

MANUAL DE DATOS OREDA

JOSÉ MIGUEL ZAPATA

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2011

MANUAL DE DATOS OREDA

JOSÉ MIGUEL ZAPATA

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Asesor:

Luis Alberto Mora
Ingeniero Mecánico

UNIVERSIDAD EAFIT
ESCUELA DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA
MEDELLÍN

2011

CONTENIDO

	pág.
CONTENIDO	3
ILUSTRACIONES	5
ECUACIONES	7
0 PRÓLOGO	8
0.1 INTRODUCCIÓN	8
0.2 OBJETIVOS	9
0.2.1 GENERAL	9
0.2.2 ESPECÍFICOS	9
1 CONCEPTOS BASICOS DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD	12
1.1 OBJETIVO	12
1.2 INTRODUCCIÓN	12
1.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO	12
1.4 MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD	12
1.5 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	12
1.6 IMPLEMENTACIÓN DEL RCM	15
1.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	16
2 HISTORIA DEL MANUAL OREDA	17
2.1 OBJETIVO	17
2.2 INTRODUCCIÓN	17
2.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO	17
2.3.1 MANUAL DE DATOS OREDA	17
2.4 ORGANIZACIÓN	19
2.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	19
3 MANEJO DE LA CONFIABILIDAD EN EL MANUAL	21

3.1	OBJETIVO	21
3.2	INTRODUCCIÓN	21
3.3	INFORMACION DE DATOS MANUAL OREDA.....	21
3.4	CONCEPTOS BÁSICOS	22
3.5	PROCESOS DE ESTIMACIÓN	23
3.5.1	TASA DE FALLA	23
3.5.2	TIEMPOS DE REPARACIÓN	25
3.6	FORMATO DE LAS TABLAS DE DATOS	26
3.6.1	TÉRMINOS USADOS EN EL MANUAL.....	27
3.6.2	<i>MAINTAINABLE ITEM VERSUS FAILURE MODE</i>	29
3.6.3	<i>FAILURE MECHANISM VERSUS FAILURE MODE</i>	30
3.6.4	SIGLAS DE CAUSAS DE FALLA	31
3.7	MANEJO DEL PROGRAMA EN EXCEL.....	33
3.8	CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO	37
4	CONCLUSIONES.....	38
	BIBLIOGRAFIA.....	39

ILUSTRACIONES

	pág.
Ilustración 1. Diagrama de objetivos	11
Ilustración 2. Miembros actuales de OREDA	19
Ilustración 3. Equipos del manual 2009	22
Ilustración 4. Curva de la bañera o de Davies.....	23
Ilustración 5. Tiempos de reparación	26
Ilustración 6. Formato de tabla de datos.	27
Ilustración 7. <i>Maintainable Item versus Failure Mode</i>	29
Ilustración 8. <i>Failure Mechanism versus Failure Mode</i>	30
Ilustración 9. Tabla de siglas	32
Ilustración 10. Tabla de datos del manual.....	33
Ilustración 11. Casilla de Total.	34
Ilustración 12. Datos de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.....	35
Ilustración 13. Datos de tiempo de operación.	35
Ilustración 14. Datos de probabilidad de fallas.....	36
Ilustración 15. Tabla en Excel de <i>Maintainable Item vs Failure Mode</i>	36

ECUACIONES

	pág.
Ecuación 1. <i>MTTF</i>	24
Ecuación 2. Tasa de falla para sistemas homogéneos	24
Ecuación 3. Tasa de falla para sistemas no homogéneos	25

0 PRÓLOGO

0.1 INTRODUCCIÓN

La industria actual crea maquinaria y sistemas de producción cada día más complejos, en donde cada empresa busca satisfacer el estándar mínimo de calidad al menor costo posible. También se debe satisfacer la demanda energética mundial, la cual cada día crece más lo que obliga a buscar fuentes energéticas a en lugares hostiles y difíciles de llegar. Esto lleva a varias compañías a establecer equipos en ultramar para poder aprovechar todos los recursos que se encuentran en él, como el petróleo y gas natural (Barajas, 2003).

Las plantas oceánicas o costeras representan gastos y peligros mucho más altos que una planta terrestre. Se debe evitar que se presente una falla, ya que realizar un mantenimiento correctivo es difícil, peligroso y costoso. Estas fallas también pueden ocasionar impactos ambientales graves como el que ocurre en el año 2010 con la explosión de la petrolera de BP (*British Petroleum*), la cual le cuesta varios billones de dólares en limpieza e indemnizaciones a los afectados (OREDA@, 2010)¹.

Los problemas que se mencionan anteriormente llevan a ocho compañías de gas y petróleo que operan mundialmente a patrocinar un proyecto de nombre OREDA® (*Offshore Reliability Data*). El principal objetivo de este proyecto es el de recolectar e intercambiar información acerca de la confiabilidad de los equipos que se utilizan y actuar como el foro para la coordinación y manejo de esta información en la industria de gas y petróleo.

El proyecto presenta un banco de datos de mantenimiento y confiabilidad para la exploración y producción de equipos en una gran variedad de áreas geográficas, instalaciones, tipos de maquinaria y condiciones de operación. Los principales

¹ @ símbolo que denota Bibliografía Internet

equipos que se manejan son los oceánicos y submarinos, pero algunos equipos terrestres también se mencionan.

El trabajo pretende recolectar los datos disponibles y crear en base a ellos un banco de datos que permanezca en la Universidad EAFIT y que pueda estar al alcance de las personas interesadas que no tengan acceso al proyecto OREDA.

La confiabilidad en la producción de las máquinas es un aspecto muy importante en todo el sector industrial, es necesario que los equipos se desempeñen como se espera para satisfacer la demanda de producción y evitar que se presenten demoras o accidentes que representan costos muy altos para las compañías.

La casa OREDA recolecta datos que ayudan a determinar la causa probable de aquellas posibles fallas y son de gran ayuda para estas compañías. OREDA pueda ayudar a extender el ciclo de vida de los equipos y minimizar el costo de mantenimiento al aplicar sus estudios de confiabilidad. A causa de esto tener disponible esta información en nuestro medio trae muchos beneficios para los departamentos de ingeniería, diseño, producción y mantenimiento (Citeseerx@, 2009).

0.2 OBJETIVOS

0.2.1 GENERAL.

Desarrollar en base a las publicaciones existentes de la casa OREDA una tabla de datos estándares para la confiabilidad y mantenimiento disponible en la Universidad EAFIT y permita su intercambio de información entre los interesados.

0.2.2 ESPECÍFICOS.

0.2.2.1 Objetivo uno.

Definir los conceptos básicos de la confiabilidad y su función en el mantenimiento.

- Nivel 1 - Conocer.

0.2.2.2 Objetivo dos.

Explorar brevemente la historia de cómo nació y se maneja la casa OREDA. Nivel 1 – Conocer

0.2.2.3 Objetivo tres.

Reconocer como es el manejo de la confiabilidad en la toma de datos. Nivel 2 - Comprender.

