asume que cada fecha de cada evento coincide con la fecha de la atención y la actividad del mantenimiento y se desconocen los tiempos de los mantenimientos.

En los casos de reporte de falla de fusible no se detallo si fue por selección incorrecta de la capacidad del elemento, o por que el material era de mala calidad, o porque actuó correctamente ante el evento.



5.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS

Se finaliza la labor con la entrega al departamento de mantenimiento de la tabla con los datos organizados bajo la norma ISO 14224, con lo cual se identificaron los campos requeridos a ser llenados por parte del personal de campo.

Se diseñó una tabla con los requerimientos de la norma ISO 14224 de manera paralela a la tabla original, donde asignamos los campos:

En el caso de fallas: ID, IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO (TAG NUMBER), FECHA, MODO FALLA, SEVERIDAD EN LA SEGURIDAD, SEVERIDAD EN LA OPERACIÓN, MECANISMO FALLA, CAUSA FALLA, SUBUNIDAD EN FALLA, COMPONENTE EN FALLA, MÉTODO DETECCIÓN, ESTADO OPERATIVO PREFALLA y OBSERVACIONES. Estos campos están basados en la Tabla 3 (Página 53) correspondiente a “Datos de las averías”.

En el caso de mantenimientos: ID, IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO (TAG NUMBER), IDENTIFICACIÓN DE LA AVERÍA, FECHA, CATEGORÍA, PRIORIDAD, PERIODO O INTERVALO (h), ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO, IMPACTO, SUBUNIDAD, COMPONENTE, UBICACIÓN, REPUESTO, HORAS HOMBRE POR DISCIPLINA, H-H TOTAL, EQUIPO ADICIONAL, TIEMPO ACTIVO DE MTTO, TIEMPO NO OPERATIVO DEL EQUIPO, TIEMPO PERDIDO LOGÍSTICO y OBSERVACIONES. Extraídos de la Tabla 4 (Página 58) correspondiente a “Datos de las actividades de mantenimiento”.

Figura 11. Encabezado de la tabla de organización de los datos de averías

DATOS DE AVERÍAS												
IDENTIFICACIÓN		DATO DE LA AVERÍA										ANOTACIONES
ID	IDENTIFICACIÓN	FECHA	MODO FALLA	SEVERIDAD EN LA SEGURIDAD	SEVERIDAD EN LA OPERACIÓN	MECANISMO FALLA	CAUSA FALLA	SUBUNIDAD EN FALLA	COMPONENTE EN FALLA	METODO DETECCIÓN	ESTADO OPERATIVO PREFALLA	OBSERVACIONES
2011A00001	LA CIR AS1 1	2/1/11	Eléctrico - Desconocido	NINGUNA	BAJO	Avería eléctrica - general	Varios - Desconocido	MOTOR	NO REPORTADO	Otros	ACTIVO	Neutro

Fuente Autores

Figura 12. Encabezado de la tabla de organización de los datos de mantenimiento

DATOS DE MANTENIMIENTO																		
IDENTIFICACIÓN MMTD			DATOS MMTD									RECURSOS					ANOTACIONES	
ID	IDENTIFICACIÓN DEL EQUIPO (TAG NUMBER)	IDENTIFICACIÓN DE LA AVERÍA	FECHA	CATEGORÍA	PRIORIDAD	PERIODO O INTERVALO (H)	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	IMPACTO	SUBUNIDAD	COMPONENTE	UBICACIÓN REPUESTO	HORAS HOMBRE POR DISCIPLINA	H-H TOTAL	EQUIPO ADICIONAL	TIEMPO ACTIVO DE MMTD	TIEMPO NO OPERATIVO DEL EQUIPO	TIEMPO PERIODO LOGÍSTICO	OBSERVACIONES
2011AC00001		2011A00001	2/1/11	CORRECTIVO	MEDIA	8760	Verificar	PARCIAL	MOTOR	NO REGISTRADO	ALMACEN	No registrado	No registrado	Ninguno	No registrado	No registrado	No registrado	Neutro

