

# Análisis funcional de operabilidad (AFO).

Hazard operability studies (HAZOP)

Proyecto Industrial – Ing. Química.

Mayo 2018

# Definición de Peligro.

Fuente con un potencial para causar lesiones y deterioro de la salud.

Nota 1: Los peligros pueden incluir fuentes con el potencial de causar daños o situaciones peligrosas, o circunstancias con el potencial de exposición que conduzca a lesiones y deterioro de la salud.

UNIT ISO 45001: 2018

# Identificación de Peligros.

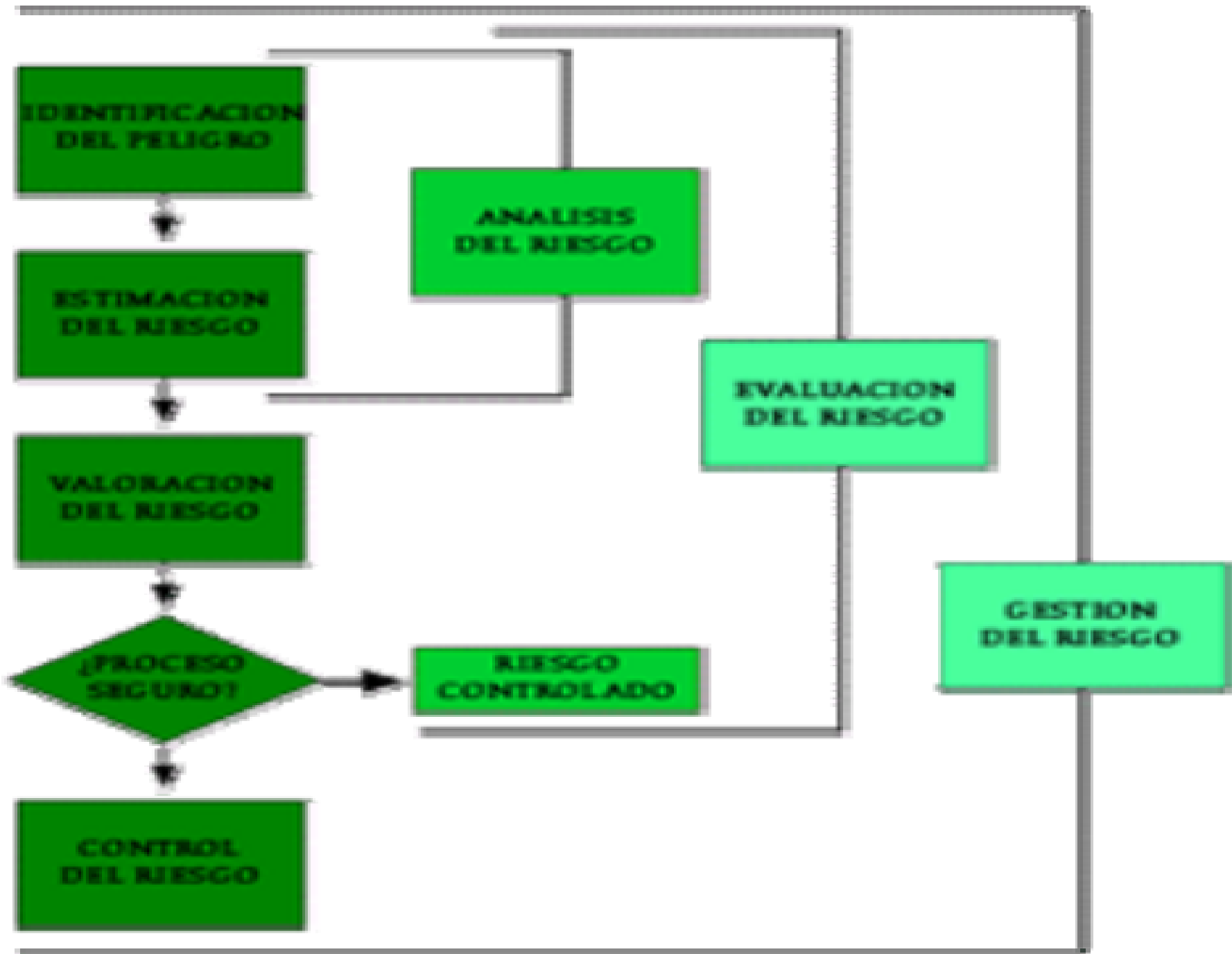
Proceso mediante el cual se reconoce que existe un peligro y se definen sus características.

UNIT – OHSAS 18001:2007

# Definición de Riesgo para la SST.

Combinación de la probabilidad de que ocurra un evento o exposición peligrosa relacionada con el trabajo y la severidad de la lesión y deterioro de la salud que puede causar el evento o exposición.

( UNIT ISO 45001: 2018)



# Evaluación de riesgos.

Proceso de evaluar el riesgo o riesgos que surgen de uno o varios peligros, teniendo en cuenta lo adecuado de los controles existentes, y de decidir si el riesgo o riesgos son o no aceptables.

UNIT – OHSAS 18001: 2007

# Introducción.

Método diseñado por ICI en los años 60 para hacer estudios de seguridad de sus plantas de fabricación de pesticidas.