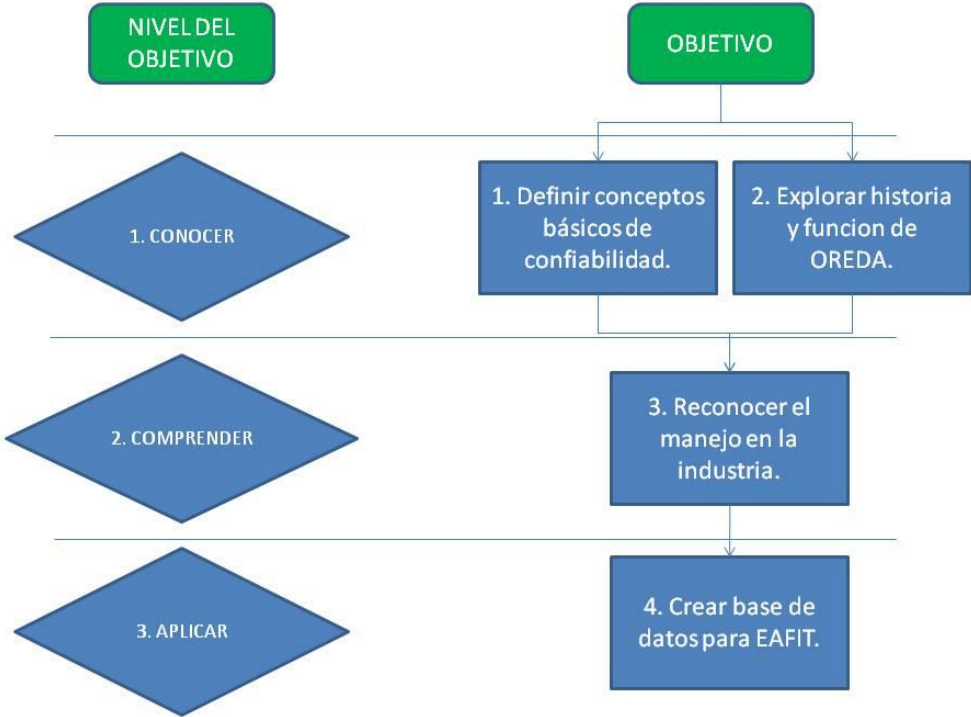
0.2.2.4 Objetivo 4

Crear una base de datos en la Universidad EAFIT que permita aplicar los conocimientos adquiridos por la casa OREDA. Nivel 3 - Aplicar.

0.2.2.5 Objetivo 5

Concluir los beneficios y resultados generados por el proyecto.

Ilustración 1. Diagrama de objetivos



1 CONCEPTOS BASICOS DE MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD

1.1 OBJETIVO

Definir los conceptos básicos de la confiabilidad y su función en el mantenimiento.
Nivel 1 - Conocer.

1.2 INTRODUCCIÓN

Las compañías buscan siempre mantener sus equipos y maquinaria en óptimas condiciones para asegurarse de que estas respondan de la manera prevista frente a una demanda operacional.

Los equipos que no realizan su función de la manera prevista, ocasionan paradas en la producción inesperadas y otros incidentes que se traducen en pérdida de dinero para la compañía.

1.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO

1.4 MANTENIMIENTO Y CONFIABILIDAD

El departamento de mantenimiento moderno nace en la revolución industrial como una manera de solucionar fallas y paradas no planeadas en las máquinas. La única manera como se resolvían estos problemas era mediante el mantenimiento correctivo. La función del mantenimiento como su nombre lo menciona, es la de mantener los sistemas funcionando para un determinado fin y hoy en día existen diferentes tipos de mantenimiento los cuales se aplican dependiendo de las necesidades y capacidades de una empresa (Barajas, 2003).

1.5 MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

El mantenimiento confiable o RCM nace en la industria aérea de Estados Unidos a principios de los años 1960, en donde se realiza un estudio en el cual se determina que el ciclo de vida en el cual los componentes de los aviones

funcionan confiablemente, se estiman de manera errónea en casi todos los aspectos. Los descubrimientos que se encuentran en este estudio revolucionan muchos aspectos en el área de mantenimiento y se cambia la manera de ver muchas teorías tales como:

- La mayoría de las fallas no están relacionadas directamente con la edad del equipo.
- Se intenta manejar el proceso de falla en vez de intentar predecir la esperanza de vida.
- Se entiende la importancia de mantener correctamente la condición de un equipo.
- La importancia de rutinas básicas de mantenimiento.

El objetivo principal del mantenimiento confiable es reducir los costos al enfocarse en funciones más importantes de las máquinas. Los costos se reducen evitando realizar trabajos que no son estrictamente necesarios (Solomantenimiento, 2011).

La filosofía del mantenimiento centrado en la confiabilidad se fundamenta en:

- Evaluar el estado y función de los componentes de un equipo.
- Identifica componentes críticos.
- Aplicar mantenimiento proactivo y predictivo.
- Chequeos del estado físico y funcional de los componentes mediante análisis y revisión constante.

El mantenimiento confiable hoy en día reconoce varias amenazas principales que presenta la falla de un equipo, estas son riesgo a la seguridad de los trabajadores, a detener las operaciones, al medio ambiente y al presupuesto de mantenimiento. También presenta cuatro principales estrategias para prevenir estos riesgos: rutinas básicas de mantenimiento, mantenimiento planeado para restablecer o desechar, mantenimiento en busca de fallas y cambios al sistema como mejoras o cambio de elementos (Moubray, 2004).

El mantenimiento centrado en la confiabilidad tiene como principales objetivos lo siguiente:

- Eliminar averías en los equipos.
- Brindar información acerca de la capacidad de producción de acuerdo al estado de sus equipos.
- Minimizar costos de mantenimiento.
- Planear mantenimiento necesario.
- Crear mejores horarios de trabajo para el personal de mantenimiento.
- Sincronizar los departamentos de producción y mantenimiento.
- Incrementar los beneficios debido a la reducción del costo en mantenimiento.

Las ventajas generadas al aplicar este método son muchas, a continuación se nombran las más importantes:

- Crea una actitud crítica en todo el personal ante las fallas y averías.
- Reduce el costo de mantenimiento.
- Optimiza la confiabilidad, maximiza la disponibilidad y mejora la mantenibilidad.
- Une el mantenimiento con las operaciones.
- Anima el trabajo grupal.
- Mayor seguridad operacional y ambiental.
- Optimiza el plan de mantenimiento de acuerdo a la importancia de los activos.
- Mejora el sistema de mantenimiento preventivo.
- Incrementa el conocimiento general de todo el personal.
- Todo el personal de mantenimiento participa en su organización.
- Establece normas de procedimientos de trabajo y registro.

(Moubray, 2004)

Al aplicar este método de mantenimiento, los aspectos dominantes, causas de falla y consecuencias de un sistema son determinados. Para cada uno de ellos se asigna un nivel de importancia, ya sea que se permitan llevar al punto de falla o que se deba prevenir a todo costo una falla, por lo tanto los equipos operaran como se espera en la mayoría de ocasiones a no ser que se presenten fallas triviales como las causadas por desastres naturales las cuales no pueden ser prevenidas (Wiki, 2010).

El mantenimiento confiable está limitado casi en su totalidad por el factor humano, de este depende su éxito o fracaso. El equipo de trabajo juega un rol muy importante ya que debe aplicarlo y popularizarlo correcta y eficientemente para poder solucionar sus problemas (Moubray, 2004).

1.6 IMPLEMENTACIÓN DEL RCM

Las acciones correctivas, modificativas, predictivas y preventivas son utilizadas en el mantenimiento confiable, con la ayuda en instrumentos y herramientas avanzadas y los pasos para su implementación son los siguientes:

1. Etapa de Planeación: Se escogen los activos físicos a trabajar, los recursos requeridos, se define el cronograma de trabajo y se estudia cada activo seleccionado.
2. Grupos de Realización y Revisión: Debe incluir personal de ingeniería, planta y mantenimiento. Cada grupo debe contar con al menos seis integrantes: ingeniero de mantenimiento, ingeniero de producción, operario, mantenedor, experto externo y facilitador.
3. Facilitadores: Realizan un estudio completo en todos los equipos críticos y elementos claves. Todos deben conocer y entender el RCM y cumplir en el calendario de trabajo.
4. Resultados de análisis de RCM: Se crean los planes de mantenimiento reparaciones necesarias, se rediseñan los procesos de operación, se montan los mantenimientos en software disponibles o programas manuales,

se describen las tareas a realizar y se crea un plan de control y seguimiento.