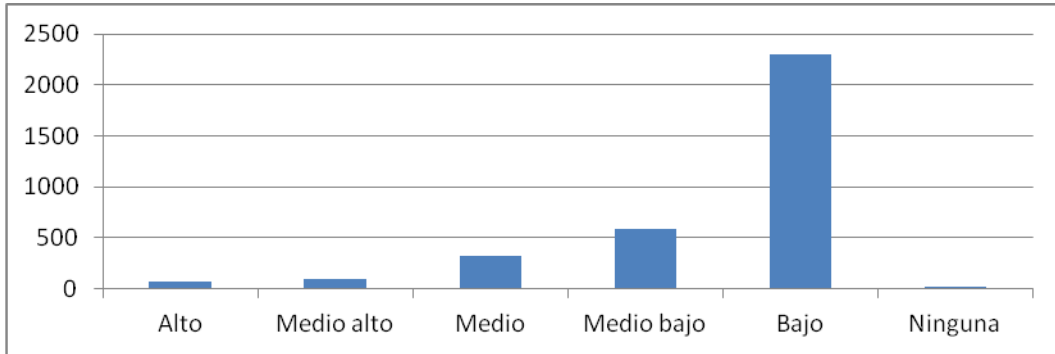
Fuente Autores

En resumen se encontró que las criticidades de las averías se pueden agrupar en: 66 eventos de categoría Alto, 96 eventos de categoría Medio alto, 325 eventos de categoría Medio, 589 eventos de categoría Medio bajo, 2298 eventos de categoría Bajo y 20 eventos de categoría Ninguna

A continuación las tablas de análisis de los eventos encontrados en los datos recibidos.

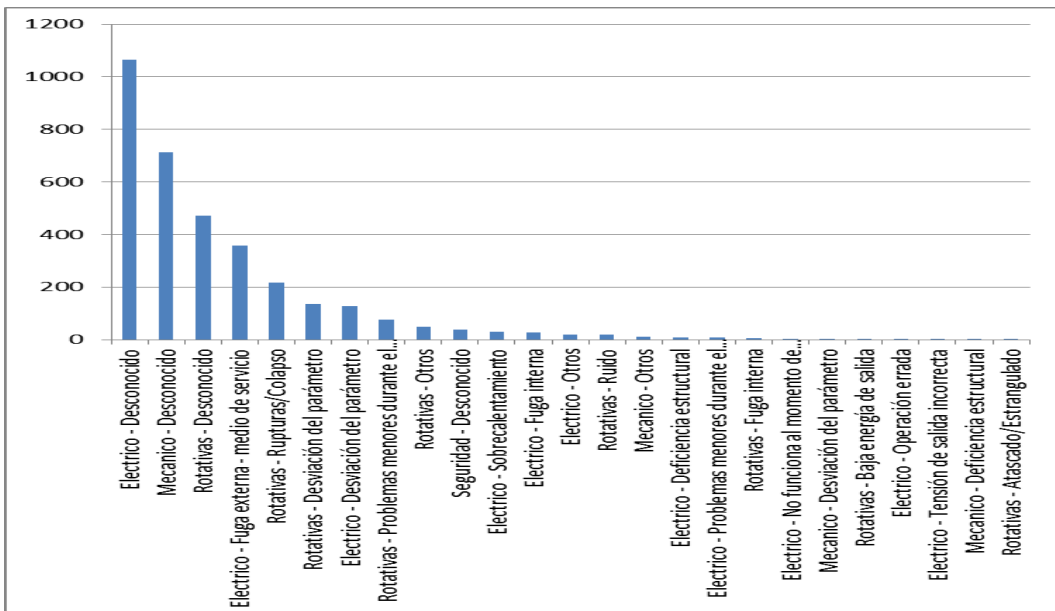
Nota: No se incluye en el alcance de este libro el análisis de los siguientes datos, esta etapa solo se menciona como punto de partida para posibles análisis futuros.