# Causas de accidentes más comunes.

## Fallos de componentes.

- Diseño inapropiado frente a presión interna, fuerzas externas, corrosión del medio y temperatura.
- Fallos de elementos tales como bombas, compresores, ventiladores, agitadores, etc.
- Fallos de sistemas de control (sensores de presión y temperaturas, controladores de nivel, reguladores de flujos, unidades de control computerizadas, etc.).
- Fallos de sistemas específicos de seguridad (válvulas de seguridad, discos de ruptura, sistemas de alivio de presiones, sistemas de neutralización, avisadores, etc.
- Fallos de juntas y conexiones.

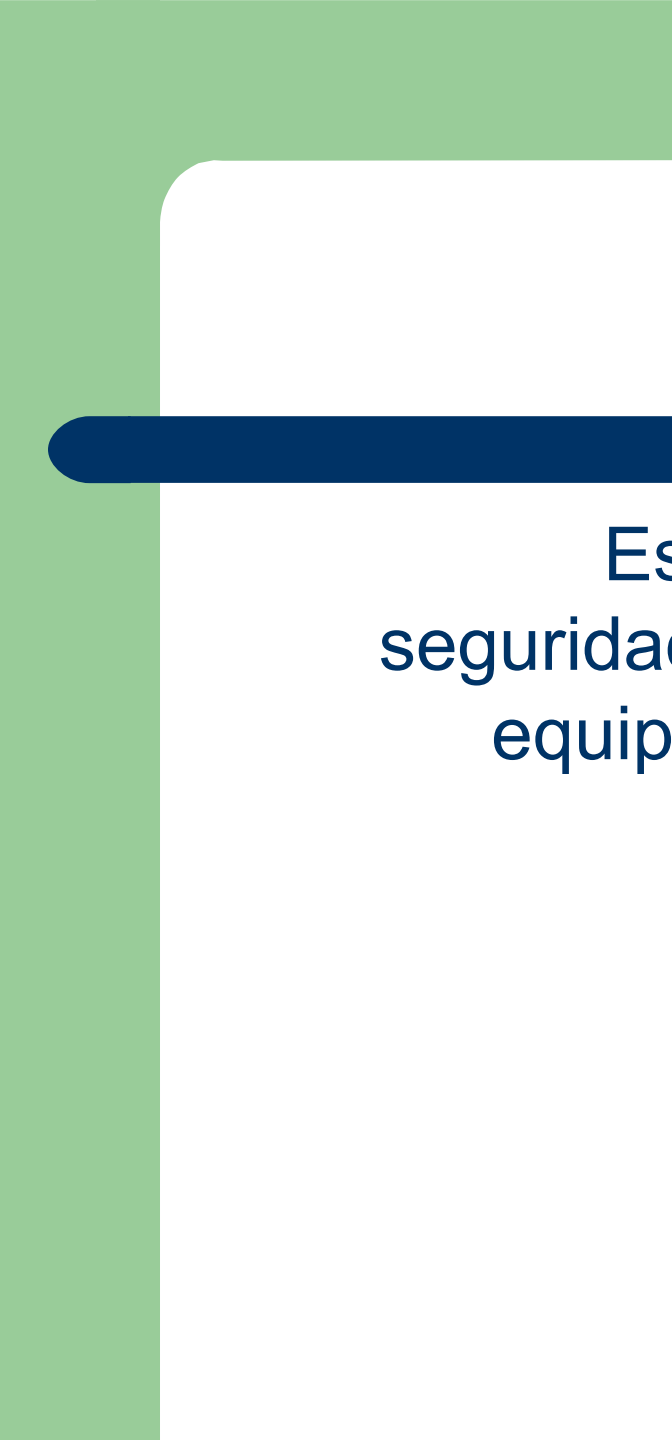


## Desviaciones en las condiciones normales de operación.

- Alteraciones incontroladas de los parámetros fundamentales del proceso (presión, temperatura, flujo, concentraciones).
- Fallos en la adición manual de componentes químicos.
- Fallos en los servicios, tales como:
  - Insuficiente enfriamiento para reacciones exotérmicas.
  - Insuficiente aporte del medio calefactor o vapor.
  - Corte del suministro eléctrico.
  - Ausencia de nitrógeno o agente inertizante.
  - Ausencia de aire comprimido (de instrumentación o de agitación).
  - Fallos en los procedimientos de parada o puesta en marcha.
  - Formación de subproductos, residuos o impurezas, causantes de reacciones colaterales indeseadas

# Errores humanos y de organización

- Errores de operación.
- Desconexión de sistemas de seguridad a causa de frecuentes falsas alarmas.
- Confusión de sustancias peligrosas.
- Errores de comunicación.
- Incorrecta reparación o trabajo de mantenimiento.
- Realización de trabajos no autorizados (soldadura, entrada en espacios confinados).

A decorative graphic on the left side of the slide, consisting of a light green vertical bar and a dark blue horizontal bar with rounded ends.

Es necesario realizar un estudio de seguridad en la fase de diseño para elegir equipos y armarlos en función criterios normalizados.

# Hazop (Hazard and Operability (HAZOP) study).

Estudio de Peligro y Operabilidad: Es una evaluación formal y sistemática de una planta de proceso con la finalidad de identificar desviaciones como peligros, fallas y problemas de operación, estimando las consecuencias de éstas desviaciones. Lo que conduce a optimizar la seguridad, la calidad y la producción, verificando que la planta opere de acuerdo con sus condiciones de diseño.

