

# 2. Generalidades y clasificación

Ing. Inés Mondos



# Temario

- 2.1. Usos e importancia para la industria
- 2.2. Definición de generador de vapor
- 2.3. Clasificación de generadores de vapor
- 2.4. Clasificación de URSEA de los generadores de vapor
- 2.5. Riesgos asociados a los generadores de vapor



# 2.1. Uso e importancia para la industria

## Importancia:

- Los generadores de vapor son equipos ampliamente utilizados, especialmente en la industria, donde la mayoría de los procesos de producción o manufactura necesitan del suministro de vapor. Actualmente, URSEA cuenta con el registro de 682 generadores de vapor en el país.
- El vapor permite aportar grandes cantidades de energía térmica en poco tiempo. Estas potencias suelen ser de órdenes considerablemente mayores a las potencias eléctricas contratadas por las plantas industriales.

## Usos

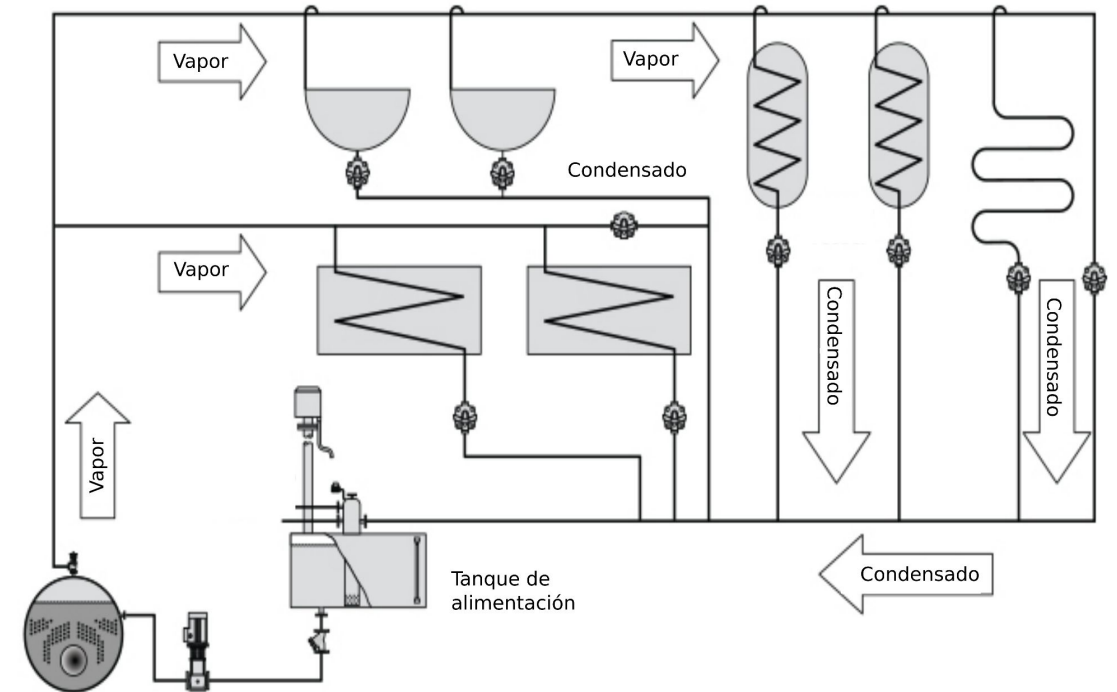
- Sector Industrial:
  - Cocción - Industria alimenticia
  - Esterilizado - Industria farmacéutica
  - Secado - Industria alimenticia, química, etc.
- Sector de Generación de Energía Eléctrica
  - Ciclos Rankine o Ciclos Combinados
- Sector Comercial y Servicios:
  - Esterilizado - Hospitales
  - Calefacción - Grandes edificios (residenciales, oficinas, hospitales)
  - Climatización de piscinas - Centros deportivos.



# 2.1. Uso e importancia para la industria

## ¿Por qué vapor de agua?

- Bajo costo y alta disponibilidad
- La temperatura puede ser ajustada con precisión.
- Amplio rango de temperaturas de trabajo (en el rango de 1 a 70 bar cubren temperaturas en el rango de 103°C a 287°C para vapor saturado)
- Permite la transferencia de calor a temperatura constante (condensación).
- Alta cantidad de energía transferible principalmente en forma de calor latente.
- Fácil transporte tanto en estado líquido como en vapor.
- Poco contaminante.
- Permite utilizar ciclos cerrados reutilizando el agua.