Figura 13. Resumen de criticidades de las fallas analizadas



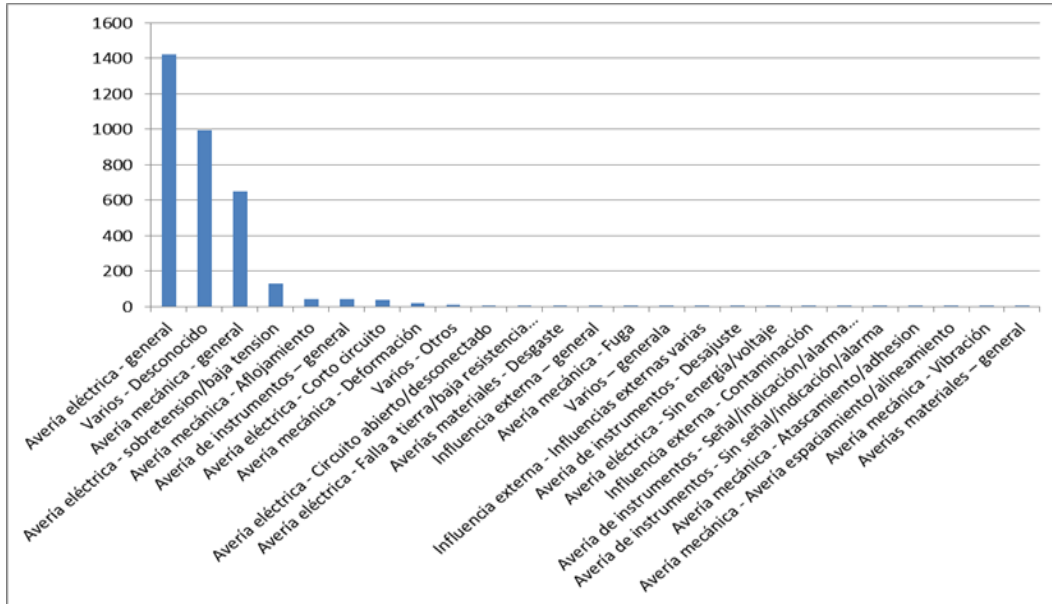
Fuente Autores

Figura 14. Resumen de eventos según el modos de falla



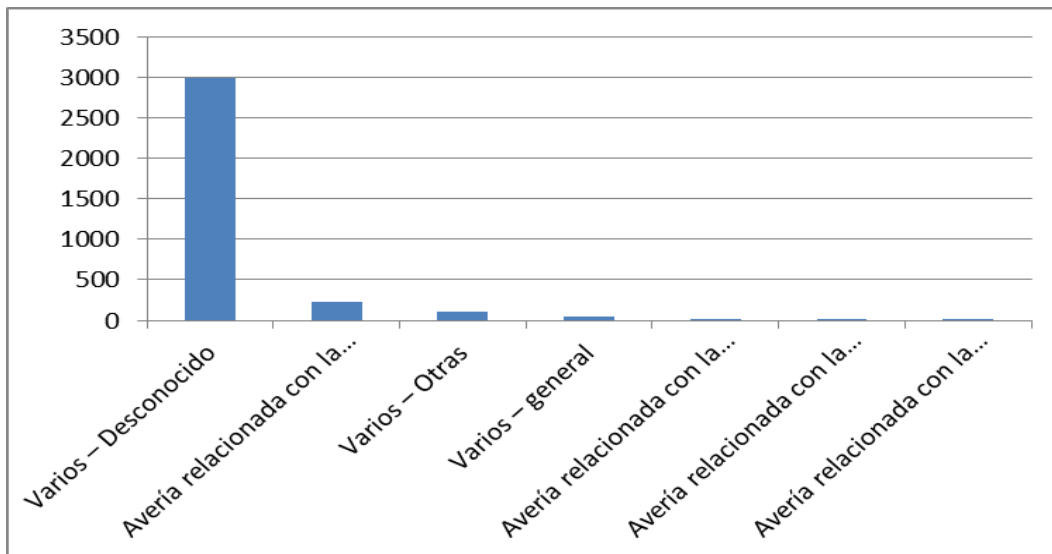
Fuente Autores

Figura 15. Resumen de eventos según el mecanismo de falla



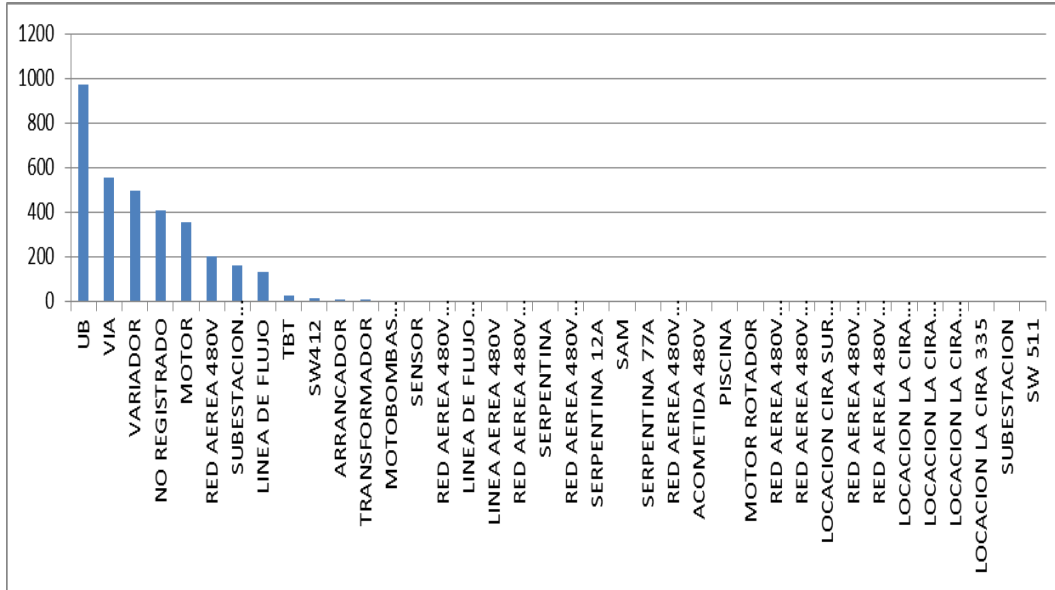
Fuente Autores

Figura 16. Resumen de eventos según la causa de la falla



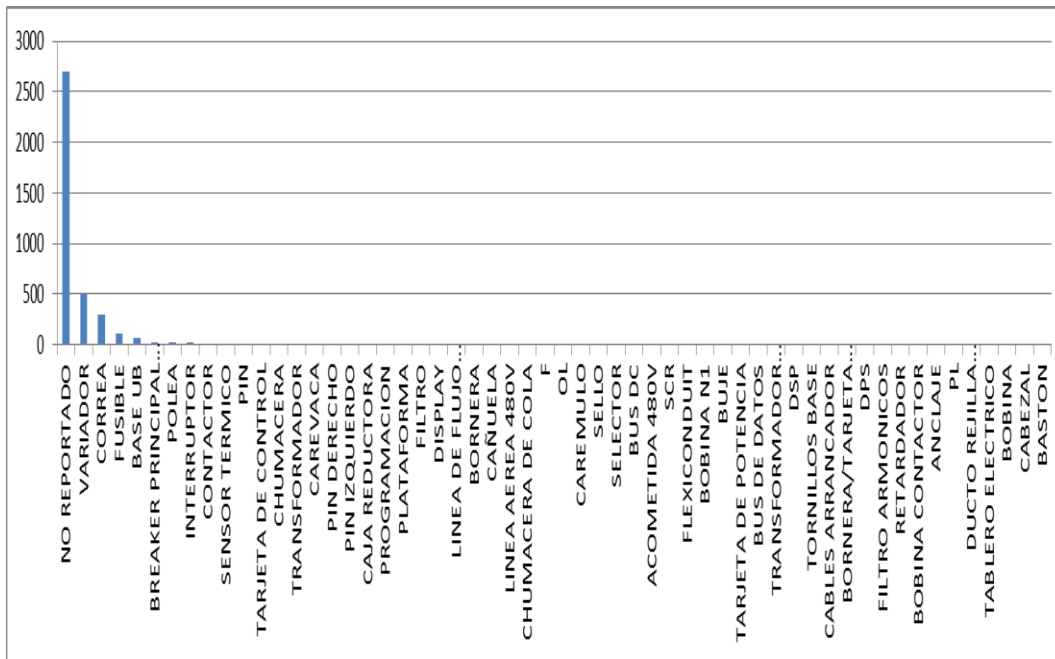
Fuente Autores

Figura 17. Resumen de eventos según la subunidad en la falla



Fuente Autores

Figura 18. Resumen de eventos según el componente en falla



Fuente Autores



El proceso de organización de la información fue realizado en 350 horas hombre más 6 horas totales entre las solicitudes y las reuniones con el personal de confiabilidad del campo quienes recibían la información día a día con el fin de identificar los criterios de los técnicos que recopilaban los datos. Se emplearon en el desarrollo de la organización dos computadores con MS Excel® licenciado versión 2010.



