

EXPERIENCIA EN LA ELABORACIÓN DE UN CATALOGO DE FALLAS PARA LA INDUSTRIA DEL GAS Y PETROLEO

Empresa: Integrity Assessment Services
Maracaibo Estado Zulia Venezuela
MARZO 2014



Autor: Medina N. Robinson J. MSc. CMRP. Ingeniero Mecánico, con Especialización en Evaluación de Materiales e Inspección de Equipos en la Universidad Central de Venezuela, Diplomado en Confiabilidad de Sistemas Industriales en la Universidad Rafael Bellosó Chacín de Venezuela y Maestría en Ingeniería de Confiabilidad y Riesgo en la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria y profesional Certificado en Mantenimiento y Confiabilidad (CMRP) The Society for Maintenance & Reliability Professionals (SMRP). Con 23 años de experiencia en el área de Mantenimiento e Inspección de Equipos Estáticos asociados a instalaciones a nivel de la industria petrolera, nacional e internacional. Cargo: Consultor Senior. Correo Electrónico: robinson.medina@iasca.net

1. INTRODUCCIÓN

Si queremos definir un catálogo de falla podemos decir que es una interfase entre el hombre y la máquina que va a permitir al hombre reflejar en el sistema informático de gestión de mantenimiento lo que le está sucediendo al equipo en operación.

Adicionalmente podemos decir que un catálogo de fallas es la mejor manera y la más ordenada que tiene una empresa de presentarle a la organización de una manera proactiva y en un mismo documento los elementos que causan deterioros de sus equipos así como las acciones de mitigación que permitirán su continuidad operacional.

En este sentido los catálogos de fallas son utilizados para que nos permita registrar en el sistema de mantenimiento (lo más apegado a la realidad) que algo sucedió a nuestros equipos y fue captado por algún trabajador (el mecánico, el eléctrico, el supervisor y/o el operador), con esta información el trabajador debe reportar y/o generar el aviso describiendo lo observado. De la calidad de esta información dependerá la calidad de la respuesta del proceso de mantenimiento que sigue, bien sea la planificación, la programación o la ejecución del mantenimiento.

Tomando en cuenta lo anteriormente planteado este documento tiene como espíritu compartir la experiencia en el proceso de construcción de un

catálogo de fallas para la industria del gas y petróleo bajo la premisa de que dicho catálogo sea de fácil entendimiento y uso por cualquier integrante de la organización, de tal manera de que permita al generador del aviso describir fácilmente lo observado, al ejecutor retroalimentar fácilmente las ordenes de trabajo.

2. DEFINICIONES

Falla: Cese de la capacidad de un ítem para realizar su función específica. Es equivalente al término avería.

Modo de Falla: Es el efecto por el cual una falla es observada.

Mecanismos de Falla: Son procesos físicos, químicos o una combinación de estos que inducen cambios perjudiciales en el tiempo afectando las condiciones o propiedades mecánicas de los materiales conduciendo el equipo a la falla.

Causas de Falla: Circunstancias durante el diseño, la fabricación o el uso, las cuales han conducido a una falla.

- ✓ Relacionadas al diseño
- ✓ Relacionadas a la fabricación e Instalación
- ✓ Relacionadas a la operación o mantenimiento
- ✓ Relacionadas a la organización o gerencia

3. ESTRUCTURA DEL CATÁLOGO

La estructura de un catálogo de falla debe responder a dos necesidades básicas, en primera instancia contener información que permita generar un aviso de necesidad de mantenimiento como producto de la observación del cualquier persona que forme parte de la empresa y segundo el catalogo debe permitir retroalimentar las ordenes de trabajo que fueron emitidas para solventar el aviso de avería y reflejar realmente las causas, actividades de Mantenimiento recomendadas y ejecutadas que permitieron restaurar el equipo a la condición normal de operación.

Adicionalmente un catálogo de falla debe permitir la construcción de una base de información que permita estadísticamente analizar el comportamiento de los equipos, sus modos de fallas, causas de falla, estrategias de reparación, lo cual servirá para nutrir los análisis de confiabilidad que la empresa resuelva en implementar a lo largo de la vida de operación de sus activos.

En este sentido un catálogo de falla debe como mínimo contener dentro de su estructura los siguientes elementos:

- **Elementos Mantenibles:** Este elemento corresponde a las diferentes componentes que conforman el equipo que ha sufrido la avería.
- **Modo de Falla:** Este elemento corresponde a la falla observada por el personal.
- **Causas de Falla:** Este elemento corresponde al evento "inicial" que originó la avería del equipo.
- **Medidas o Actividad Recomendada:** Este elemento corresponde a las actividades de mantenimiento recomendadas para recuperar la función del equipo
- **Actividad Ejecutada:** Este elemento corresponde a las actividades de mantenimiento ejecutada finalmente para recuperar la función del equipo

4. CRITERIOS PARA DEFINIR LOS ELEMENTOS QUE CONFORMAN UN CATALOGO

La definición del contenido de cada uno de los 5 elementos debe permitir a la empresa homologar a

nivel corporativo el registro de su gestión de mantenimiento y avisos de avería.

