



TOOLBOX
SESIÓN



Estrategias proactivas o reactivas? – Cómo aplicar el AMFE profesionalmente

CARLOS MARIO PÉREZ

Consultor – Practitioner principal RCM2

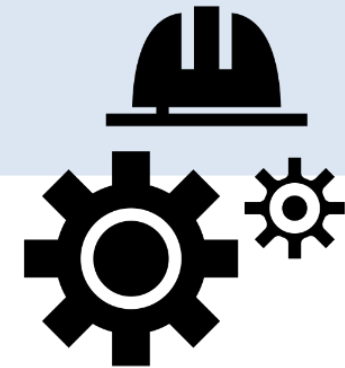
ACCIONES PARA MEJORAR LA CONFIABILIDAD



Información de los
activos completa y
actualizada:
Taxonomía y
documentación técnica

Niveles de inventario
de repuestos
apropiados

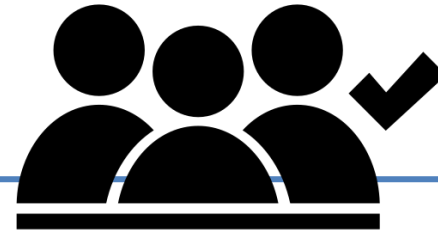
Plan de mantenimiento
adecuado





Uso adecuado de la
orden de trabajo

Personal capacitado

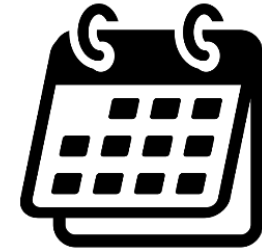


PLANES SOBRE LOS ACTIVOS



Calendario:

Con las fechas para realizar las actividades sistemáticas asociadas a un activo

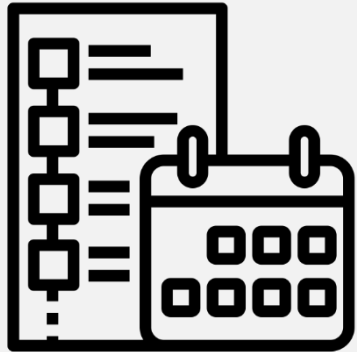


Actividad sistemática o estándar:

- Serie de tareas que se realizan sobre un activo.
- Siempre de la misma manera.



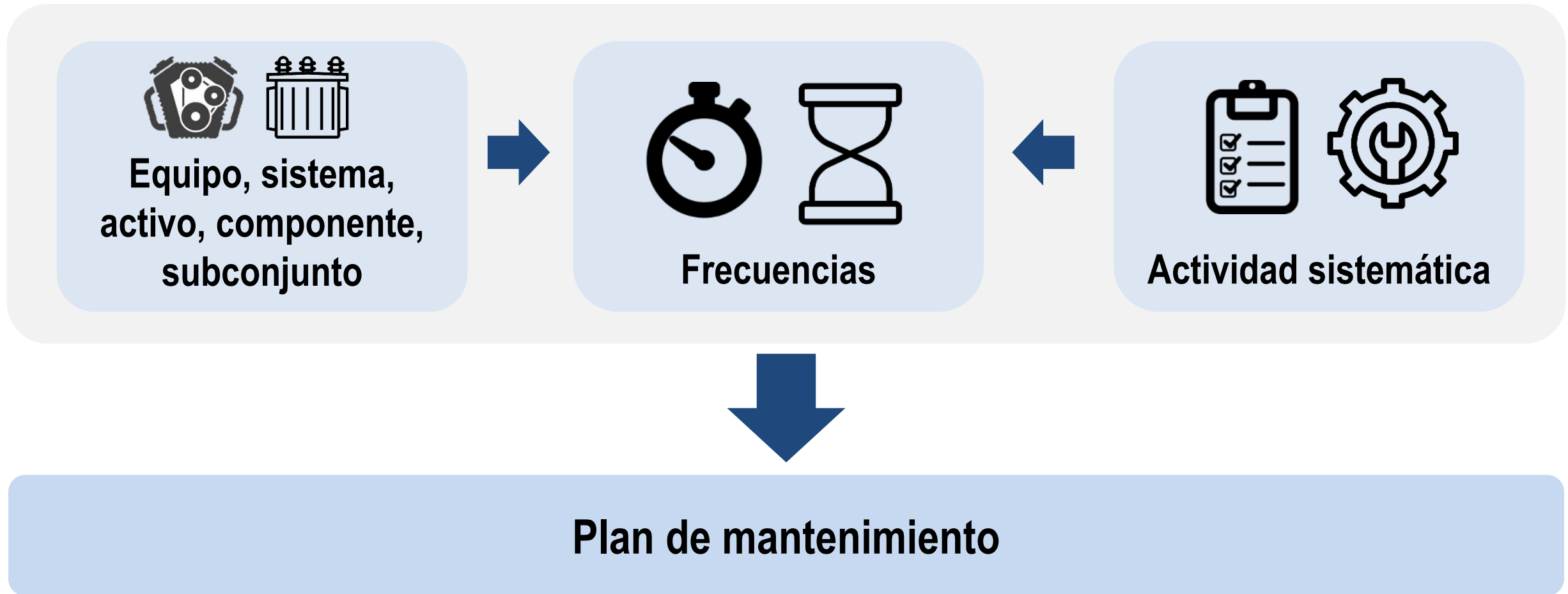
SITUACIÓN ESPERADA



Activos con mejor desempeño

Máximo nivel de cumplimiento

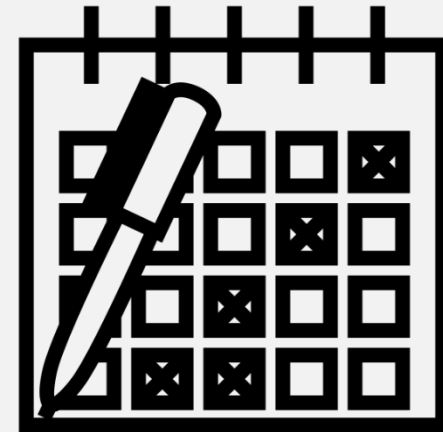
Mínimos paros programados de los activos.





Establecer las actividades a ejecutar sistemáticamente sobre los activos con sus:

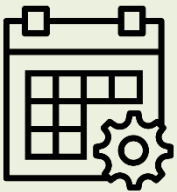
- Tareas
- Procedimientos
- Frecuencias
- Variables de control definidas
- Presupuesto de recursos.





Compromisos con un plan de mantenimiento

Realizar oportunamente las gestiones necesarias



para la ejecución de las actividades.



¿Cuándo un plan de mantenimiento es apropiado?

Cuando después de ejecutar todas las estrategias y tareas correctamente...

El activo es más confiable

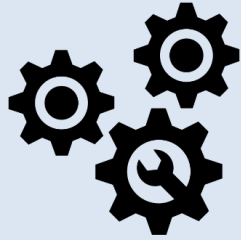


TIPOS DE INTERVENCIONES CONTENIDAS EN UN PLAN



Plan de mantenimiento

Preventivas



Basadas en
condición

Predictivo

Inspecciones

Detectivas

Pruebas
funcionamiento

Calibraciones

Normativas





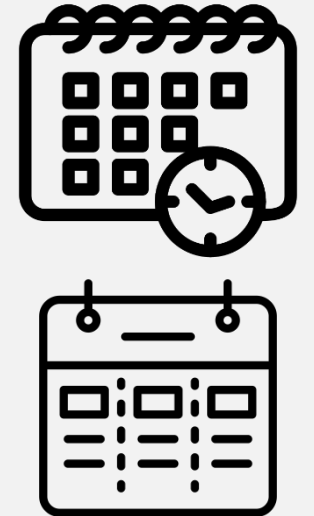
TAREAS PREVENTIVAS



Tareas preventivas

Cambiar o restaurar componentes a intervalos fijos

sin importar en qué estado se encuentren.





Vehículo



Cambiar aceite de motor

Lavar la carrocería

Limpiar las bujías

Alinear las llantas

Balancear las llantas



Edificio



Lavar la fachada

Limpiar bajantes y canaletas

Limpiar trampa de grasas

Limpiar rejillas de sistema aire acondicionado

Ajustar tornillos de pasamanos de seguridad



TAREAS BASADAS EN CONDICIÓN



Basado en condición

Identifican síntomas de funcionamiento de los activos

para detectar fallas incipientes.

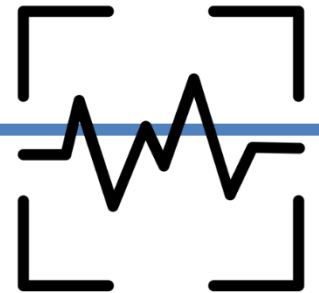




Basado en condición

Los trabajos de mantenimiento correctivo se planean con anticipación.

basados en los resultados de las inspecciones





Los elementos:

Son inspeccionados en busca de signos de deterioro

Continúan en servicio

A condición de que desempeñen satisfactoriamente las funciones requeridas





Motor

Inspeccionar el ajuste de las conexiones de caja eléctrica, midiendo con termografía, si se encuentran puntos con temperatura $> 70^{\circ}\text{C}$, reportar para programar reparación

Inspeccionar el ajuste de tornillos de fijación, si se encuentran sueltos, apretar inmediatamente.

Inspeccionar el estado de los cables de alimentación, midiendo la resistencia de aislamiento, si encuentra que el valor es menor a $1.4\text{M}\Omega$, reportar para programar reparación





Compresor tornillo



Inspeccionar las superficies externas del tanque, si se encuentra corrosión, reportar para programar reparación

Inspeccionar visualmente los soportes y anclajes, si se encuentran flojos, apretar inmediatamente

Inspeccionar desgaste del tornillo, midiendo presión de descarga del compresor, si se encuentra fuera de 85 a 90 psi, reportar para programar reparación



TAREAS DETECTIVAS



Tareas detectivas

Verificar el funcionamiento de los dispositivos de protección

para reducir la incertidumbre acerca de su correcta operación.

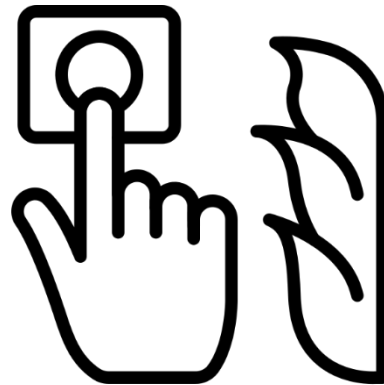




Tareas detectivas



**Tareas de búsqueda
de fallas (TBF)**

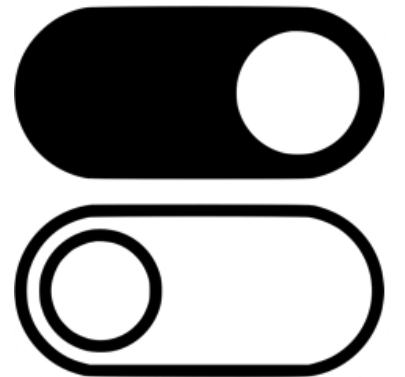




Las tareas de búsqueda de fallas:

Verifican si falló la función.

También son conocidas como pruebas de funcionamiento

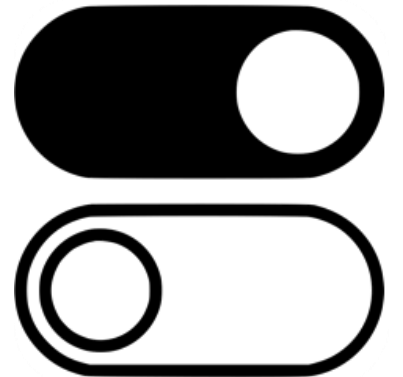




Las tareas de búsqueda de fallas:

Verifican funciones de protección para descubrir si están operativas

Verifican el funcionamiento adecuado de elementos de medición





Edificio



Verificar operación de puerta principal de emergencia

Verificar existencia de avisos de evacuación

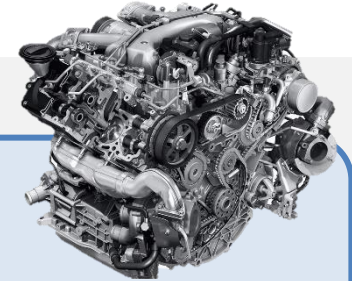
Verificar operación de detectores de humo

Verificar funcionamiento de luces de emergencia

Realizar simulacro de evacuación



Motor diésel

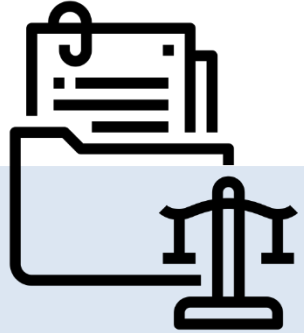


Verificar la puesta a tierra del motor diésel, si no se encuentra instalada, reportar para programar instalación

Verificar el funcionamiento del paro de emergencia del motor desde la escalera acceso a la cabina del operador accionando el interruptor de parada de emergencia, si el motor no se apaga, cambiar de inmediato el interruptor.



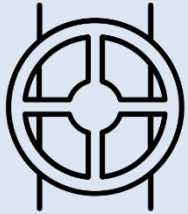
TAREAS NORMATIVAS



Tareas normativas

Tareas definidas e implementadas en cumplimiento de normas o requerimientos regulatorios gubernamentales, del sector o de algún ente.

Están relacionadas generalmente a aspectos de seguridad y medio ambiente, y su frecuencia no la decide la organización.



Verificar el funcionamiento de la válvula de seguridad de la caldera



Inspeccionar con ensayos no destructivos, el tanque a presión



Inspeccionar las tuberías del sistema contra incendios

MÉTODOS PARA DEFINIR UN PLAN DE MANTENIMIENTO



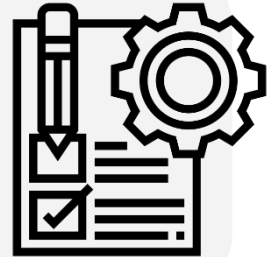
ALTO

Metodologías base cero



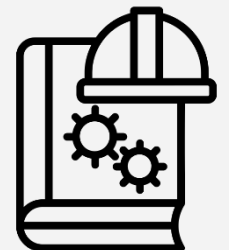
MODERADO

Metodología de revisión del plan actual



BAJO

Manuales del fabricante





ALTO

- Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)

MODERADO

- AMFE y AMFEC
- Metodología de revisión de planes

BAJO

- Manuales de fabricante
- Diagrama de causa y efecto
- Análisis de fallas





ALTO

- Análisis de todas las fallas posibles
- ↓ Tiempo perdido
- ↓ Cantidad de fallas
- ↓ Riesgos
- Integridad ambiental
- ↓ Defectos
- Optimización de costos

MODERADO

- Análisis de algunas fallas
- ↓ Tiempo perdido
- ↓ Cantidad de fallas

BAJO

- ↓ Cantidad de fallas





METODOLOGÍAS Y HERRAMIENTAS PARA LA DEFINICIÓN					Metodología de revision del plan
Equipos	Manual del fabricante	Experiencias	AMFE/AMFEC	RCM	
Equipo 1 					
Equipo 2 					
Equipo 3 					
Equipo 4 					
Equipo ... n 					

ACCIONES PARA DEFINIR UN PLAN DE MANTENIMIENTO



Etapas para un plan de mantenimiento exitoso

Definición



**Configuración e
implementación**



Ejecución

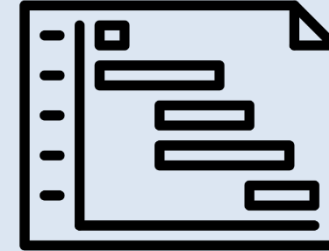




¿En qué consiste definir un plan de mantenimiento?



Identificar las causas o modos de falla



Definir las estrategias para manejarlas



Causas o modos de falla conocidos



**Análisis de fallas
(ACR – RCA)**

Causas o modos de falla posibles



**Análisis de modos de fallas
y efectos (AMFE – FMEA)**

Pasado

Futuro



Subject: Which is better FMEA or RCA

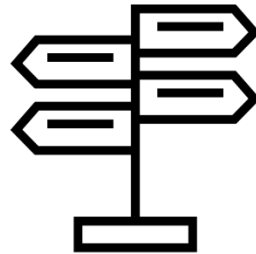


Hello,

In order to decrease the failure rate, identify unreliable components of the equipment, which is preferred FMEA or RCA
Can someone please throw light on this?



This is not a choice. FMEA is an analysis of what could happen in worst case scenarios, possible damage, mitigations, etc. RCA is a postmortem, analysis reactive to an event and how to avoid a repeat. Either will help decrease failure rate. Correctly performed FMEA will decrease the need of RCA by decreasing unexpected events.





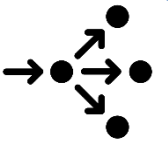
Definición de tareas



Definir las causas o modos de falla



Entender el impacto causado por la falla



Entender cómo ocurre la causa o modo de falla en el tiempo



Definir la tarea o acción para manejar las causas o modos de falla

Definir las frecuencias de las tareas





Metodologías y métodos

Manuales

Revisión del plan

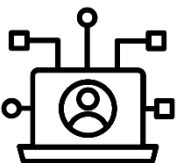
Análisis de modos de falla y efectos – AMFE / AMFEC

Mantenimiento centrado en confiabilidad - RCM

Análisis de causa raíz - ACR



Experiencia



Conocimiento



Investigación



Análisis



ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA Y EFECTOS

FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS



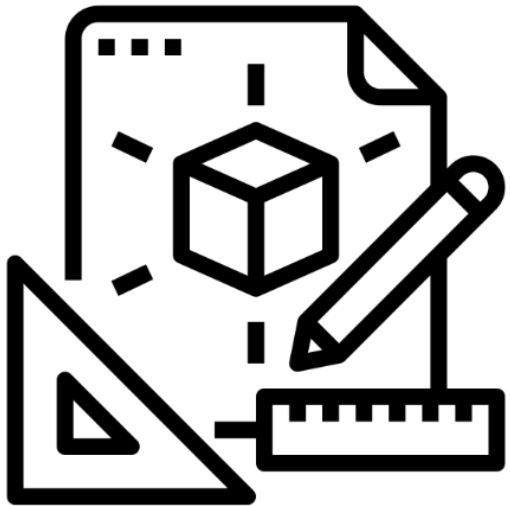
Método sistemático de análisis de un activo, instalación o proceso para:



Reconocer y evaluar las fallas posibles o riesgos de un activo, producto o proceso y sus efectos.