# Principio de Hazop.

El principio de la metodología es descubrir los factores que evitan que el sistema a considerar funcione según los objetivos del diseño.

# Descripción.

---

Análisis sistemático de las desviaciones posibles en todas y cada una de las variables de proceso, respecto de los valores de diseño que se consideran como de operación normal.

## ¿ Dónde se aplica?

Se aplican a cada una de las partes o "nodos" en que se divide la instalación (tuberías, equipos, servicios auxiliares, etc.).

Nodo: Sección del proceso con límites claramente definidos (por ejemplo una línea entre dos recipientes), dentro de la cual los parámetros de proceso son investigados de acuerdo a sus desviaciones.

# ¿ Qué toma en cuenta? (1)

Cada una de las ***variables*** que intervienen en el proceso.

***Variable de Proceso:*** Son propiedades químicas o físicas asociadas con el proceso, incluye lo que es reacción, mezclado, concentración, pH y variables específicas como temperatura, presión, fase y flujo.



## ¿ Qué toma en cuenta? (2)

Considera las Palabras guía que son características del método.

Palabras guía: Son las palabras a través de las cuales se plantean las desviaciones. Son palabras simples que son usadas para calificar o cuantificar las diferentes variables del proceso. (Ejemplo: No, Más, Menos, etc).

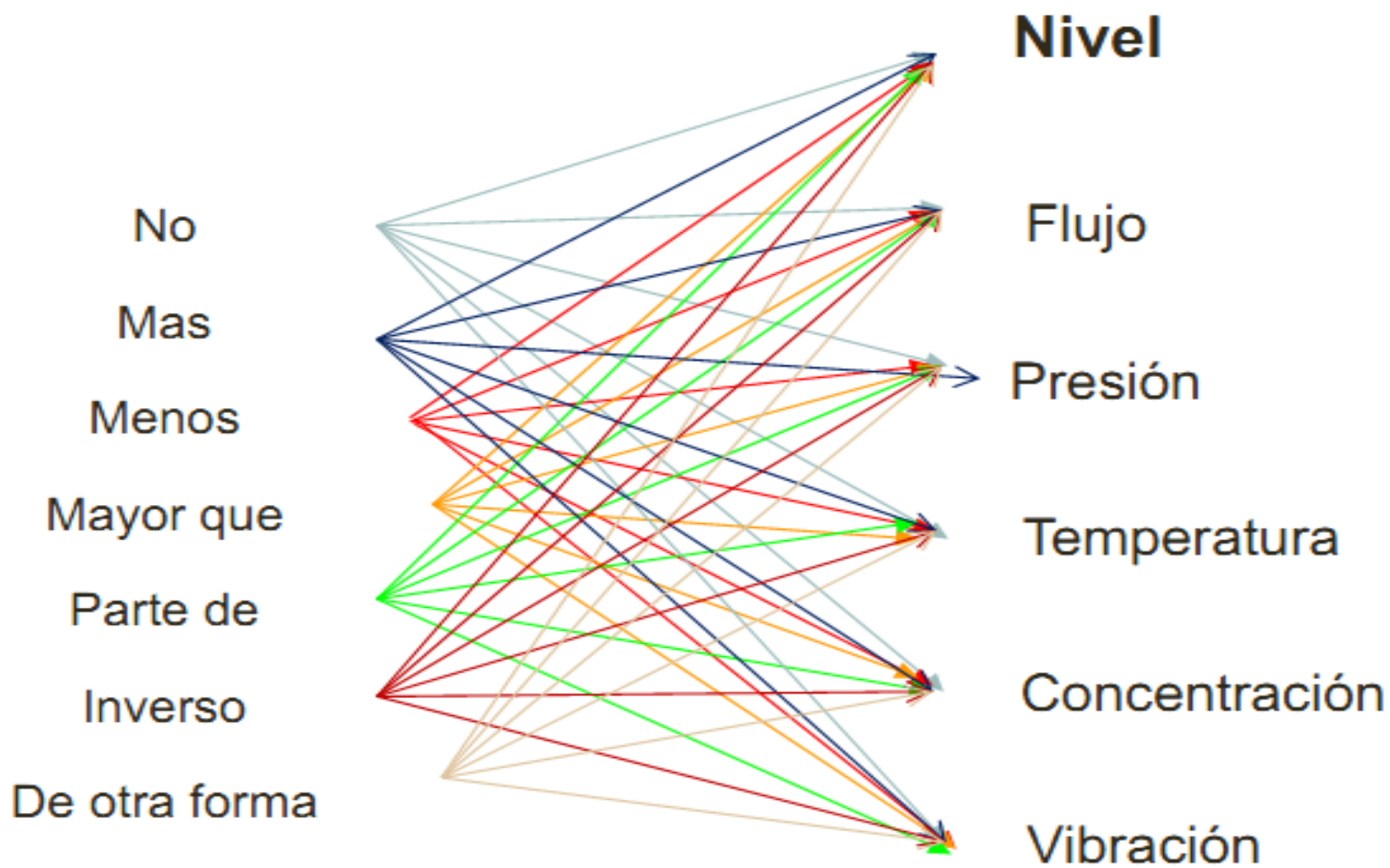
# En resumen:

Variables del Proceso + Palabras guía =

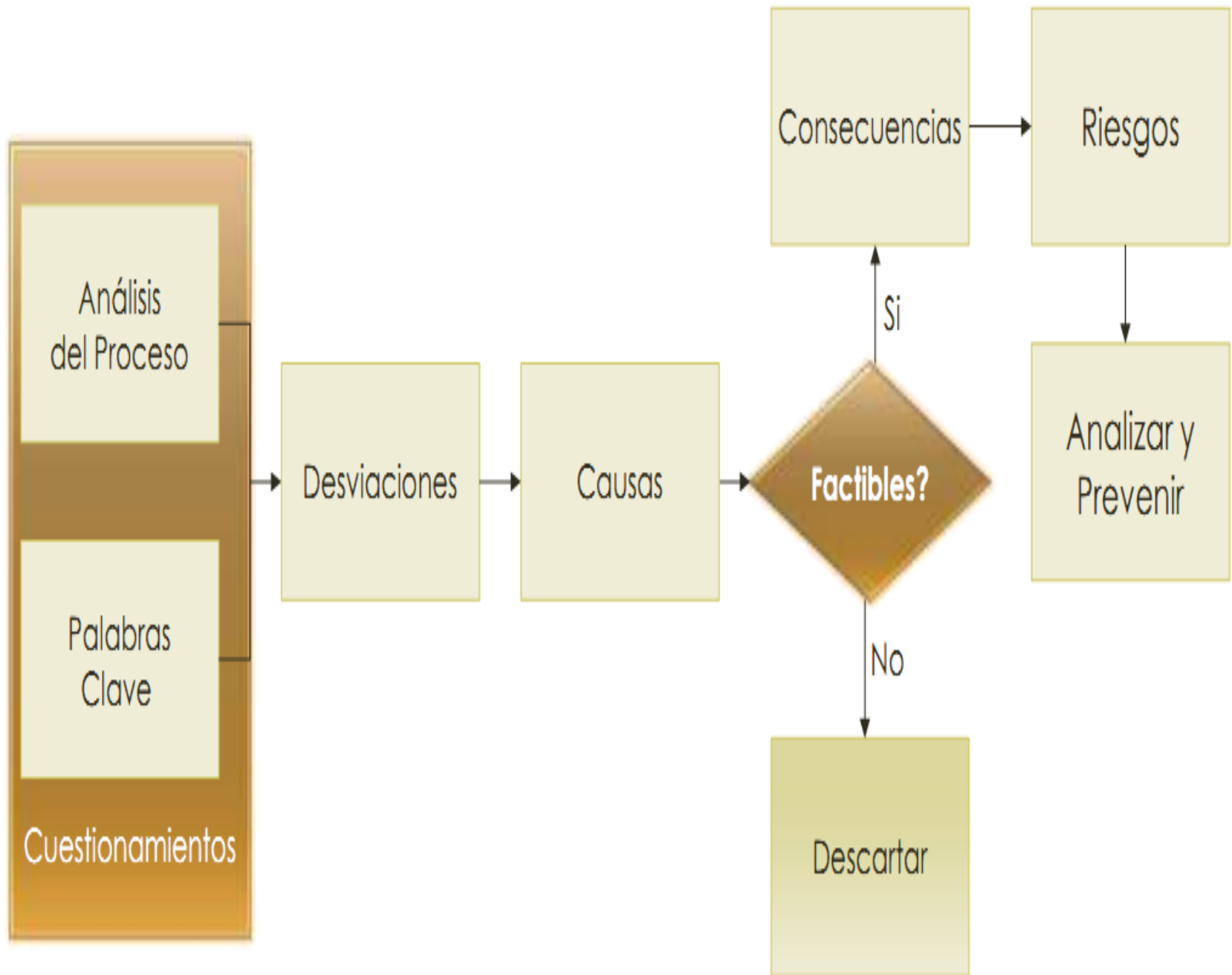
Estimulo la reflexión sobre la situaciones que pueden producirse en la instalación.