5. Auditoría e Implementación: Se realiza una revisión general de cada activo, el cumplimiento de normas internacionales, se estudian beneficios, limitaciones y cambios.

(MORA, 2009)

Las empresas conscientes de la importancia del recurso humano y trabajo en equipo entre el departamento de mantenimiento y producción son las que encuentran más útil aplicar el RCM. En empresas donde el recurso humano no esté muy desarrollado es necesario aplicar primero sistemas de enfoque social como el TPM (Mantenimiento Productivo Total) antes de lograr aplicar el RCM con éxito.

1.7 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

El mantenimiento confiable es esencial para la producción de las empresas. Sin este, los problemas generados por paradas no planeadas incrementarían notablemente los costos de producción.

El cambio de elementos de un equipo y el mantenimiento planeado muchas veces se realiza sin necesidad cuando las piezas o elementos todavía tienen vida útil.

La seguridad hacia los empleados también se incrementa ya que es menos probable que se presenten fallas en las máquinas que puedan generar accidentes como explosiones o fugas peligrosas.

2 HISTORIA DEL MANUAL OREDA

2.1 OBJETIVO

Explorar brevemente la historia de cómo nació y se maneja la casa OREDA.

2.2 INTRODUCCIÓN

La colaboración conjunta de varias organizaciones que trabajan en el mismo segmento de la industria ocurre muy frecuentemente. Estas alianzas logran avances y resultados que no podrían haber sido logrados individualmente.

Los datos disponibles en el manual OREDA son el resultado del trabajo conjunto de varias compañías petroleras y estos benefician notablemente a cada una de ellas para disponer de equipos y sistemas más confiables.

2.3 DESARROLLO DEL CAPÍTULO

2.3.1 MANUAL DE DATOS OREDA

Un proyecto colaborativo nace a principios de los años 1980, gracias a un número de compañías petroleras que operaban en el mar Adriático y del Norte. La idea de este proyecto es la de estudiar la confiabilidad de equipos importantes bajo condiciones de operación en tiempo real. El NPD (*Norwegian Petroleum Directorate*) inició el proyecto OREDA en el año 1981 y se acuerda que se maneje por un grupo de compañías en 1983.

El objetivo principal de OREDA en un principio es recolectar datos de confiabilidad para equipos de seguridad, pero luego se expande para cubrir una gran cantidad de datos de confiabilidad de distintos equipos utilizados en la exploración y explotación de gas y petróleo. Los equipos de ultramar y de trabajo acuático son los que se cubren principalmente, pero algunos equipos de tierra también están en el documento Oreda (OREDA, 2009).

El proyecto hoy en día tiene como objetivo principal contribuir a un diseño y operación segura y eficiente de las plantas exploradoras y explotadoras de gas y petróleo, a través de la recolección y análisis de datos de mantenimiento y operación, una base de datos de confiabilidad de alta calidad y el intercambio de tecnología de confiabilidad, disponibilidad, mantenimiento y seguridad entre las compañías que participan en él.

El proyecto lleva diez fases hasta el día de hoy y la información disponible se recolecta a partir de 265 instalaciones, 16000 equipos con 38000 fallas y 68000 records de mantenimiento (OREDA, 2009).

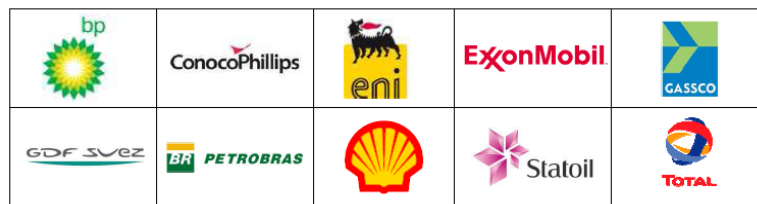
Las fases del proyecto OREDA se muestran a continuación:

Tabla 1. Fases del proyecto OREDA

Fase I (1981-84)	Ocho compañías hacen parte del proyecto y la edición 1984 del Manual de Datos OREDA se presenta.
Fase II (1985-88)	Siete compañías son miembros y la segunda fase del proyecto es disponible junto con una guía para la recolección de datos y software (DOS) para el análisis y almacenamiento de datos.
Fase III (1990-92)	La tercera fase del proyecto se presenta, un segundo manual se crea (1992) y se inicia la cooperación entre miembros. Diez compañías participan del proyecto.
Fase III-IV (1993)	Se desarrollan y evalúan métodos para el análisis de datos, se realiza un estudio de beneficio en costos y se promueve el concepto OREDA como estándar ISO (Organización Internacional para la Estandarización).
Fase IV (1994-96)	Nuevo software (Windows) y guía para la recolección de datos en mantenimiento preventivo. Diez compañías participan en el proyecto.
Fase V (1997-99)	Once compañías son miembros, el tercer manual (1997) se presenta, la norma ISO 14 224 también nace y un nuevo software para trabajo submarino se desarrolla.
Fase VI (2000-01)	Diez compañías hacen parte del proyecto y se fortalece el enfoque en equipos submarinos junto con la cooperación de compañías que manufacturan estos equipos.
Fase VII (2002-003)	Ocho compañías presentan la cuarta versión del manual (2002) y se enfoca en la seguridad y en equipos submarinos.
Fase VIII (2004-05)	Se une un nuevo miembro y se presenta la segunda edición de la norma ISO 14 224.
Fase IX (2206-08)	Se celebran los 25 años de OREDA, se adopta el proyecto en la norma ISO 14 224 y se continúa con el cubrimiento mundial de datos.
Fase X (2009-11)	La quinta edición del manual se presenta (2009) y de ocho a diez miembros hacen partes del proyecto.

El banco de datos también posee información de equipos submarinos con unos 2000 años aproximados de operación conjunta. Solo los miembros de OREDA tienen acceso a esta base de datos y su software de búsqueda y análisis, pero acceso temporal se otorga para compañías que trabajan para miembros de OREDA (OREDA@, 2010).

Ilustración 2. Miembros actuales de OREDA



(OREDA, 2009)

2.4 ORGANIZACIÓN

El proyecto OREDA se administra por un comité que incluye dos miembros de cada compañía participante. Los miembros escogen a uno de ellos como gerente del proyecto para coordinar las actividades que se realizan y garantizar la calidad de los datos recolectados.

2.5 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

La efectividad del proyecto OREDA se demuestra con todos sus años de historia y las diez fases que se han llevado a cabo. El invertir en proyectos como este, genera grandes beneficios para las compañías, no solo en reducción de costos, sino también en incremento de seguridad y confiabilidad de los equipos.

La cantidad y calidad de datos disponible en el manual es imposible de lograr sin el trabajo en grupo de todos sus miembros. Cada uno de ellos trabajando por separado no tendría una base con tanta información disponible como la que se

tiene en el manual OREDA. Se demuestra como el trabajo en equipo resulta beneficioso para todos sus participantes.

3 MANEJO DE LA CONFIABILIDAD EN EL MANUAL

3.1 OBJETIVO

Reconocer cómo es el manejo de la confiabilidad en la toma de datos.

3.2 INTRODUCCIÓN

La toma de datos del manual debe garantizar una adecuada interpretación de las fallas y una buena organización en la publicación de ellos. Los departamentos de mantenimiento de los distintos miembros del proyecto se basan en estos datos para planear y crear cronogramas de sus rutinas de mantenimiento.

Un manejo no adecuado o incongruencias en la interpretación de los datos obtenidos, puede llevar a malas interpretaciones de los resultados y generar paradas imprevistas o paradas planeadas no necesarias.