Identificar las acciones que puedan eliminar o reducir la posibilidad de que ocurra una falla.



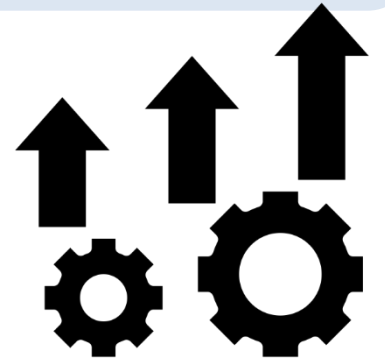
Al diseñar nuevos activos, instalaciones procesos o diseños

Al cambiar activos, instalaciones procesos o diseños actuales.



Al encontrar nuevas aplicaciones para los activos, instalaciones, productos o procesos actuales.

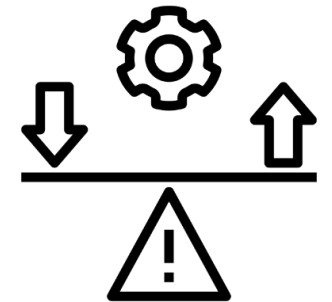
Al buscar mejoras para los procesos, instalaciones, activos o diseños actuales.





Al definir planes de mantenimiento

Al identificar posibles causas o modos de falla, riesgos en procesos, activos, actividades y proyectos

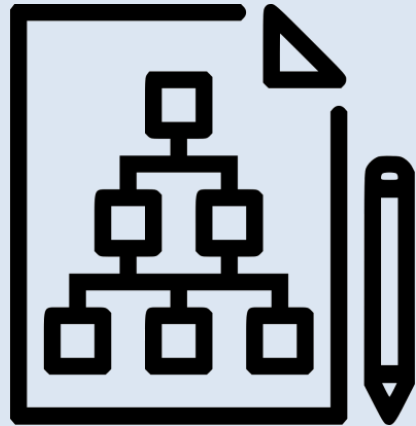




La metodología AMFE se desarrolla respondiendo las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los **elementos** del activo a analizar?
2. ¿Cuáles son las **funciones** que debe cumplir el elemento?
3. ¿Qué causa que falle (**causas o modos de falla**)?
4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?
5. ¿Qué se debe hacer para manejar las fallas (**acciones**)?

PASO 1. IDENTIFICAR LOS ELEMENTOS



Sistema de clasificación

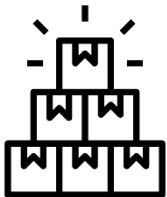
que permite la ordenación sistemática y jerarquizada

de grupos de instalaciones, activos, componentes y elementos

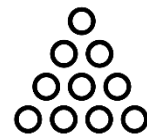


Conocer la información de los activos en cuanto a:

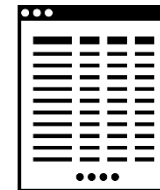
Cantidad



Relaciones
jerárquicas



Información técnica





Conocer la información de los activos en cuanto a:

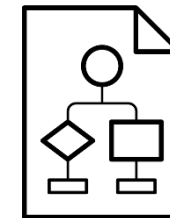
Datos de adquisición
y comerciales



Ubicación geográfica



Ubicación funcional





Una forma fácil de búsqueda de los activos para visualizar:

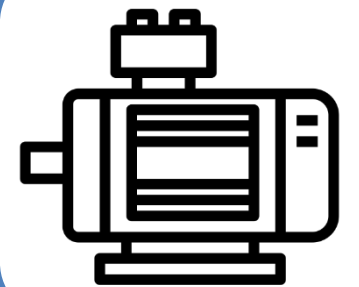
Su interacción

y ubicación

dentro de la compañía.

■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■
■	■	■	■	■	■

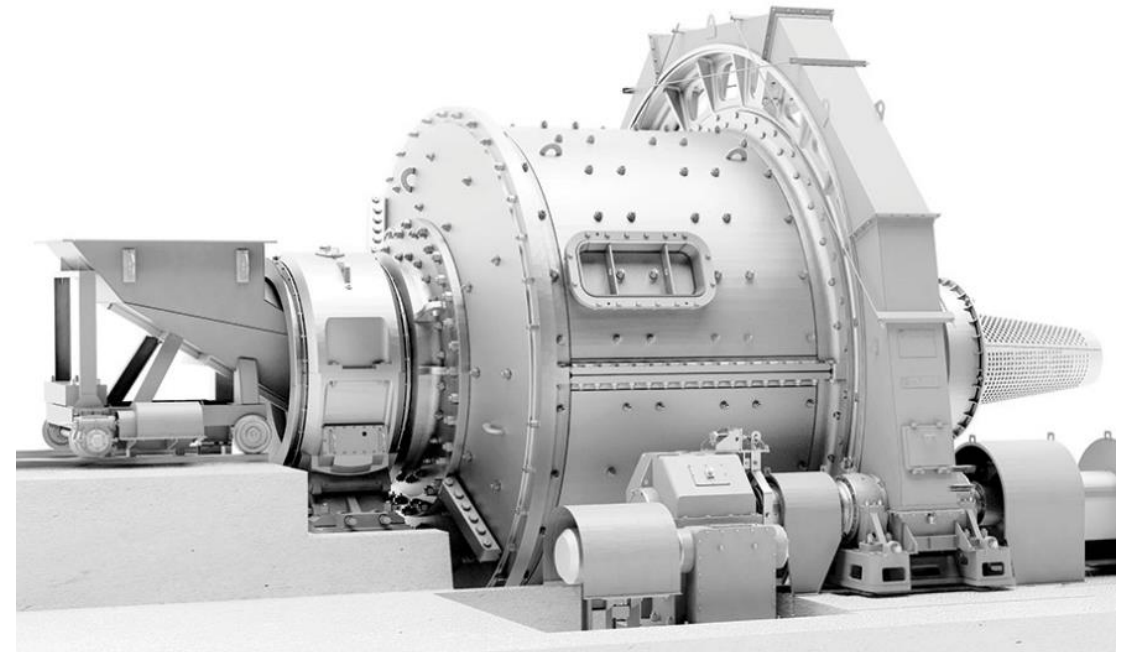
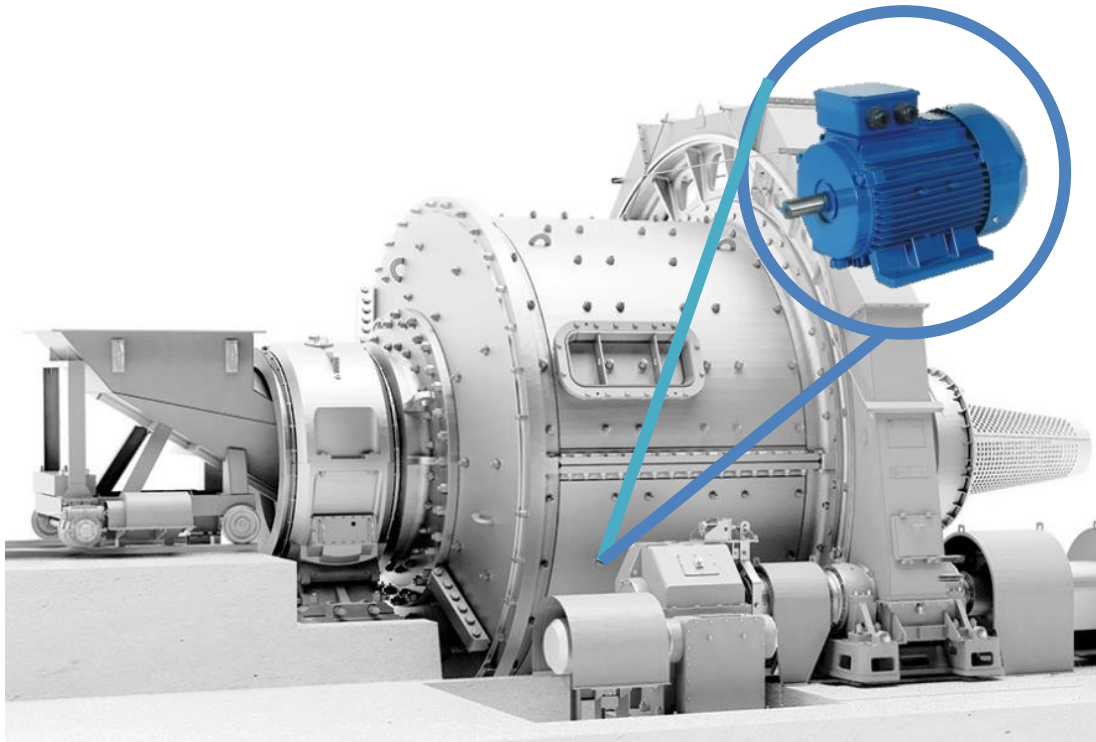
Listado de activos

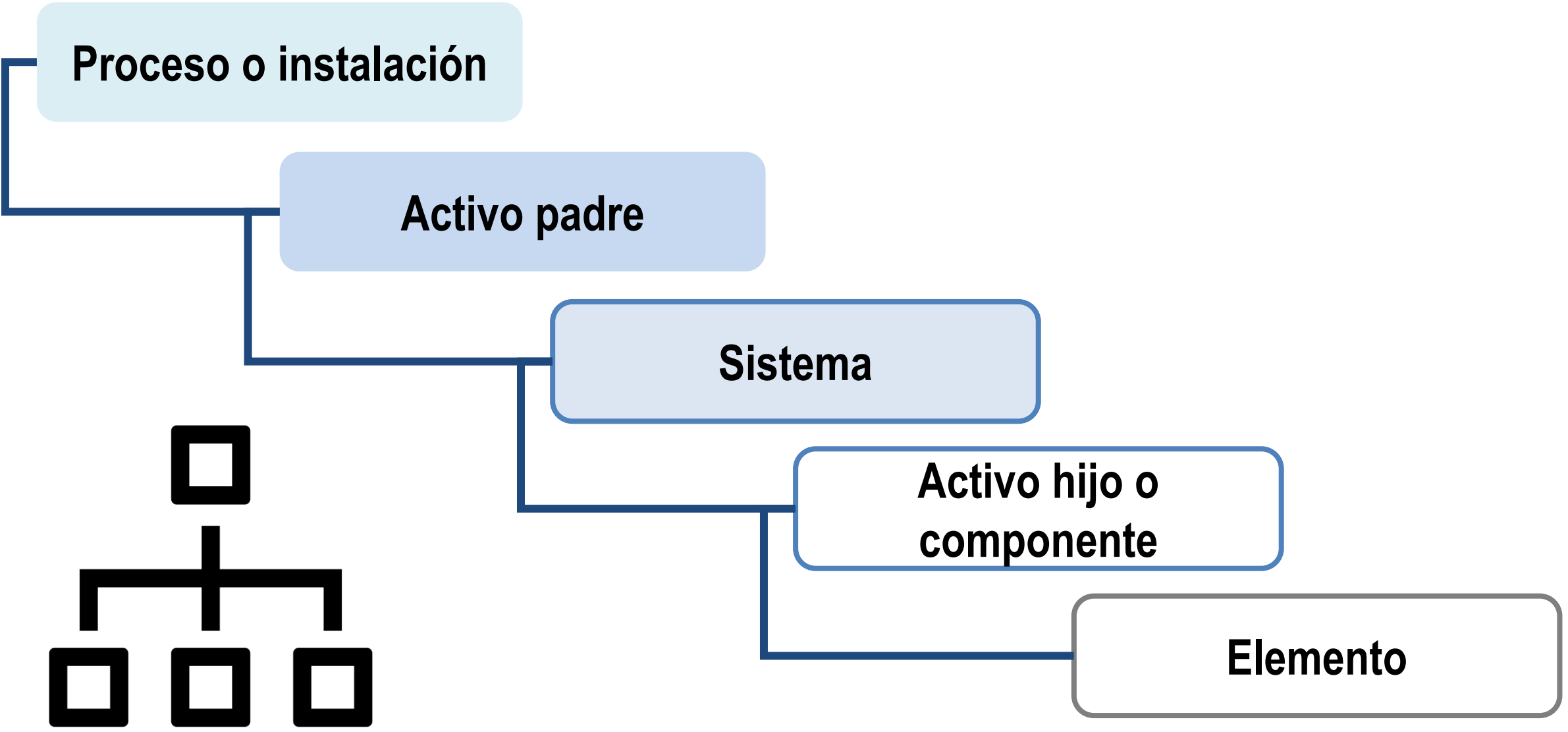


MOT-025



Visualizar los movimientos de los activos.







Elemento o repuesto

Pieza en un activo destinada a sustituir en caso de ser necesario

a otra de iguales características, durante una intervención

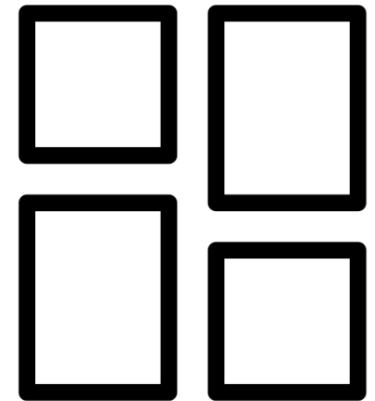


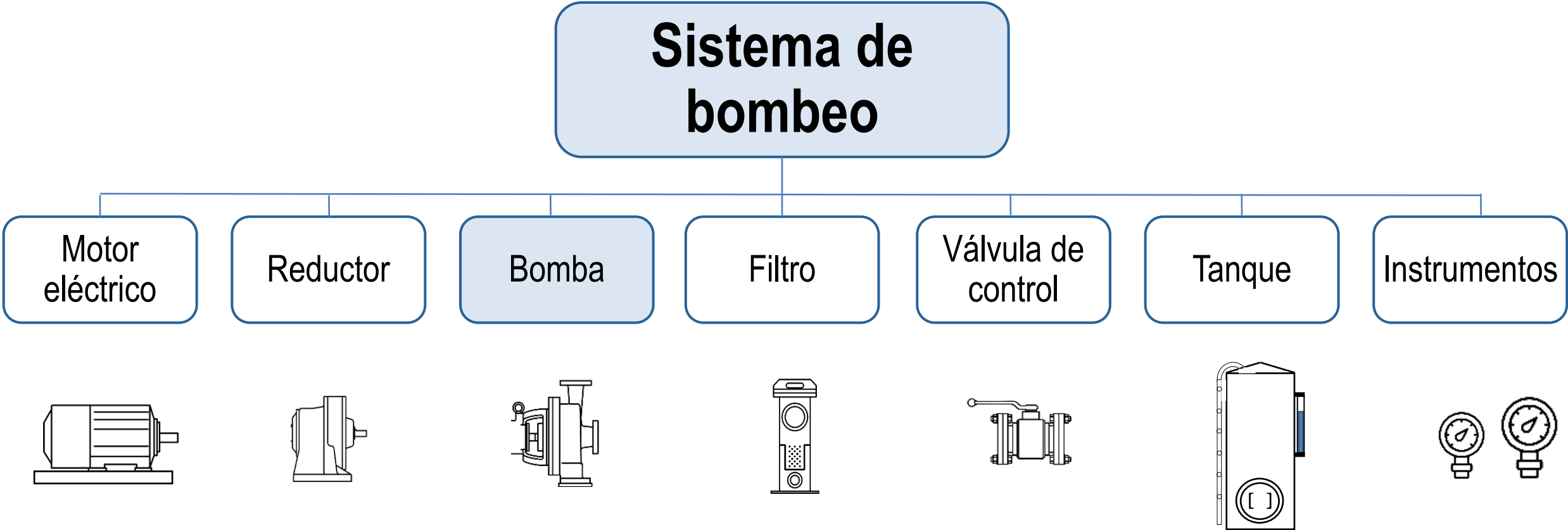


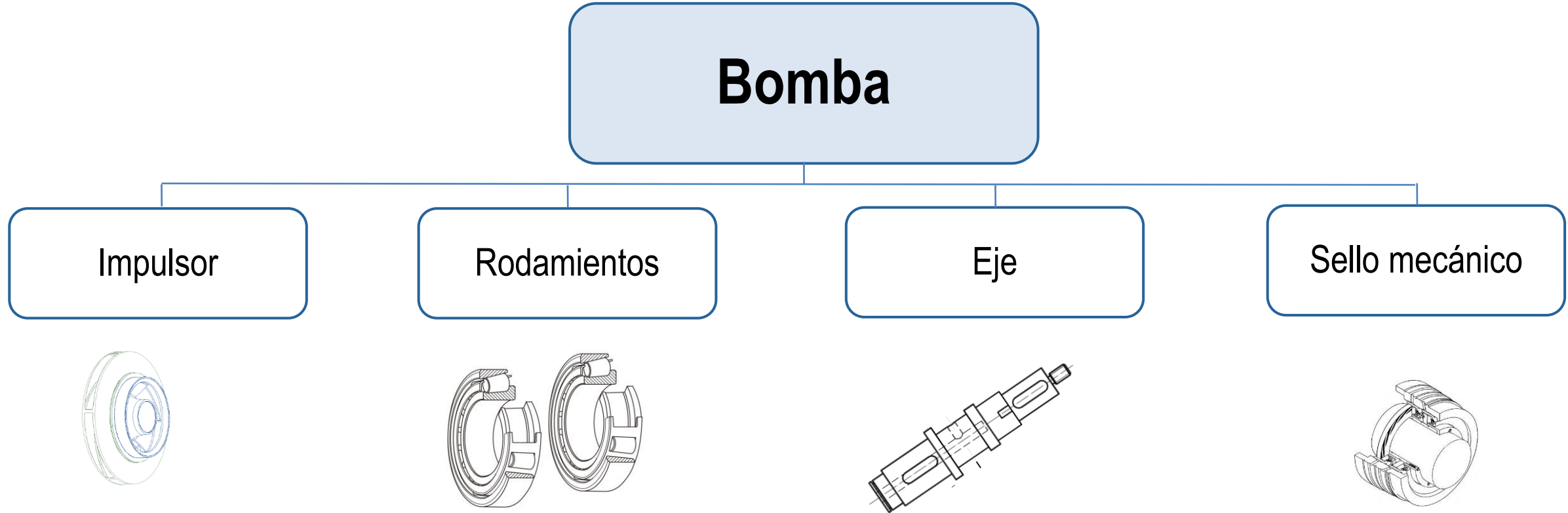
Elemento o repuesto

Cada una de las partes más simples de que consta o puede ser analizado un equipo.

