Asignatura: Maquinas Térmicas

Tema: Sistemas de generación de vapor

Expositor: Ostin Solis

PRINCIPIO

Si alguno no quiere trabajar , que tampoco coma. Por que nos hemos enterado que hay entre vosotros algunos que viven desconcertados sin trabajar nada, pero metiendose en todo. A estos les mandamus y les exhortamos en el Señor Jesucristo a que trabajen con sosiego para comer su propio pan. Vosotros , hermanos no os canseis e hacer el bien. 2Ts 3, 10b-13

Objetivos del tema

Objetivo General: Analizar los sistemas de generación de vapor en la industria

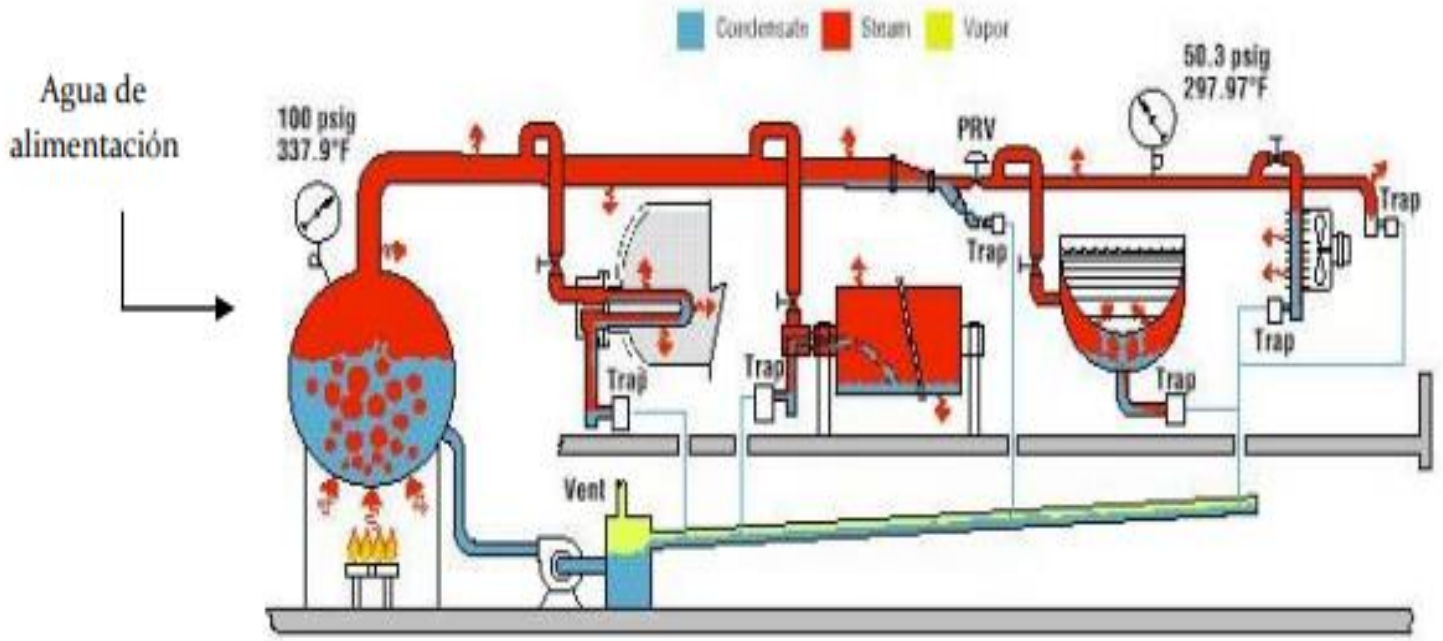
Objetivos Específicos:

1. Identificar los diferentes tipos de Calderas.
2. Definir los componentes de un sistema de vapor
3. Identificar las fuentes de perdidas de los sistemas de vapor



Fte. www.calderasvapor.com

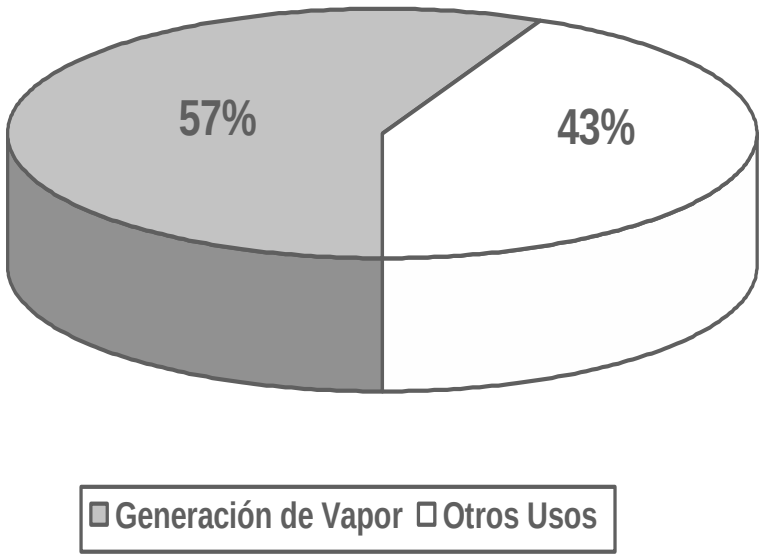
La universidad **global** de Honduras | www.**unitec**.edu



1. Generador de vapor
2. Distribución
3. Transferencia de calor
4. Retorno de condensado
5. Sistema de alimentación de agua a la caldera
6. Sistema de alimentación de biomasa

Distribución de Consumos y Usos de Energía Térmica en la Industria

Rama Industrial	Consumos	
	Eléctrico	**Térmico**
Siderurgia	33.6	226.9
Química	21.9	128.9
Azúcar	0.5	110
Cemento	14.1	93
Petroquímica PEMEX	-----	----
Minería	20.9	47.8
Celulosa y papel	10.7	29.8
Vidrio	4.3	29.6
Cerveza y malta	2.0	14.0
Fertilizantes	1.0	9.3
Aguas envasadas	2.7	7.8
Automotriz	4.8	5.0
Construcción	1.4	6.3
Hule	1.3	4.7
Aluminio	1.1	3.9
Tabaco	0.1	2.6
Otras ramas	213.3	85.5
TOTAL	333.7	805.1