6. CONCLUSIONES

1. La información recibida de las actividades de mantenimiento del periodo 2011 del campo La Cira-Infantas cumplió satisfactoriamente con los criterios mínimos exigidos por la norma ISO 14224.
2. En la mayoría de los campos de la información organizada presenta las opciones “desconocido”, “general” u “otros” debido al poco detalle y diversos criterios y descripciones del personal de campo en la identificación de los eventos, en sus modos, mecanismos, modos y descripción de las actividades de mantenimiento registradas durante el periodo analizado.
3. No se logró identificar cada avería en su componente o parte ya que la taxonomía actual del campo no se incluye este nivel de despliegue y porque los datos no fueron levantados con este enfoque.
4. Los datos se organizaron bajo los parámetros de la norma ISO 14224, pero no constituyen una fuente de información completa para análisis de malos actores identificándolos al nivel taxonómico de subunidad, componente, ítem mantenible o parte.
5. Los autores han descrito en este libro la organización de los datos bajo los parámetros de la norma ISO 14224. Este documento puede ser tomado como guía del proceso de organización para nuevos datos si el proceso de adquisición se mantiene de manera similar.
6. Indudablemente los procedimientos recomendados por la norma ISO 14224, son un paso necesario y hacia adelante en la



implementación de una estrategia formal, continua y definitiva de gerenciamiento del mantenimiento en el campo y sus ventajas entre otras son la sistematización de la información de una manera uniforme desde el levantamiento hasta la presentación de los resultados, indicadores y las acciones que sean consecuencia de estos. La norma presenta un enfoque ordenado en los criterios de descripción de los eventos por parte del personal que recopila la información, apoyándose con las descripciones generales de los sistemas, subsistemas y componentes de cualquier empresa o negocio de la industria del petróleo, gas o petroquímica.

7. La norma en si es una serie de recomendaciones que deben ser complementadas por el personal experto en cada caso de los procesos donde se piensa implementa y no ser tomadas como definiciones absolutas de organización, ya que aplica de manera similar pero posiblemente no idéntica en diversos procesos de la industria del petróleo, gas y petroquímica.



7. RECOMENDACIONES

1. Divulgar, al personal de campo, al personal de confiabilidad y al interior del departamento de mantenimiento del campo La Cira-Infantas, el cuadro final de la información organizada de las actividades de los mantenimientos correctivos y preventivos, a manera de guía de organización, calidad y requerimientos mínimos en los datos a recopilar de cada evento registrable como parte de los pasos iniciales en la implementación de la norma ISO 14224.
2. Capacitar intensivamente en los conceptos de la norma ISO 14224:2006 al personal operativo que alimenta de datos de los eventos al sistema para unificar criterios. El capítulo 2 de este libro puede ser tomado, como parte del procedimiento guía en español de la implementación de la norma ISO 14224 en el campo La Cira-Infantas.
3. Para una mayor confianza en los datos se recomienda integrar el proceso de levantamiento de la información del mantenimiento entre los sistemas de control de producción (monitoreo de pozos) y recorredores del campo, la información de los jefes de departamentos de mantenimiento por disciplina (eléctrico, mecánico, tubería e instrumentación) y sus contratistas y la información del sistema de información del mantenimiento (ELLIPSE).
4. Identificar en el reporte de las actividades de mantenimiento los recursos empleados: materiales, tiempos del mantenimiento (hora de solicitud, hora de llegada, hora de inicio de trabajos, hora fin de trabajos, tiempos administrativos, etc.), herramientas y equipos (grúa, *man-lift*, etc.)



5. Completar los reportes de las actividades del mantenimiento mas alla del nivel de equipos hasta el nivel de componente según la taxonomía propuesta por la norma ISO 14224, logrando mayor detalle en la identificación de los elementos y componentes de los equipos que fallaron o que se cambiaron o repararon.
6. Complementar los arboles o taxonomía del campo hasta el nivel de componente de cada equipo para se pueda registrar la información levantada por el personal de campo en el sistema computarizado de administración del mantenimiento (ELLIPSE), ya que actualmente el menor nivel de la organización del sistema llega hasta el equipo principal (unidad de equipo) o activo, realizando esta tarea un nivel taxonómico inferior a la vez por periodo o año logrando así que el todo personal de campo apropie los conceptos de manera sistemática.
7. En caso de fallas describir con precisión el mecanismo de falla, por ejemplo, en caso de sobretemperatura, podría ser que la protección del equipo actuó correctamente por alta temperatura en el ambiente mas no por falla interna del equipo.
8. En las fallas ocurridas en los equipos de extracción de campo analizadas que se describen como falla de variador porque al llegar el personal de mantenimiento al sitio se encuentra el equipo apagado (notificado por el sistema de monitoreo de pozos o por el recorridor de pozos) y al inspeccionar el entorno y el sistema, se toma la decisión de dar arranque y el equipo arranca bajo solicitud, y permanece operando adecuadamente, lo cual no requiere a mayor atención por parte de mantenimiento, se noto una descripción del evento insuficiente o posiblemente no re realizo una investigación de



las causas, en este caso, se recomienda que sean registrados los códigos de alarma o error que presente el variador o el equipo de control y anotar en el campo de las observaciones, como texto libre, mas detalles del evento.