**Desventaja:** Trabajo a altas presiones.

## 2.2. Definiciones

Usualmente, al hablar de calderas, se pueden distinguir los siguientes tres tipos:

- **Caldera de vapor = Generador de vapor:**

*“Recipiente sometido a presión interna donde se produce vapor de agua a una presión superior a la atmosférica, mediante la aplicación del calor producido por una fuente externa.”*

- **Caldera de agua caliente:**

*“Es un recipiente inundado por agua, sometido a presión interna, que se utiliza para calentar agua a una presión superior a la atmosférica mediante la aplicación del calor producido por una fuente externa.”*

- **Caldera de fluido térmico:**

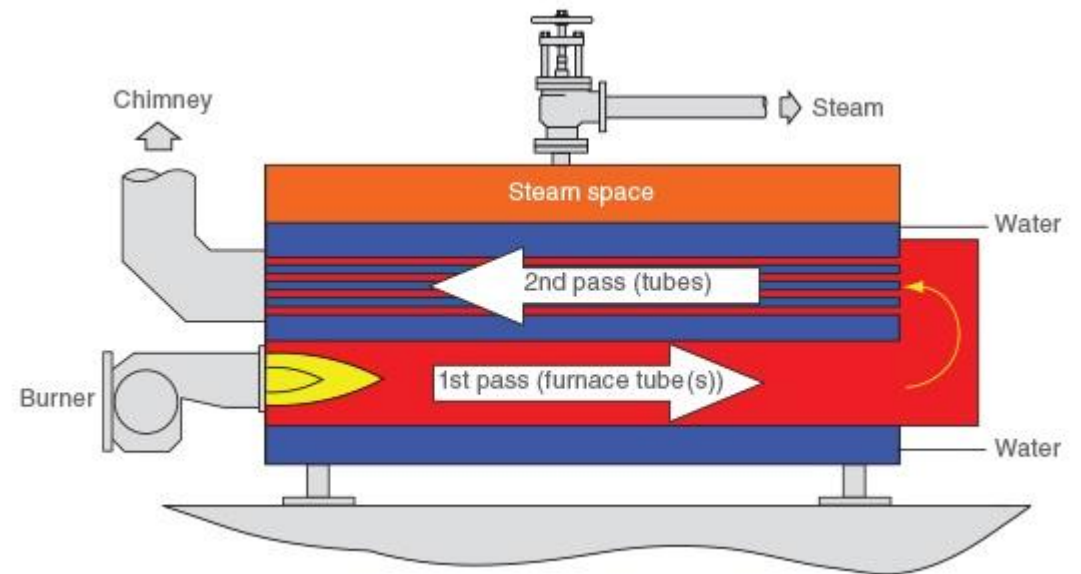
*“Es un recipiente cerrado en el cual un fluido diferente al agua es calentado por la aplicación directa de calor desde una fuente de energía térmica. Dependiendo de los requerimientos del proceso de calentamiento, el fluido puede ser evaporado con la circulación normal, pero, más frecuentemente, el fluido es calentado y circulado por una bomba.”*

## 2.2. Definiciones

Usualmente, al hablar de calderas, se pueden distinguir los siguientes tres tipos:

- **Caldera de vapor = Generador de vapor:**

*“Recipiente sometido a presión interna donde se produce vapor de agua a una presión superior a la atmosférica, mediante la aplicación del calor producido por una fuente externa.”*



# 2.2. Definición de generador de vapor

## Definiciones:

### Caldera:

- Recipiente de presión cerrado en el que el fluido es calentado para su uso posterior, externamente a él, por la aplicación directa del calor resultante de la combustión de un combustible (sólido, líquido o gaseoso) o por el uso de energía eléctrica o energía nuclear [“Boiler Operator’s Guide” (Mc Graw-Hill)].
- Todo aparato a presión en donde el calor procedente de cualquier fuente de energía se transforma en utilizable, en forma de calorías, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor [Norma Española “UNE 9-001-87”].
- Una caldera es un recipiente cerrado donde el agua u otro líquido es calentado, se genera vapor, se sobrecalienta el vapor, o se produce una combinación de estas funciones, bajo presión, para uso externo a la misma, por la aplicación directa de energía de la combustión de algún combustible, eléctrica o nuclear [“Power Boiler. Design, Inspection and Repair”- M.Malek]
- Recipiente cerrado que genera vapor de agua a presiones superiores a la atmosférica, absorbiendo parte del calor que desarrolla la combustión en el hogar[Mesny].
- “Se entiende por caldera a un recipiente cerrado conteniendo un fluido líquido y gaseoso, en el que se aplica una fuente de calor que se transmite a dicho fluido.”[Barreto]
- “Es un recipiente cerrado de hierro y tubos que está compuesto por partes en que circula el agua y partes en que circulan los gases calientes que transmiten el calor al agua.”[Thomasset]