Importancia Energética de Generadores de Vapor

FUENTES DE ENERGIA	USOS FINALES DE ENERGÍA ELÉCTRICA
Hidrocarburos Carbones minerales Combustibles derivados del proceso Calor de desperdicio Desechos industriales-municipales Madera Energía eléctrica Biomasa Vapor endógeno, etc.	· Bombeo de líquidos · Movimiento de aire y productos de Combustión · Accionamientos mecánicos directos . Sistemas de cómputo . Compresión de aire y ventilación auxiliar . Transporte de materiales · Calentamiento-calefacción-secado · Trituración y molienda · Iluminación . Limpieza

Usos del Vapor \ Rama de Actividad	Aguas Envasadas	Alimentaria	Azúcar	Celulosa y Papel	Cerveza y Malta	Fertilizantes	Manufactura	Petroquímica	Química	Siderurgia	Textil
Accionamiento Mecánico			●	●	●	●	●	●		●	●
Acondicionamiento de Atmósferas		●			●	●	●	●	●		●
Acondicionamiento de Combustibles	●	●	●		●	●	●		●	●	
Acondicionamiento de Materia Prima			●	●	●						
Acondicionamiento de Materiales				●		●			●		●
Almacenamiento de Productos		●							●		
Arrastres de Vapor		●	●					●	●		
Atomización	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Auto Generación			●	●	●	●		●	●	●	●
Calefacción		●					●		●	●	●
Calentamiento Directo o de Maquinaria		●	●	●			●		●		
Cocción		●	●		●						
Descongelación		●									
Digestión				●							
Envasado	●	●			●						
Esterilización		●					●		●		
Formado / Corrugación				●							
Fluidización		●						●	●		
Humidificación		●					●		●		●
Intercambio de Calor		●	●	●	●	●	●	●	●	●	
Limpieza de Equipo e Instalaciones	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Mantenimiento de Temperatura		●	●	●	●	●	●	●	●		
Mezcla		●		●	●			●	●		●
Pasteurización	●	●			●						
Secado		●		●			●		●		●
Sistemas de Vacío		●	●	●	●	●		●	●		
Tratamientos Térmicos							●				
Tinte											●

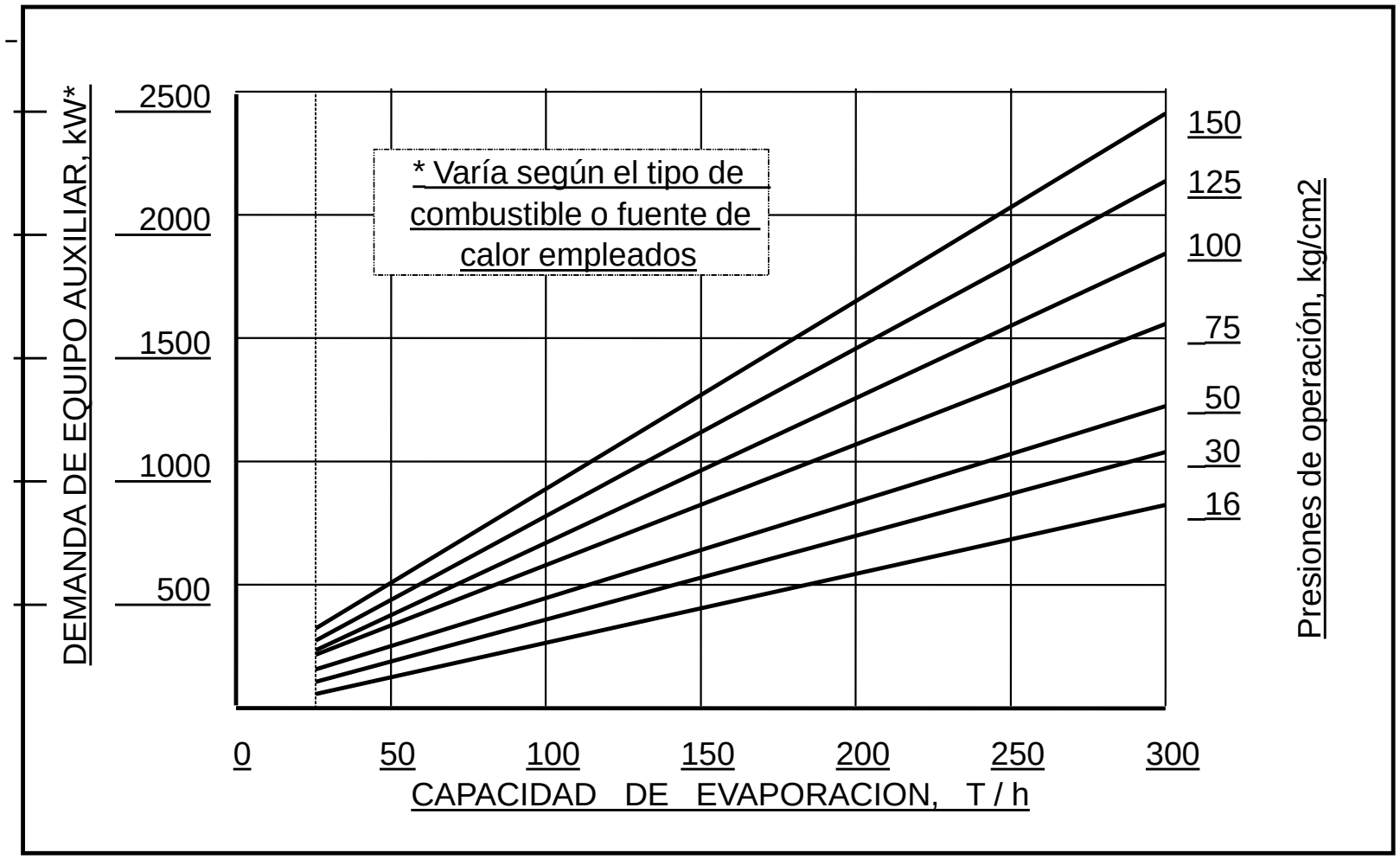
Utilización de Instalaciones de Generación de Vapor en el Área de Prestación de Servicios

GIRO	USOS DEL VAPOR
Hotelería Hospitales Edificios Centros comerciales	Calefacción, Baños, Lavandería, Cocina, Esterilización, Destilación, Limpieza

Recuperación de Inversión en Sustitución de Equipo de Generación de Vapor Usado e Ineficiente

EQUIPO	PERÍODO DE RECUPERACIÓN
Caldera de 100 CC	4.8 años
Caldera de 200 CC	4.5 años
Caldera de 40 Ton/H	3.5 años

Demanda Eléctrica Aproximada en la Generación de Vapor



Caldera



¿Qué es una Caldera?