Generalmente indivisible y no reparable.

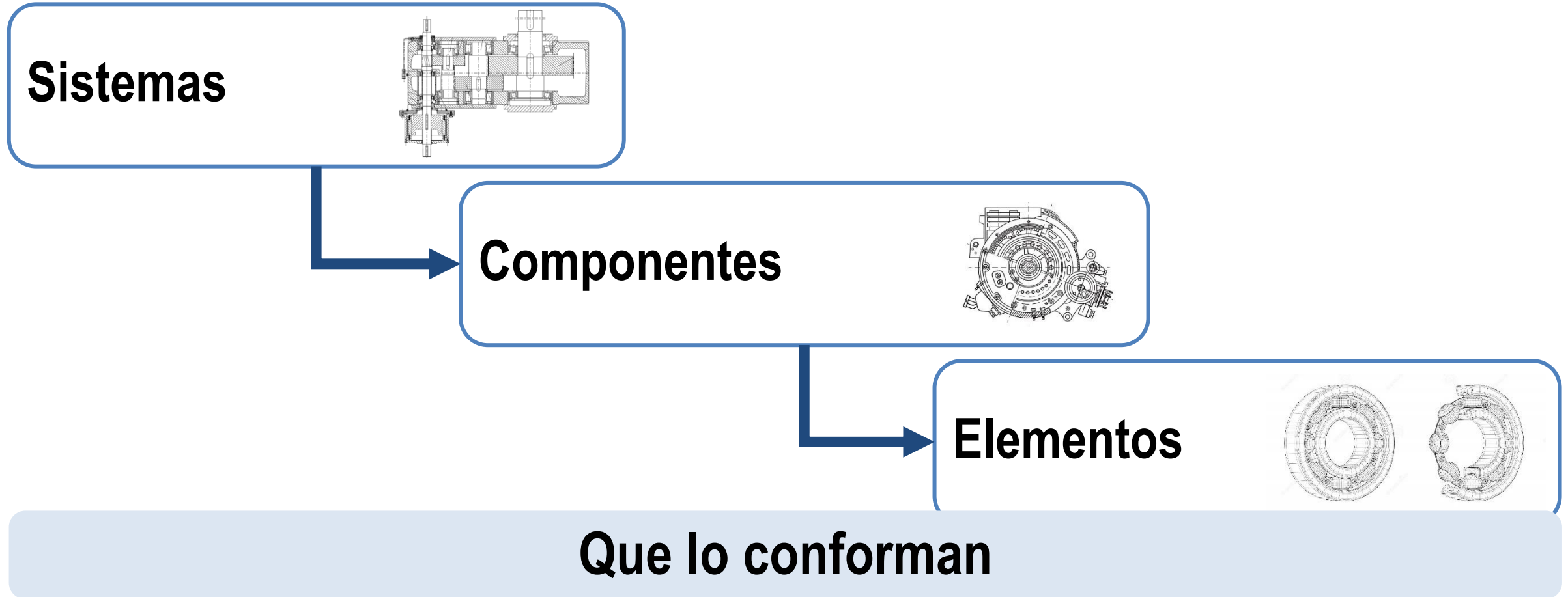








Es definida por la confiabilidad de los diversos:



PASO 2. IDENTIFICAR LAS FUNCIONES DE LOS ELEMENTOS



La metodología AMFE se desarrolla respondiendo las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los **elementos** del activo a analizar?



2. ¿Cuáles son las **funciones** que debe cumplir el elemento?

3. ¿Qué causa que falle (**causas o modos de falla**)?

4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?

5. ¿Qué se debe hacer para manejar las fallas (**acciones**)?



Paso 2. Identificar las funciones de los elementos

Se responde a la pregunta:

¿Qué es lo que el elemento hace?



La descripción de funciones debe contener:

**Un verbo en
infinitivo**



Un objeto



Un verbo en infinitivo

Transmitir

Soportar

Un objeto

energía eléctrica

el peso de la carga de la tolva





Un verbo en infinitivo

Transmitir

Procesar

Un objeto

la señal de paro del compresor

las señales de entrada de la cámara de vacío





Un verbo en infinitivo

Conducir

Retener

Un objeto

aguas lluvias

objetos extraños a la entrada de la rejilla de captación



PASO 3. IDENTIFICAR LAS CAUSAS O MODOS DE FALLA DE LOS ELEMENTOS



La metodología AMFE se desarrolla respondiendo las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los **elementos** del activo a analizar? 

2. ¿Cuáles son las **funciones** que debe cumplir el elemento? 

3. ¿Qué causa que falle (**causas o modos de falla**)?

4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?

5. ¿Qué se debe hacer para manejar las fallas (**acciones**)?

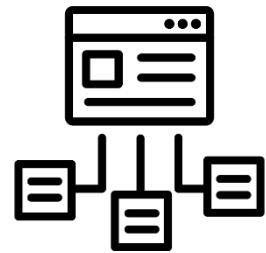


Paso 3. Identificar las causas o modos de falla

Razón o razones por las que se genera una falla en un elemento.

La descripción debe incluir:

Elemento



Adjetivo, o

Verbo en participio, o

Estado del elemento



Elemento

Adjetivo – Verbo - Estado

Aletas disipadoras

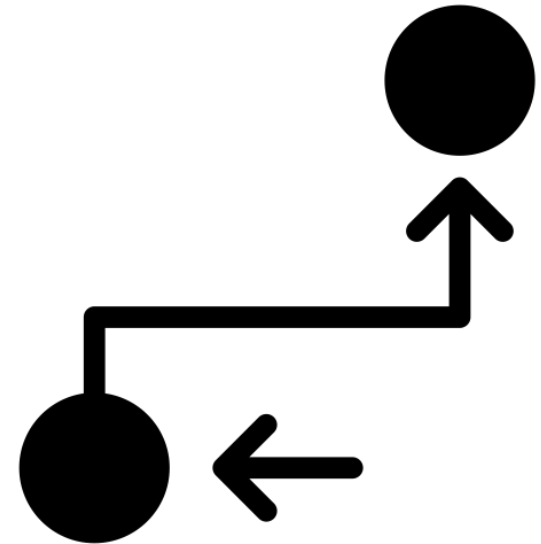
sucias

Conectores

flojos

Sensor de temperatura

desconectado





Elemento

Adjetivo – Verbo - Estado

Viga

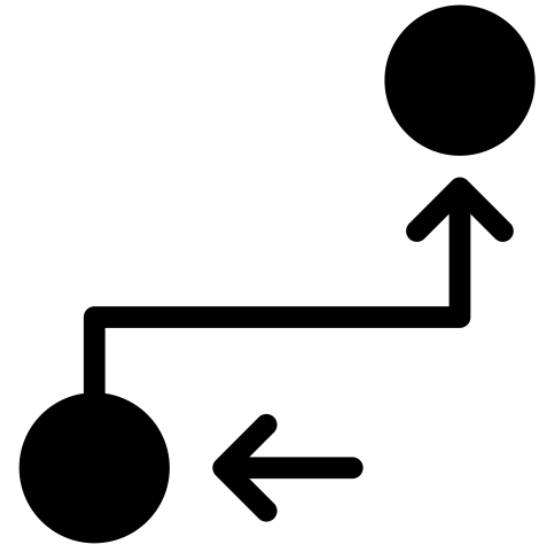
golpeada

Teja

mal colocada

Tubería de succión

obstruida con granizo





Elemento

Adjetivo – Verbo - Estado

Rodamiento

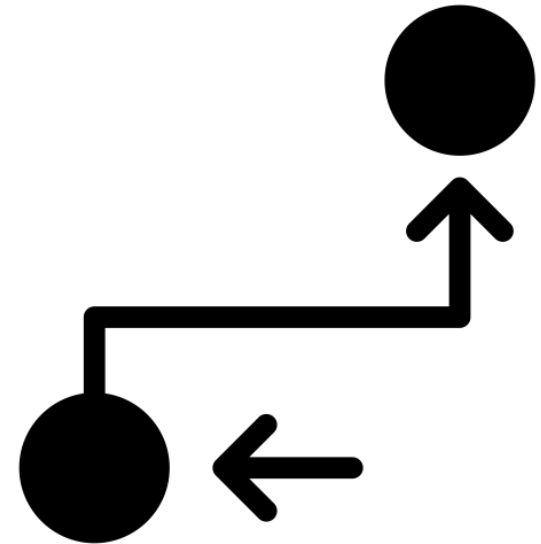
gastado

Eje

fatigado

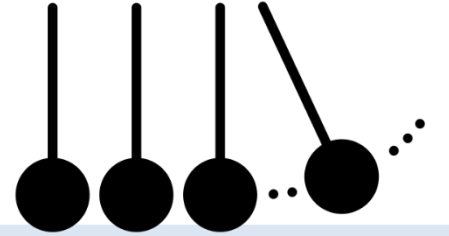
Válvula de drenaje

golpeada





Deben incluirse las causas o modos de falla:

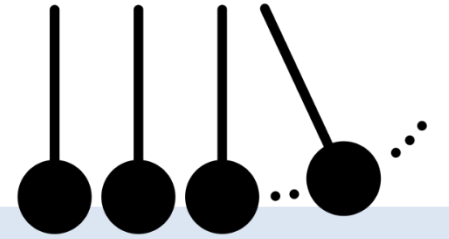


Que han ocurrido

Que razonablemente
pueden ocurrir



Deben incluirse causas o modos de falla:

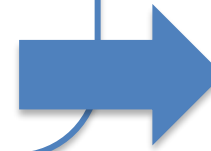


Que de ocurrir tendrían consecuencias graves

Que actualmente son controladas



El nivel de la causa o modo de falla debe ser adecuado para poder definir una política de manejo de fallas que:

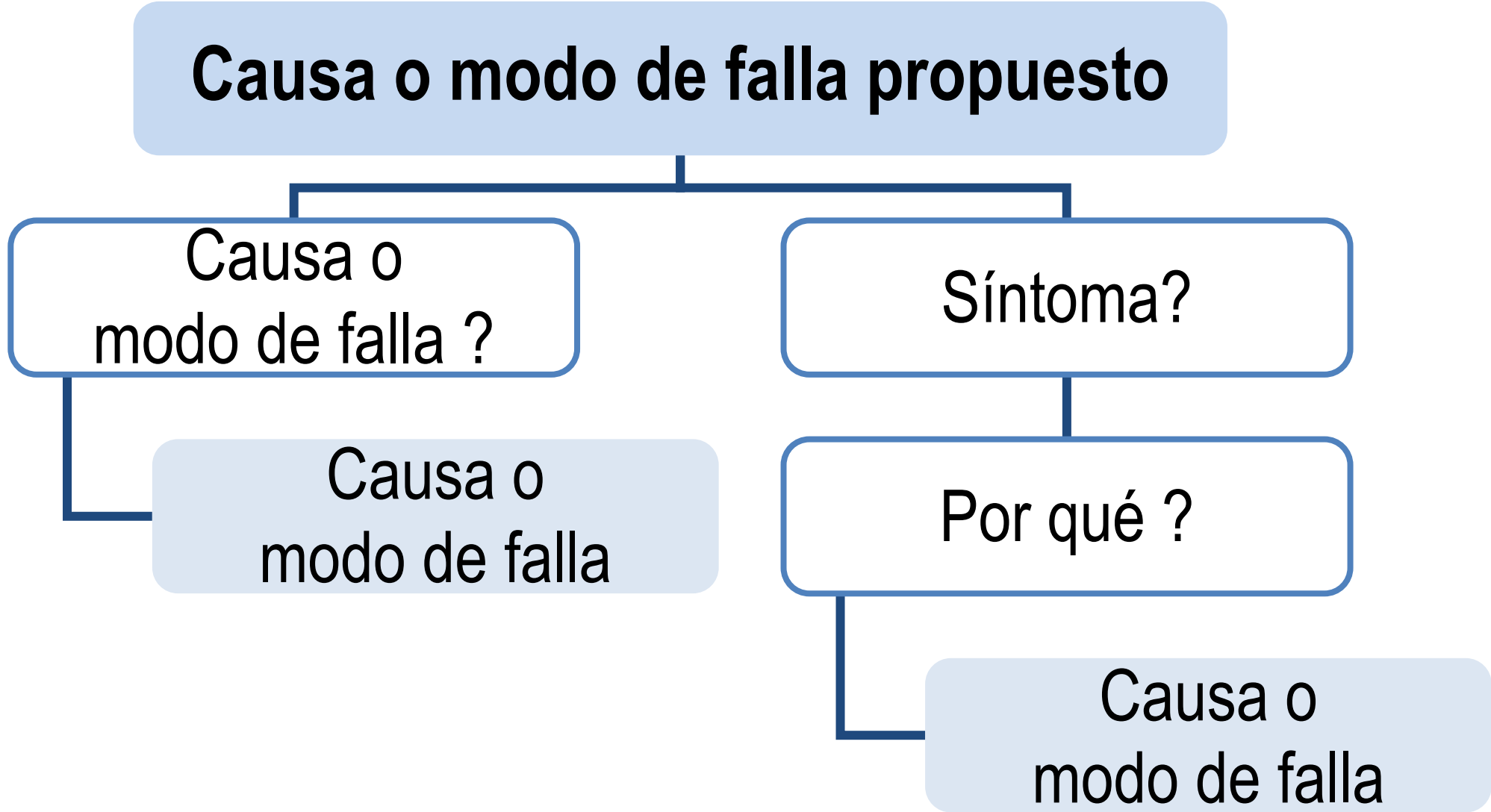


Anticipe

Prevenga

Mitigue

El impacto de la falla.





Desgaste

Suciedad

Lubricación

Movimiento

Ambiental

Proveedor - Fabricante

Errores humanos

Sobrecarga

Procedimientos

Diseño

Instalación

PASO 4. IDENTIFICAR LOS EFECTOS DE LAS CAUSAS O MODOS DE FALLA



La metodología AMFE se desarrolla respondiendo las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los **elementos** del activo a analizar? 

2. ¿Cuáles son las **funciones** que debe cumplir el elemento? 

3. ¿Qué causa que falle (**causas o modos de falla**)? 

4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?

5. ¿Qué se debe hacer para manejar las fallas (**acciones**)?



Paso 4. Identificar el efecto de cada causa o modo de falla

Expresa qué es lo que ocurre si se presenta la falla analizada.

Debe ser una descripción corta que relate qué ocurre cuando falla el elemento y su impacto.





Se determina el efecto que la causa o modo de falla produce para:

El usuario:



- Ruido
- Fugas
- Mal funcionamiento.

El proceso:



- Paradas
- Producto defectuoso
- Menor eficiencia.



Se determina el efecto que la causa o modo de falla produce para:

El usuario:



- Calentamiento

- Riesgo

El proceso:



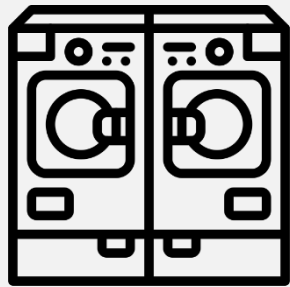
- Quejas de clientes

- Riesgo



Cada causa o modo de falla debe tener asociado un efecto:

**Sello de válvula
gastado**



Se reduce el caudal de agua

Las boquillas no lavan adecuadamente la pieza

La lavadora entrega piezas con residuos de aceite

Las piezas son rechazadas en el siguiente proceso

Debe detenerse la lavadora y la línea de producción



Cada causa o modo de falla debe tener asociado un efecto:

Dientes de la corona del molino fatigados



Aumento de temperatura, ruido y vibración

Se dañan los dientes del piñón del reductor

Aumenta la cantidad de partículas en el aceite

Se activa la protección por alta vibración en el reductor

Se detiene el molino y el proceso de molienda



La metodología AMFE se desarrolla respondiendo las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los **elementos** del activo a analizar? 

2. ¿Cuáles son las **funciones** que debe cumplir el elemento? 

3. ¿Qué causa que falle (**causas o modos de falla**)? 

4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ? 

5. ¿Qué se debe hacer para manejar las fallas (**acciones**)?



Paso 5. Definir las acciones

Tarea o actividad realizada para:

Prevenir

Predecir

Detectar

Evitar

Mitigar

**El impacto de una
causa o modo de
falla.**





Características y recomendaciones:



Cada tarea debe vincularse y ser adecuada a cada causa o modo de falla considerado.