### Generador de vapor:

- Recipiente sometido a presión interna donde se produce vapor de agua a una presión superior a la atmosférica, mediante la aplicación del calor producido por una fuente externa. [URSEA - Reglamento de Generadores de Vapor]
- Unidad completa en la que se incluyen los auxiliares más importantes...



## 2.3. Clasificación de generadores de vapor

Los generadores de vapor pueden ser clasificados de diversas formas.

- **Presión de trabajo**
  - Baja presión
  - Media Presión
  - Alta Presión
  - Supercríticas
- **Producción de vapor**
  - Chicas
  - Medianas (menores a 20 ton/h)
  - Grandes (mayores a 20 ton/h)
- **Fuente de calor**
  - Electricidad
  - Recuperación de calor
  - Combustible:
    - Líquidos
    - Gaseosos
    - Sólidos - Leña, residuos de biomasa, carbón, etc.
- **Disposición agua-gases de combustión**
  - Humotubulares
  - Acuotubulares
  - Híbridas
- **Forma de circulación del agua**
  - Natural
  - Asistida
  - Forzada
- **Tipo de intercambio de calor predominante**
  - Radiantes
  - Convectivas
  - Calentamiento indirecto





## 2.3. Clasificación de generadores de vapor

### Disposición agua-gases de combustión

La generación de vapor a partir de una combustión se obtiene a partir de la transferencia de calor entre la llama y los humos provenientes de ésta, y el agua. En definitiva, es un intercambiador de calor compuesto por 2 circuitos: “humos” y “agua”. En las diferentes formas constructivas de éstos, siempre se encuentran bancos de tubos donde uno de los fluidos circula por dentro y el otro por fuera:

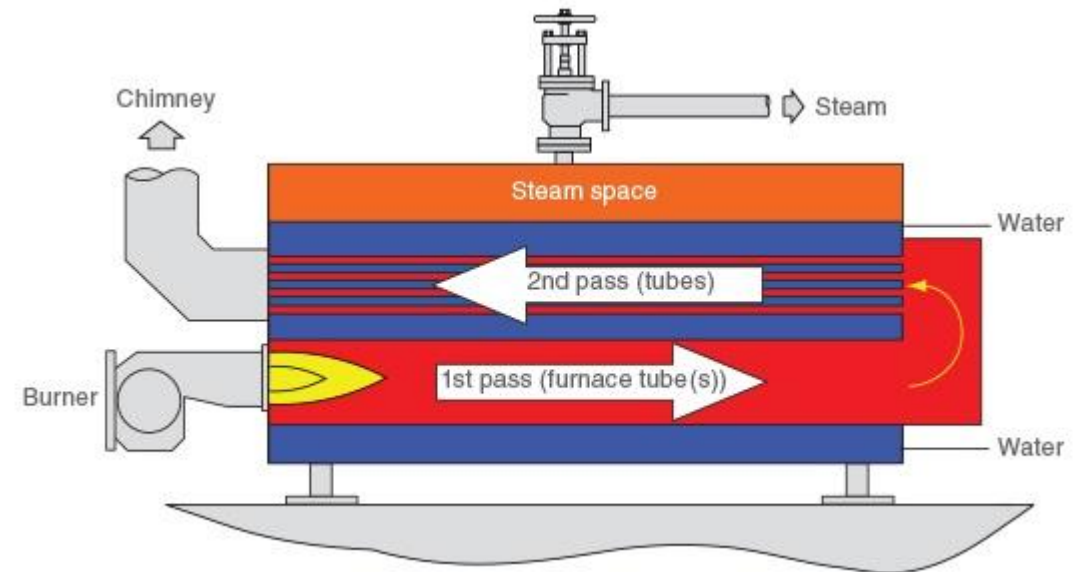
- Humotubulares - Los humos circulan por dentro de los tubos.
- Acuotubulares - El agua circula por dentro de los tubos.
- Híbridas - El generador de vapor cuenta con componentes donde el agua circula por dentro de tubos y otros componentes donde es el humo que circula por dentro de tubos.