DEFINICIÓN 1

- "Una caldera es un sistema cerrado bajo presión o vacío en el cual se calienta agua, se genera vapor o se sobrecalienta, mediante la aplicación de calor en alta temperatura proveniente de la combustión de combustibles, calor residual, electricidad u otra fuente de energía"

DEFINICIÓN 2

- "Una caldera es un sistema de componentes sujetos a presión al que transfiere calor obtenido de la combustión de una mezcla de aire – combustible para producir vapor y/o agua caliente"

DEFINICIÓN 3

- "Un generador de vapor es un transformador de energía que, dentro de sus capacidades, genera y entrega vapor en la cantidad, calidad y oportunidad requeridas por el usuario final con operación económica y segura, entendida la calidad por presión, temperatura, humedad, pureza y continuidad en la generación y dentro de las tolerancias que el uso final reclame"

Tipos de Caldera

- Por el patrón de conducción de los fluidos:
  - De tubos de agua (acuotubulares)
  - De tubos de humo (igneotubulares)

- Por el diseño del sistema de circulación agua/vapor:
  - De circulación natural
  - De circulación forzada

- Por el mecanismo dominante de transmisión de calor:
  - De convección
  - De radiación
  - De radiación y convección

- Por el combustible empleado:
  - De combustible gaseoso convencional
  - De combustibles líquidos
  - De carbón (de parrilla mecánica o de carbón pulverizado)
  - De combustibles derivados de proceso
  - De recuperación (con o sin combustión de apoyo)

Tipos de Caldera

- Por su sistema de tiro:
  - Tipo natural
  - Hogar a presión
  - Tiro balanceado
- Por el sistema de soporte:
  - Auto-soportadas
  - Suspendidas
- Por el tipo de hogar:
  - Hogar separado
  - Hogar integral
- Por condición de entrega del vapor:
  - Vapor saturado
  - Vapor sobrecalentado
  - Vapor sobrecalentado y recalentado

Tipos de Caldera

- Por su presión de operación:
  - Presión constante
  - Presión variable

- Por su equipamiento:
  - Sin equipo de recuperación
  - Con equipo de recuperación

- De acuerdo a su utilización o aplicación:
  - Para uso Residencial
  - Para uso Comercial
  - Tipo Industrial
  - Para Generación de energía eléctrica