Los siguientes aspectos deben ser tomados en cuenta para definir el contenido de cada elemento:

- Conformar un equipo de trabajo que permita centralizar el aporte de la organización a la construcción de cada elemento.
- Alinear el contenido de cada elemento en primera instancia a lo establecido en el estándar tiva internacional Vigente.
- Complementar lo establecido en el estándar tiva vigente con la experiencia particular de cada empresa.

5. USO DE ESTANDAR ISO 14224 PARA EL DESARROLLO DE CADA ELEMENTO.

El estándar **ISO 14224** está asociado a la recolección e intercambio de información de confiabilidad y mantenimiento para equipo relacionados a la industria del petróleo y gas natural. La misma será utilizada en este documento como soporte para el desarrollo de cada uno de los elementos que conformarán el futuro catálogo de fallas.

5.1 Definición de los Elementos Mantenibles del catálogo:

Conceptualmente esta columna representará los elementos que conforman el equipo, esta columna es conjuntamente con la de modos de falla fundamental para la conformación del aviso de avería, ya que dará sentido de dirección a la acción de mantenimiento, en este sentido se debe asegurar su conformación solo con los elementos mantenibles evitando la incorporación de partes o repuestos.

Según lo establecido en el estándar ISO 14224 en la Figura 3 se muestra en la pirámide de niveles taxonómicos la columna de elementos mantenibles la cual estará representada por el nivel 8 de la pirámide. En la figura 1 se muestra la pirámide taxonómica.

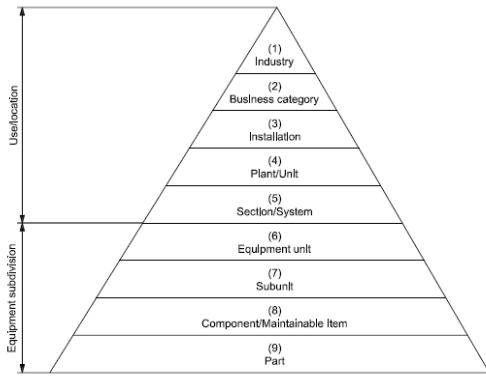


Figura 1. Pirámide taxonómica ISO 14224.

Los elementos mantenibles se obtendrán directamente de lo establecido en el estándar ISO 14224 Pagina 50 tabla A21 basado en el uso de las tablas de subdivisión de equipos, dicha Tabla se puede apreciar como ejemplo seguidamente.

Table A.21 — Equipment subdivision — Pumps

Equipment unit	Pumps				
	Subunit	Power transmission	Pump unit	Control and monitoring	Lubrication system
Maintainable items	Gearbox/variable drive Bearing Seals Coupling to driver Coupling to driven unit	Support Casing Impeller Shaft Radial bearing Thrust bearing Seals Valves Piping Cylinder liner Piston Diaphragm	Actuating device Control unit Internal power supply Monitoring Sensors ^a Valves Writing Piping Seals	Reservoir Pump Motor Filter Cooler Valves Piping Oil Seals	Purge air Cooling/heating system Cyclone separator Pulsation damper Flange joints

^a Specify type of sensor, e.g. pressure, temperature, level, etc.

Tabla A.21 ISO 14224. Subdivisión de equipos. Bombas

En esta normativa podemos conseguir la subdivisión para las siguientes familias de equipos:

Tipo de equipo	Tabla
Motores de Combustión	A.6
Compresores	A.9
Generadores Eléctricos	A.12
Motores Eléctricos5	A.15
Turbinas a Gas	A.18
Turbinas a Vapor	A.24
Turbo Expansores	A.28
Grúas	A.30
Intercambiadores de Calor	A.33
Calderas y Calentadores	A.36
Recipientes	A.39
Tubería	A.42

5.2 Definición de los Modos de Falla del catálogo:

Este elemento es considerado uno de los más importantes de un catálogo de fallas ya que permitirá al usuario la identificación o correlación de la falla observada con el sistema de mantenimiento, es decir se requiere que esta columna sea lo más sencilla posible en cuanto los conceptos que ella debe reflejar ya que la misma será parte fundamental para conformar el aviso de avería, entendiendo entonces que dicho aviso podrá ser emitido por cualquier persona de la organización.

En primera instancia asumiremos el concepto de Modo de Falla como está establecido en el estándar ISO 14224 el cual lo define como **“Efecto por el cual una falla es observada.”**, concepto claro y ajustado a lo que se busca en la conformación del catálogo.

Los modos de fallas se obtendrán directamente de lo establecido en el estándar ISO 14224 Página 121 a la página 130. En estas tablas se plantean los modos de fallas más relevantes para diferentes familias de equipos. A modo de ejemplo se puede apreciar en la tabla B.6 modos de fallas propuestos por dicha norma para equipos rotativos.