## 2.3. Clasificación de generadores de vapor

### Disposición agua-gases de combustión

La generación de vapor a partir de una combustión se obtiene a partir de la transferencia de calor entre la llama y los humos provenientes de ésta, y el agua. En definitiva, es un intercambiador de calor compuesto por 2 circuitos: “humos” y “agua”. En las diferentes formas constructivas de éstos, siempre se encuentran bancos de tubos donde uno de los fluidos circula por dentro y el otro por fuera:

- **Humotubulares** - Los humos circulan por dentro de los tubos.
- **Acuotubulares** - El agua circula por dentro de los tubos.
- **Híbridas** - El generador de vapor cuenta con componentes donde el agua circula por dentro de tubos y otros componentes donde es el humo que circula por dentro de tubos.



## 2.3. Clasificación de generadores de vapor

### Disposición agua-gases de combustión

La generación de vapor a partir de una combustión se obtiene a partir de gases provenientes de ésta, y el agua. En definitiva, es un intercambiador de calor de diferentes formas constructivas de éstos, siempre se encuentran bancos de tubos dentro y otro por fuera:

- Humotubulares - Los humos circulan por dentro de los tubos.
- **Acuotubulares - El agua circula por dentro de los tubos.**
- Híbridas - El generador de vapor cuenta con componentes donde el agua circula por dentro de tubos y otros componentes donde es el humo que circula por dentro de tubos.



## 2.3. Clasificación de generadores de vapor

### Disposición agua-gases de combustión

La generación de vapor a partir de una combustión se obtiene a partir de la transferencia de calor entre la llama y los humos provenientes de ésta, y el agua. En definitiva, es un intercambiador de calor compuesto por 2 circuitos: “humos” y “agua”. En las diferentes formas constructivas de éstos, siempre se encuentran bancos de tubos donde uno de los fluidos circula por dentro y el otro por fuera:

- Humotubulares - Los humos circulan por dentro de los tubos.
- Acuotubulares - El agua circula por dentro de los tubos.
- **Híbridas - El generador de vapor cuenta con componentes donde el agua circula por dentro de tubos y otros componentes donde es el humo que circula por dentro de tubos.**



## 2.4. Clasificación de URSEA de los generadores de vapor

El **Artículo 2º** del Reglamento de Generadores de Vapor de URSEA define las siguientes categorías:

### “Generales:

- **Pequeño (P):** Es aquel con PMTA mayor a 1 bar y menor a 7 bar.
- **Mediano (M):** Es aquel con PMTA mayor a 7 bar y menor a 28 bar.
- **Grande (G):** Es aquel con PMTA igual o mayor a 28 bar.

### Categorías Especiales:

- **Tipo 1 (E1):** Es aquel con PMTA igual o menor a 7 bar, volumen igual o menor a 140 litros, Superficie de calefacción igual o menor a  $1,9m^2$  y diámetro interior igual o menor a 0,4 m.
- **Tipo 2 (E2):** Es aquel que utilizan como combustibles licor negro para recuperación de químicos específicos con tratamiento particular o no convencional.
- **Tipo 3 (E3):** Es un generador de vapor eléctrico. “

Además, establece que: “Las categorías especiales prevalecen sobre las categorías generales.”

## 2.4. Clasificación de URSEA de los generadores de vapor

Por otra parte, el **Artículo 3º** excluye del Reglamento a los siguientes equipamientos:

- *“Los generadores de vapor con PMTA igual o menor a 1 bar.*
- *Los generadores de vapor cuyo volumen sea inferior a 25 litros y su PMTA inferior a 5 bar.*
- *Las calderas de agua caliente que operen inundadas, las calderas de fluido térmico, y aquellos artefactos que usen el servicio de vapor sin que lo generen.*
- *Los generadores de vapor que utilicen como fuente de energía externa vapor saturado.*

No obstante: *“El propietario de aquel generador de vapor que no quede comprendido en el presente Reglamento, deberá adoptar las medidas de seguridad adecuadas y oportunas en su instalación, funcionamiento y operación”*

## 2.4. Clasificación de URSEA de los generadores de vapor

Adicionalmente, en el **Artículo 5º** se encuentran las definiciones de los siguiente tipos de generadores de vapor:

- **“Acuotubular:** *Generador de vapor en el cual la fuente externa de calor se encuentra en el lado exterior de los tubos, por los cuales circula la mezcla de agua y vapor, típicamente contruidos de domos colectores, y paredes de tubos.*
- **Eléctrico:** *Generador de vapor en el cual la fuente externa de calor es suministrada por energía eléctrica.*
- **Humotubular:** *Generador de vapor en el cual la característica distintiva es que los productos de combustión circulan dentro de los tubos, rodeados por agua, antes de salir.*
- **Mixto:** *Generador de vapor conformado por la combinación de un acuotubular y humotubular, donde los humos circulan tanto por el interior de los tubos, como en su exterior, en las diferentes superficies de calefacción.*
- **Recuperación:** *Generador de vapor en el cual la fuente de calor son gases de proceso, sin presentarse combustión en las superficies de calefacción. Pueden ser del tipo acuotubular, mixto o humotubular.”*



## 2.5. Riesgos asociados a un generador de vapor

En los generadores de vapor pueden ocurrir accidentes o eventos peligrosos de graves consecuencias, no únicamente desde el punto de vista de rotura o destrucción de componentes materiales, sino que también en casos extremos pueden poner en riesgo vidas humanas. Los eventos más graves son conocidos como “explosiones”.

### **Explosiones:**

*“Desde el punto de vista químico, una explosión es una reacción química violenta y espontánea, con producción de un gran volumen de gases a alta temperatura, generalmente acompañada de efectos sonoros. En la práctica se entiende además que el fenómeno explosivo implica que el recipiente se rompa y estalle en pedazos con un gran estruendo, aunque técnicamente esto no tiene por qué acontecer”*  
[d]

Estos eventos eran comunes en generadores de vapor a fines del siglo XIX en EEUU, registrándose en el entorno de 1900 explosiones que ocasionaron 1200 muertes únicamente entre 1898 y 1903. Posteriormente, en 1905, la explosión de un generador de vapor humotubular dejó el saldo de 58 muertos y 117 heridos. A raíz de esta situación, se comenzaron a regular estos equipos, lo que derivó en 1914 a la publicación de la primera edición del código “Boiler and Boiler and Pressure Vessel Code” de ASME. [b] [c]

La elaboración de normas asociadas al diseño, fabricación, inspección, alteración y reparación de los generadores de vapor, en conjunto con las exigencias regulatorias de los gobiernos, redujeron drásticamente los accidentes en estos equipos en el transcurso del siglo XX. Sin embargo, en la actualidad siguen ocurriendo esporádicamente.





# 2.5. Riesgos asociados a un generador de vapor

## Milagro en Suipacha: explotó una caldera y no hubo que lamentar víctimas

Explotó una caldera de la empresa [redacted]  
Afortunadamente ocurrió momento antes del cambio de turno.

3 de Agosto de 2021  
Por Equipo de Redacción MercedesYA



[e]

## Boiler blast claims 2 lives, injures 3 in Bengaluru

TNN / Aug 24, 2021, 09:16 IST



### ARTICLES

 Boiler blast claims 2 lives, injures 3 in Bengaluru



One of the boilers used to manufacture snacks exploded

[f]



## 2.5. Riesgos asociados a un generador de vapor

**ST. LOUIS POST-DISPATCH**

**2 new employees filling out paperwork among dead in St. Louis boiler explosion**



A photo provided by the St. Louis Fire Department shows damage at Loy-Lange Box Co. in St. Louis, where an explosion launched a hot water storage tank that landed on the Faultless Healthcare Linen building about a block away on Monday, April 3, 2017.



The interior of the Loy-Lange Box Company at 222 Russell Boulevard after an explosion killed one person and launched a boiler about 500 feet that crashed into the offices of Faultless Healthcare Linen building, where it crushed several people. Two more people were killed there, and a third person was pinned underneath equipment. Photo by Laurie Skrivan, [lskrivan@post-dispatch.com](mailto:lskrivan@post-dispatch.com)

[g]

## 2.5. Riesgos asociados a un generador de vapor

### Explosiones del lado de agua

El riesgo de explosiones del lado de agua está presente ya que en ese circuito tenemos una presión bastante más alta que la atmosférica. Éstas ocurren cuando se produce una rotura en algún lugar del cuerpo de presión que genera una expansión violenta hacia el exterior de la mezcla agua-vapor.

Las causas de una explosión del lado de agua pueden ser:

- Disminución de la resistencia de los materiales, debido a sobrecalentamientos que modifiquen la estructura del material.
- Disminución del espesor debido a la corrosión (del lado de agua) o a la erosión (del lado de humos).
- Aumento de presión, por falla de los elementos de control y de seguridad, o por operaciones erróneas.