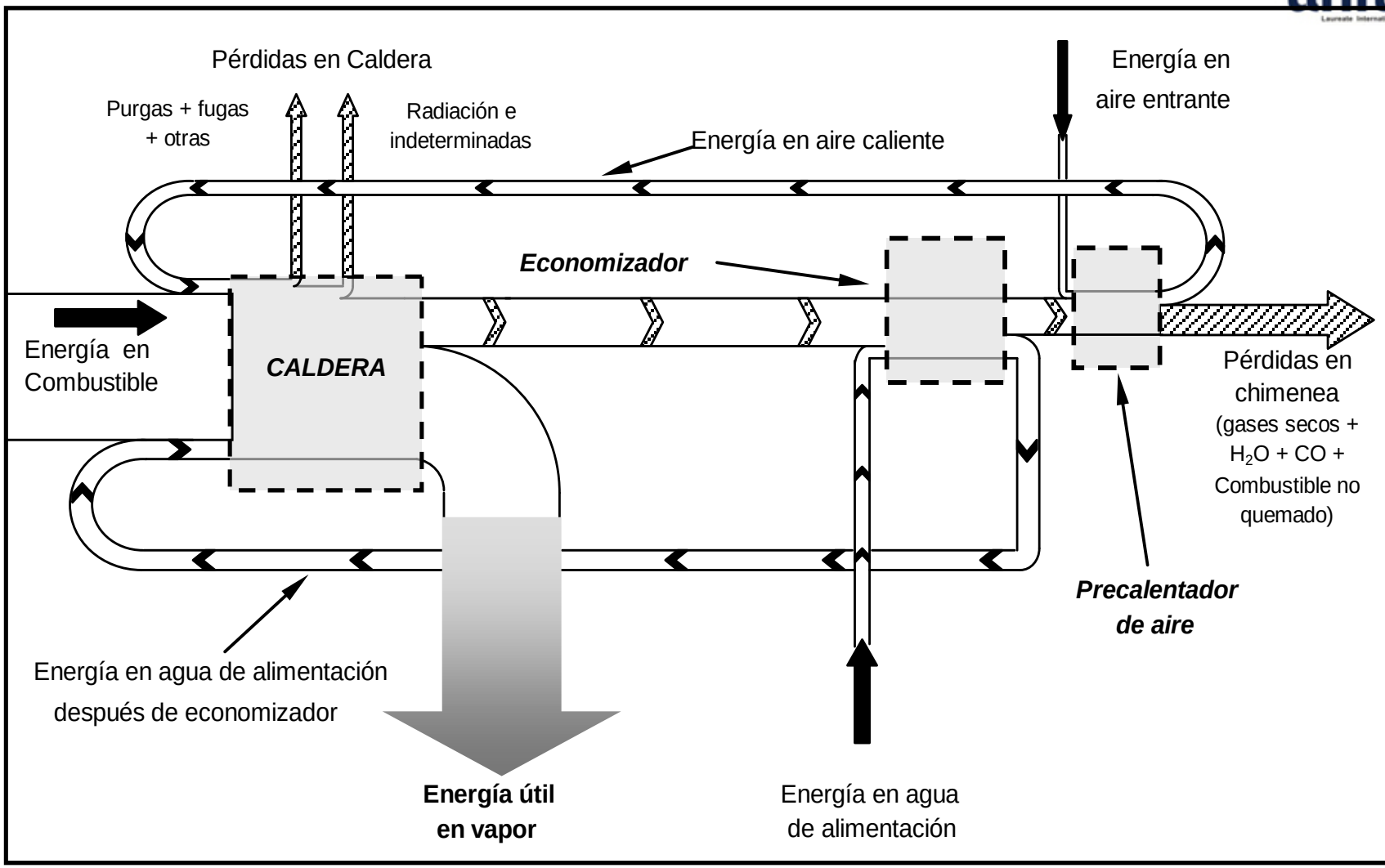


FIG. 2–1 FLUJO DE ENERGÍA – GENERADOR DE VAPOR INDUSTRIAL

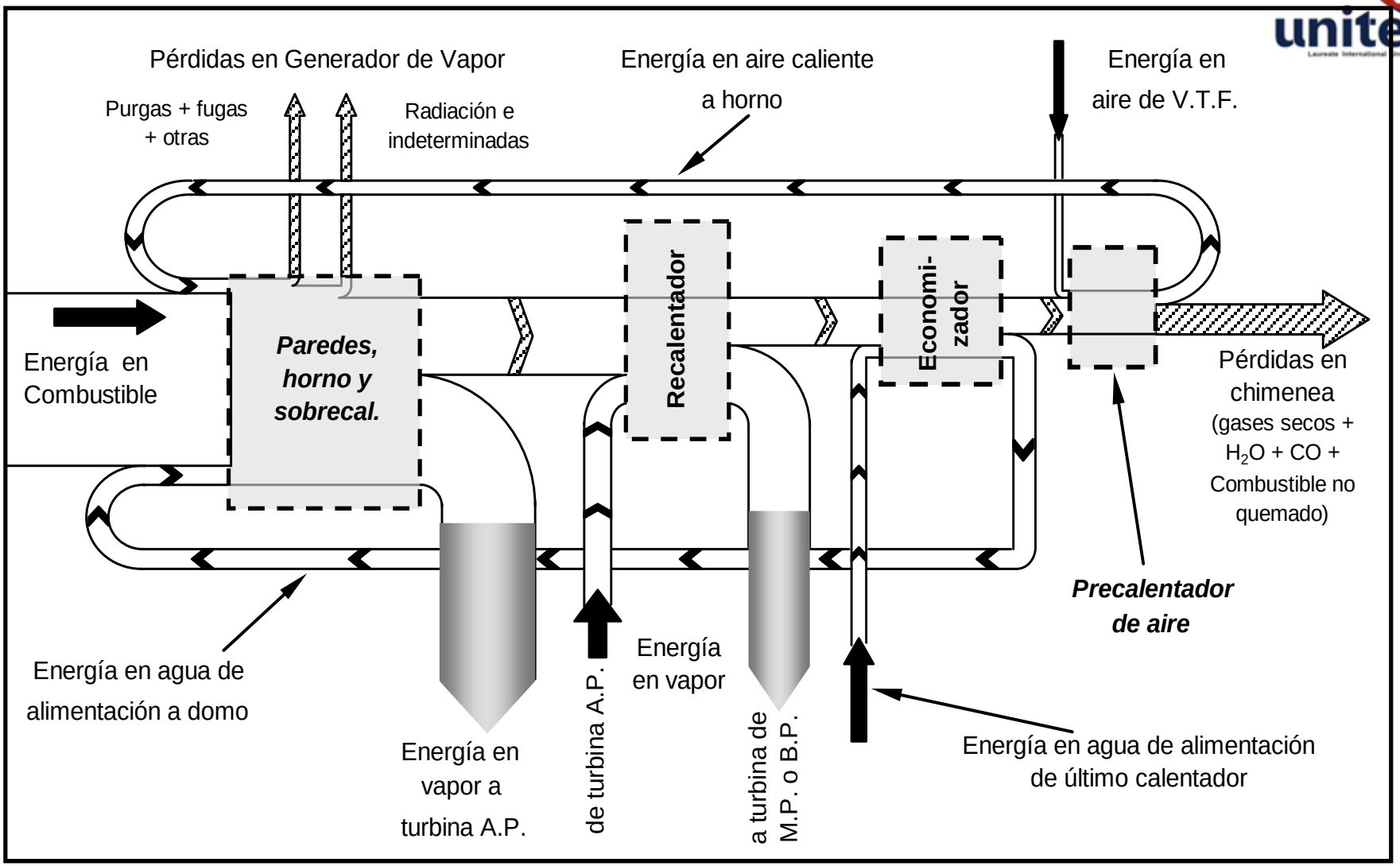


FIG. 2–2 FLUJO DE ENERGÍA – GENERADOR DE VAPOR DE GRAN CAPACIDAD PARA CENTRAL TERMOELÉCTRICA

CIRCULACION

Para la produccion continua de vapor es necesario un Sistema de agua de confinable ya que es necesario una circulacion constante