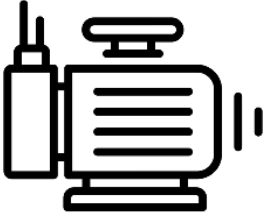

Causa o modo de falla



Tarea




Ejemplo

ELEMENTO		FUNCIÓN		CAUSA O MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA		ACCIONES	
1	Rodamiento del eje del motor 	1	Transmitir movimiento a la bomba	1	Grasa agotada	<ul style="list-style-type: none"> • El motor se frena • No transmite el giro al impulsor de la bomba • Afecta el proceso 	<p>Aplicar grasa cada dos semanas</p> 		


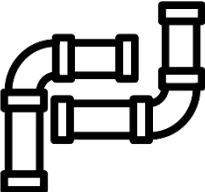


Ejemplo

ELEMENTO		FUNCIÓN		CAUSA O MODO DE FALLA		EFEECTO DE FALLA	ACCIONES
1	Tornillos del émbolo de transporte 	1	Fijar el émbolo de transporte	1	Tornillos corroídos	<ul style="list-style-type: none"> • Los tornillos se parten • Se pierde la conexión entre el cilindro hidráulico y el émbolo de transporte • Se detiene la bomba y se afecta el proceso 	Inspeccionar visualmente los tornillos del émbolo cada 6 meses



Ejemplo

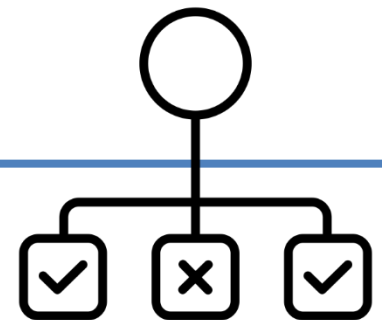
ELEMENTO		FUNCIÓN		CAUSA O MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA		ACCIONES	
2	Tubo colector	1	Conducir aguas lluvias	1	Hojas de árbol acumuladas en techo	<ul style="list-style-type: none"> • Se detiene el flujo de agua • El agua satura el techo e inunda el edificio • Son afectados equipos, muebles y pisos 	Limpiar techo cada dos meses		



El AMFE no tiene un método



para definir las tareas



**ANÁLISIS DE
MODOS DE
FALLA,
EFECTOS Y
CRITICIDAD -**

**FAILURE
MODE,
EFFECTS AND
CRITICALITY
ANALYSIS**



ANÁLISIS DE MODOS DE FALLA, EFECTO Y CRITICIDAD (AMFEC) - MÉTODO CUANTITATIVO

AMFE



Análisis de criticidad

**Calificación
de los efectos:**

Severidad o gravedad




Probabilidad de ocurrencia

Facilidad de detección





La metodología AMFEC se desarrolla respondiendo las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los elementos del activo a analizar? 
2. ¿Cuáles son los síntomas que puede presentar el elemento?
3. ¿Qué causa que falle (causas o modos de falla)? 
4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (efectos de la falla)? 
5. ¿Qué tan crítica es la causa de falla (índice prioritario de riesgo)?
6. ¿Qué se debe hacer para manejar las fallas (acciones)?

PASO 2. IDENTIFICAR LOS SÍNTOMAS



Paso 2. Identificar los síntomas



Definen el estado del elemento, componente o activo

Establece la forma en la que un usuario identifica que una falla está ocurriendo u ocurrió.

Permite tener información del motivo que da origen a la necesidad de intervención.



Desnivel

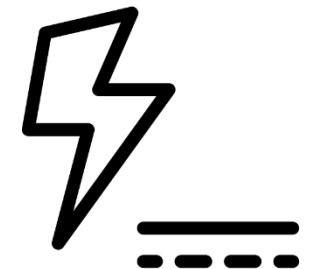
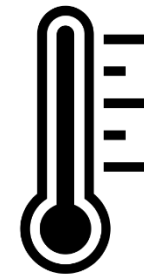
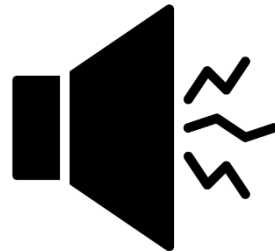
Grietas

Fugas

Vibración

Bajo nivel

Ruido





Pérdida de material

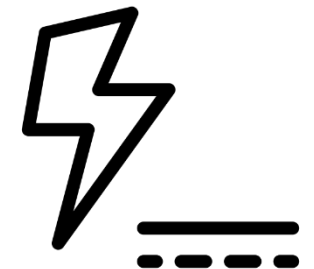
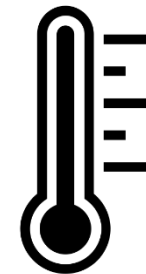
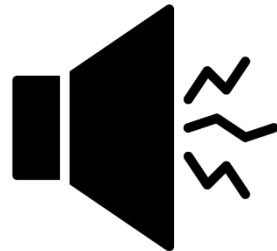
No enciende

Aumento de temperatura

Pérdida de potencia

Disminución de presión






Aumento de consumo
de corriente



PASO 5. REALIZAR EL ANÁLISIS DE CRITICIDAD



La metodología AMFEC se desarrolla respondiendo las siguientes preguntas:

1. ¿Cuáles son los elementos del activo a analizar? 
2. ¿Cuáles son los síntomas que puede presentar el elemento? 
3. ¿Qué causa que falle (causas o modos de falla)? 
4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (efectos de la falla)? 
5. ¿Qué tan crítica es la causa o modo de falla (índice prioritario de riesgo)?
6. ¿Qué se debe hacer para manejar las fallas (acciones)? 



Paso 5. Realizar el análisis de criticidad de las causas o modos de falla



Evalúa cuantitativamente el impacto

Probabilidad de
ocurrencia

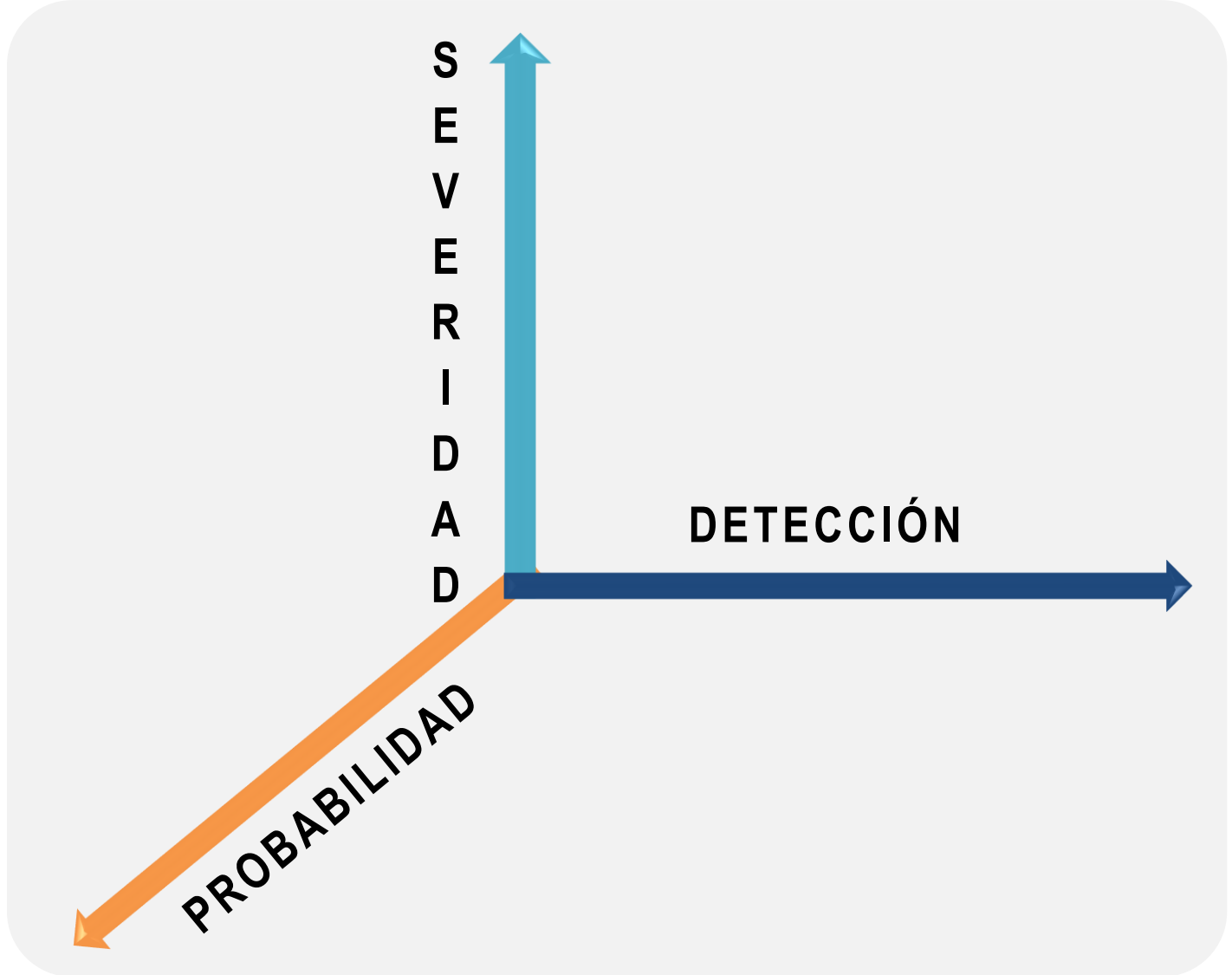
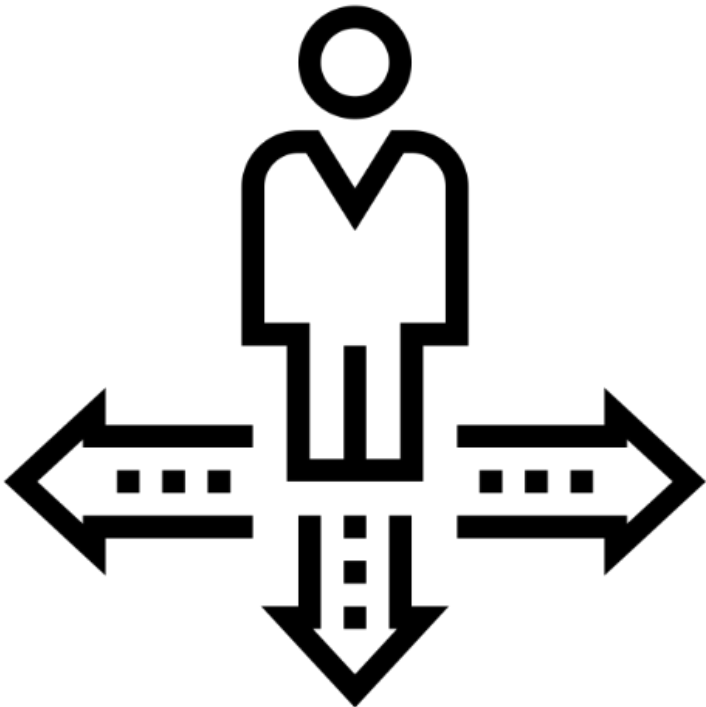
Severidad

Facilidad de detección

Estos valores se obtienen de calificar cada causa o modo de falla, a través de tablas que establecen un valor numérico para diferentes escenarios.



Evaluación de criticidad





Clasificación de severidad o gravedad (S)




Considera la peor consecuencia de falla

Determinada por el grado de afectación a la seguridad o la operación del sistema



Clasificación de severidad o gravedad (S)

 Criterios	Escala
La ocurrencia de la causa o modo de falla implica lesiones a las personas.	4
La ocurrencia de la causa o modo de falla afecta totalmente el proceso de producción/operación	3
Fallan funciones secundarias del activo que no afectan la producción/operación de manera significativa	2
Ningún efecto.	1



Probabilidad de ocurrencia (P)




Probabilidad estimada de la ocurrencia de una falla definida

Puede referirse al número de fallas ocurridas durante un período de tiempo determinado.



Probabilidad de ocurrencia (P)

 Criterios	Ocurrencia	Escala
Muy frecuente	Diario a semanal	4
Frecuente	Desde cada semana a un mes	3
Poco frecuente	Desde cada mes a un año	2
Altamente improbable.	Mayor a un año	1



Facilidad de detección (D)



Clasificación de la factibilidad técnica o existencia de métodos

por medio los cuáles una falla puede ser detectada antes de que ocurra



Facilidad de detección (D)

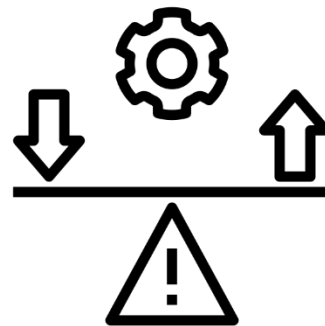
Criterios	Escala
Ninguna de las tareas actuales detecta la causa o modo de falla, efecto o síntoma.	4
Las tareas actuales tienen una muy baja posibilidad de detectar con certeza la causa o modo de falla, efecto o síntoma.	3
Las tareas actuales tienen una muy alta posibilidad de detectar con certeza la causa o modo de falla, efecto o síntoma.	2
Las tareas actuales detectan de manera certera, la causa o modo de falla, efecto o síntoma.	1

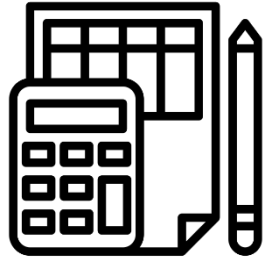


**Índice prioritario de
riesgo (IPR)**



**Risk Priority Number
(RPN)**





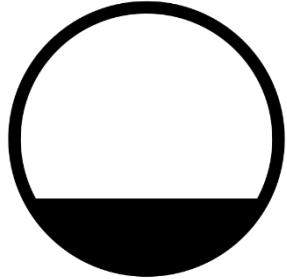
Cálculo del índice prioritario de riesgo (IPR)

$$IPR = Severidad \times Probabilidad \times Detección$$

Permite evaluar los diferentes niveles de riesgo que ocasiona cada causa o modo de falla y ordenarlos prioritariamente.



Ejemplo

ELEMENTO		SÍNTOMA		CAUSAS O MODOS DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA	CRITICIDAD				ACCIONES
							S	P	D	IPR	
1	Tornillo del compresor de aire	1	Ruido	1	Lubricante agotado	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta el ruido • Aumenta la temperatura • La protección por vibración para el compresor • Se para el 50% de la planta. 	4	2	1	8	Inspeccionar el nivel de aceite en el tanque de lubricación y ajustar al nivel indicado en la mirilla. 




Ejemplo

ELEMENTO		SÍNTOMA		CAUSAS O MODOS DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA	CRITICIDAD				ACCIONES
							S	P	D	IPR	
1	Soldadura del bastidor	1	Fisura	1	Soldadura fatigada	<ul style="list-style-type: none"> • La soldadura se fisura y se rompe • Aumenta la vibración • No soporta el peso de las tuberías y cilindros • Ocasiona graves daños a las bombas 	4	2	2	16	Inspeccionar visualmente soldaduras del bastidor de las bombas, si se evidencian fisuras o grietas programar reparación



Ejemplo

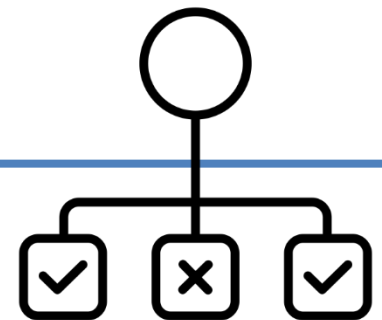
ELEMENTO		SÍNTOMA		CAUSAS O MODOS DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA	CRITICIDAD				ACCIONES
							S	P	D	IPR	
2	Tramo de escalera eléctrica 	1	Sucio	1	Foso obstruido con plástico de residuo de alimento	<ul style="list-style-type: none"> • Atascamiento de la escalera • Aumenta la carga en motor • La protección por consumo de corriente detiene el motor • Se detiene la escalera 	3	3	2	12	Limpiar periódicamente el foso de la escalera.



El AMFEC no tiene un método



para definir las tareas



MANTENIMIENTO

RELIABILITY

CENTRADO EN

CENTERED

CONFIABILIDAD

MAINTENANCE



RCM es un proceso para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier equipo continúe haciendo lo que sus usuarios desean que haga, en su contexto operacional actual

1. ¿Cuáles son las **funciones** (qué es lo que los usuarios quieren que haga)?
2. ¿De qué maneras puede fallar (**fallas funcionales**)?
3. ¿Qué causa que falle (causas o **modos de falla**)?
4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?
5. ¿Importa si falla (**consecuencias de la falla**)?
6. ¿Se puede hacer algo para **predecir** o **prevenir** la falla?
7. ¿Qué se debe hacer **si no se puede predecir o prevenir** la falla?

**AMFE
FMEA
AMEF**

**Análisis de
modos de
falla y
efectos**



RCM es un proceso para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier equipo continúe haciendo lo que sus usuarios desean que haga, en su contexto operacional actual

1. ¿Cuáles son las **funciones** (qué es lo que los usuarios quieren que haga)?
2. ¿De qué maneras puede fallar (**fallas funcionales**)?
3. ¿Qué causa que falle (causas o **modos de falla**)?
4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?
5. ¿Importa si falla (**consecuencias de la falla**)?
6. ¿Se puede hacer algo para **predecir** o **prevenir** la falla?
7. ¿Qué se debe hacer **si no se puede predecir** o **prevenir** la falla?