9. Se recomienda la instalación únicamente de tableros eléctricos que permitan la visualización de los eventos de falla o alarma sin necesidad de la apertura de la puerta para permitir que personal no calificado pueda reportar la falla con esta información y evitar posibles accidentes.
10. Se recomienda la generación de un procedimiento corporativo de la aplicación de la norma ISO 14224 en el campo La Cira-Infantas, que especifique de manera clara y sencilla los criterios que deben tener en cuenta el personal que recopila los datos, que incluya un único formato de reporte de actividades de mantenimiento, su capacitación, divulgación y aseguramiento de la calidad por medio de responsables con amplios conocimientos en la norma ISO 14224.
11. Se recomienda asignar personal competente para la toma de registros de campo y no permitir que esta tarea sea realizada por personal no calificado que pueda afectar enormemente la calidad de la información desde la fuente.
12. Recomendamos muy especialmente aplicar los conceptos del operador mantenedor con lo cual, no solo el personal técnico de mantenimiento, sino también el personal de operaciones pueda describir de manera adecuada y con calidad en los datos, los eventos de falla que se encuentren en campo.



13. Recomendamos sea realizado una organización similar de los datos de las actividades del mantenimiento del periodo actual a manera de reconocimiento de las fallas comunes en el campo y adoptar los criterios de la norma ISO 14224 en este proceso.



8. BIBLIOGRAFÍA

1. ADSUM, Sistemas de gestión empresarial [En línea]. Análisis de la norma ISO 14224. <http://www.adsuminternational.com/norma_ISO_14224.html> Disponible en internet. [Citado 2 de septiembre de 2012]
2. BENSON, Mr. Peter R. [En línea]. NATO Codification System as the foundation for ISO 8000, the International Standard for data quality. <<http://www.oilit.com/papers/Benson.pdf>> Disponible en internet. [Citado 2 de septiembre de 2012]
3. BENSON, Peter R. [En línea]. ISO 8000 DATA QUALITY – THE FUNDAMENTALS PART 1 http://www.ewsolutions.com/resource-center/rwds_folder/rwds-archives/issue.2009-10-12.0790666855/document.2009-10-12.3367922336/view?searchterm=ISO%208000. [Citado 2 de septiembre de 2012]
4. DATE, C.J. Introducción a los sistemas de bases de datos. 7ª edición. Pearson Education, México. 2001. 960 páginas
5. F.J.S. Alhanati, S.C. Solanki, T.A. Zahacy, C-FER Technologies [En línea]. ESP Failures: Can we talk the same language?. <http://www.esprifts.com/2001spe-espworkshop_final.pdf> Disponible en internet. [Citado 2 de septiembre de 2012]. 2001. 11 paginas.
6. F.J.S. Alhanati, S.C. Solanki, T.A. Zahacy, C-FER Technologies [En línea]. ESP Failures: Can we talk the same language?. <http://www.esprifts.com/2001spe-espworkshop_final.pdf> Disponible en internet. [Citado 2 de septiembre de 2012]. 2001. 11 paginas
7. ISO 14224, “Petroleum and Natural Gas Industries – Collection and Exchange of Refinery and Maintenance Data for Equipment,” International Standards Organization, Segunda Edición, 2006.
8. Offshore Reliability Data Handbook - Volume 1 - Topside Equipment, 5th Edition. OREDA®. Biblioteca EAFIT. 2009. 794 paginas



9. PEARSON, Steve, Pearson-Harper Ltd.® [En línea]. Sharing Engineering Information. <http://www.plant-maintenance.com/articles/Sharing_Engineering_Information.pdf> Disponible en internet. [Citado 2 de septiembre de 2012]
10. ROMERO, José, DELGADO, Orlando. Flicker en baja tensión: caracterización y análisis. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2003. 120 paginas.
11. TROFFÉ, Mario [En línea]. Análisis ISO 14224 /OREDA. <<http://confiabilidad.net/articulos/analisis-iso-14224-oreda/>>. Disponible en internet. [Citado 2 de septiembre de 2012]