La circulacion puede ser natural, controlada o forzada

Coeficiente de circulacion

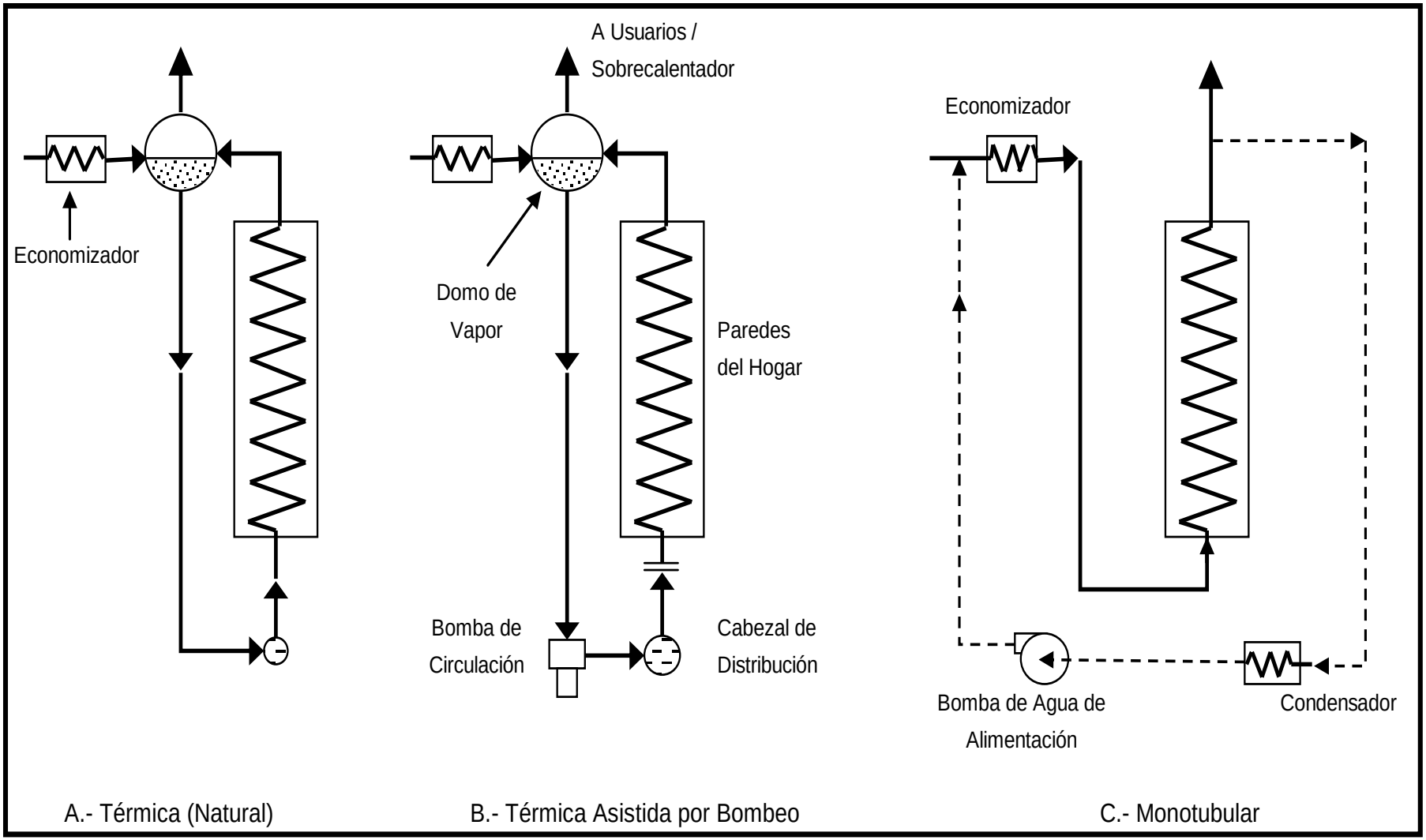
$$\eta = \frac{W_a}{W_v}$$

$W_a = Flujo\ de\ agua$

$W_v = Flujo\ de\ vapor$



Sistemas de Circulación en un Generador de Vapor



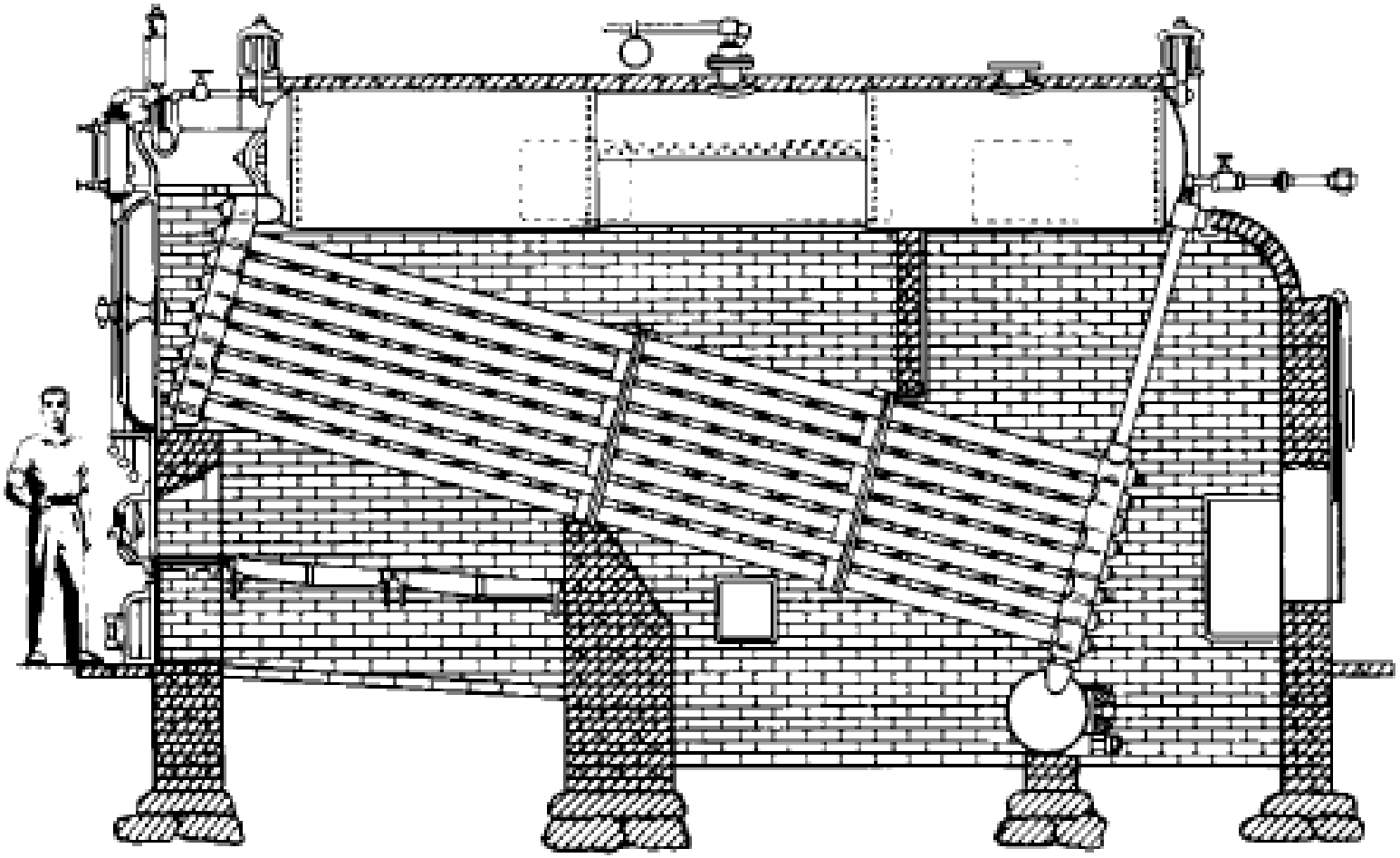
A.- Térmica (Natural)