**AMFE
FMEA
AMEF**

DECISIÓN

PASO 1. REALIZAR EL CONTEXTO OPERACIONAL



Descripción del sistema a analizar

desde lo general hasta lo más específico

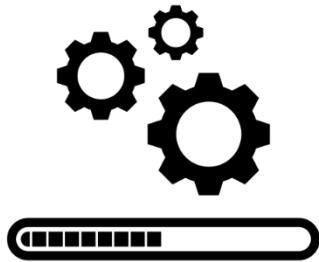
detallando la relevancia o impacto del sistema

sobre el proceso y el negocio



Considera los siguientes factores:

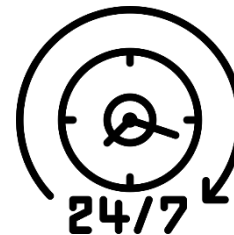
**Estándares
de operación**



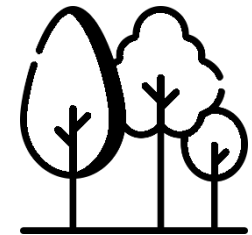
**Estándares
de calidad**



**Disponibilidad
de equipos de
respaldo**



**Estándares
medio-
ambientales**





Considera los siguientes factores:

**Disponibilidad
de repuestos,
herramientas y
personal**



**Estándares de
seguridad**



**Organización de
turnos**

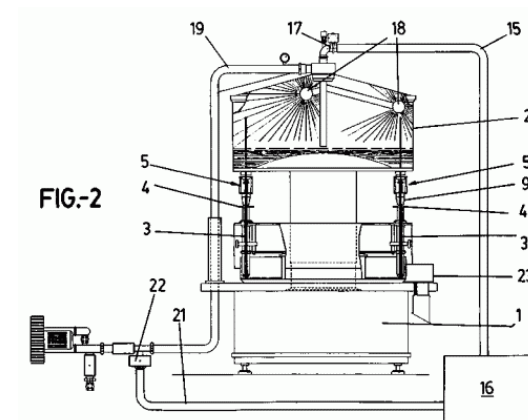
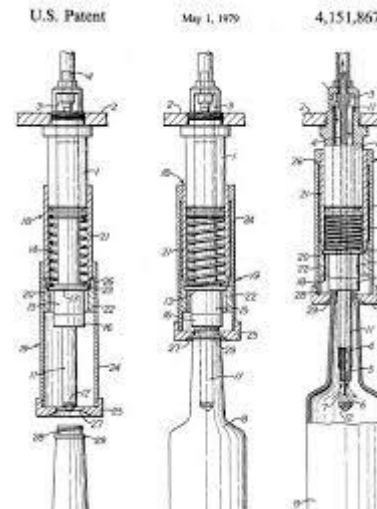
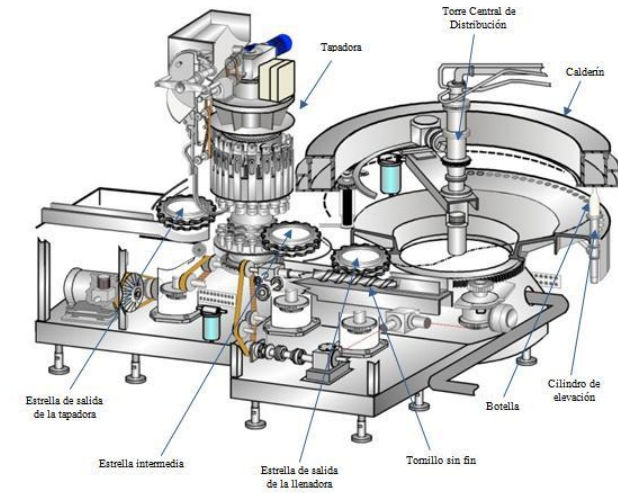
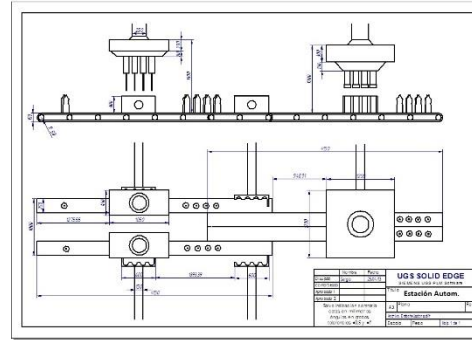


PASO 1: REALIZAR EL CONTEXTO OPERACIONAL



EL CONTEXTO OPERACIONAL debe incluir:

Diagramas





**EI CONTEXTO
OPERACIONAL
debe incluir:**



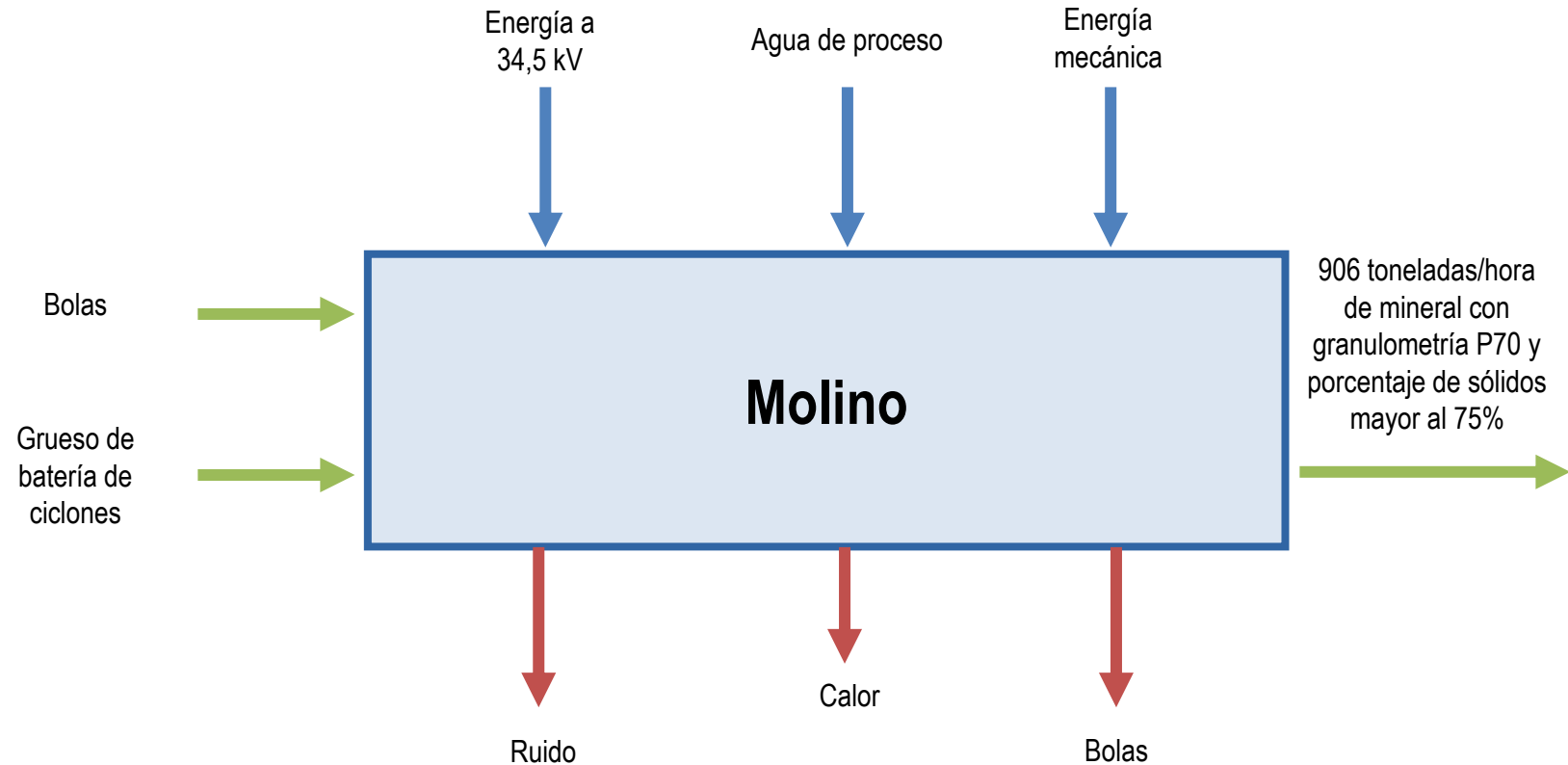
Fotos





EL CONTEXTO OPERACIONAL debe incluir:

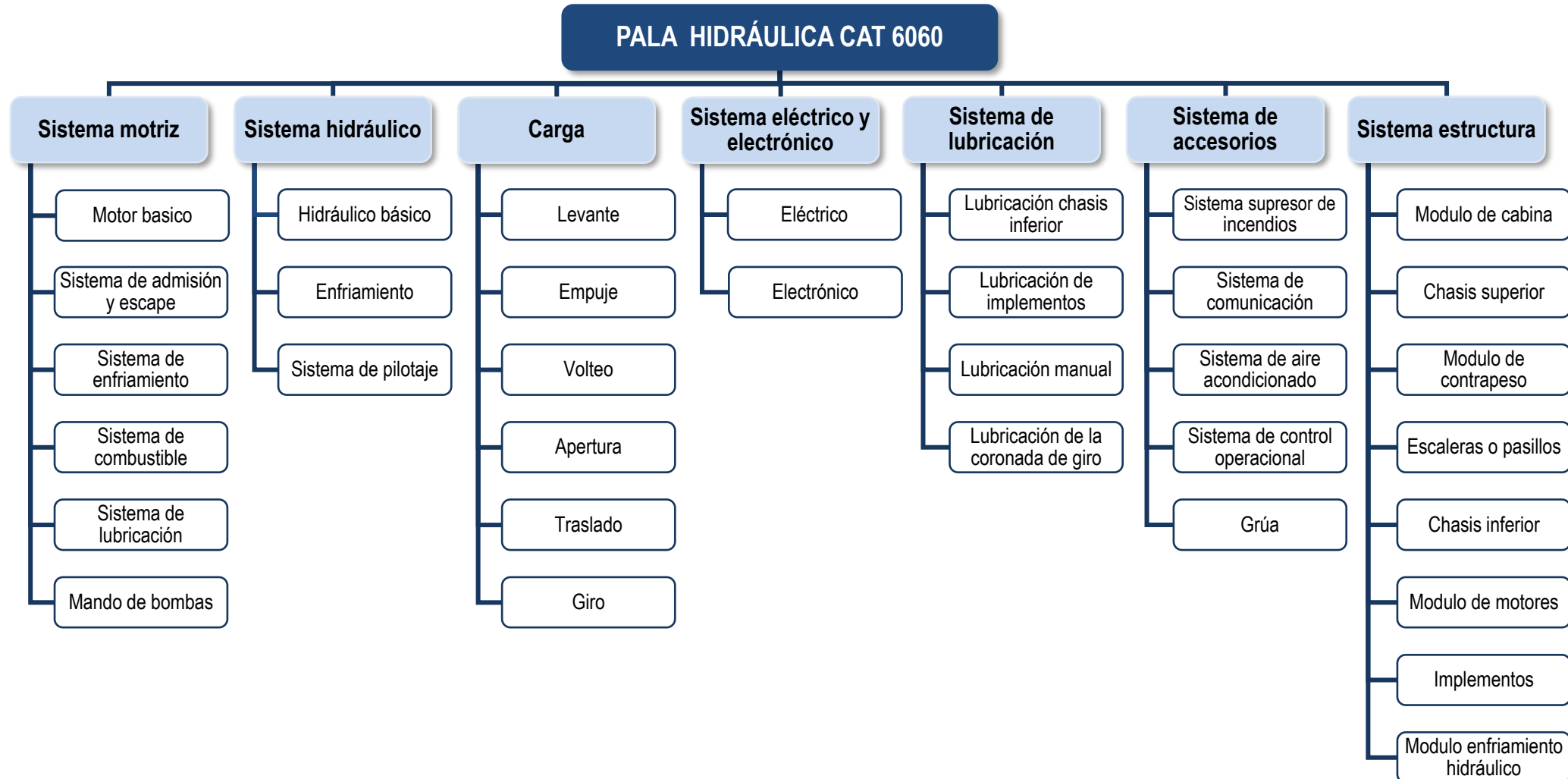
Diagrama de entradas y salidas






El CONTEXTO OPERACIONAL debe incluir:

Diagrama de bloques



PASO 2. DEFINIR LAS FUNCIONES



1. ¿Cuáles son las **funciones** (qué es lo que los usuarios quieren que haga)?
2. ¿De qué maneras puede fallar (**fallas funcionales**)?
3. ¿Qué causa que falle (causas o **modos de falla**)? 
4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?
5. ¿Importa si falla (**consecuencias de la falla**)?
6. ¿Se puede hacer algo para **predecir** o **prevenir** la falla?
7. ¿Qué se debe hacer **si no se puede predecir** o **prevenir** la falla?



Es necesario listar ***todas las funciones:***



Primarias y secundarias, incluyendo los dispositivos de protección

Con ***todos sus parámetros de funcionamiento asociados***
(Cuantificados siempre que sea posible)



Permite acordar las expectativas de las áreas de:



Operaciones

Mantenimiento

Seguridad industrial

Gestión ambiental

Calidad

Para definir cómo un activo debe los requerimientos de desempeño.





Función primaria: es la razón por la cual el equipo existe

Este grupo de funciones cubre temas como:



Velocidad

Producción

Capacidad de almacenamiento

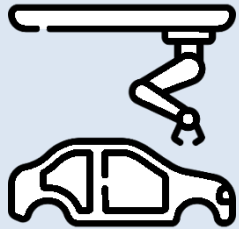
Calidad de producto

Capacidad de carga

Clientes atendidos



Funciones secundarias



Es lo que se espera que cada activo haga

adicionalmente a cubrir sus funciones primarias.



**Relacionadas con
expectativas de:**



Ecología

Seguridad

Integridad e**S**tructural

Control

Contención

Comodidad

Apariencia

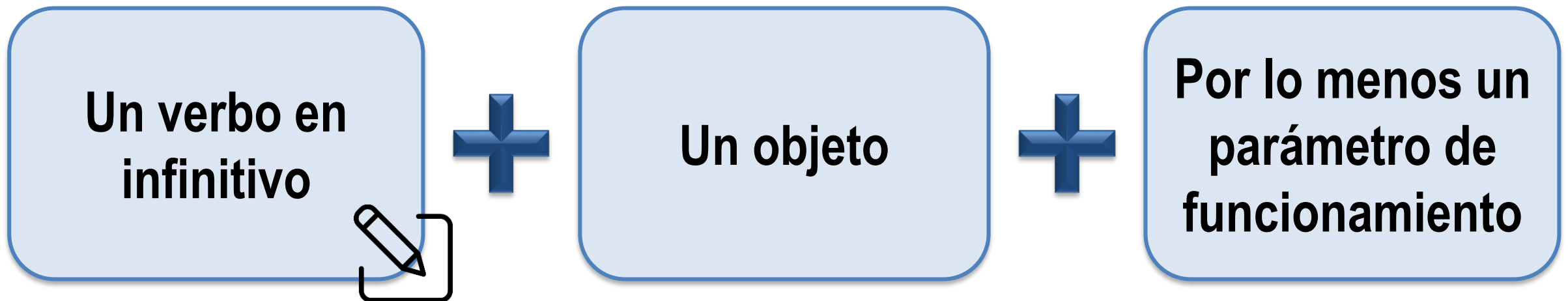
Protección

Economía y **E**ficiencia

Superfluas



La descripción de funciones debe contener:





Ejemplos:



Un verbo en infinitivo

Un objeto

Por lo menos un parámetro de funcionamiento

Reducir

la velocidad del motor principal

hasta 157 rpm.

Transformar

la tensión

de 33 kV a 4,160 V $\pm 5\%$.



Ejemplos:



Un verbo en infinitivo

Un objeto

Por lo menos un parámetro de funcionamiento

Suministrar

aceite a los cilindros

a una presión de 190 bar.

Mantener

la temperatura del aceite del sistema hidráulico

entre 48°C y 55°C.



Ejemplos:

Un verbo en infinitivo

Transmitir

Cortar

Un objeto

torque a la extrusora

resina fundida

Por lo menos un parámetro de funcionamiento

entre 38,890 Nm y 40,000 Nm.

conforme a la especificación de cada producto.



1. Mover el equipo a x rpm y un torque de xxx Nm
2. Permitir energizar el motor en modo local o remoto.
3. Permitir bloquear el acceso al control del motor.
4. Permitir lubricar los rodamientos del motor.
5. Indicar el código del motor.
6. Indicar el sentido de giro del motor.
7. Indicar las características del motor.
8. Permitir izar el motor.
9. Permitir acoplar el motor



10. Indicar que el motor se encuentra encendido o apagado.
11. Evitar que ingresen cuerpos extraños en el ventilador del motor.
12. Desconectar el motor cuando la corriente de cortocircuito supere xx amperios
13. Desconectar el motor si el consumo de corriente es mayor a la corriente de placa.
14. Disipar el calor del interior del motor.
15. Prevenir que ingresen objetos extraños en la caja de conexiones del motor.
16. Lucir de acuerdo con los estándares corporativos

PASO 3. LISTAR LAS FALLAS FUNCIONALES



1. ¿Cuáles son las **funciones** (qué es lo que los usuarios quieren que haga)?



2. ¿De qué maneras puede fallar (**fallas funcionales**)?

3. ¿Qué causa que falle (causas o **modos de falla**)?



4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?

5. ¿Importa si falla (**consecuencias de la falla**)?

6. ¿Se puede hacer algo para **predecir** o **prevenir** la falla?

7. ¿Qué se debe hacer **si no se puede predecir** o **prevenir** la falla?



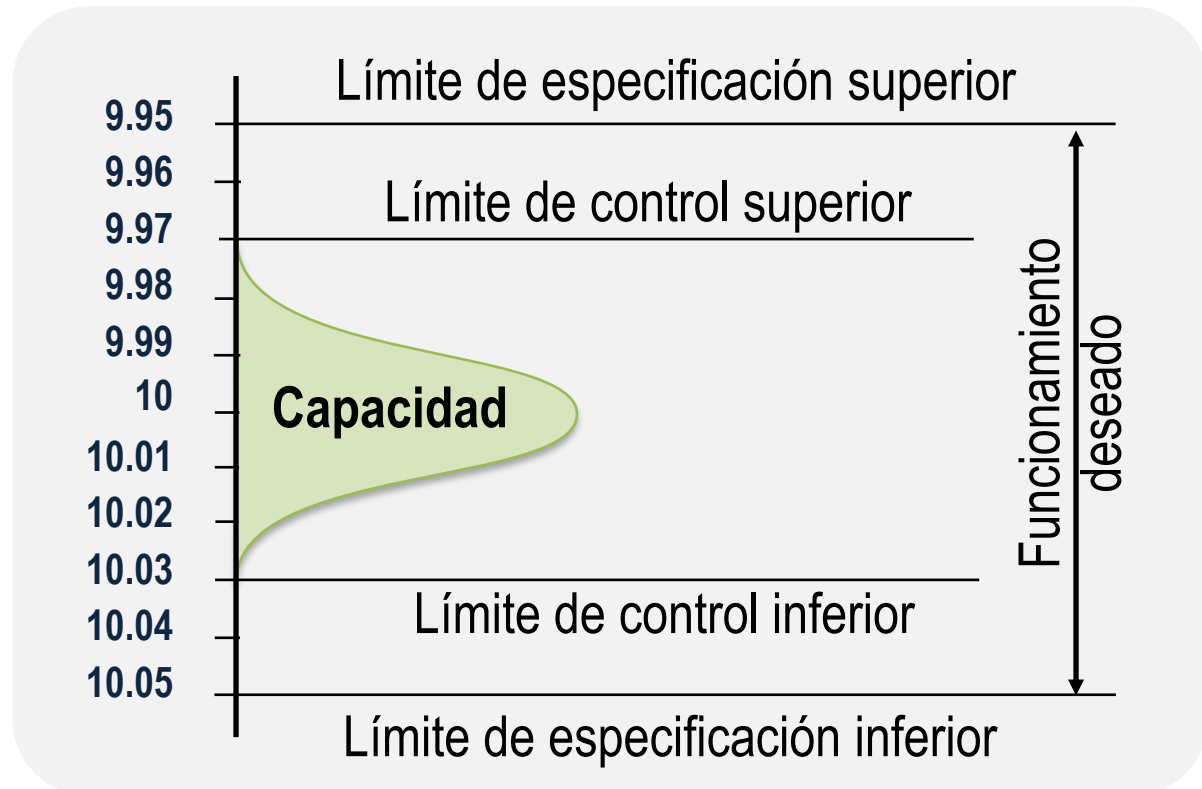
Incapacidad de activo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.