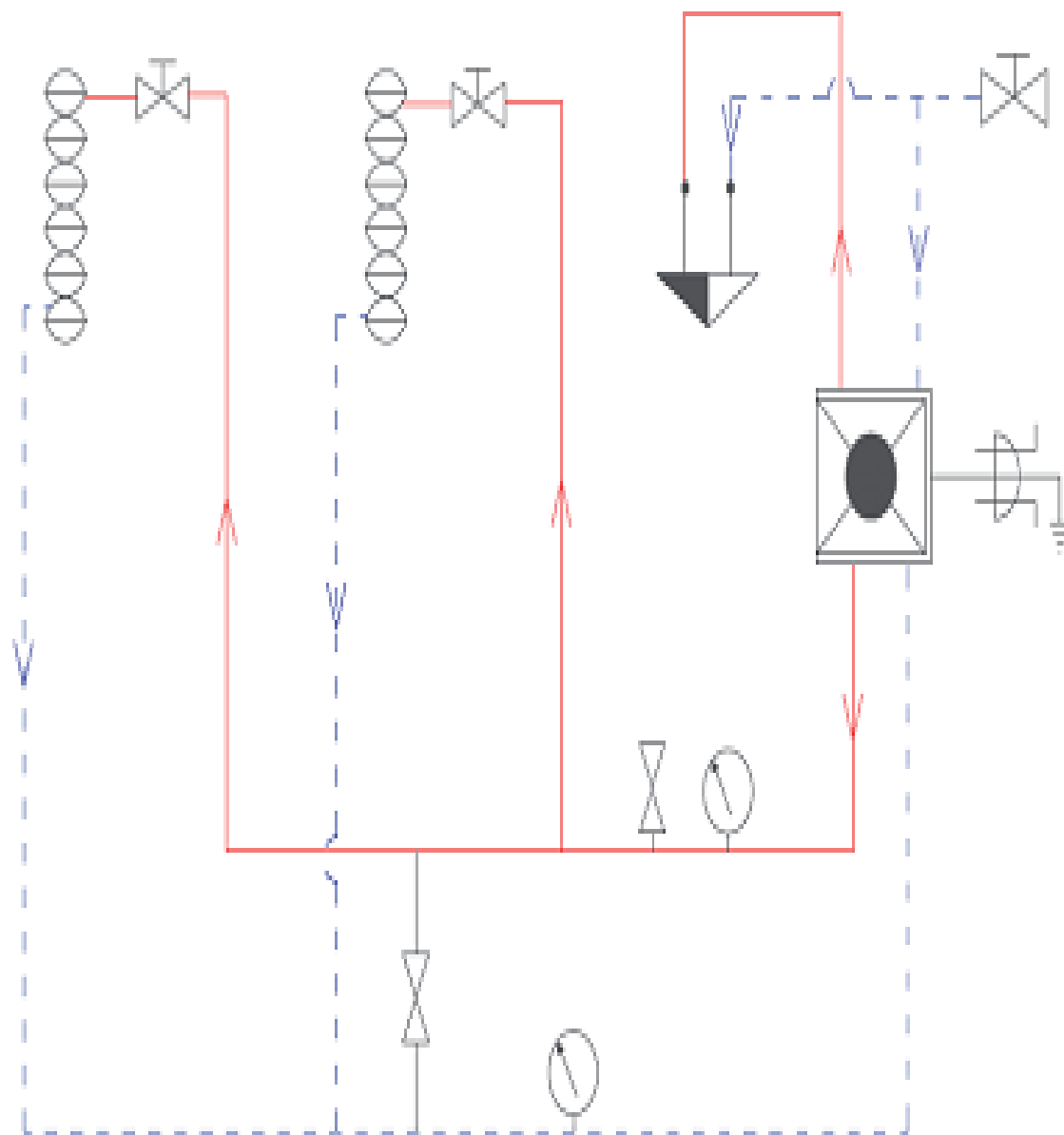
Palabra  
guía







Parámetro  
de proceso



Palabras-Guía	SIGNIFICADO	ALGUNOS EJEMPLOS DE PROBLEMAS TÍPICOS
<b>No</b>	NEGACIÓN O AUSENCIA DE LAS ESPECIFICACIONES DE DISEÑO	NO FLUJO (fallo de bomba, válvula cerrada, fuga, conducto de aspiración en vacío, obstrucción por sedimentos o cuerpos extraños, etc)
<b>Más</b>	AUMENTO O DISMINUCIÓN CUANTITATIVA Se refiere a cantidades de medición: caudales, presión, temperatura, viscosidad, etc, o actividades: reaccionar, calentar, etc.	MAS FLUJO (aspiración presionada, válvula atascada abierta, lectura flujómetro incorrecta, etc.)
<b>Menos</b>		
<b>Mayor que o así como</b>	AUMENTO CUALITATIVO Junto a la función deseada se realiza una actividad adicional	MAS TEMPERATURA (suciedad en intercambiador de enfriamiento, fallos del regulador de temperatura, etc)
<b>Parte de</b>	DISMINUCIÓN CUALITATIVA Se realiza solamente una parte de la función deseada	PRESENCIA DE IMPUREZAS (entrada de contaminantes como el agua, aceites, productos de corrosión, fallos de aislamientos, etc)
<b>Inverso</b>	OPOSICIÓN A LA FUNCIÓN DESEADA Utilizable preferentemente a actividades tales como flujo de retroceso, inversión de reacción química, etc)	FLUJO DE RETORNO (bomba invertida, comunicación con sobrepresión, fallo de bomba, fallo de válvula antiretroceso, etc)
<b>De otra forma</b>	SUSTITUCIÓN COMPLETA DE LA FUNCIÓN DESEADA Sucede algo totalmente diferente a las finalidades originales	OTRAS ACTIVIDADES DISTINTAS A LA OPERACIÓN NORMAL (arranques y paradas en la instalación, fallos de energía o servicios, emisiones, incompatibilidades, operaciones de limpieza y mantenimiento, tomas de muestras, etc)





-  Red de agua caliente
-  Red de agua fría
-  Válvula seguridad
-  Válvula *bypass*
-  Válvula entrada
-  Red eléctrica toma de tierra
-  Radiador
-  Caldera
-  Grifo
-  Manómetro