B.- Térmica Asistida por Bombeo

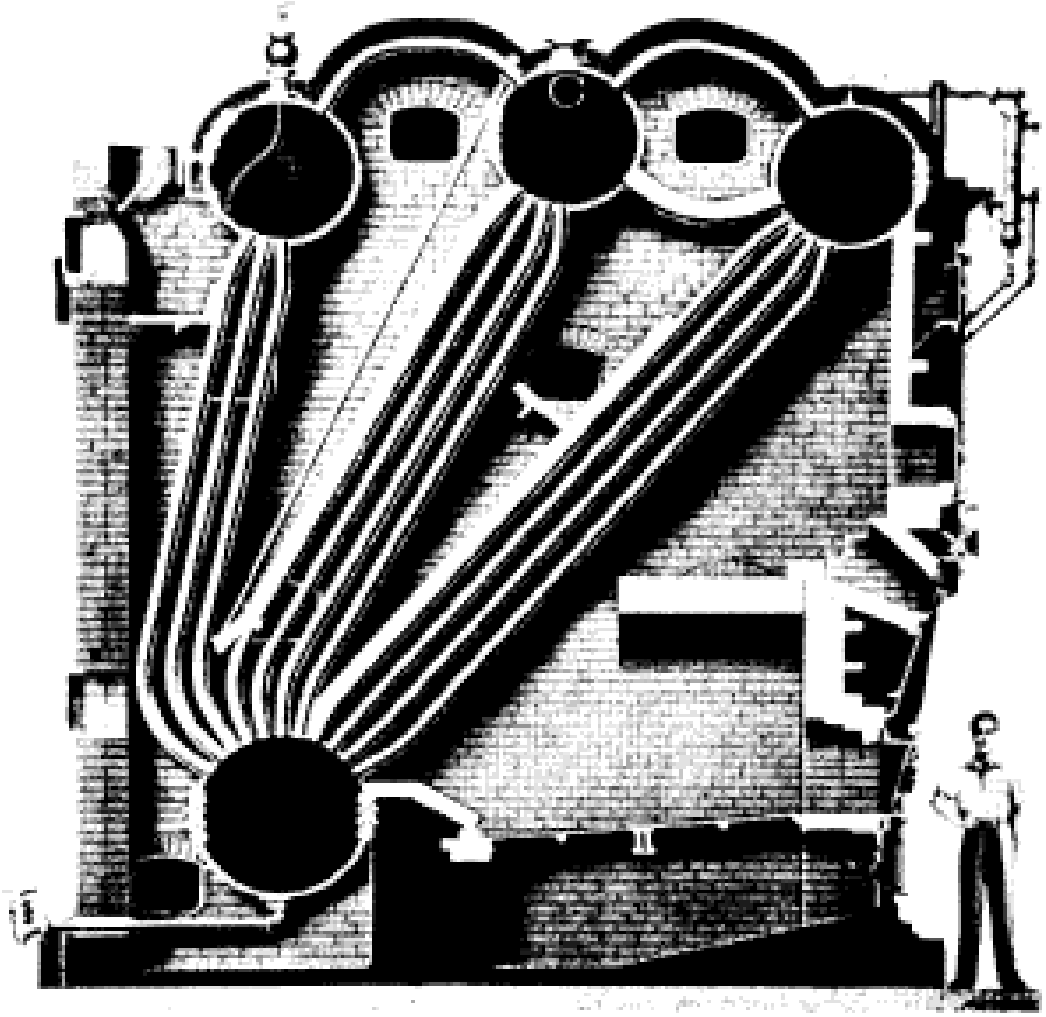
C.- Monotubular

Evolución de Calderas de Tubos de Humo

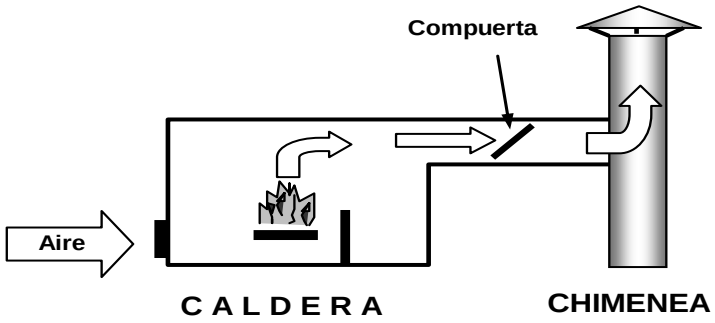
Diseño Mejorado de Calderas Acuotubulares B&W



Caldera Stirling –
Diseño con Tubos Curvos

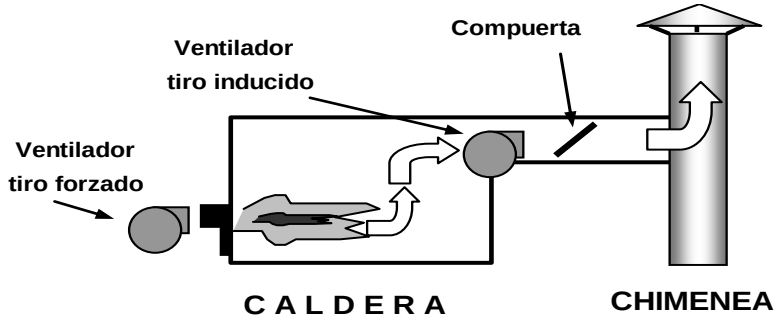


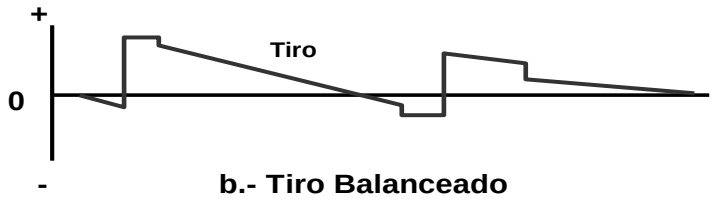
Diferentes Sistemas de Tiro – Gradiente Aire / Gases