Función	
1	Cortar a una profundidad de 10 ± 0.05 mm

OK

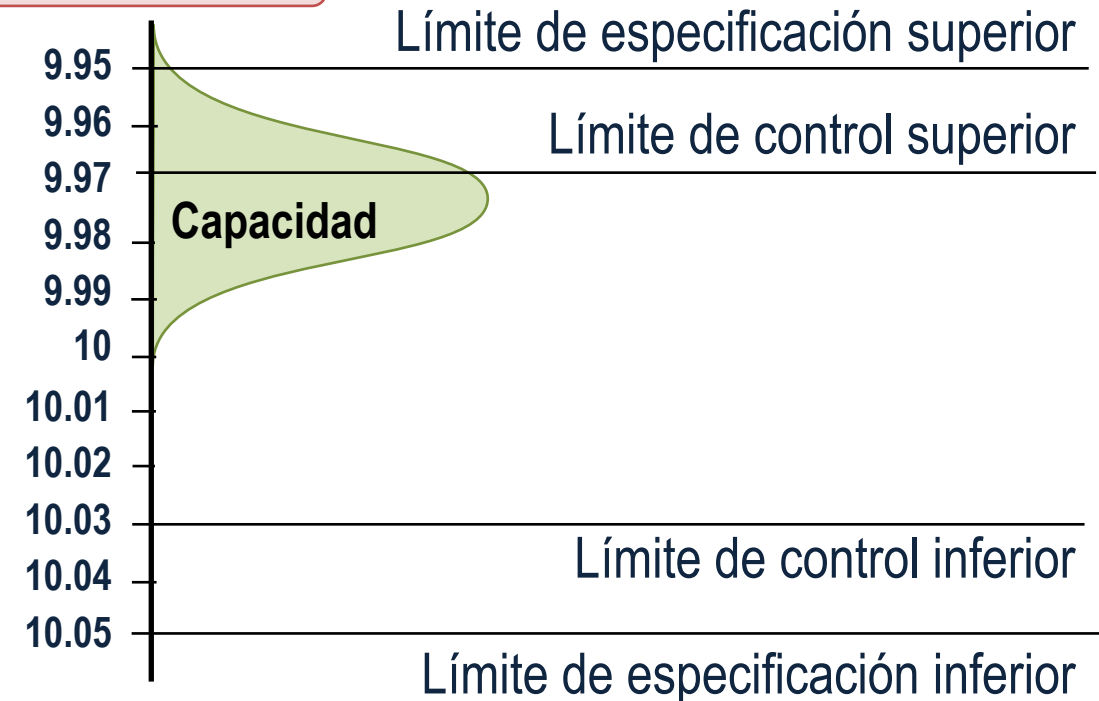




Función	
1	Cortar a una profundidad de 10 ± 0.05 mm

Falla funcional	
A	No corta
B	Corta a una profundidad menor a 9.95mm

Falla !

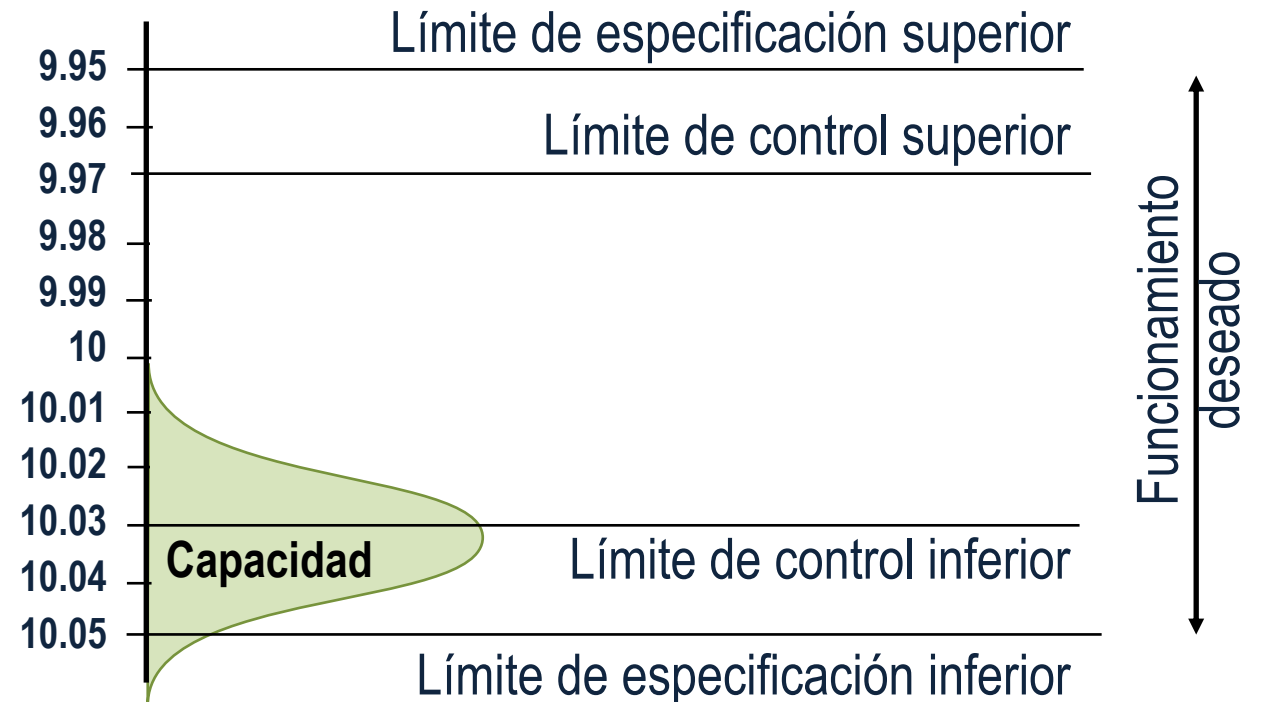


Funcionamiento
deseado



Función	
1	Cortar a una profundidad de 10 ± 0.05 mm

Falla funcional	
A	No corta
B	Corta a una profundidad menor a 9.95mm
C	Corta a una profundidad mayor a 10.05mm



Falla

PASO 4. LISTAR LAS CAUSAS O MODOS DE FALLA





1. ¿Cuáles son las **funciones** (qué es lo que los usuarios quieren que haga)?



2. ¿De qué maneras puede fallar (**fallas funcionales**)?



3. ¿Qué causa que falle (causas o **modos de falla**)?



4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?

5. ¿Importa si falla (**consecuencias de la falla**)?

6. ¿Se puede hacer algo para **predecir** o **prevenir** la falla?

7. ¿Qué se debe hacer **si no se puede predecir** o **prevenir** la falla?



Transmitir 15,000 lbf-ft de torque a la bomba de agua a 1,200 RPM.

 **No transmite torque a la bomba de agua**


Rodamiento gastado



Aislamiento del bobinado húmedo




Fase de motor invertida



Grasa pierde propiedades



Cableado de potencia golpeado



Conexión eléctrica mal apretada



PASO 5. REDACTAR LOS EFECTOS DE FALLA



1. ¿Cuáles son las **funciones** (qué es lo que los usuarios quieren que haga)?



2. ¿De qué maneras puede fallar (**fallas funcionales**)?



3. ¿Qué causa que falle (causas o **modos de falla**)?



4. ¿Qué es lo que ocurre si falla (**efectos de la falla**) ?

5. ¿Importa si falla (**consecuencias de la falla**)?

6. ¿Se puede hacer algo para **predecir** o **prevenir** la falla?

7. ¿Qué se debe hacer **si no se puede predecir** o **prevenir** la falla?



Redacción de los efectos

Evidencia
(síntoma)

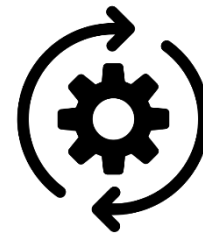


Riesgo -
seguridad

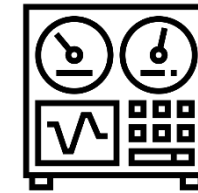


Riesgo –
Medio
ambiente

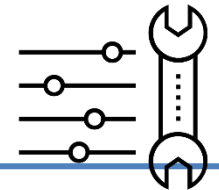
Operación



Activo



Acción
correctiva





EQUIPO: SISTEMA DE POTENCIA DEL MOLINO
COMPONENTE: MOTOR PRINCIPAL

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO (CAUSA)	
1 Entregar un torque de 980 Nm a 1,000 rpm en régimen nominal al molino	A No entrega torque al molino	2 Rodam principal	<p>Al gastarse el rodamiento del motor principal, aumentan las vibraciones, el ruido y la temperatura hasta que el aceite del sistema de lubricación de los rodamientos se calienta, se activa una alarma visual en la sala de control y el motor se detiene.</p> <p>Operaciones notifica a mantenimiento y se generan pérdidas de producción de hasta 1,800 toneladas.</p> <p>El diagnóstico y la reparación toma hasta 20 horas.</p>



EQUIPO: BOMBAS DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO
COMPONENTE: SISTEMA DE BOMBEO

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA (CAUSA)	
1 Suministrar Jal entre 370 y 445 m ³ /h al depósito de Jales con un porcentaje de sólidos entre 55 y 62 %	A No suministra jal	2 Terminales de sensores de posición acumulados	<p>Si algunas terminales de control de los sensores de posición están cubiertas de polvo,</p> <p>los sensores no envían señal al PLC, se activa la alarma y se desconectan los cilindros de accionamiento de la bomba.</p> <p>No se suministra jal entre 370 a 445 m³/h a la presa, sube el nivel de cama por encima de 40% y el tanque N°5 se empieza a cargar de sólidos.</p> <p>El operador avisa a mantenimiento y deben encenderse las bombas en serie.</p> <p>Diagnosticar y limpiar las terminales de control de los sensores de posición tarda 2 horas.</p>

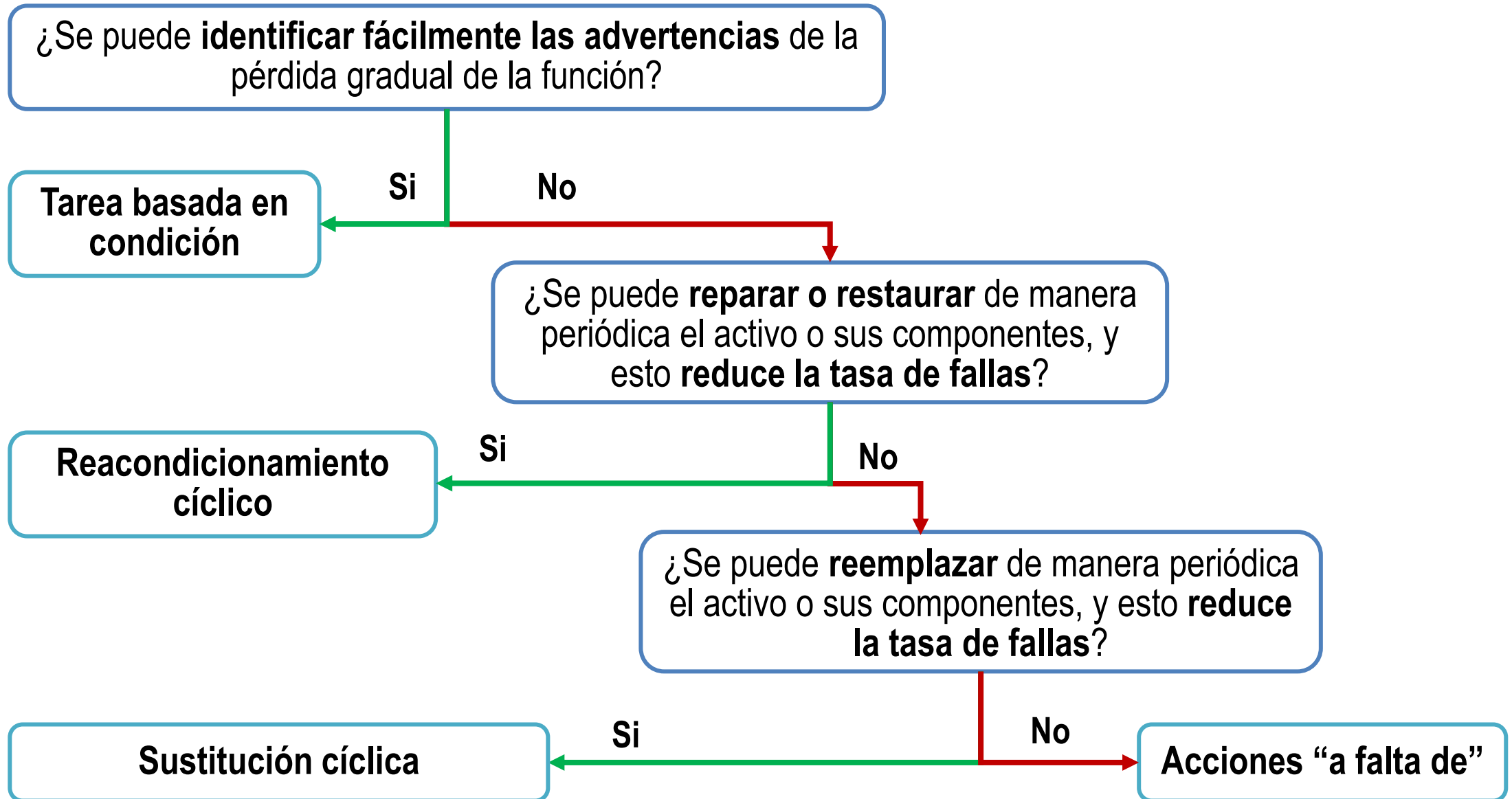


EQUIPO: CARGADOR SUBTERRÁNEO
COMPONENTE: SISTEMA HIDRÁULICO

FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO (CAUSA)	
1 Suministrar aceite hidráulico al sistema de dirección a 280 bar	A No suministra aceite	2 Eje de la bomba de dirección	<p>La compresión y torsión fatigan el eje de la bomba de dirección, en algún momento el eje se parte y la bomba no suministra aceite al sistema de dirección</p> <p>No hay suministro de aceite a la válvula reductora de presión piloto.</p> <p>Los cilindros de dirección, de levante y volteo no funcionan, la bomba de lubricación automática deja de operar.</p> <p>El cargador es detenido, se suspende el proceso de acarreo y rezagado.</p> <p>Tiempo para diagnosticar, llevar el equipo al taller, cambiar la bomba de dirección, los filtros y aceite, hacer pruebas y poner en funcionamiento: 12 horas</p>

DIAGRAMA DE DECISIÓN

DIAGRAMA DE DECISIÓN DE NOWLAN Y HEAP



PASO 6 - DEFINIR TAREAS PROACTIVAS



Tareas proactivas



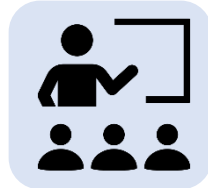
PASO 7 : DEFINIR TAREAS “A FALTA DE”



Tareas a falta de



**Qué se debe hacer si
no se puede
realizarse ninguna
tarea preventiva,
predictiva o detectiva
para manejar la causa
o modo de falla?**



Entrenamientos



Procedimientos



Dejar fallar: repuesto



Dejar fallar



Rediseños



Causa o modo de falla

Sarro acumulado en intercambiador



Tareas posibles

- Inspeccionar la diferencia de temperatura entre la entrada y la salida
- Limpiar el intercambiador
- Cambiar el intercambiador





Causa o modo de falla

Rodamientos gastados



Tareas posibles

- Inspeccionar el nivel de vibraciones de los rodamientos
- Lubricar los rodamientos
- Cambiar los rodamientos