3.3 INFORMACION DE DATOS MANUAL OREDA

El manual OREDA presenta datos de confiabilidad de alta calidad para equipos de ultramar. Para cada equipo se presenta la siguiente información:

- Un dibujo ilustrando las fronteras del equipo.
- Una lista de modos de falla.
- El número de fallas observadas para cada tipo de falla.
- El tiempo en servicio para cada equipo.
- Una tasa de falla estimada.
- Un tiempo de reparación estimado.
- Número de ítems e instalaciones.
- Una tabulación cruzada entre modo y tipo de falla.

Los datos del manual son estrictamente limitados a los componentes y sistemas mecánicos, esto implica que errores humanos no están incluidos. Pueden ocurrir

ocasiones en las que las fallas puedan haber sido causadas por el factor humano, por lo que implícitamente algunos errores humanos estén incluidos (OREDA, 2009).

3.4 CONCEPTOS BÁSICOS

El manual de confiabilidad OREDA 2009 organiza los equipos en cuatro sistemas principales y cada uno de estos sistemas se divide a su vez por clase:

Ilustración 3. Equipos del manual 2009

SISTEMA	CLASE	UNIDADES
1. Maquinaria	1.1 Compresores	131
	1.2 Turbinas de gas	88
	1.3 Bombas	212
	1.4 Motores de combustión	98
	1.5 Turboexpansores	10
2. Equipos Eléctricos	2.1 Generadores eléctricos	32
	2.2 Motores eléctricos	143
3. Equipos Mecánicos	3.1 Intercambiadores	21
	3.2 Vessels	198
	3.3 Calentadores y calderas	12
4. Otros	4.1 Detectores de fuego y gas	918
	4.2 Sensores de procesos	69
	4.3 Unidades de control lógico	10
	4.4 Válvulas	907

(OREDA, 2009)

Los equipos se dividen de acuerdo a sus características de diseño o tipo de servicio al tenerlos separados por clase, por ejemplo los compresores se dividen en compresor centrífugo, de tornillo, etc. Después cada subsistema se divide en las partes que lo componen, como sistemas de lubricación, transmisión, etc. Finalmente se llega al nivel más bajo de la jerarquía y se señalan las partes a las que se debe realizar el mantenimiento como lo son los rodamientos, filtros, sellos, válvulas, etc. (OREDA, 2009).

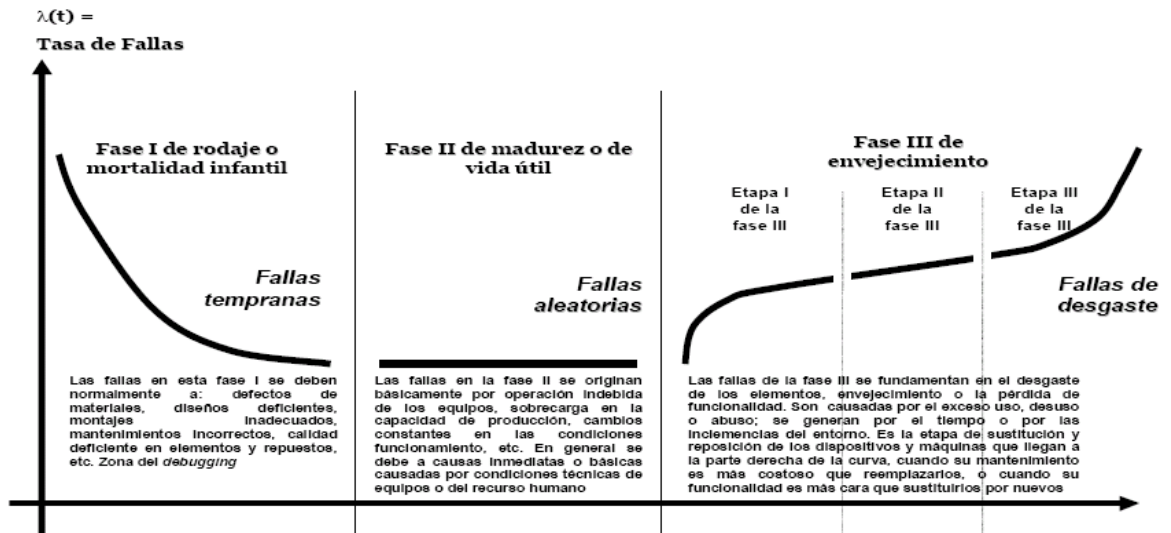
3.5 PROCESOS DE ESTIMACIÓN

El objetivo principal del manual es presentar datos que muestren la rata promedio de falla de los equipos y un tiempo estimado de reparación.

3.5.1 TASA DE FALLA

Esta tasa muestra que tan probable es que falle un elemento que ha trabajado un tiempo t determinado y es definida por la letra griega λ . La probabilidad de falla aumenta a la vez que t aumenta. Generalmente la probabilidad de falla está graficada en la curva de la bañera, la cual muestra que es más probable que un equipo presente problemas en la etapa infantil o inicial y en la etapa de vejez o final.

Ilustración 4. Curva de la bañera o de Davies



(MORA, 2009)

Los problemas de instalación o de calidad son los causantes de la alta probabilidad en la etapa infantil. Esta etapa no es incluida en la base de datos OREDA, esto significa que los datos se empiezan a tomar en la etapa de madurez o vida útil. La mayoría de los componentes de los equipos del manual son

reemplazados o reparados antes de que lleguen a la etapa de vejez, por lo que esta etapa tampoco se tiene en cuenta, por lo que todos los datos del manual se basan asumiendo que la tasa de falla es constante e independiente del tiempo.

Una importante implicación de una tasa constante de falla es que los componentes son considerados “como nuevos” siempre y cuando estén funcionando y sus fallas son independientes de la edad. Basándose en esto, el MTTF (*Mean Time To Failure* o Tiempo Promedio Entre Fallas) se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 1. *MTTF*

$$MTTF = \frac{1}{\lambda}$$

(OREDA, 2009)

La tasa de falla para sistemas homogéneos, los que operan o trabajan bajo las mismas condiciones, se calcula dividiendo el número de fallas por el tiempo en servicio así:

Ecuación 2. Tasa de falla para sistemas homogéneos

$$\lambda = \frac{n}{t}$$

(OREDA, 2009)

El acercamiento homogéneo solo es válido bajo las siguientes condiciones:

- Los tiempos de falla para un número específico de ítems, con la misma tasa de falla λ , están disponibles.
- Muchos datos de fallas están disponibles para un solo ítem por un periodo de tiempo durante el cual λ es constante.
- Una combinación de las dos situaciones anteriores.

La base de datos también presenta un intervalo de confianza del 90% para la tasa de falla, denominado $\hat{\lambda}$.

La toma de datos en muchas ocasiones no es de sistemas homogéneos. La información puede venir de diferentes instalaciones con distintos tiempos y condiciones de operación o se desea presentar una λ promedio para sistemas ligeramente distintos. La tasa promedio entre los distintos sistemas se calcula así:

Ecuación 3. Tasa de falla para sistemas no homogéneos

$$\theta = \int_0^{\infty} \lambda \cdot \pi(\lambda) d\lambda$$

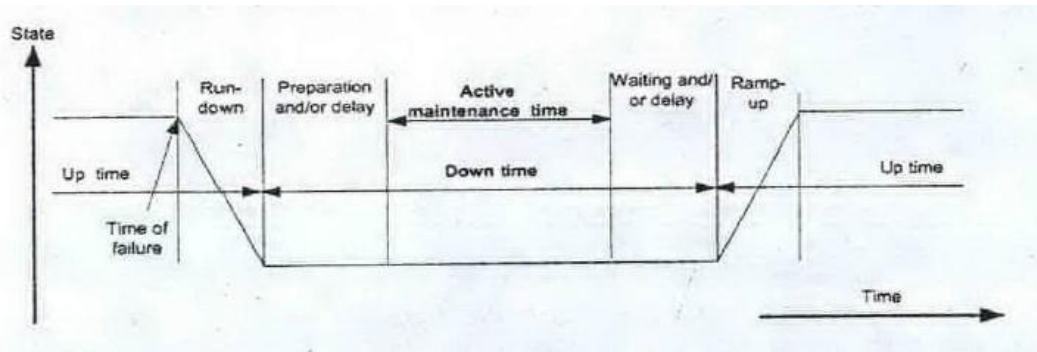
(OREDA, 2009)

En la ecuación anterior $\pi(\lambda)$ hace referencia a una función de probabilidad que asume que la rata de falla es un valor aleatorio.