N.º	Denominación
1	Tubería de entrada
2	Válvula de entrada
3	Caldera
4	Conducto agua fría entrada a grifo
5	Conducto agua fría entrada a caldera
6	Conducto agua caliente caldera a grifo
7	Conducto agua caliente caldera a radiadores (tramo común)
8	Conducto agua caliente a radiador 1
9	Conducto agua caliente a radiador 2
10	Conducto agua fría de radiadores a caldera

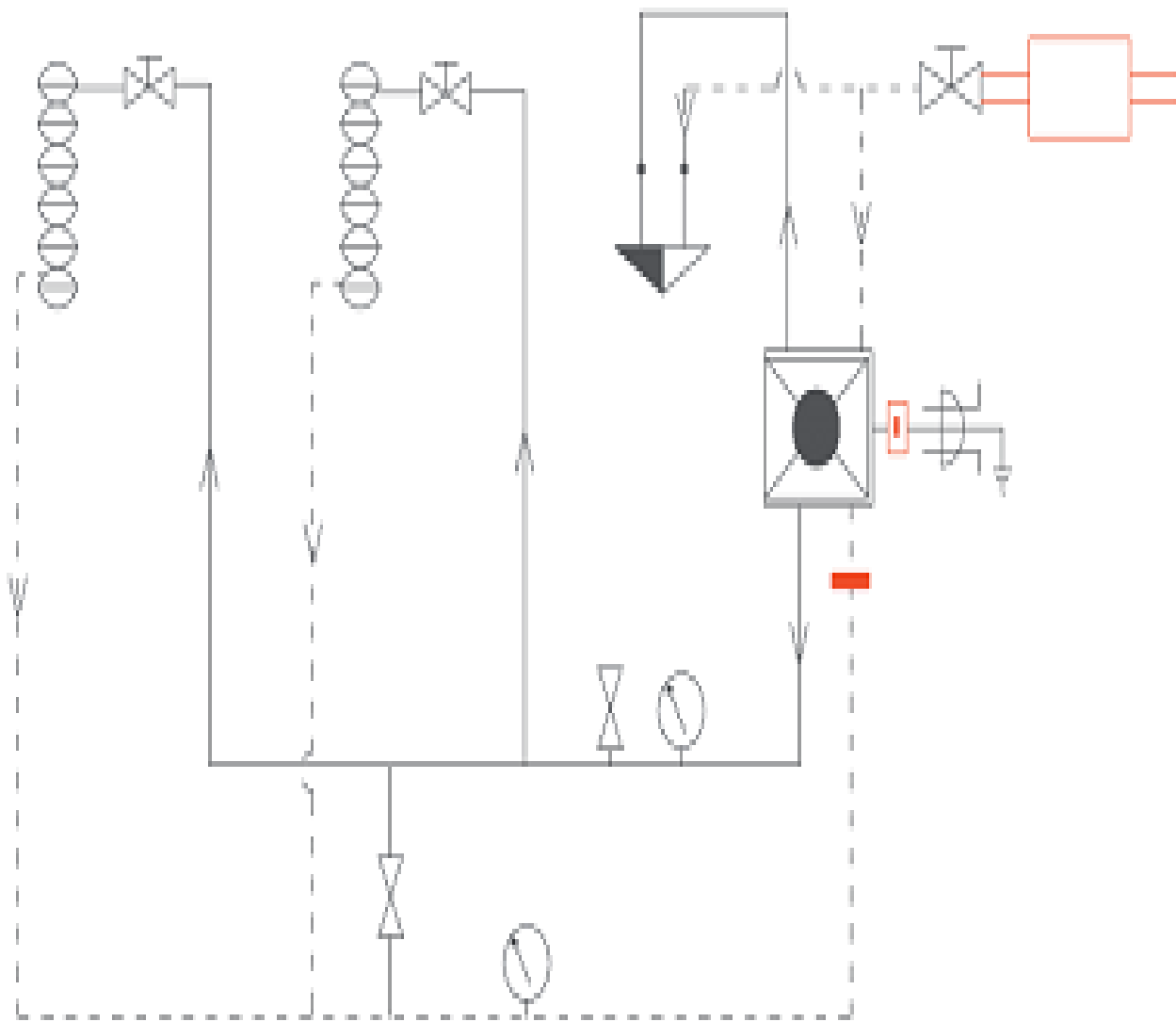
N.º	Denominación
11	Manómetro frío
12	Manómetro caliente
13	Válvula seguridad
14	Válvula <i>bypass</i>
15	Válvula regulación radiador 1
16	Válvula regulación radiador 2
17	Radiador 1
18	Radiador 2
19	Alimentación de la red eléctrica
20	Toma de tierra