Table B.6 — Rotating equipment — Failure modes

Equipment class ^a							Failure modes				
Combustion engine	Compressor	Electric generator	Electric motor	Gas turbine	Pump	Steam turbine	Turbo-expander	Description	Examples	Code ^b	Type ^c
X	X	X	X	X	X	X	X	Failure to start on demand	Doesn't start on demand	FTS	1
X	X	X	X	X	X	X	X	Failure to stop on demand	Doesn't stop on demand	STP	1
X	X	X	X	X	X	X	X	Spurious stop	Unexpected shutdown	UST	2
X	X	X	X	X	X	X	X	Breakdown	Serious damage (seizure, breakage)	BRD	3
X	X		X	X	X	X	X	High output	Overspeed/output above acceptance	HIO	2
X	X	X	X	X	X	X	X	Low output	Delivery/output below acceptance	LOO	2
X	X		X	X	X	X	X	Erratic output	Oscillating, hunting, instability	ERO	2
X				X	X	X		External leakage – fuel	External leakage of supplied fuel/gas	ELF	3
	X			X	X	X	X	External leakage – process medium	Oil, gas, condensate, water	ELP	3
X	X	X	X	X	X	X	X	External leakage – utility medium	Lubricant, cooling water	ELU	3
X	X			X	X	X	X	Internal leakage	Leakage internally of process or utility fluids	INL	3
X	X	X	X	X	X	X	X	Vibration	Abnormal vibration	VIB	3
X	X	X	X	X	X	X	X	Noise	Abnormal noise	NOI	3
X	X	X	X	X	X	X	X	Overheating	Machine parts, exhaust, cooling water	OHE	3
X	X			X	X	X	X	Plugged/choked	Flow restriction(s)	PLU	3 (2)
X	X	X	X	X	X	X	X	Parameter deviation	Monitored parameter exceeding limits, e.g. high/low alarm	PDE	2 (3)

Tabla B.6 ISO 14224. Modos de fallas representativos para equipos rotativos.

Esta tabla debe ser considerada como una guía, donde el grupo de especialistas que desarrolla el catálogo definirá en función del contexto operacional del equipo si todos los modos de fallas propuestos deben ser analizados o en su defecto de existir algún modo de falla que no sea tomado en cuenta el mismo debe ser incorporado.

En esta normativa podemos conseguir una tabla propuesta de modos de falla para las siguientes familias de equipos:

Familia de equipos	Tabla
Equipos Rotativos	B.6
Equipos Estáticos	B.7
Equipos Eléctricos	B.8
Equipos de Seguridad y Control	B.9

5.3 Definición de las causas de Falla del catálogo:

Esta columna del catálogo representa conceptualmente el evento "inicial" que originó la avería correspondiente en el equipo y está asociado con el mecanismo de falla que actuó sobre el componente para generar la falla. En este sentido esta columna es fundamental para el proceso de retroalimentación de las órdenes de mantenimiento ya ejecutadas y no tiene nada que ver con la generación de los avisos de avería, por lo que es recomendable que dicha columna no esté disponible en el sistema al momento de generar el aviso de avería.

El uso de la misma requiere de la incorporación del mayor número de causas de fallas conocidas asociadas a causas raíces físicas, pero también se deben incorporar causas raíces organizacionales o latentes.

El objetivo fundamental de este elemento es identificar el evento inicial ("causas raíz") en la secuencia que conduce a una falla de un elemento del equipo. De acuerdo al estándar ISO 14224, sección B.2.3., existen 5 categorías de causas de falla, en las cuales podemos relacionar todas las causas que puedan generar el deterioro de un equipo o componente. Estas categorías son:

- Relacionadas al diseño.
- Relacionadas a fabricación e instalación.
- Relacionadas a la operación y mantenimiento.
- Relacionadas a la gerencia.
- Misceláneos.

En este sentido las causas de fallas se obtendrán directamente de lo establecido en el estándar ISO 14224 basado en el uso de la Tabla B-3 "Causas de

Falla" en la columna subdivisión de las causas de falla.

Table B.3 — Failure causes

Code number	Notation	Subdivision code number	Subdivision of the failure cause	Description of the failure cause
1	Design-related causes	1.0	General	Inadequate equipment design or configuration (shape, size, technology, configuration, operability, maintainability, etc.), but no further details known
		1.1	Improper capacity	Inadequate dimensioning/capacity
		1.2	Improper material	Improper material selection
2	Fabrication/ installation-related causes	2.0	General	Failure related to fabrication or installation, but no further details known
		2.1	Fabrication error	Manufacturing or processing failure
		2.2	Installation error	Installation or assembly failure (assembly after maintenance not included)
		3.0	General	Failure related to operation/use or maintenance of the equipment but no further details known
3	Failure related to operation/ maintenance	3.1	Off-design service	Off-design or unintended service conditions, e.g. compressor operation outside envelope, pressure above specification, etc.
		3.2	Operating error	Mistake, misuse, negligence, oversights, etc. during operation
		3.3	Maintenance error	Mistake, errors, negligence, oversights, etc. during

Tabla B.3 ISO 14224. Extractó de la tabla Causas de fallas representativas para equipos de la industria Petrolera.

5.4 Definición de Medidas o Actividad Recomendada del catálogo:

Medidas o Actividad Recomendada representa la cuarta columna y su conceptualización está asociada a recomendaciones técnicas de mantenimiento que permitan restituir las condiciones operativas del componente afectado.