3.5.2 TIEMPOS DE REPARACIÓN

Se colectan tres tiempos distintos en la toma de datos para el manual, *down time*, *active repair time* y *restoration man-hours*. *Down time* es el tiempo tomado desde que se presenta la falla hasta que es reparado totalmente, no está incluido en el manual. *Repair time* es el tiempo en el cual se llevan a cabo trabajos de mantenimiento y *restoration man-hours* son las horas totales usadas para devolver el equipo a un estado de operación.

Ilustración 5. Tiempos de reparación



(OREDA, 2009)

3.6 FORMATO DE LAS TABLAS DE DATOS

Cada tabla contiene una identificación del ítem y varios parámetros de confiabilidad que se muestran a continuación:

- *Taxonomy number and ítem*: Identificación numérica del equipo.
- *Population*: Número total de equipos tomados para las estimaciones.
- *Installations*: Número total de instalaciones tomadas para las estimaciones.
- *Aggregated time in service*: Tiempo en servicio, se presentan dos tiempos; tiempo calendario y tiempo de operación. Pueden haber grandes diferencias entre estos dos tiempos, ya que hay casos en que los equipos se mantienen en espera para ser utilizados, como por ejemplo equipos contra incendios.
- *Number of demands*: El número total de ciclos o demandas hechas a los equipos en su estado de operación.
- *Failure mode/Severity class*: Descripción breve de cómo se presentó la falla.
- *Number of failures*: Total número de fallas para cada tipo de falla, el acumulado de fallas se presenta como *all modes*.
- *Failure rate*: Rata de falla estimada, se incluyen los siguientes valores:
 - *Mean*: Rata de falla promedio.

- *Lower, Upper*: Un intervalo que cubre el 90% de la variación entre las muestras.
- *SD*: Desviación estándar entre las muestras.
- *n/t*: Número de fallas divididas el tiempo en servicio.
- *Active repair time*: Horas requeridas para llevar el equipo a operación. Solo incluye el tiempo en el cual se realizan trabajos al equipo, no toma en cuenta tiempo de espera para repuestos, apagado del equipo, etc.
- *Manhours*: El promedio de la suma total de horas hombre para reparar el equipo.
- *Comments*: Probabilidad de falla en-demanda cuando disponible.

Ilustración 6. Formato de tabla de datos.

Taxonomy no		Item											
Population	Installations	Aggregated time in service (10 ⁶ hours)					No of demands						
		Calendar time *			Operational time †								
Failure mode	No of failures	Failure rate (per 10 ⁶ hours)					Active rep.hrs	Repair (manhours)					
		Lower	Mean	Upper	SD	n/t		Min	Mean	Max			
Comments													

(OREDA, 2009)

3.6.1 TÉRMINOS USADOS EN EL MANUAL

La terminología usada en el manual OREDA 2009 se define a continuación:

- *Boundary*: Interacción entre un ítem y sus alrededores.

- *Calendar time*: El intervalo de tiempo entre el inicio y fin de la colecta de datos de un ítem.
- *Equipment unit*: La mayor jerarquía de un equipo, incluyendo todos las partes que lo componen.
- *Failure*: La inhabilidad de un ítem para cumplir su función requerida.
- *Failure mechanism*: Es la causa aparente o inmediata de la falla refiriéndose al nivel más bajo de la jerarquía, por ejemplo actuador, carcasa, etc.
- *Failure mode*: El efecto en el cual se observa la falla en la unidad que falla, por ejemplo desgaste, falla en encender, erosión, etc.
- *Item*: Término utilizado para referirse a cualquier pieza del equipo.
- *Maintainable ítem*: Conjunto de partes de la menor jerarquía durante el mantenimiento.
- *Operational time*: Intervalo de tiempo en el cual un ítem desarrolla su función requerida durante el muestreo.
- *Sample*: El grupo de ítems del mismo tipo en servicio en una instalación durante el muestreo.
- *Critical failure*: Falla que causa la pérdida inmediata de un equipo de realizar su función.
- *Degraded failure*: Falla no crítica pero que evita que un equipo desarrolle su función bajo los rangos mínimos necesarios.
- *Incipient failure*: Falla que no causa la pérdida de función de un equipo, pero que si no se atiende, puede llegar a ser degraded o critical.
- *Unknown*: La severidad de la falla no pudo ser deducida o registrada.
- *Subunit*: Conjunto de ítems que proveen una función específica para que el equipo logre su función deseada.
- *Taxonomy*: Clasificación de ítems en grupos genéricos basados en factores comunes, por ejemplo función o medio trabajado. (OREDA, 2009)

3.6.2 MAINTAINABLE ITEM VERSUS FAILURE MODE

La tabla anterior no muestra en que parte del equipo se presenta la falla, por lo que estas tablas son incluidas y en ellas se muestra la contribución de cada ítem para la rata total de falla. Cada valor de la tabla muestra porcentajes de ocurrencia para cada ítem y su modo de falla.

La fila suma representa el porcentaje total de fallas que están relacionadas para el ítem mantenible actual. La columna suma por otra parte, representa la contribución en porcentaje de cada modo de falla.

Ilustración 7. *Maintainable Item versus Failure Mode*

	AIR	BRD	ELP	ELU	ERO	FTS	HIO	INL	LOO	NOI
Actuating device	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Antisurge system	0.22	0.00	0.04	0.13	0.35	0.18	0.04	0.18	0.00	0.00
Base frame	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Bearing	0.00	0.00	0.00	0.18	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Buffer gas system	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cabling & junction boxes	0.22	0.00	0.00	0.04	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Casing	0.00	0.02	0.04	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Check valves	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Control unit	0.84	0.00	0.00	0.04	0.22	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00
Control, isolating & check valves	0.04	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cooler(s)	0.00	0.00	0.00	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coupling to driven unit	0.00	0.00	0.00	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Coupling to driver	0.00	0.00	0.00	0.11	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cylinder liner	0.13	0.00	1.94	0.62	0.00	0.04	0.00	0.04	5.78	0.00
Dry gas seal	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00
Filter(s)	0.02	0.00	0.04	0.18	0.00	0.00	0.09	0.04	0.31	0.00
Gearbox/var. drive	0.09	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09
Instrument, flow	0.57	0.00	0.00	0.09	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Instrument, general	0.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00
Instrument, level	2.07	0.00	0.00	0.22	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00
Instrument, pressure	4.07	0.00	0.00	0.31	0.09	0.31	0.04	0.00	0.04	0.00
Instrument, speed	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Instrument, temperature	4.65	0.00	0.04	0.11	0.09	0.13	0.00	0.00	0.04	0.00
Instrument, vibration	1.08	0.00	0.00	0.11	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Internal piping	0.02	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Internal power supply	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Interstage seals	0.00	0.00	0.09	0.11	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04	0.00

(OREDA, 2009)

3.6.3 FAILURE MECHANISM VERSUS FAILURE MODE

Las contribuciones de falla de cada mecanismo o causa se muestran en esta tabla. Cada valor es un porcentaje de ocurrencia para cada modo y causa de falla. La fila suma representa el porcentaje total de fallas que están relacionadas con el mecanismo de falla actual. La columna suma representa la contribución en porcentaje de cada modo de falla.