Nodo(s)	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
1, 4, 5, 6	Caudal	NO	No llega agua a su destino	Obstrucción total de tubería por cal, óxido, etc. Rotura total de tubería	Sobrepresión; reventón; fuga Fuga	Mejorar mantenimiento, descalcificadora Material más resistente
1, 4, 5, 6	Caudal	MENOS	Llega poco caudal	Fugas en tubería	Pérdidas de agua	Mejorar mantenimiento
2	Caudal	MÁS	No se puede parar el paso de caudal	Oxidación, desgaste Bloqueo en abierto de la válvula	No se puede detener la entrada de agua en caso de mal funcionamiento del sistema	Mejorar mantenimiento
3	Temperatura	NO	No calienta	Mal funcionamiento de las resistencias	El sistema no calienta	Descalcificadora
3	Temperatura Presión	MÁS	Aumento de la temperatura y, a consecuencia de ello, de la presión interior	Mal funcionamiento del termostato de la caldera	Explosión; reventón y fuga	Mejorar mantenimiento
3	Temperatura	MENOS	La caldera calienta menos de lo que se indica en el termostato	Mal funcionamiento del termostato de la caldera	Los radiadores calientan poco o no calientan	Mejorar mantenimiento
7, 8, 9	Caudal	NO	No llega agua a uno o ambos radiadores	Obstrucción total de tubería por cal, óxido, etc. Rotura total de tubería	Sobrepresión; reventón; fuga; uno o ambos radiadores no calientan Fuga; uno o ambos radiadores no calientan	Mejorar mantenimiento, descalcificadora; filtros Material más resistente
7, 8, 9	Caudal	MENOS	Llega poco caudal a uno o ambos radiadores	Fugas en tubería	Pérdidas de agua; uno o ambos radiadores no calientan	Mejorar mantenimiento
10	Caudal	NO	No retorna agua a la caldera	Obstrucción total de tubería por cal, óxido, etc. Rotura total de tubería	Sobrepresión en todo el subsistema de radiadores; reventón, fuga	Mejorar mantenimiento, descalcificadora; filtros Material más resistente
10	Caudal	MENOS	Retorna poco caudal a la caldera	Fugas en tubería	Pérdidas de agua	Mejorar mantenimiento

Es conveniente, indicar, en las propias hojas de aplicación del estudio, una estimación, aunque sea orientativa de la probabilidad de los fallos detectados y de las consecuencias ante los mismos.



Nodo(s)	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
11, 12	Nivel	NO	No marca el nivel de presión	Obstrucción por incrustaciones Rotura muelle Defecto de fabricación	Desconocimiento del estado de las presiones en el sistema; peligro de rotura, fugas o explosión	Descalcificadora; filtros Mejorar mantenimiento Plan de calidad en fábrica
13	Actúa	NO	No evacúa en caso de sobrepresión	Incrustaciones de cal, óxido, etc. Defecto de montaje	Sobrepresión, explosión	Mejorar mantenimiento; descalcificadora
		INVERSA	Actúa sin existir sobrepresión	Rotura del muelle	Fuga	
14	Caudal	NO	No desvía el exceso de caudal hacia los radiadores	Incrustaciones de cal, óxido, etc.	Peligro de rotura, fugas o explosión	Mejorar mantenimiento; descalcificadora formación
				Defecto de montaje		
15, 16	Caudal	NO	No permite la entrada de agua en el radiador	Incrustaciones de cal, óxido, etc.	Sobrepresión en las tuberías; peligro de rotura, fugas o explosión	Mejorar mantenimiento; descalcificadora
15, 16	Caudal	MÁS	No permite el cierre de paso de agua al radiador	Incrustaciones de cal, óxido, etc.	Exceso de calor en el radiador; riesgo de sobrepresión, fugas o explosión	Mejorar mantenimiento; descalcificadora
17, 18	Temperatura	NO	El radiador no calienta	Obstrucciones internas	Riesgo de sobrepresión, fugas o explosión	Mejorar mantenimiento; descalcificadora; filtros
19	Energía	MÁS	Subida de tensión	Mal funcionamiento de la red	Sobrecarga; quema de la caldera; punto de ignición	Mejorar mantenimiento; conmutador térmico
20	Conductividad eléctrica	NO	La toma de tierra no aísla	Mal mantenimiento o rotura por acción de roedores	Sobrecarga; quema de la caldera; punto de ignición	Mejorar mantenimiento; conmutador térmico



-  Red de agua caliente
-  Red de agua fría
-  Válvula seguridad
-  Válvula *bypass*
-  Válvula entrada
-  Red eléctrica toma de tierra
-  Radiador
-  Caldera
-  Grifo
-  Manómetro
-  Descalcificadora
-  Conmutador térmico
-  Filtro

# Mejoras en la instalación.

Modificar el plan de mantenimiento.

Instaló una descalcificadora en la entrada del sistema para quita las impurezas de cal posibles causantes de un importante número de desviaciones.

Se ha optado también por instalar un conmutador térmico que proteja a la caldera de posibles sobretensiones en la red.

Por último, se ha incluido un filtro en la realimentación de la caldera proveniente de los radiadores, para eliminar otro tipo de impurezas acumuladas por el sistema, como pueden ser los óxidos o similares.

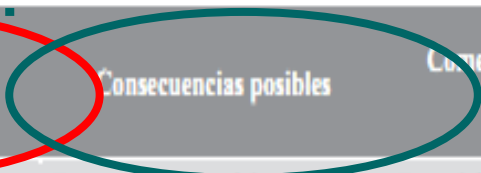
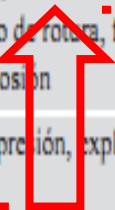
# ¿Qué se espera de Uds.?

Que realicen una tabla con análisis de riesgo para la instalación elegida o parte de ella.