El estándar ISO 14224 establece en la tabla B-5 denominada actividades de mantenimiento, doce (12) categorías de actividad tanto para el mantenimiento correctivo como el mantenimiento preventivo.

Table B.5 — Maintenance activity

Code Number	Activity	Description	Examples	Use ³
1	Replace	Replacement of the item by a new or refurbished item of the same type and make	Replacement of a worn-out bearing	C, P
2	Repair	Manual maintenance action performed to restore an item to its original appearance or state	Repack, weld, plug, reconnect, remake, etc.	C
3	Modify ³	Replace, renew or change the item, or a part of it, with an item/part of a different type, make, material or design	Install a filter with smaller mesh diameter, replace a lubrication oil pump with another type, reconfiguration etc.	C, P
4	Adjust	Bringing any out-of-tolerance condition into tolerance	Align, set and reset, calibrate, balance	C, P
5	Reft	Minor repair/servicing activity to bring back an item to an acceptable appearance, internal and external	Polish, clean, grind, paint, coat, lube, oil change, etc.	C, P
6	Check ³	The cause of the failure is investigated, but no maintenance action performed, or action is deferred. Able to regain function by simple actions, e.g. restart or resetting	Restart, resetting, no maintenance action, etc. Particularly relevant for functional failures, e.g. fire and gas detectors, subsea equipment	C
7	Service	Periodic service tasks: Normally no dismantling of the item	e.g. cleaning, replenishment of consumables, adjustments and calibrations	P
8	Test	Periodic test of function or performance	Function test of gas detector, accuracy test of flow meter	P
9	Inspection	Periodic inspection/check: a careful scrutiny of an item carried out with or without dismantling, normally by use of senses	All types of general check. Includes minor servicing as part of the inspection task	P
10	Overhaul	Major overhaul	Comprehensive inspection/overhaul with extensive disassembly and replacement of items as specified or required	C, P
11	Combination	Several of the above activities are included	If one activity dominates, this may alternatively be recorded	C, P
12	Other	Maintenance activity other than specified above	may dominates	C, P

Tabla B.5. ISO 14224. Medidas o actividades recomendadas

5.4 Definición de Actividades Ejecutadas del catálogo:

Representa la 5ta y última columna del catálogo, la misma está constituida por un conjunto de tareas en tiempo pasado que representan la materialización de las recomendaciones técnicas. Esta columna será fundamental para complementar la etapa de cierre de las órdenes de mantenimiento, permitiendo reflejar en la misma lo que verdaderamente desde el punto de vista de mantenimiento recibió el componente fallado.

Para efectos de este documento técnico y tomando en cuenta el espíritu de facilitar la interpretación del catálogo por parte de los usuarios que este elemento estará conformado por los mismos elementos del Elemento Actividades Recomendadas solo que dichas por ser acciones de mantenimiento ya realizadas el verbo se conjugará en pasado.

6. DEFINIENDO LAS FAMILIAS DE EQUIPOS

En la realidad el proceso de desarrollo de los catálogos de falla de un sistema de mantenimiento debe asegurar que se tomarán en cuenta el universo de familias suficientes que permita la identificación exacta de un gran porcentaje de equipos que la conforman, estableciendo como criterio el desarrollo de catálogos de aquellos equipos que realmente están presentes el proceso de producción.

El estándar ISO 14224 nos da enfoque aproximado de las familias o clases de equipos (nivel 6 de la taxonomía) utilizados en la industria petrolera, gasífera y petroquímica, en la tabla A.4 se muestra algunas de las familias recomendadas.

Table A.4 — Equipment class — Level 6

Equipment category	Equipment class — Level 6	Example included in Annex A	
Rotating	Combustion engines	Yes	
	Compressors	Yes	
	Electric generators	Yes	
	Electric motors	Yes	
	Gas turbines	Yes	
	Pumps	Yes	
	Steam turbines	Yes	
	Turboexpanders	Yes	
	Blowers and fans	No	
	Liquid expanders	No	
	Mixers	No	
	Mechanical	Cranes	Yes
Heat exchangers		Yes	
Heaters and boilers		Yes	
Vessels		Yes	
Piping		Yes	
Winches		Yes	
Swivels		Yes	
Turrets		Yes	
Pipeline		No	
Storage tanks		No	
Loading arms		No	
Filters and strainers		No	
Steam ejectors		No	
Xmas trees (topside/onshore)		No	
Electrical		Uninterruptible power supply	Yes
		Power transformers	Yes
	Switchgears/switchboards and distribution boards	No	
	Frequency converters	No	
	Power cables and terminations	No	
Safety and control	Fire and gas detectors	Yes	
	Input devices	Yes	
	Control units	Yes	
	Valves	Yes	
	Nozzles	Yes	
	Evacuation equipment	No	
	Fire-fighting equipment	No	
	Inert-gas equipment	No	

Tabla A.4. ISO 14224. Clases de equipos

Tomando en cuenta lo anteriormente expuesto y en función de la experiencia se complementará el universo de familias que definirán el universo de catálogos propuestos. En la Figura 2 se muestran las familias de equipos seleccionadas, las cuales permitirán generara de forma precisa los diferentes catálogos individuales de cada equipo que conforma la familia.