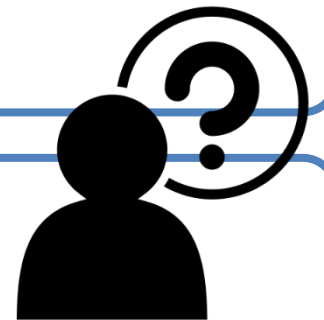
Causa o modo de falla

Aceite pierde propiedades

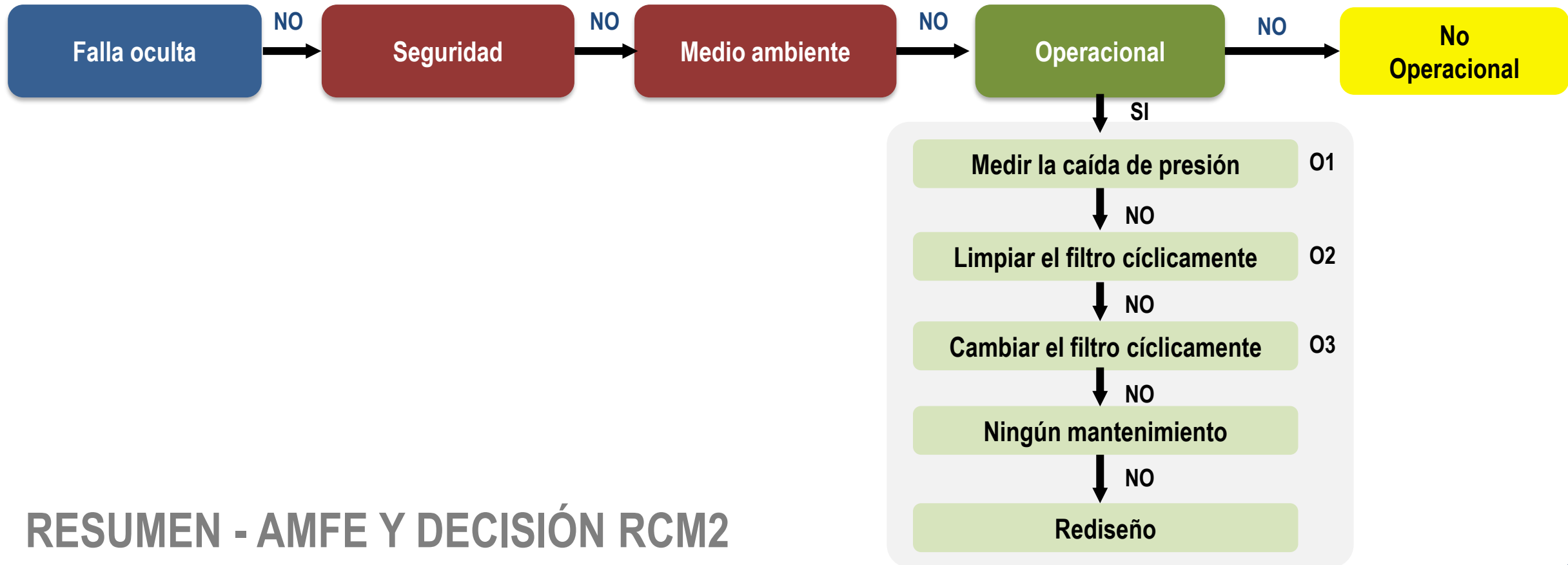


Tareas posibles

- Inspeccionar muestra de aceite
- Filtrar el aceite
- Cambiar el aceite

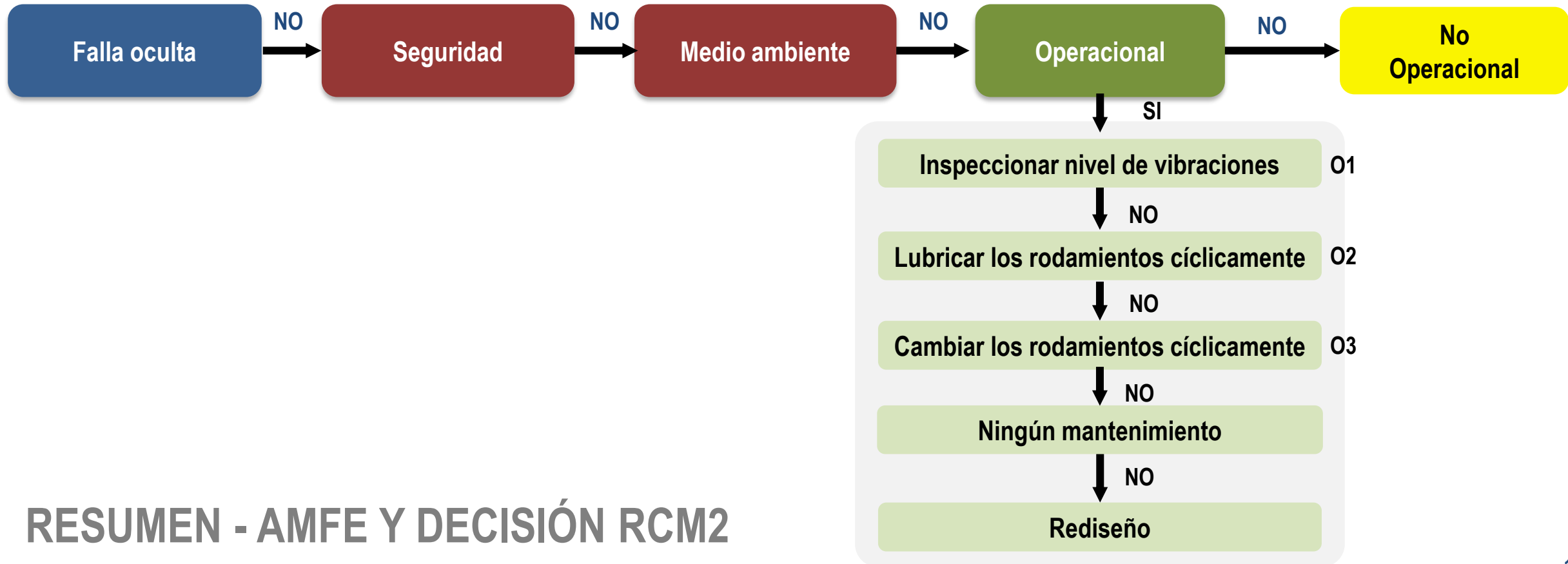


FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)		EFFECTOS DE LAS FALLAS (QUÉ SUCEDE CUANDO FALLA)
1	Reinyectar más de 35,000 litros por minuto de agua a 2,750 psi	A	Reinyecta menos de 35,000 litros por minuto de agua	1	Filtro obstruido	Se enciende la alarma de baja presión, cae el rendimiento de la planta, toma 5 horas bajar el filtro y limpiarlo



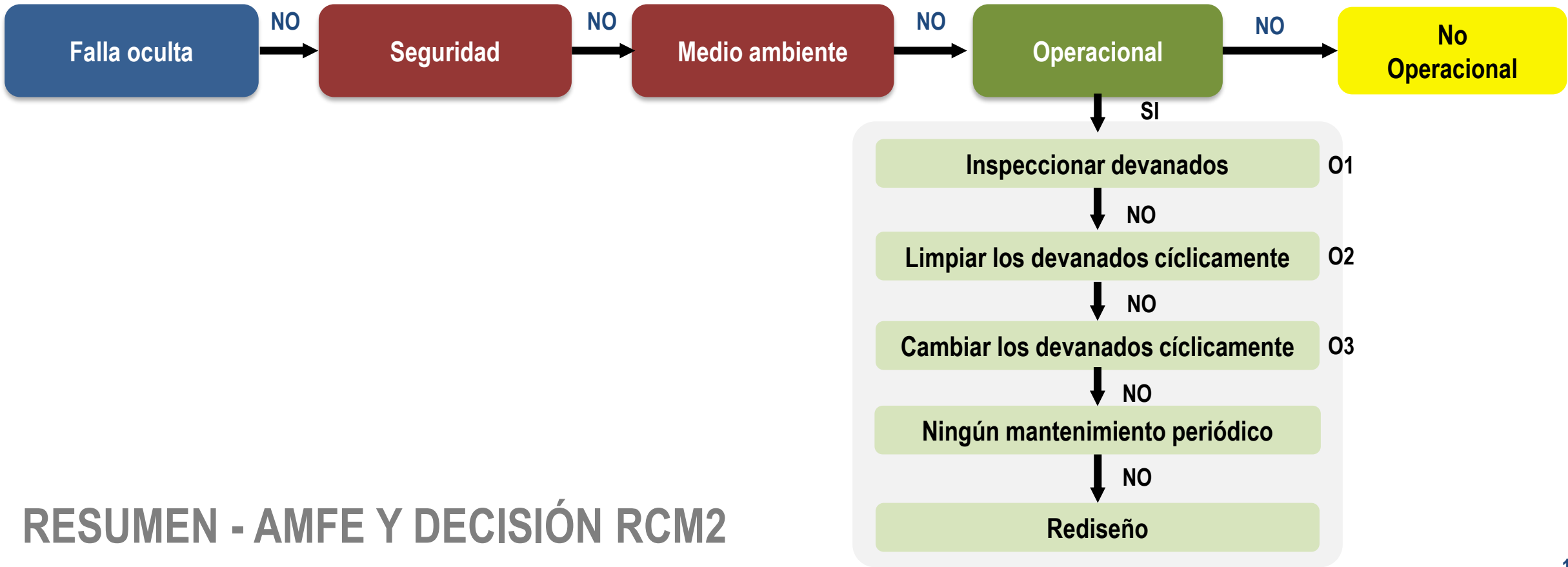
RESUMEN - AMFE Y DECISIÓN RCM2

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)		EFECTOS DE LAS FALLAS (QUÉ SUCEDE CUANDO FALLA)	
1	Entregar un torque de 980 Nm a 1,000 rpm en régimen nominal al molino	A	No entrega torque al molino	1	Rodamiento del motor principal gastado	Se activa una alarma visual en la sala de control y el motor se detiene. Se generan pérdidas de producción de hasta 1,800 toneladas. El diagnóstico y la reparación toma hasta 20 horas.	



RESUMEN - AMFE Y DECISIÓN RCM2

FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA (CAUSA DE LA FALLA)		EFECTOS DE LAS FALLAS (QUÉ SUCEDE CUANDO FALLA)	
1	Suministrar energía eléctrica hasta de 6,900 V, 7,500 kVA y 60 Hz al tablero de distribución	A	No suministra energía eléctrica	1	Devanados del estator principal del generador cubiertos con polvo	Se deteriora el aislamiento del devanado del estator, entra en corto circuito, las protecciones actúan, se detiene el generador y la turbina. Tiempo para diagnosticar, conseguir el repuesto, reparar el generador y colocar en funcionamiento: 5 meses	



RESUMEN - AMFE Y DECISIÓN RCM2

HOJA DE DECISIÓN

REGISTRO DE LAS DE DECISIONES: HOJA DE DECISIÓN RCM



Información de referencia			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	Puede ser realizada por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
36	A	1	S	N	N	S	N	S					Lubricar los rodamientos del eje del mando del ventilador del radiador.	56 días	Mecánico
36	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar el estado de las aspas del ventilador del sistema de refrigeración. Si se encuentran dobladas, generar orden de trabajo para programar el cambio del ventilador.	224 días	Mecánico

REGISTRO DE LAS DE DECISIONES: HOJA DE DECISIÓN RCM



Información de referencia			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	Puede ser realizada por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	1	S	N	N	N	N	N	N				Ningún mantenimiento periódico.		
1	A	2	S	N	N	S	S						Inspeccionar el ajuste de los tornillos de sujeción del motor de deslizamiento, si la marca se encuentra desplazada, borrar la marca, garantizar el par de apriete de los tornillos y marcar nuevamente.	Anual	Mecánico

REGISTRO DE LAS DE DECISIONES: HOJA DE DECISIÓN RCM



Información de referencia			Evaluación de las consecuencias				H1	H2	H3	Tareas "a falta de"			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	Puede ser realizada por
F	FF	FM	H	S	E	O	S1	S2	S3	H4	H5	S4			
							O1	O2	O3						
							N1	N2	N3						
1	A	7	S	N	N	N	S						Inspeccionar las conexiones del transformador, midiendo con cámara termográfica, si el $\Delta t \geq 10^\circ\text{C}$ entre líneas, generar OT para revisar conexiones	3 meses	Eléctrico
1	A	8	S	N	N	N	S						Inspeccionar visualmente los bujes del transformador de potencia, buscando polvo acumulado, si se encuentra, limpiar.	2 meses	Eléctrico



Contexto operacional

Funciones

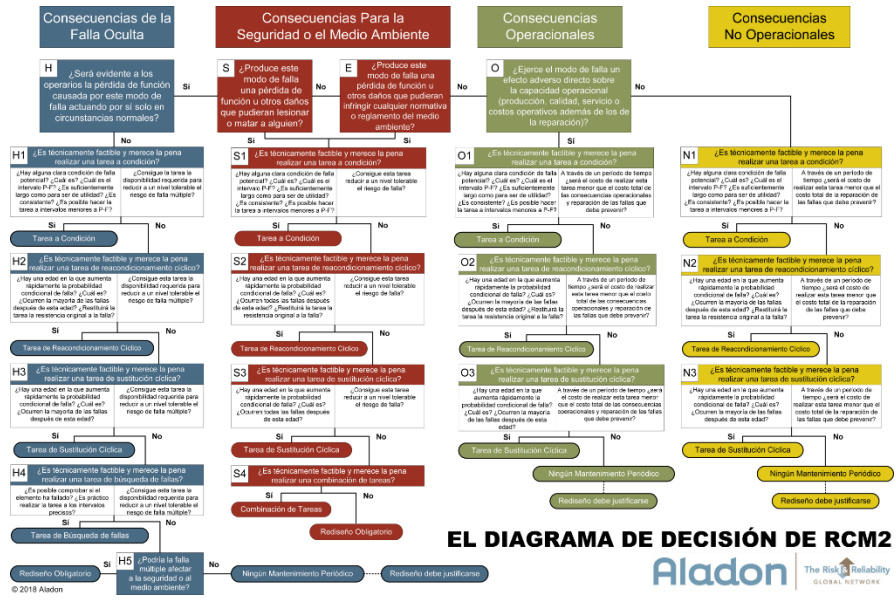
Fallas funcionales

Modos de falla

Efectos de fallas

AMFE

Evaluar las consecuencias

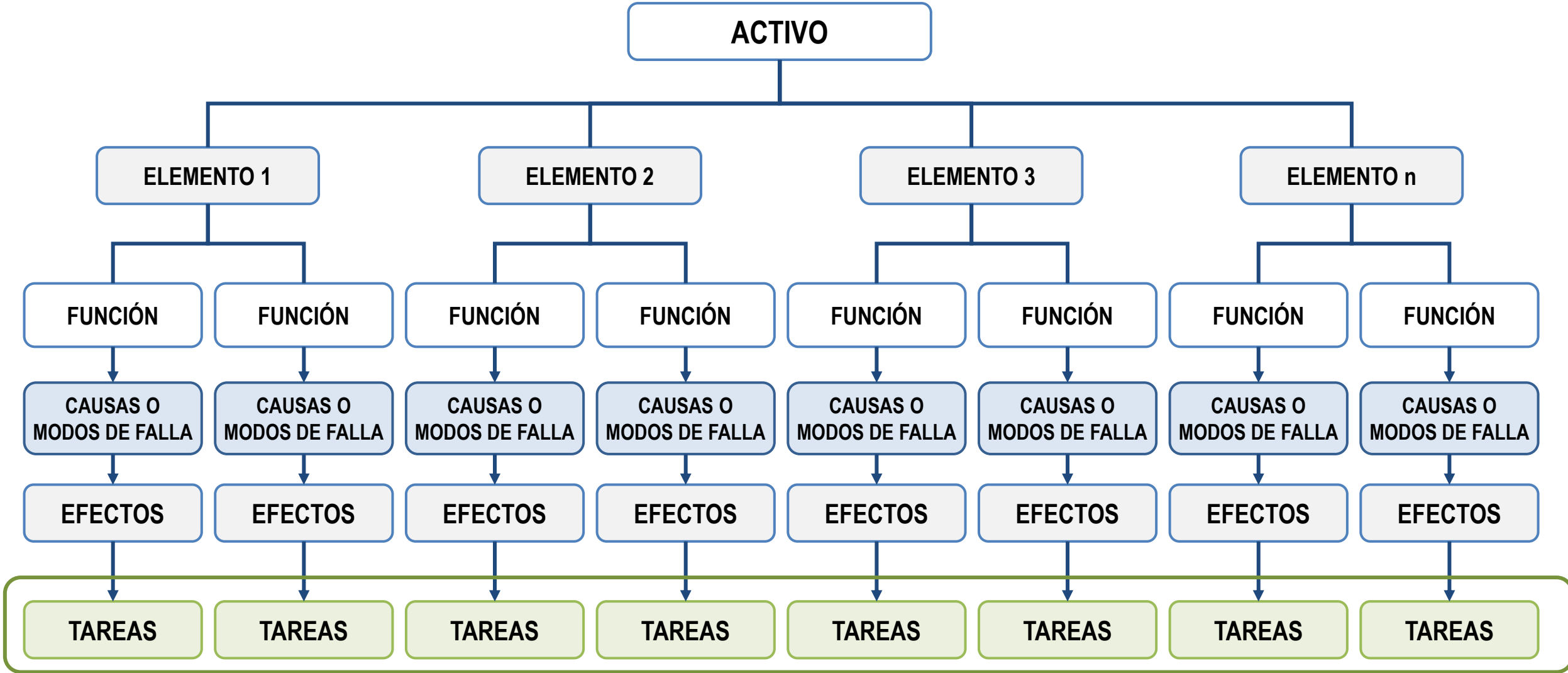


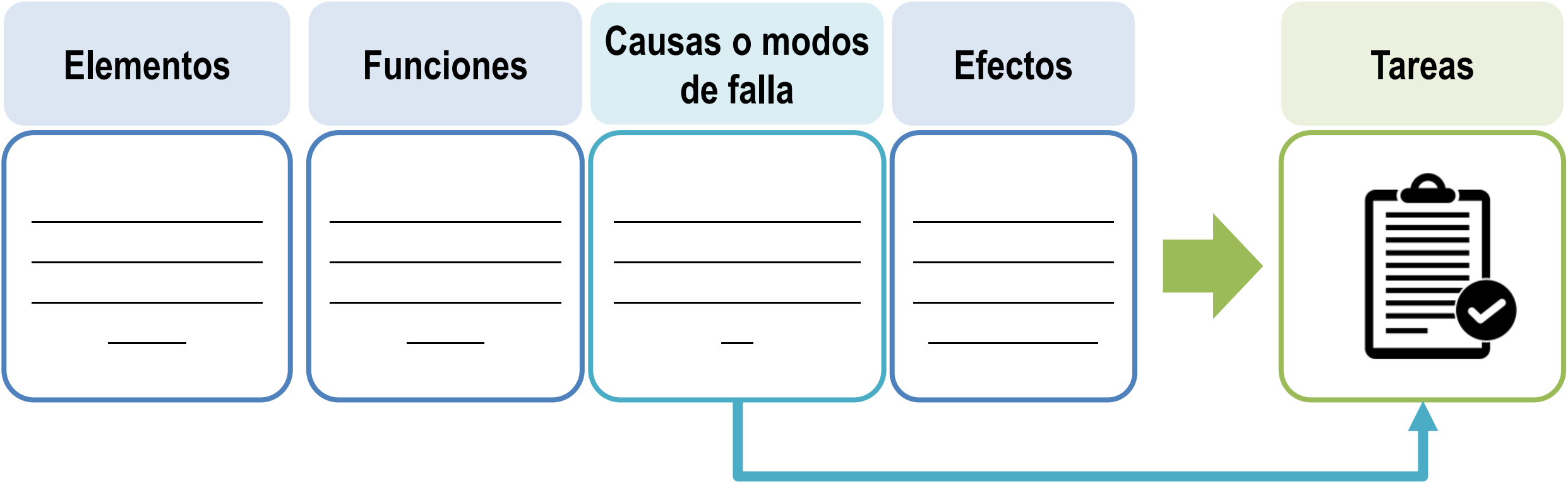
Seleccionar estrategias:

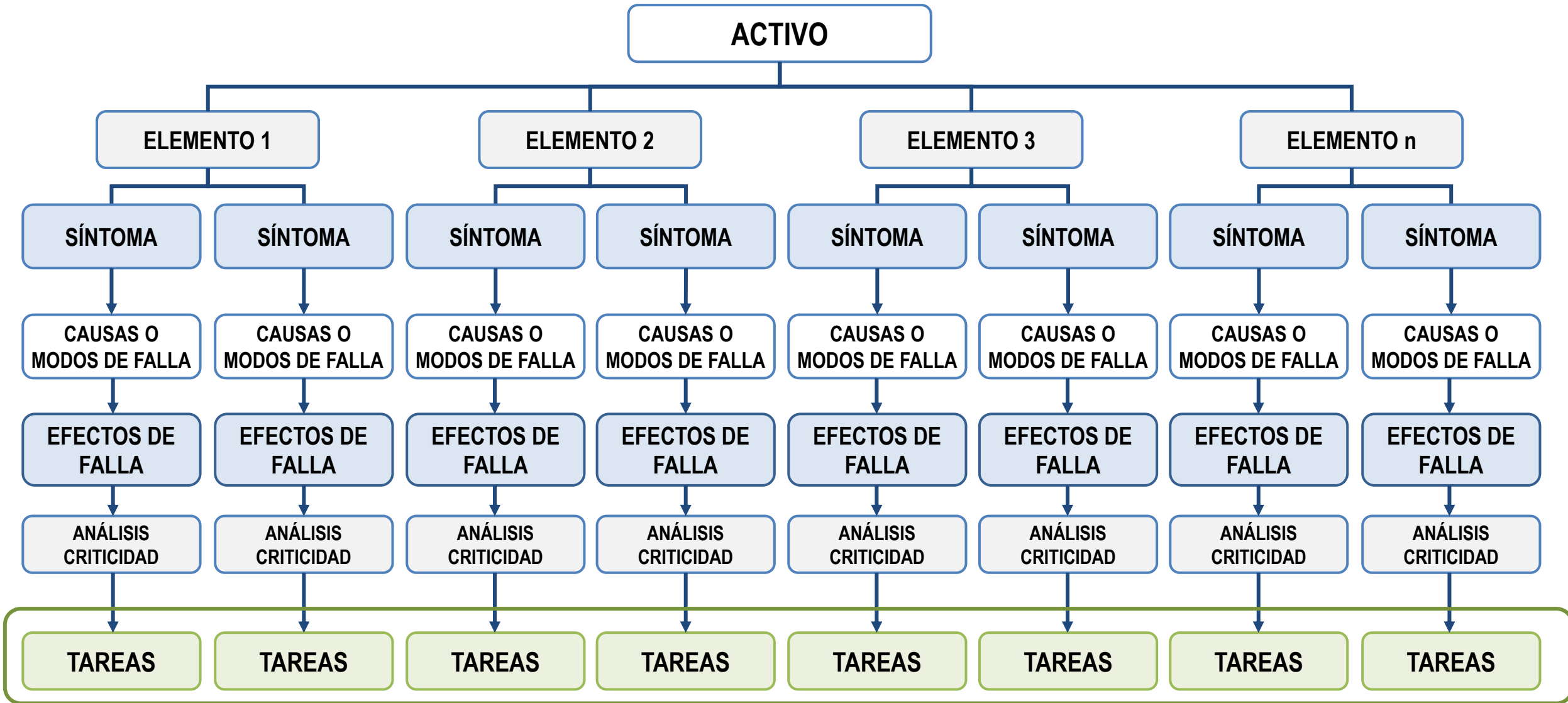
- Tareas
- Procedimientos
- Repuestos
- Rediseños
- Mejorar prácticas

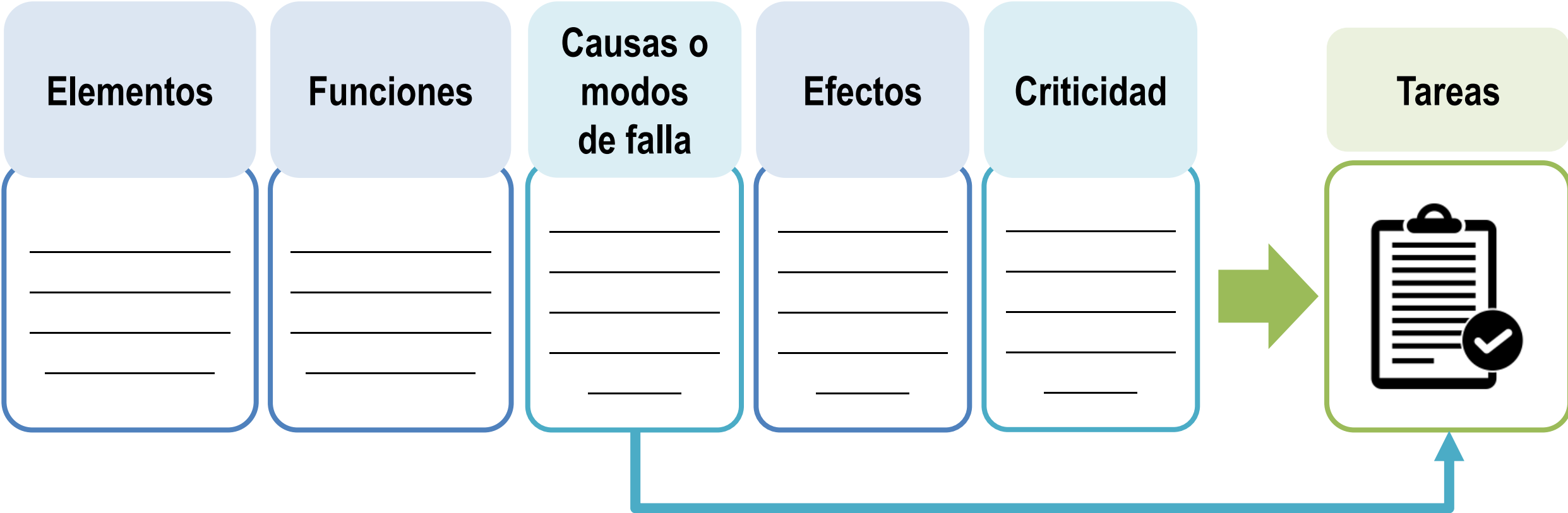
Decisión

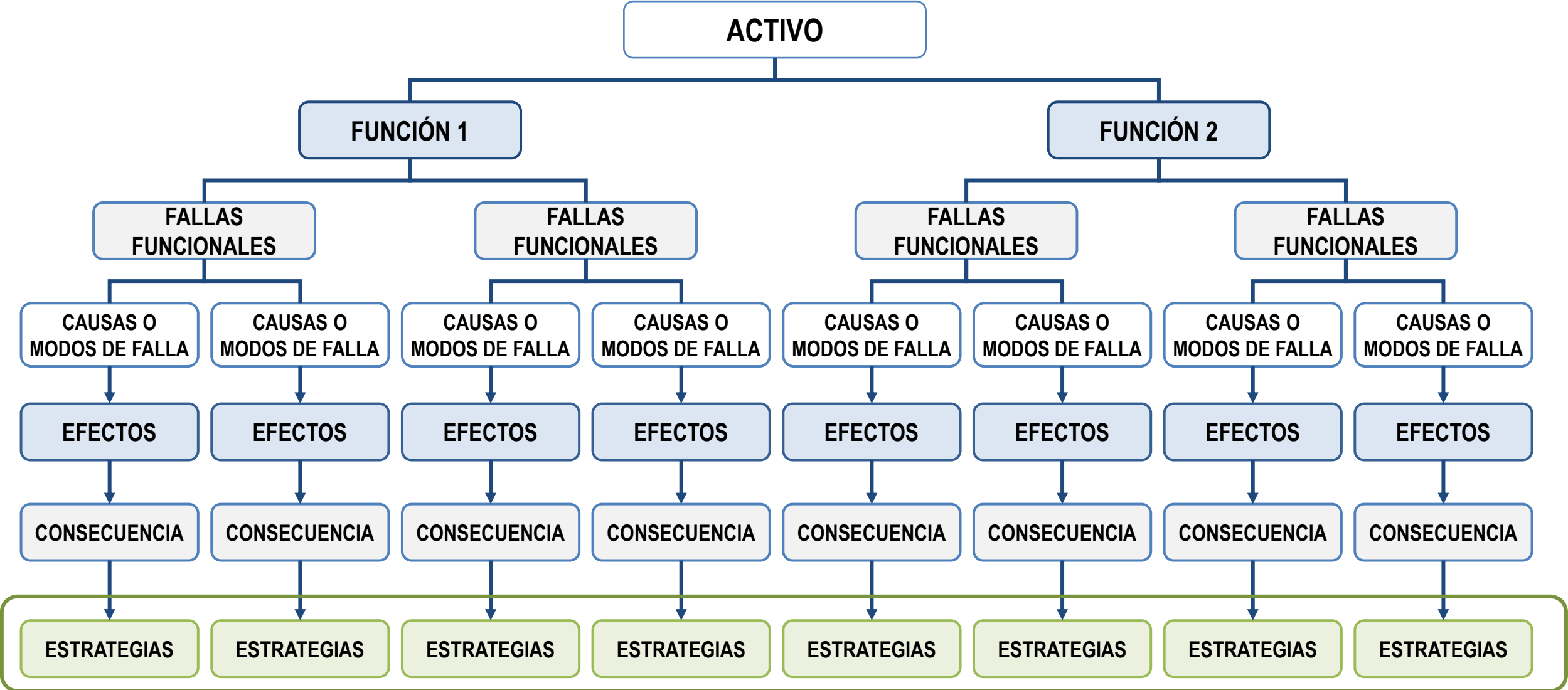
DIFERENCIAS DE LOS MÉTODOS AL DEFINIR PLANES DE MANTENIMIENTO CON AMFE











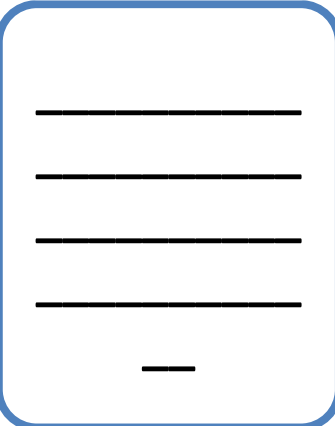


Análisis de modos de falla y efectos (AMFE)

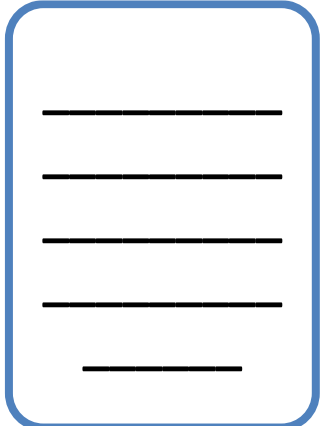
Contexto



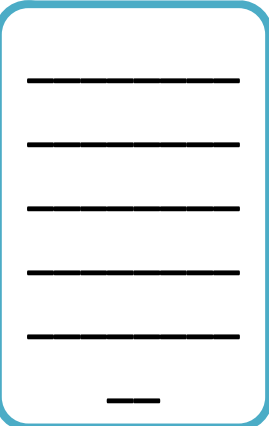
Funciones



Fallas funcionales



Causas o modos de falla



Efectos

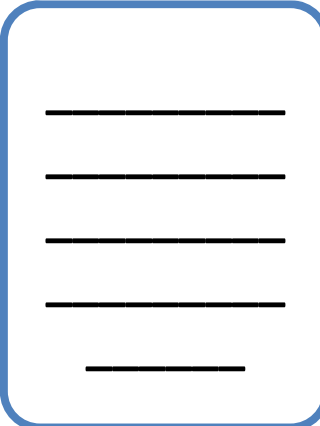


Diagrama de decisión



Tareas



COMPARACIÓN DE AMFE, AMFEC Y AMFE PARA RCM2



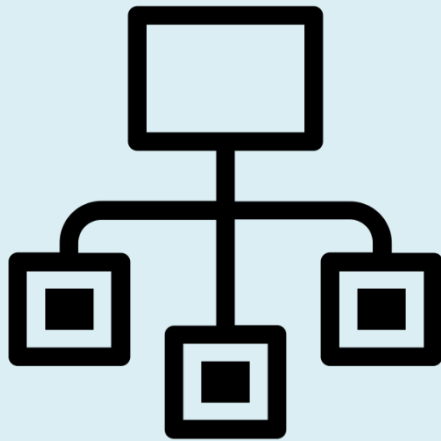
AMFE	AMFEC	AMFE para RCM
1. Elemento	1. Elemento	Contexto operacional
2. Función	2. Síntoma	1. Función
3. Causa o modo de falla	3. Causa o modo de falla	2. Falla funcional
4. Efectos	4. Efecto de falla	3. Causa o modo de falla
5. Tareas	5. Análisis de criticidad	4. Efecto de falla
	5.1 Severidad	5. Análisis de consecuencias
	5.2 Ocurrencia	
	5.3 Detección	
	5.4 Índice Prioritario de Riesgo	
	6. Tareas	
	6. Tareas	6. Tareas

No incluyen diagrama de decisión

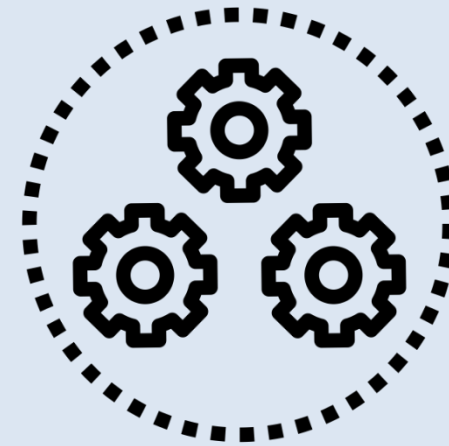
ENFOQUES DE ANÁLISIS: AMFE VS. AMFE PARA RCM

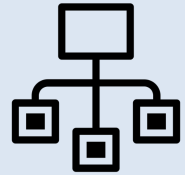


Análisis estructural



Análisis funcional





AMFE / AMFEC CLÁSICO

¿Qué tiene?

¿Qué lo compone?

¿Qué es?



AMFE PARA RCM

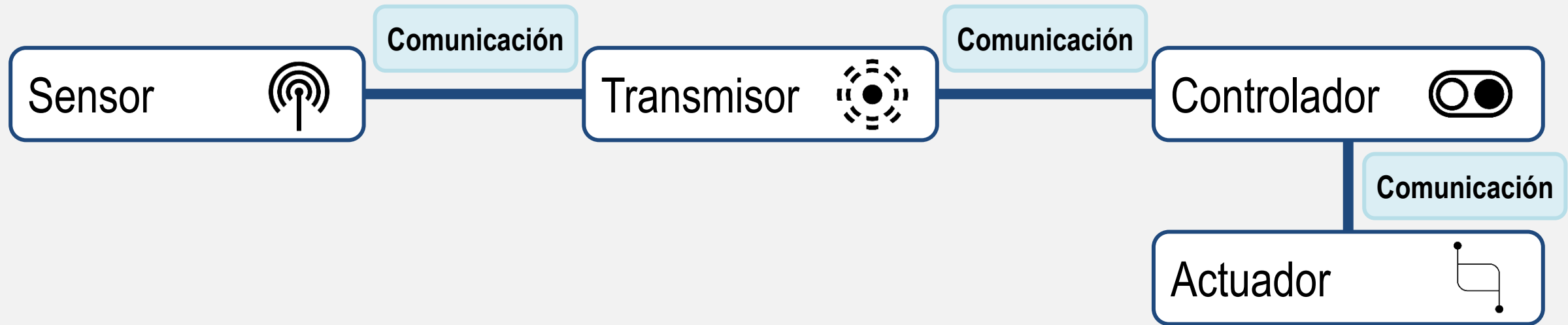
¿Qué hace?

¿Para qué sirve?

¿Cómo funciona?



Lazo de control





AMFE convencional del lazo de control

- **Elemento:** Sensor
- **Función:** Sensar



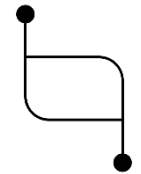
- **Elemento:** Transmisor
- **Función:** Transmitir



- **Elemento:** Controlador
- **Función:** Procesar, Decidir



- **Elemento:** Actuador
- **Función:** Actuar

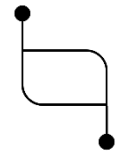


- **Elemento:** Cable de comunicación
- **Función:** Comunicar



AMFE de RCM del lazo de control

Actuador: Funciones



Sensor:
Modo de falla



Controlador:
Modos de falla



Transmisor:
Modos de falla



Cable comunicación:
Modos de falla