Ilustración 8. *Failure Mechanism versus Failure Mode*

	AIR	BRD	ELP	ELU	ERO	FTS	HIO	INL	LOO	NOI
Blockage/plugged	0.13	0.00	0.00	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00
Breakage	0.26	0.04	0.09	0.09	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Burst	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cavitation	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Clearance/alignment failure	0.13	0.00	0.04	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Combined causes	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Contamination	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Control failure	0.40	0.00	0.00	0.09	0.18	0.49	0.00	0.04	0.04	0.00
Corrosion	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00
Deformation	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
Earth/isolation fault	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Electrical failure - general	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
Erosion	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
External influence - general	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fatigue	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Faulty power/voltage	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Faulty signal/indication/alarm	3.40	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Instrument failure - general	6.27	0.00	0.09	0.35	0.35	0.75	0.09	0.04	0.62	0.00
Leakage	0.04	0.00	1.06	4.15	0.00	0.04	0.00	0.09	0.00	0.00
Looseness	0.18	0.00	0.09	0.44	0.09	0.13	0.00	0.00	0.00	0.04
Material failure - general	0.13	0.00	0.13	0.49	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04
Mechanical Failure - general	0.44	0.09	3.18	2.56	0.13	0.35	0.04	0.13	9.14	0.13
Misc. external influences	0.18	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00
Miscellaneous - general	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
No cause found	0.26	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04
No power/ voltage	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
No signal/indication/alarm	0.71	0.00	0.00	0.04	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Open circuit	0.40	0.00	0.04	0.04	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Out of adjustment	3.27	0.00	0.00	0.00	0.26	0.22	0.00	0.04	0.09	0.00
Overheating	0.00	0.00	0.13	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Short circuiting	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Software failure	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sticking	0.18	0.04	0.00	0.00	0.04	0.09	0.00	0.13	0.00	0.00
Unknown	0.53	0.00	0.04	0.13	0.00	0.26	0.00	0.00	0.71	0.09
Vibration	0.31	0.00	0.04	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.13
Wear	0.18	0.00	0.09	1.50	0.26	0.00	0.00	2.38	0.40	0.13
Total	18.23	0.22	5.12	10.77	1.63	3.27	0.22	2.91	11.65	0.71

	AIR	BRD	ELP	ELU	ERO	FTS	HIO	INL	LOO	NOI
Blockage/plugged	0.13	0.00	0.00	0.09	0.04	0.00	0.00	0.00	0.31	0.00
Breakage	0.26	0.04	0.09	0.09	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Burst	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cavitation	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Clearance/ alignment failure	0.13	0.00	0.04	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Combined causes	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
Contamination	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Control failure	0.40	0.00	0.00	0.09	0.18	0.49	0.00	0.04	0.04	0.00
Corrosion	0.09	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00
Deformation	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04
Earth/isolation fault	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Electrical failure - general	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00
Erosion	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
External influence - general	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fatigue	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Faulty power/voltage	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Faulty signal/indication/alarm	3.40	0.00	0.00	0.00	0.18	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00
Instrument failure - general	6.27	0.00	0.09	0.35	0.35	0.75	0.09	0.04	0.62	0.00
Leakage	0.04	0.00	1.06	4.15	0.00	0.04	0.00	0.09	0.00	0.00
Looseness	0.18	0.00	0.09	0.44	0.09	0.13	0.00	0.00	0.00	0.04
Material failure - general	0.13	0.00	0.13	0.49	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.04
Mechanical Failure - general	0.44	0.09	3.18	2.56	0.13	0.35	0.04	0.13	9.14	0.13
Misc. external influences	0.18	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.00
Miscellaneous - general	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
No cause found	0.26	0.00	0.00	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.04
No power/ voltage	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
No signal/indication/alarm	0.71	0.00	0.00	0.04	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Open circuit	0.40	0.00	0.04	0.04	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
Other	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
Out of adjustment	3.27	0.00	0.00	0.00	0.26	0.22	0.00	0.04	0.09	0.00
Overheating	0.00	0.00	0.13	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Short circuiting	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Software failure	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sticking	0.18	0.04	0.00	0.00	0.04	0.09	0.00	0.13	0.00	0.00
Unknown	0.53	0.00	0.04	0.13	0.00	0.26	0.00	0.00	0.71	0.09
Vibration	0.31	0.00	0.04	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.13
Wear	0.18	0.00	0.09	1.50	0.26	0.00	0.00	2.38	0.40	0.13
Total	18.23	0.22	5.12	10.77	1.63	3.27	0.22	2.91	11.65	0.71

(OREDA, 2009)

3.6.4 SIGLAS DE CAUSAS DE FALLA

En las tablas anteriores, los modos de falla se presentan mediante tres letras. Estas letras representan una abreviación del modo de falla y se muestran a continuación:

Ilustración 9. Tabla de siglas

Sigla	List of failure modes	Sigla	List of failure modes
ABO	Abnormal output	IHT	Insufficient heat transfer
AIR	Abnormal instrument reading	INL	Valves leak in closed position
ALK	Leakage on auxiliary systems	LCP	Leakage in closed position
AOL	Abnormal output - Low	LCP	Leakage in closed position
APU	Annulus ressure build-up	LCP	Leakage in closed position
BBP	Break, breach or puncture	LGF	Low gas flow
BRD	Breakdown	LOE	Loss of effect / improper operation
COR	Corrosion	LOO	Low output
CRA	Cracked	LOU	Low output
DOP	Delayed operation	NGF	No gas flow
EFC	Electric power failure - Connector	NOI	Noise
EFL	Electric power failure - Line	NOO	No outout
EFP	Electric power failure - Pod	OHE	Overheated
EFS	Electric power failure - Surface	OTH	Other
ELP	External leakage - Process Medium	OVH	Overhaul
ELU	External leakage - Utility Medium	PCL	Plugged or clogged
EOP	Erratic Operation	PDE	Parameter deviation
ERO	Erratic output	PLU	Plugged (hydrate, scaling)
EXC	Leak to sea, wellhead connector	PPC	Significant external leakage
EXN	Excessive noise	RPH	RPM hunting
FID	Faulty indication	SEL	Significant external leakage
FOF	Faulty output frequency	SEP	Seepage
FOU	Fouling	SER	Minor in-service problems
FOV	Faulty output voltage	SFC	Signal trans. Failure - Connector
FTC	Failed to close (actuator failure)	SFL	Signal trans. Failure - Line
FTO	Valves failed to open	SFP	Signal trans. Failure - Pod
FTS	Failed to start	SFS	Signal trans. Failure - Surface
FWE	Faulty weld	SHH	Spurious high level alarm
FWR	Fail while running	SIL	Significant internal leakage
HFA	Hydraulic power failure - Accumulator	SLL	Spurious low level alarm
HFC	Hydraulic power failure - Connector	SPO	Spurious valve operation
HFL	Hydraulic power failure - Line	SPO	Spurious operation
HFP	Hydraulic power failure - Pod	SPT	Spurious trip
HFS	Hydraulic power failure - Surface	STD	Structural deficiency
HGF	High gas flow	STP	Fail to stop
HIO	high output	SYN	Fail to synchronize
HIU	high output, unknown reading	TER	Improper termination
IFC	Injection failure - Connector	UNK	Unknown
IFL	Injection failure - Line	UST	Spurious stop
IFP	Injection failure - Pod	VIB	Vibration
IFS	Injection failure - Surface	VLO	Very low output

(OREDA, 2009)

3.7 MANEJO DEL PROGRAMA EN EXCEL

La base de datos disponible en el manual Oreda se carga en un archivo de Excel para su lectura, disponibilidad y una interpretación más rápida y sencilla. El archivo de nombre RAM.xls se encuentra adjunto con este informe y en él se dispone de la información de los manuales Oreda 2002 y 2009.