Figura 2. Familias de equipos propuestas

7. DEFINIENDO LOS EQUIPOS

La tabla A.4 del estándar ISO 14224 ya trae consigo los diferentes equipos que conforman cada una de las clases de equipos, en función de esta información el equipo de trabajo que desarrolla el catalogo deberá complementar dichas clases con aquellos equipos que no aparezcan y que si existen en la organización que desarrolla el proyecto.

A continuación se indican los equipos representativos que conforman cada una de las clases establecidas en el estándar.

7.1 Equipos Estáticos

Equipos	Tipos de equipos
1. Intercambiadores de calor	Carcasa y tubo
	Enfriados por aire
	De placas
2. Calderas / Hornos / Mechurrios	
3. Recipientes a presión	Reactores, separadores, columnas, filtros, enfriadores, entre otros.
4. Tuberías	
5. Tanques de almacenamiento	Tanques presurizados de gran volumen y Tanques atmosféricos
6. Brazos de carga	
7. Balanzas	
8. Diques	
9. Drenajes (canales)	

7.2 Equipos Dinámicos

Equipo	Tipos de equipos
1. Motores de combustión	
2. Compresores y Ventiladores	Centrífugos
	Reciprocantes
	Rotatorios
3. Generadores Eléctricos	
4. Motores Eléctricos	
5. Turbinas de Gas y Vapor	
6. Expansores	
7. Bombas	Centrífugos
	Reciprocantes
	Rotatorios
8. Otros equipos dinámicos	Mezcladores, Cajas de engranaje, y otros equipos de las clasificaciones anteriores

7.3 Equipos Eléctricos

Equipo	Tipos de equipos
1. Suministro de potencia ininterrumpido y baterías	UPS y bancos de baterías
2. Transformadores de potencia	
3. Variadores de frecuencia	
4. Líneas de transmisión, distribución y alimentadores eléctricos subterráneos	
5. Distribución eléctrica y Centro de control de motores	
6. Sistemas de puesta a tierra	
7. Rectificadores de protección catódica	
8. Alumbrado	Luminarias y equipos asociados

7.4 Equipos de Seguridad

Equipo	Tipos de equipos
1. Válvulas de seguridad	
2. Equipos de extinción de fuego	Monitores, rociadores, hidrantes
3. Alarmas	Anunciadores, sirenas, alarmas luminosas

7.5 Equipos de Instrumentación

Equipo	Tipos de equipos
1. Detectores de fuego y gas	Humo y combustión, calor, llama, gas, UV
2. Elementos primarios	Indicadores, medidores, sensores, transductores, transmisores
3. Unidades de control	PLC, computadoras, controladores electrónicos, controladores neumáticos, relés.
4. Elementos finales	Válvulas automáticas
5. Bancos de baterías de respaldo	Sistemas de respaldo para la instrumentación en las estaciones de gas

7.6 Equipos de Transporte e Izamiento

Equipos	Tipos de equipos	
1. Flota terrestre	Liviana	Vehículos sedán
		Vehículos pick-up
	Pesada	Camiones 350
		Gandolas de carga
2. Flota lacustre	Liviana	Lanchas de transporte
		Remolcadores / Barcaza
	Pesada	Buques de carga
		Gabarras de línea / perforación
3. Equipos de izamiento	Montacargas, grúas móviles (telescópicas y de celosía), grúas estáticas	

7.7 utilitarios

EQUIPO	TIPOS DE EQUIPOS
Ascensores	
Unidades de Aire Acondicionado	

8. BENEFICIOS DERIVADOS POR EL DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE LOS CATALOGOS DE FALLA

El desarrollo de un catálogo de fallas permitirá en primera instancia homologar los criterios para la conformación de una base de datos de información para los análisis de ingeniería de mantenimiento.

Facilita la generación de los avisos de solicitud de mantenimiento en el sistema.

Facilita el proceso de retroalimentación de las órdenes de mantenimiento en el sistema.

Permite utilizar una base de datos corporativa para el análisis de tendencias, fallas repetitivas para la solución de problemas recurrentes.

Un catálogo de fallas bien definido, se constituye en una interfase hombre sistema que facilita la simulación de la realidad en cuanto al comportamiento de los equipos mantenibles.