# 2.5. Riesgos asociados a un generador de vapor

## Explosiones del lado de humos

Pueden ser provocados por:

- Ignición brusca de mezclas de:
  - Gases combustibles y aire
  - Vapores combustibles no quemados y aire
  - Hollín con aire
- La rotura simultánea de varios tubos en la caldera. El agua a alta temperatura y presión que pasa al circuito de humos a través de la rotura, se transforma instantáneamente en vapor, aumentando su volumen específico de forma importante, provocando una onda explosiva muy importante. Es semejante a una explosión de gas.

## 2.5. Riesgos asociados a un generador de vapor

**Para evitar que sucedan este tipo de eventos, los generadores de vapor disponen de elementos de Control, Medición y Seguridad.**

Los parámetros de interés en este aspecto son: la presión, el nivel de agua, presencia de llama y la temperatura de los humos.

- Medición: Instrumentos que asignan un valor o una referencia a una magnitud física de interés. Tienen la función de brindar información al operador. Ejemplos: manómetro, tubos de nivel, sensor de temperatura.
- Control: Sistemas capaces de actuar sobre la operación del generador de vapor. Los sistemas de control automatizado se diseñan para alcanzar ciertos valores de las magnitudes físicas o que éstas se mantengan dentro de cierto rango. Para esto, cuentan con dispositivos que sensan éstas magnitudes, y actúan en consecuencia de éstas medidas.
- Seguridad: Dispositivos o sistemas que actúan cuando las condiciones de operación se apartan de las condiciones normales, y el funcionamiento comienza a ser riesgoso.

Más adelante, se detallarán cada uno de estos sistemas y también las exigencias de URSEA respecto a éstos.

## 2.5. Riesgos asociados a un generador de vapor

### ¡IMPORTANTE!

- 1) **NIVEL:** QUE NUNCA FALTE AGUA
- 2) **PRESIÓN:** TENER INSTALADAS VÁLVULAS DE SEGURIDAD EN CORRECTAS CONDICIONES
- 3) **LADO DE HUMOS:** REALIZAR UN CORRECTO PREBARRIDO ANTES DE INICIAR UNA NUEVA COMBUSTIÓN

# 2.5. Riesgos asociados a un generador de vapor

## Causas:

Las causas que desencadenan accidentes pueden asociarse a condiciones inseguras (provenientes de los equipos) o a acciones inseguras (incumplimientos del operador).

- Condiciones inseguras
  - Deterioro del equipo y sus accesorios
  - Falta de elementos de control o accesorios en malas condiciones
  - Defectos de diseño o de fabricación del generador de vapor
  - Pérdidas de vapor, agua, combustible o gases.
  - Defectos en las instalaciones
- Acciones inseguras
  - Errores operativos del generador de vapor
  - Mantenimiento inapropiado
  - Alteración de elementos de control respecto a su diseño.



## 2.5. Riesgos asociados a un generador de vapor

### **Prevención de accidentes:**

Para mitigar las causas de éstos, se pueden tomar las siguientes acciones preventivas:

1. Diseño y fabricación de acuerdo a normas reconocidas.
2. Tener un plan de rutinas, de acuerdo a normas, a ser aplicado por el operador.
3. Cumplimiento estricto de las normas de operación y mantenimiento.
4. Solucionar de inmediato cualquier anomalía que aparezca en el sistema.
5. Capacitar a los operadores y asegurar que tenga un nivel apropiado de conocimiento y responsabilidad en la operación.
6. Llevar un libro diario donde se registren las acciones realizadas sobre el equipo y las anomalías detectadas.
7. Capacitar a los operadores en las acciones a realizar en situaciones de emergencia





# Bibliografía

- [a] - URSEA. Resolución N° 101/021. Modificaciones del Reglamento de Generadores de Vapor. [Link](#)
- [b] - “Steam/its generation and use”. 41st edition. The Babcock & Wilcox Company. 2005
- [c] - ASME - Página oficial. [Link](#)
- [d] - “Calderas, Vapor y Foguistas”. Ing. Walter Barreto.
- [e] - Portal de noticias: “MercedesYa”. [Link](#)
- [f] - Portal de noticias: “Times Of India” [Link](#)
- [g] - Portal de noticias: “St.Louis Post-Dispatch” [Link](#)



# ¡Muchas gracias!