Se deben habilitar los macros para el correcto funcionamiento del programa. Al tener el programa cargado, se puede apreciar en la pestaña de nombre “Tabla” todos los equipos y sistemas disponibles. Cada ítem disponible tiene un número correspondiente en la columna A, este número es el que relaciona el ítem a estudiar con la base de datos disponible.

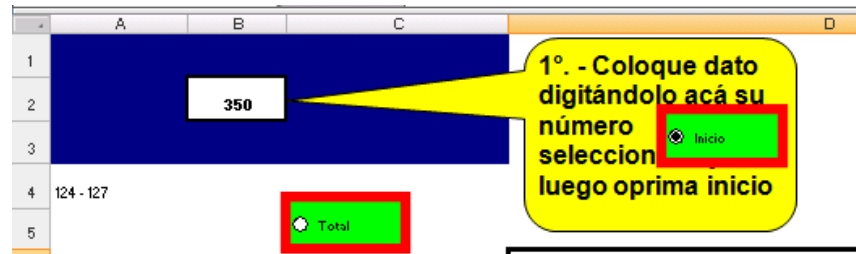
La tabla de datos también muestra la página y el manual del cual se toman los datos, el tipo de sistema (Compresión, Combustión, etc.), ítem, máquina y especificación técnica. En caso de que la casilla se encuentre en blanco es debido a que esa información no está disponible en el manual.

Ilustración 10. Tabla de datos del manual

A	B	C	D	E	F	G
Número	Fuente	Oreda/pág	Sistema	Ítem	Máquina	Especificación Técnica
331	OREDA	2002076	Compresión	Centrifuga	Compresor Eléctrico	N/A
332	OREDA	2002079	Compresión	Centrifuga	Compresor Eléctrico	100 a 1000 kW
333	OREDA	2002081	Compresión	Centrifuga	Compresor Eléctrico	1000 a 3000 kW
334	OREDA	2002083	Compresión	Centrifuga	Compresor Eléctrico	3000 a 10000 kW
335	OREDA	2002085	Compresión	Centrifuga	Compresor Eléctrico	20000 a 30000 kW
336	OREDA	2002086	Compresión	Centrifuga	Compresor de Turbina	N/A
337	OREDA	2002089	Compresión	Centrifuga	Compresor de Turbina	3000 a 10000 kW
338	OREDA	2002091	Compresión	Centrifuga	Compresor de Turbina	10000 a 20000 kW
339	OREDA	2002094	Compresión	Centrifuga	Compresor Desconocido	N/A
340	OREDA	2002095	Compresión	Centrifuga	Compresor Desconocido	N/A
341	OREDA	2002096	Compresión	Reciprocante	Compresor	N/A
342	OREDA	2002103	Compresión	Reciprocante	Compresor Eléctrico	N/A
343	OREDA	2002106	Compresión	Reciprocante	Compresor Eléctrico	100 a 1000 kW
344	OREDA	2002108	Compresión	Reciprocante	Compresor Eléctrico	1000 a 3000 kW
345	OREDA	2002109	Compresión	Reciprocante	Compresor Eléctrico	3000 a 10000 kW
346	OREDA	2002111	Compresión	Tornillo	Compresor	N/A
347	OREDA	2002117	Compresión	Tornillo	Compresor Diesel	N/A
348	OREDA	2002118	Compresión	Tornillo	Compresor Diesel	100 a 1000 kW
349	OREDA	2002119	Compresión	Tornillo	Compresor Eléctrico	
350	OREDA	2002121	Compresión	Tornillo	Compresor Eléctrico	100 a 1000 kW
351	OREDA	2002123	Compresión	Tornillo	Compresor Eléctrico	1000 a 3000 kW
352	OREDA	2002125	Compresión	Tornillo	Compresor Eléctrico	N/A
353	OREDA	2002129	Turbinas	Turbina de Gas	Turbina	N/A
354	OREDA	2002136	Turbinas	Turbina de Gas	Turbina Aeroderivada	N/A

Al tener el número deseado del equipo que se desea conocer, se procede a la siguiente pestaña de nombre “Inicio” y se introduce en la casilla de la parte superior de la hoja y se oprime Total.

Ilustración 11. Casilla de Total.



Al oprimir total se muestran valores de disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad, tiempo de operación y probabilidad de fallas.

El parámetro de forma β indica la dispersión de los datos y la forma que toman. En la curva de la bañera cuando Beta es menor a 1, se dice que se encuentra en la fase de mortalidad infantil, cuando se encuentra cercano a 1 se encuentra en la vida útil y cuando es mayor a 1 se encuentra en la etapa de vejez. Entre mayor sea este valor, indica mayor desgaste (MORA, 2009).

El parámetro de escala η indica la vida útil del sistema. Entre más alto sea este valor, trabajos de mayor demanda y duración pueden realizar los equipos.

Ilustración 12. Datos de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad.

Datos de Confiabilidad		Real	Internacional
MTBF	Tiempo Medio entre Fallos - Horas	#NUM!	8352.80
β	Beta- Parámetro de forma influenciado por Tendencia	#NUM!	0.52
η	Alpha (parámetro de escala o vida característica)	#NUM!	4450.73
ζ	Vida tiempo inicial sin fallos, garantiza el fabricante o Laboratorio estándar	0	0

Datos de Mantenibilidad		Real	Internacional
MTTR	TIEMPO PROMEDIO DE REPARACIONES MTTR - HORAS	6827.7934	4.47
Bm	Parámetro de Forma	2.99	1.57
Am	Parámetro de escala o vida característica	7647.62	4.97
ζ	Vida tiempo inicial sin reparaciones, garantiza el fabricante o Laboratorio estándar	0	0.00

Los valores internacionales hacen referencia a los valores que se obtienen con los datos del manual Oreda. Los valores reales se obtienen con un programa adjunto en el archivo creado por Luis Alberto Mora.

Ilustración 13. Datos de tiempo de operación.

Tiempo de Operación		0.2268000	por 10 ⁴ Horas
	Fallas Críticas	332	de veces
	Fallas Degradadas	177	de veces
	Fallas Incipientes	385	de veces
	Fallas Desconocidas	12	de veces
	Rata de fallas críticas	1464	Fallos por 10 ⁴ Horas
	Rata de fallas degradadas	780	Fallos por 10 ⁴ Horas
	Rata de fallas incipientes	1698	Fallos por 10 ⁴ Horas
	Rata de fallas desconocidas	53	Fallos por 10 ⁴ Horas
	n / t critical	1464	Fallos por hora
	n / t degraded	780	Fallos por hora
	n / t incipient	1698	Fallos por hora
	n / t unknow	53	Fallos por hora
	Active Time (hours) Critical	6.60	Horas por reparación promedio
	Active Time (hours) Degraded	2.40	Horas por reparación promedio
	Active Time (hours) Incipient	2.00	Horas por reparación promedio
	Active Time (hours) Unknow	5.70	Horas por reparación promedio
	Man Hours Repair Critical	11	Horas Hombre por reparación promedio
	Man Hours Repair Degraded	4	Horas Hombre por reparación promedio
	Man Hours Repair Incipient	3	Horas Hombre por reparación promedio
	Man Hours Repair Unknow	10	Horas Hombre por reparación promedio
	No. De Demands	-	de veces

La tabla de tiempos de operación muestra los valores de operación tomados del manual. Estos valores incluyen el tiempo de operación, la cantidad y tipo de fallas, su rata, tiempo de reparación y horas/hombre de reparación para cada tipo de falla. Continua a la tabla de tiempos de operación se muestran las probabilidades de los tipos de falla posible.

Ilustración 14. Datos de probabilidad de fallas.