9. REFERENCIAS

- (1) Medina N. Robinson José; "Informe técnico, Desarrollo de Catálogos de Falla. PDVSA. Venezuela. Año 2013.
- (2) Estandar Internacional ISO 14224; "Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment". Second Edición Año 2006.
- (3) OREDA. Off Shore Reliability Data Hand Book. Volumen 1. 5th Edition 2009

ANEXOS

Algunos modelos de catálogos de falla

CATÁLOGO DE FALLAS PARA: MOTORES ELÉCTRICOS

COD	ELEMENTOS MANTENIBLES / PARTES	COD	MODOS DE FALLA	CÓDIGO (MF)	COD	CAUSAS DE FALLAS	COD	MEDIDAS GENERALES	COD	ACTIVIDAD EJECUTADA
10	Acople (rígido, flexible, cruceta)	10	Alta temperatura de cojinetes	MF	10	Acople inadecuado	10	Ajustar	10	Ajustado
20	Aro salpicador de aceite lubricante	20	Alta temperatura de operación	OHE	20	Ajuste inapropiado	20	Efectuar mantenimiento mayor	20	Efectuado mantenimiento mayor
30	Cables de salida de bobinas	30	Deficiencia estructural (rotura, desgaste, fractura, corrosión)	STD	30	Alta temperatura estator	30	Efectuar servicio	30	Efectuado servicio
40	Caja de conexiones	40	Falla de arranque	FTS	40	Aperrado incompleto/deficiente	40	Inspeccionar	40	Inspeccionado
50	Cajera de cojinetes	50	Falla de instrumentacion asociada	AIR	50	Arranque inapropiado	50	Modificar	50	Modificado
60	Carcasa	60	Fluctuaciones de velocidad	ERO	60	Atascamiento de cojinetes	60	Realizar puesta a punto	60	Realizada puesta a punto
70	Coinete antifricción (o bola)	70	Fuga externa (tuberías de elementos auxiliares)	ELU	70	Ausencia de procedimientos	70	Reemplazar	70	Reemplazado
80	Coinete de deslizamiento	80	Otro	OTH	80	Baja frecuencia	80	Reparar	80	Reparado
90	Eje	90	Parada repentina	UST	90	Bajo nivel de aceite				
100	Empalme de conexión	100	Parametros operacionales fuera de los límites de control	PDE	100	Bajo voltaje				
110	Estator (embobinado/láminas)	110	Ruido (resonancia mecánica o eléctrica)	NOI	110	Bases/fundaciones/soportes inadecuadas				
120	Excitatriz	120	Sobrevelocidad	HIO	120	Carcasa corroída				
130	Instrumentación asociada a temperatura	130	Vibración	VIB	130	Cojinetes inadecuados				
140	Instrumentación asociada a vibración				140	Conexiones flojas				
150	Jaula de ardilla				150	Conexiones internas erróneas				
160	Línea de purga de aire				160	Contaminación				
170	Líneas de aceite				170	Controles desactivados o no puestos en servicio				
180	Rotor (embobinado/láminas/anillos colectores)				180	Corrosión y/o Erosión				
190	RTD				190	Cortocircuito				
200	Sistema de enfriamiento (filtro de aire, ventilador)				200	Deficiencia de Mantenimiento				
210	Sistema de Lubricación				210	Desalineación				
					220	Desbalance				
					230	Desgaste de componentes				
					240	Desgaste de Escobillas				
					250	Dispositivos de protección descalibrados y/o averiados				
					260	Ensamblaje inadecuado				
					270	Ensuciamiento por aceite				
					280	Error de instalación				
					290	Error de operación				
					300	Falla de acople				
					310	Falla de aislamiento				
					320	Falla de Barras				
					330	Falla de control electrónica				
					340	Falla del calentador de espacio				
					350	Falla del Ventilador				
					360	Falla en sellos laberinto				
					370	Falta de capacitación				
					380	Fatiga de componentes				
					390	Guardacople no instalado				
					400	Instalación inadecuada del guardacople				
					410	Láminas flojas				
					420	Líneas auxiliares obstruidas				
					430	Lubricante contaminado				
					440	Lubricante degradado				
					450	Lubricante inadecuado				
					460	Materiales defectuosos				
					470	Objetos extraños sueltos en el equipo				
					480	Obstrucción de filtro(s) de aceite				
					490	Obstrucción de líneas auxiliares				
					500	Obstrucción de respiradero de cajera de cojinetes				
					510	Otro				
					520	Punto caliente				
					530	Quemado				
					540	Roce mecánico rotor/estator				
					550	Rotura de polea				
					560	Rotura del eje				
					570	Sabotaje				
					580	Sellos inadecuados				
					590	Sistema de enfriamiento ineficiente				
					600	Sistema de lubricación inadecuado				
					610	Sobrecarga				
					620	Sobrevoltaje				
					630	Tolerancias inadecuadas				
					640	Trancado				
					650	Ventilación deficiente				
					660	Ventilador externo dañado				
					670	Vibración por encima de los parámetros				