Nodo(s)	Variable	Palabra guía	Desviación	Causas posibles	Consecuencias posibles	Comentarios y medidas correctoras
11, 12	Nivel	NO	No marca el nivel de presión	Obstrucción por incrustaciones Rotura muelle Defecto de fabricación	Desconocimiento del estado de las presiones en el sistema; peligro de rotura, fugas o explosión	Descalcificadora; filtros Mejorar mantenimiento Plan de calidad en fábrica
13	Actúa	NO	No evacúa en caso de sobrepresión	Incrustaciones de cal, óxido, etc. Defecto de montaje Rotura del muelle	Sobrepresión, explosión	Mejorar mantenimiento; descalcificadora
14		NO	... hacia los radiadores	Incrustaciones de cal, óxido, etc. Defecto de montaje	... o explosión	... mantenimiento; descalcificadora formación
15, 16	Caudal	NO	No permite la entrada de agua en el radiador	Incrustaciones de cal, óxido, etc.	Sobrepresión en las tuberías; peligro de rotura, fugas o explosión	Mejorar mantenimiento; descalcificadora
15, 16	Caudal	MÁS	No permite el cierre de paso de agua al radiador	Incrustaciones de cal, óxido, etc.	Exceso de calor en el radiador; riesgo de sobrepresión, fugas o explosión	Mejorar mantenimiento; descalcificadora
17, 18	Temperatura	NO	El radiador no calienta	Obstrucciones internas	Riesgo de sobrepresión, fugas o explosión	Mejorar mantenimiento; descalcificadora; filtros
19	Energía	MÁS	Subida de tensión	Mal funcionamiento de la red	Sobrecarga; quema de la caldera; punto de ignición	Mejorar mantenimiento; conmutador térmico
20	Conductividad eléctrica	NO	La toma de tierra no aísla	Mal mantenimiento o rotura por acción de roedores	Sobrecarga; quema de la caldera; punto de ignición	Mejorar mantenimiento; conmutador térmico

¿ Qué probabilidad existe de ocurrir esto ?

¿ Qué magnitud tiene las consecuencia ?



# Análisis de Riesgo

Causa	P	C	$P \times C = \text{Riesgo}$

# Opciones de Probabilidad y Consecuencias

Niveles de riesgo

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

## Consecuencias.

Para determinar la potencial severidad del daño, debe considerarse:

- a) partes del cuerpo que se verán afectadas
- b) naturaleza del daño, graduándolo desde ligeramente dañino a extremadamente dañino.

### Ejemplos de ligeramente dañino:

- Daños superficiales: cortes y magulladuras pequeñas, irritación de los ojos por polvo.
- Molestias e irritación, por ejemplo: dolor de cabeza, discomfort.

### Ejemplos de dañino:

- Laceraciones, quemaduras, conmociones, torceduras importantes, fracturas menores.
- Sordera, dermatitis, asma, trastornos músculo-esqueléticos, enfermedad que conduce a una incapacidad menor.

### Ejemplos de extremadamente dañino:

- Amputaciones, fracturas mayores, intoxicaciones, lesiones múltiples, lesiones fatales.
- Cáncer y otras enfermedades crónicas que acorten severamente la vida.



## Probabilidad.

La probabilidad de que ocurra el evento se puede graduar, desde baja hasta alta, con el siguiente criterio:

- Probabilidad alta: El evento ocurrirá siempre o casi siempre.
- Probabilidad media: El evento ocurrirá en algunas ocasiones.
- Probabilidad baja: El evento ocurrirá raras veces

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica
Tolerable (TO)	<p>No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante.</p> <p>Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.</p>
Moderado (M)	<p>Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado.</p> <p>Cuando el riesgo moderado esta asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.</p>
Importante (I)	<p>No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.</p>
Intolerable (IN)	<p>No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.</p>

# ¿Cuál es la utilidad ?

En función de los resultados obtenidos para el riesgo, establezco prioridades para la solución de los problemas.

Sistemas a considerar	Líneas y válvulas, etc. Equipo, recipientes
Variables a considerar	Presión, variación de la presión (pérdidas de carga o $\Delta p$ impulsión); temperatura, variación de temperatura; variaciones de volumen (dilatación, contracción); calor generado; calor transmitido; velocidad de reacción; densidad; viscosidad; composición; concentración; relaciones causa-efecto entre variables, etc.
Modos de operación	Operación normal Modo de puesta en marcha Modo de parada Modos de mantenimiento, construcción o inspección
Eventos iniciadores	Fallo humano Fallos de equipo, instrumentos o componentes Fallo de suministro Evento de emergencia o medio ambiental Otras causas de operación anormal incluyendo perturbaciones en los instrumentos
Efectos en la planta	Cambio en las condiciones químicas Cambio en las cantidades Cambio en las condiciones físicas
Condiciones peligrosas	Emisión de materias Cambio en las características peligrosas del material Se ha alcanzado el límite operativo Exposición a una fuente de energía, etc.
¿Cómo se detectarían las condiciones peligrosas?	Durante la operación normal Bajo fallo humano En otras circunstancias Bajo fallo de equipo
Acciones correctoras	Cambios en el diseño de proceso Cambio en los límites de operación Cambios en la fiabilidad del sistema Mejora en la contención de materiales Cambio en los sistemas de control Adición o eliminación de materias



## Normativa SYSO - MTSS

<http://www.mtss.gub.uy/web/mtss/seguridad-y-salud-ocupacional>



FIN

Muchas gracias.