Probabilidad de fallas	
Criticas	0.40
Degraded	0.11
Incipient	0.09
Unknow	0.24

Al final de la hoja aparecen las tablas de *Maintainable Item versus Failure Mode* y *Failure Descriptor versus Failure Mode*.

Ilustración 15. Tabla en Excel de *Maintainable Item vs Failure Mode*

Item	AIR	BFD	ELP	ELU	EPO	FTS	HIO	INL	LOO	NOI	OHE	OTH	PDE	SER	STD	STP	UNK	UST	VIB	Sum		
2002067 Maintainable item versus failure mode																						
2002067 Maintainable item versus failure mode																						
2002076 Item: Compressors-Centrifugal																						
2002079																						
2002081 Actuating device	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.95	
2002083 Antisurge system	0.55	0.00	0.11	0.33	0.89	0.44	0.11	0.44	0.00	0.00	0.00	1.05	0.28	0.44	0.33	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	5.11	
2002085 Bearing	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.44	
2002086 Boiler gas system	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	
2002089 Cabling and junction boxes	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	
2002091 Casing	0.00	0.00	0.11	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	
2002094 Control unit	1.11	0.00	0.00	0.11	0.22	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.67	0.00	0.22	0.00	0.22	0.11	0.78	0.22	4.66		
2002095 Control, isolating and check valves	0.11	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	
Coolers	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	
2002095 Coupling to driven unit	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	
2002095 Coupling to driver	0.00	0.00	0.00	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.17	
Cylinder liner	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	
Oil gas seal	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	
Filters	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.22	0.11	0.33	0.00	0.00	0.67	0.44	1.22	0.00	0.00	0.11	0.22	0.00	0.11	3.44	
Gearbox/var. drive	0.22	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.17	
Instrument, flow	0.87	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.54	
Instrument, general	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.89	
Instrument, level	4.66	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.61	0.78	0.22	0.00	0.00	0.11	0.61	0.00	0.00	7.55	
Instrument, pressure	5.70	0.00	0.00	0.33	0.22	0.78	0.11	0.00	0.11	0.00	0.00	0.44	0.00	0.17	0.00	0.00	0.11	0.33	0.00	0.00	8.31	
Instrument, speed	0.44	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.89	
Instrument, temperature	6.31	0.00	0.00	0.28	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.22	0.61	0.00	0.00	0.00	0.33	0.11	0.00	8.53	
Instrument, vibration	1.68	0.00	0.00	0.28	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.78	0.11	4.16	
Internal piping	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	
Internal power supply	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	1.44	
Interstage seals	0.00	0.00	0.22	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.09	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.68	
Lube oil	0.17	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.33	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.94	
Lubrication	0.00	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.28	
Monitoring	1.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	2.44	
Oil	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	3.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.77	
Oil tank w/ heating system	0.06	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.94	
Other	0.33	0.00	0.11	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.11	0.00	0.22	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.11	0.11	2.00		
Overhead tank	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	
Packing	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	
Piping	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	
Piping, pipe support + bellows	0.00	0.00	0.33	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	
Pump w/ motor	0.00	0.00	0.00	0.89	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.00	0.11	0.11	1.55	
Pump w/ motor/gear	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.44	0.00	1.11	0.00	0.22	0.00	0.11	0.00	0.11	0.00	0.11	3.44	
Flange air	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	
Radial Bearing	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	
Reservoir w/ heating system	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.22	
Rotor w/ impellers	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	
Seal gas	0.00	0.33	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	
Seal oil	0.11	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	1.44	
Seals	0.00	0.00	0.11	0.78	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.89	
Shaft seals	0.00	0.00	0.11	0.22	0.00	0.22	0.11	0.55	0.04	0.00	0.00	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	1.52	
Subunit	0.22	0.00	0.00	0.78	0.00	0.33	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	1.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.15	0.11	2.74		
Thrust bearing	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	0.22		
Unknown	1.44	0.22	0.00	2.77	0.00	1.00	0.00	2.22	0.44	0.00	0.22	0.33	0.00	0.78	0.22	0.00	0.11	0.33	0.11	0.33	11.10	
Valves	0.55	0.00	1.22	2.33	0.11	0.22	0.00	0.22	0.22	0.11	0.00	0.22	0.50	1.22	0.00	0.11	0.00	0.39	0.00	0.00	10.43	
Total	27.52	0.33	2.66	17.54	1.78	5.55	0.55	6.39	1.66	0.89	0.67	13.76	2.55	6.77	0.55	0.44	0.44	6.66	2.66	0.00	100.00	

Las dos tablas que aparecen en el programa muestran los mismos valores que aparecen en el manual Oreda. En la parte superior izquierda de la tabla se

muestran los equipos para los cuales la tabla hace referencia, pueden ser uno solo o varios. Por último al final de la hoja aparece la tabla de siglas para la fácil lectura de las tablas de falla.

Los datos que se toman para mostrar los valores anteriores se encuentran en las pestañas de nombre “Transición” y “Fallos”. Con todos estos valores se pueden planear mantenimientos y tener una aproximación a los tiempos de parada y reparación.

3.8 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO

La organización de los datos de Oreda ya tiene una estructura formal desde hace algunos tomos. Esta gran cantidad de datos debe organizarse de manera eficiente y entendible para interpretarla adecuadamente. Únicamente se incluyen los modos de falla en los cuales las fallas se registran.

En las tablas del manual se presentan los valores con dos cifras decimales, esto se realiza con el fin de mantener un formato constante. Estos valores son resultado del porcentaje de distribución que se calcula y no muestran exactamente con precisión los datos que se toman.

4 CONCLUSIONES

Según la casa OREDA, se tiene un orden de las fallas y los modos de falla, pero en este trabajo solo se documentan las fallas que ellos registraron porque permiten extraer información cuantitativa y a su vez permite discriminarlas tanto en confiabilidad como mantenibilidad.

Para efectos de cálculos y obtención del porcentaje de distribución, se elaboran las tablas con datos que contengan dos cifras decimales con el fin de conservar un formato constante y coherente en los datos que se toman.

El proyecto OREDA asumiéndolo como un banco de datos de gestión de mantenimiento o una biblioteca a la cual se le puede extraer información relevante y necesaria para las industrias de orden local o internacional que requieran estandarizar sus procesos de mantenimiento asegurando la confiabilidad y mantenibilidad.

La documentación de la información respecto de fallas es posible conocer su comportamiento con solo ingresar el código o ítem OREDA a indagar.

BIBLIOGRAFIA

- Barajas, Oscar. 2003.** *Breve Historia de la Ingeniería.* Nuevo León : s.n., 2003. 1405-0676.
- Citeseerx. 2009.** www.citeseerx.ist.edu. *www.citeseerx.ist.edu*. [En línea] 2009. [Citado el: 29 de Octubre de 2010.] www.citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.60.4576&rep...
- MORA, Luis Alberto. 2009.** *Mantenimiento Industrial Efectivo.* Medellin-Colombia : Coldi Limitada, 2009. ISBN 9789589890202.
- Moubray, John Mitchell. 2004.** *RCM Reliability Centered Maintenance.* Leicestershire : Aladon Limited, 2004. 09539603-2-3.
- OREDA. 2009.** *Offshore Reliability Data 5th Edition.* 2009. ISBN 978-82-14-04830-8.
- OREDA@. 2010.** www.oreda.com. *Aspectos petroleros.* [En línea] 2010. [Citado el: 29 de Octubre de 2010.] www.oreda.com.
- Solomantenimiento. 2011.** <http://www.solomantenimiento.com>. [En línea] 2011. [Citado el: 01 de 05 de 2011.] http://www.solomantenimiento.com/m_confiabilidad_crm.htm.
- Wiki. 2010.** www.wikipedia.org. [En línea] Wiki, 2010. [Citado el: 29 de Octubre de 2010.] http://en.wikipedia.org/wiki/Reliability_centered_maintenance.