CATÁLOGO DE FALLAS PARA BOMBAS

COD	ELEMENTOS MANTENIBLES / PARTES	COD	MODOS DE FALLA	CÓDIGO (MF)	COD	CAUSAS DE FALLAS	COD	MEDIDAS GENERALES	COD	ACTIVIDAD EJECUTADA
10	Aceite lubricante (y de sello)	10	Alta temperatura de cojinetes		10	Acople inadecuado	10	Ajustar	10	Ajustado
20	Acople (rígido, flexible, cruceta)	20	Alta temperatura de operación	OHE	20	Ajuste inapropiado	20	Efectuar mantenimiento mayor	20	Efectuado mantenimiento mayor
30	Acumulador de fluido de barrera	30	Deterioro estructural (rotura, desgaste, fractura, corrosión)	STD	30	Alta presión de descarga	30	Efectuar servicio	30	Efectuado servicio
40	Amortiguador de pulsación	40	Falla de Arranque	FTS	40	Apemado incompleto/deficiente	40	Inspeccionar	40	Inspeccionado
50	Anillos de desgaste	50	Falla de funcionamiento	FTI	50	Arranque inapropiado	50	Modificar	50	Modificado
60	Aro salpicador de aceite lubricante	60	Falla de instrumentación asociada	AIR	60	Ataque químico	60	Probar	60	Probado
70	Aros de pistón	70	Falla de Parada	STP	70	Atascamiento de cojinetes	70	Realizar puesta a punto	70	Realizada puesta a punto
80	Bielas / Manivelas	80	Fuga por tuberías auxiliares	ELU	80	Atascamiento de pistón y/o componentes	80	Reemplazar	80	Reemplazado
90	Bolsillos descargadores	90	Obstrucción de líneas auxiliares	PLU	90	Ausencia de procedimientos	90	Reparar	90	Reparado
100	Bomba(s) de aceite lubricante	100	Otro	OTH	100	Baja eficiencia				
110	Bridas (succión/descarga)	110	Parada repentina	UST	110	Baja presión de aceite de sello				
120	Bridas de conexión	120	Parametros operacionales fuera de los limites de control	PDE	120	Baja presión de descarga				
130	Bujes	130	Ruido	NOI	130	Bajo flujo agua enfriamiento				
140	Cabezal de bombeo	140	Vibración / desplazamiento axial	VIB	140	Bajo nivel de aceite lubricante				
150	Cabezote				150	Bases/fundaciones/soportes inadecuadas o deterioradas				
160	Cableado y conduit				160	Cavitación				
170	Caja de engranaje				170	Cheque térmico				
180	Cajera de cojinetes				180	Cojinetes inadecuados				
190	Camisa				190	Contaminación de fluido de proceso				
200	Carcasa				200	Controles desactivados o no puestos en servicio				
210	Cigüeñal				210	Corrosión y/o Erosión				
220	Cilindro				220	Deficiencia de Mantenimiento				
230	Cojinete de deslizamiento				230	Deformación				
240	Cojinete de empuje				240	Degradación externa de revestimiento				
250	Columna de bombeo				250	Desalineación				
260	Diáfragma				260	Desbalance				
270	Eje				270	Desconocida				
280	Empaquetaduras				280	Desgaste				
290	Enfriador(es)				290	Dilatación térmica				
300	Engranajes impulsores				300	Diseño inadecuado				
310	Estator (bombas cavidad progresiva)				310	Ensamblaje inadecuado				
320	Expulsor (bombas slurry)				320	Error de instalación				
330	Filtro de aceite lubricante				330	Error de operación				
340	Impulsor(es)				340	Esfuerzos excesivos en tuberías				
350	Inductor				350	Excentricidad				
360	Instrumentación asociada a flujo				360	Excesivo desplazamiento axial				
370	Instrumentación asociada a nivel				370	Falla de acondicionamiento de aceite				
380	Instrumentación asociada a presión				380	Falla de Cojinetes				
390	Instrumentación asociada a temperatura				390	Falla de control electrónica				
400	Instrumentación asociada a velocidad				400	Falla de control neumática				
410	Instrumentación asociada a vibración				410	Falla de Empacadura				
420	Líneas auxiliares (aceite lubricante, aceite de sello, agua de enfriamiento)				420	Falla de la Instrumentación				
430	Lóbulos impulsores				430	Falla de Sellos				
440	Paletas impulsoras				440	Falla del Acople				
450	Pistón (o tambor) de balance				450	Falla en bomba de aceite lubricante				
460	Pistón(es)				460	Fallas en planes API de sellado				
470	Pote de succión (bombas verticales)				470	Falta de capacitación				
480	Reservorio de aceite lubricante				480	Fatiga				
490	Rodamiento				490	Fractura				
500	Rotor (bombas cavidad progresiva)				500	Giro invertido				
510	Sellos de aceite				510	Golpe anete				
520	Sellos interetapas				520	Gravedad específica inadecuada				
530	Sellos mecánicos				530	Impulsor deteriorados / partidos / obstruidos				
540	Soporte (o skid)				540	Líneas auxiliares obstruidas				
550	Tazon				550	Lóbulo deteriorado/partido				
560	Tornillo impulsor				560	Lubricación inadecuada				
570	Válvulas de succión/descarga (equipos de desplazamiento positivo)				570	Lubricante contaminado				
					580	Lubricante degradado				
					590	Lubricante inadecuado				
					600	Material defectuoso				
					610	No tiene revestimiento protector				
					620	Obstrucción de respiradero de caja de cojinetes				
					630	Obstrucción del filtro colador de línea de succión				
					640	Obstrucción del Filtro de Aceite				
					650	Otro				
					660	Paletas deterioradas o partidas				
					670	Paso de alabe				
					680	Pernos de sujeción deteriorados/partidos				
					690	Pistón deteriorado/partido				
					700	Roce				
					710	Rotura de eje				
					720	Sabotaje				
					730	Sellos inadecuados				
					740	Solidificación producto				
					750	Submergencia inadecuada				
					760	Tolerancias inadecuadas				
					770	Válvula de alivio se encuentra abierta				
					780	Válvula de descarga se encuentra cerrada				
					790	Válvula de retención (Check) de descarga está cerrada u atascada				
					800	Válvula de succión se encuentra cerrada				

CATÁLOGO DE FALLAS PARA CALDERAS, HORNOS Y MECHURRIOS

COD	ELEMENTOS MANTENIBLES / PARTES	COD	MODOS DE FALLA	CÓDIGO (MF)	COD	CAUSAS DE FALLAS	COD	MEDIDAS GENERALES	COD	ACTIVIDAD EJECUTADA
10	Actuador	10	Deterioro estructural (rotura, desgaste, fractura, corrosión)	STD	10	Agrietamiento	10	Efectuar servicio	10	Efectuado servicio
20	Aislamiento térmico	20	Falla de Arranque	FTS	20	Apurnado incompleto/deficiente	20	Inspeccionar	20	Inspeccionado
30	Anclaje	30	Falla de Funcionamiento	FTI	30	Asientos cabezales mal estado	30	Realizar puesta a punto	30	Realizada puesta a punto
40	Atemperador	40	Falla de Instrumentación asociada	AIR	40	Asientos empacaduras en mal estado	40	Reemplazar	40	Reemplazado
50	Boquillas	50	Falla de Parada	STP	50	Asientos tapones mal estado	50	Reparar	50	Reparado
60	Bridas	60	Fuga externa de gas combustible	ELP	60	Ausencia de procedimientos				
70	Cableado y conduit	70	Fuga externa por tuberías de equipos auxiliares	ELU	70	Choque térmico				
80	Ducto de aire del ventilador	80	Fuga interna	INL	80	Combustión incompleta				
90	Ducto de escape / Chimenea	90	Gases de combustión ennegrecidos		90	Conexiones flojas/sueltas				
100	Economizador	100	Obstrucción	PLU	100	Controles desactivados o no puestos en servicio				
110	Estructuras metálicas de visualización y acceso	110	Otro	OTH	110	Coquificación				
120	Instrumentación asociada a flujo	120	Parametros operacionales fuera de los limites de control	PDE	120	Corrosión y/o erosión				
130	Instrumentación asociada a la llama	130	Ruido	NOI	130	Defectos de fabricación				
140	Instrumentación asociada a nivel	140	Operación Errática	SPO	140	Deficiencia de Mantenimiento				
150	Instrumentación asociada a presión	150	Alta temperatura de operación	OHE	150	Depositos internos				
160	Instrumentación asociada a temperatura	160	Insuficiente transferencia de calor	IHT	160	Desalineación quemadores				
170	Líneas de aire	170	Vibracion	VIB	170	Deterioro de empacaduras por material o tipo inadecuado				
180	Líneas de gas combustible				180	Deterioro de estructura externa de visualización y acceso				
190	Paredes del Horno/Caldera				190	Deterioro o ausencia del sistema de aislamiento				
200	Pilotos				200	Deterioro planchas de hermeticidad				
210	Pre calentador				210	Deterioro/Falla en juntas soldadas				
220	Quemadores				220	Diseño inadecuado				
230	Refractario				230	Error de operación				
240	Serpentín de refujo de vapor / Condensador				240	Expansión termica por altos diferenciales de temperatura.				
250	Sobrecalentador				250	Explosiones internas o alta incidencia de llama				
260	Soportes de tubos				260	Falla Damper entrada aire				
270	Soportes externos / Piso				270	Falla Damper salida de gases				
280	Tubos				280	Falla de indicadores de flujo				
290	Unidad de control				290	Falla de indicadores de nivel				
300	Válvulas automáticas de gas				300	Falla de indicadores de presión				
310	Ventilador				310	Falla de indicadores de temperatura				
					320	Falla de la Estructura				
					330	Falla del actuador				
					340	Falla del economizador				
					350	Falla del serpentín/condensador				
					360	Falla en el ventilador				
					370	Falla en instrumentación de nivel				
					380	Falla en Unidad de Control				
					390	Falla en válvulas de gas combustible				
					400	Falta de capacitación				
					410	Fluencia lenta (creep)				
					420	Fractura				
					430	Fuga en conexiones o Juntas Bridadas				
					440	Fuga por cabezales				
					450	Impacto mecánico				
					460	Incidencia de llamas sobre los tubos				
					470	Material defectuoso				
					480	Obstrucción de ductos de aire				
					490	Obstrucción de ductos de escape				
					500	Otro				
					510	Paro accidental				
					520	Pérdida de la eficiencia de trabajo del equipo				
					530	Problemas de llama en el quemador				
					540	Refractario deteriorado/desprendido				
					550	Ruptura de la pared del recipiente				
					560	Ruptura de tubos				
					570	Ruptura del cuerpo del quemador				
					580	Sabotaje				
					590	Sobrecalentamiento				
					600	Soldadura deficiente				
					610	Soportes de tuberías deteriorados				