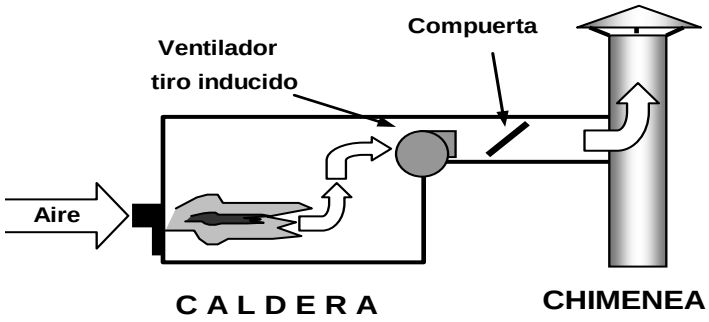


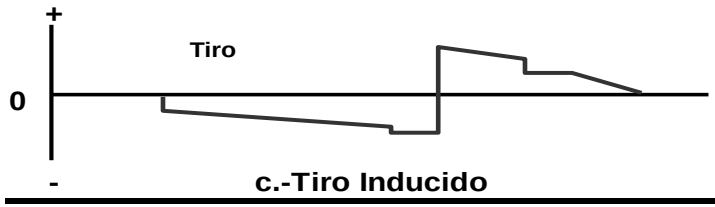
a.-Tiro Natural



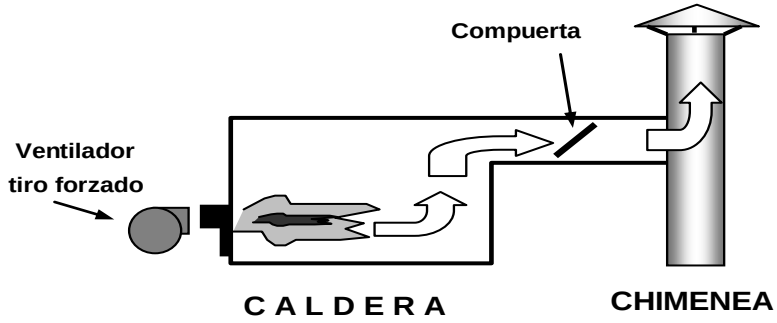


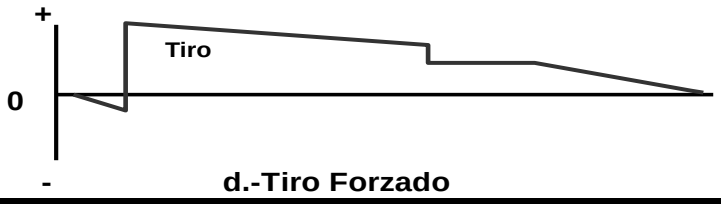
b.- Tiro Balanceado





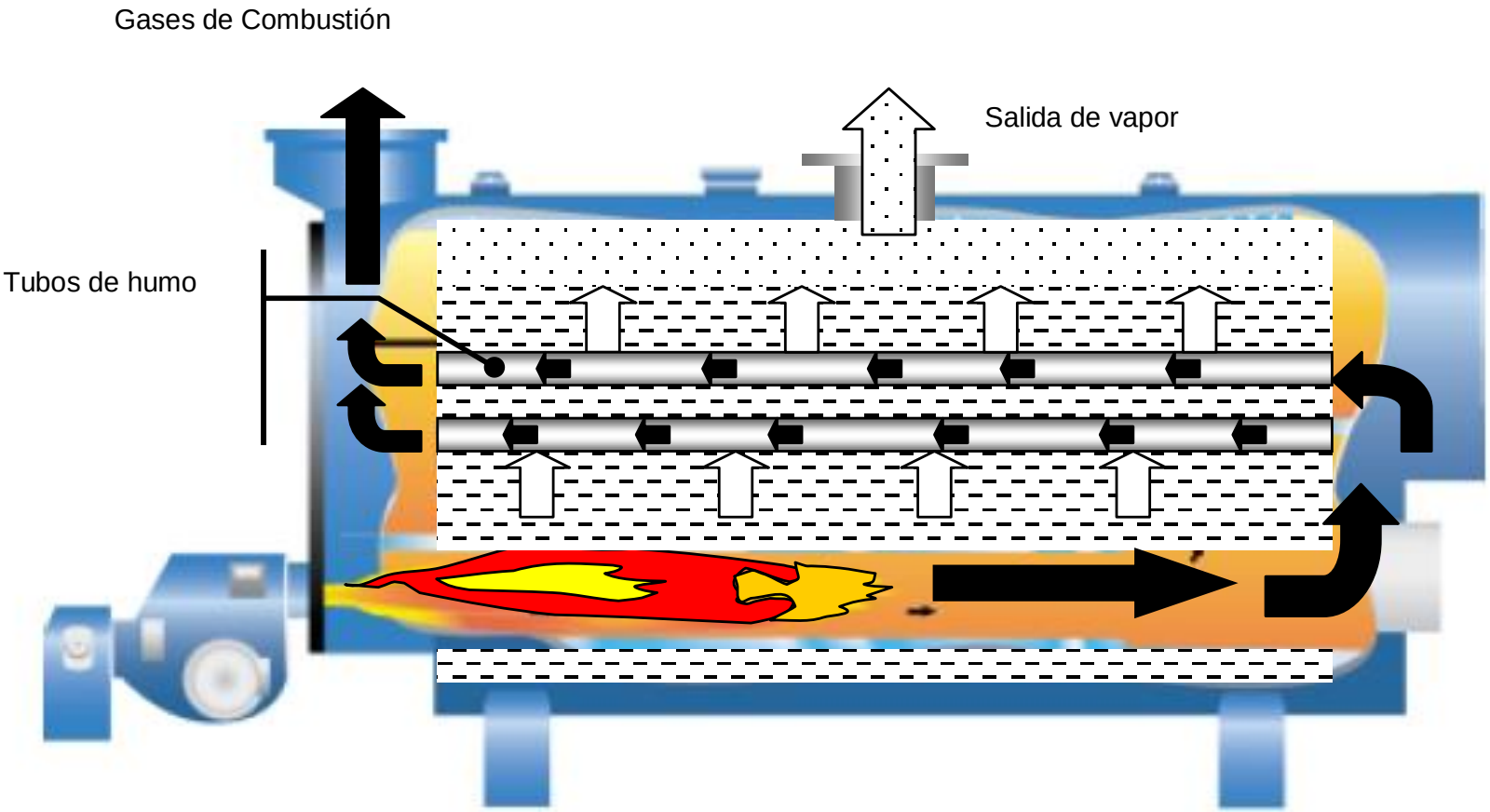
c.-Tiro Inducido



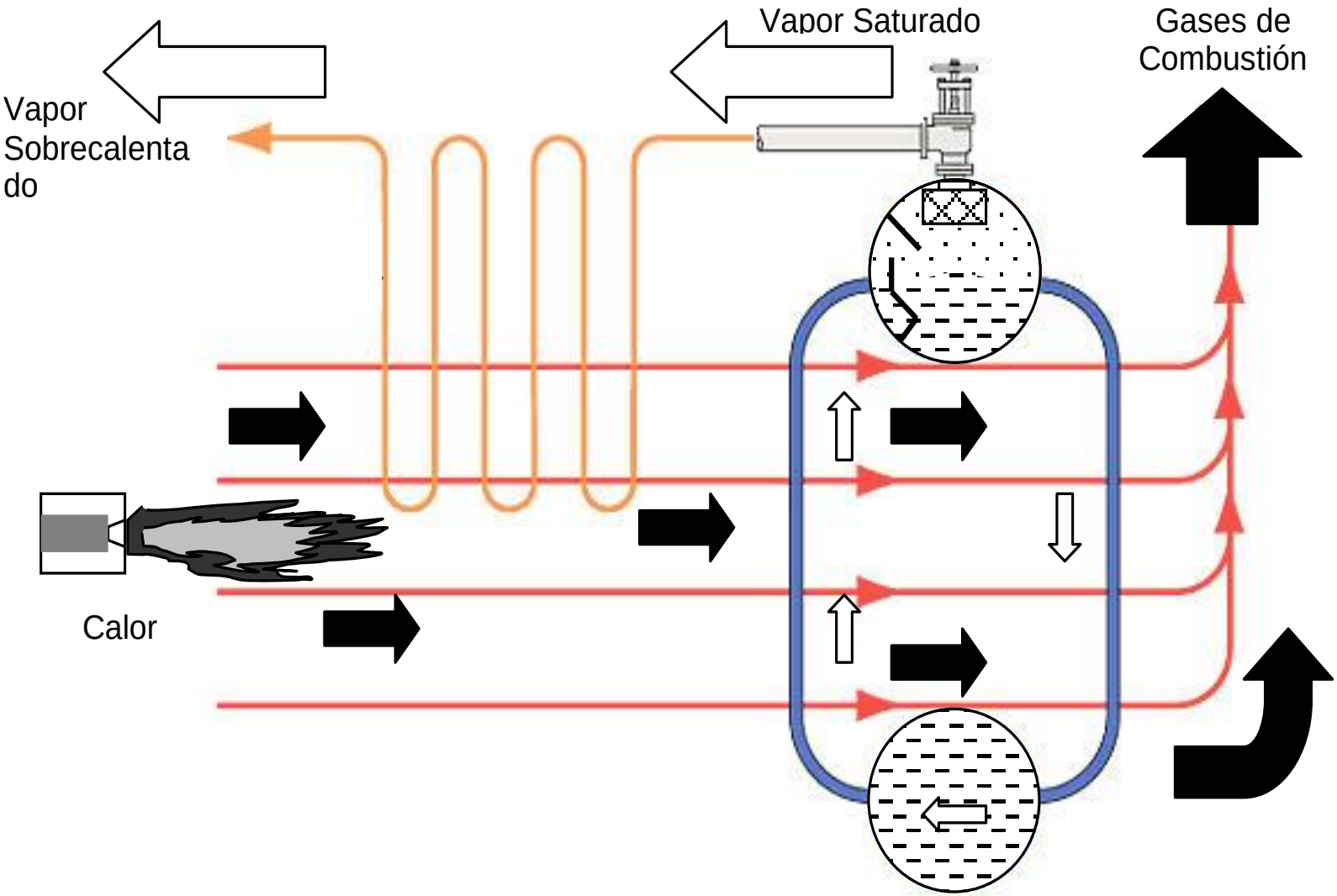


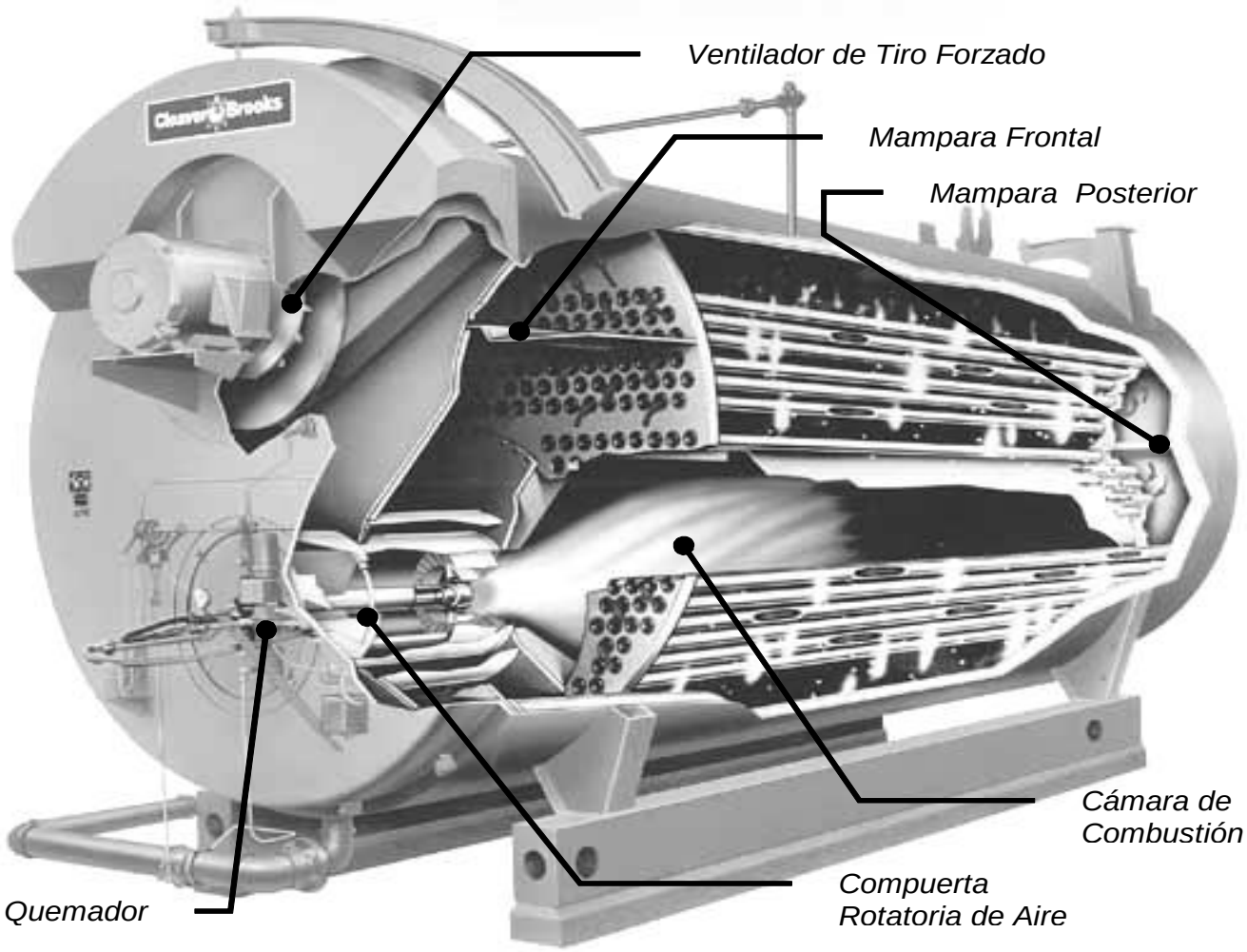
d.-Tiro Forzado

Caldera de Tubos de Humo



Caldera Acuotubular (esquemático)




Ventilador de Tiro Forzado
Mampara Frontal
Mampara Posterior
Cámara de Combustión
Compuerta Rotatoria de Aire
Quemador

Caldera Paquete de Tubos de Humo – Quemando Fuel Oil / Igneotubulares

VENTAJAS

1. Capacidad de soportar fluctuaciones transitorias de carga bruscas produciendose solo ligeras variaciones en la presion debido a la gran cantidad de agua almacenada.

2. Bajo costo inicial

3. Bajo costo de mantenimiento

4. Simplicidad de instalaciones que solo exigen, por el concepto, paquete en que se fabrican la cimentacion y las inteconexiones de la caldera , las redes de agua, vapor, combustible, energia electrica, drenajes y venteos ya instalados previamente de la fabrica

DESVENTAJAS

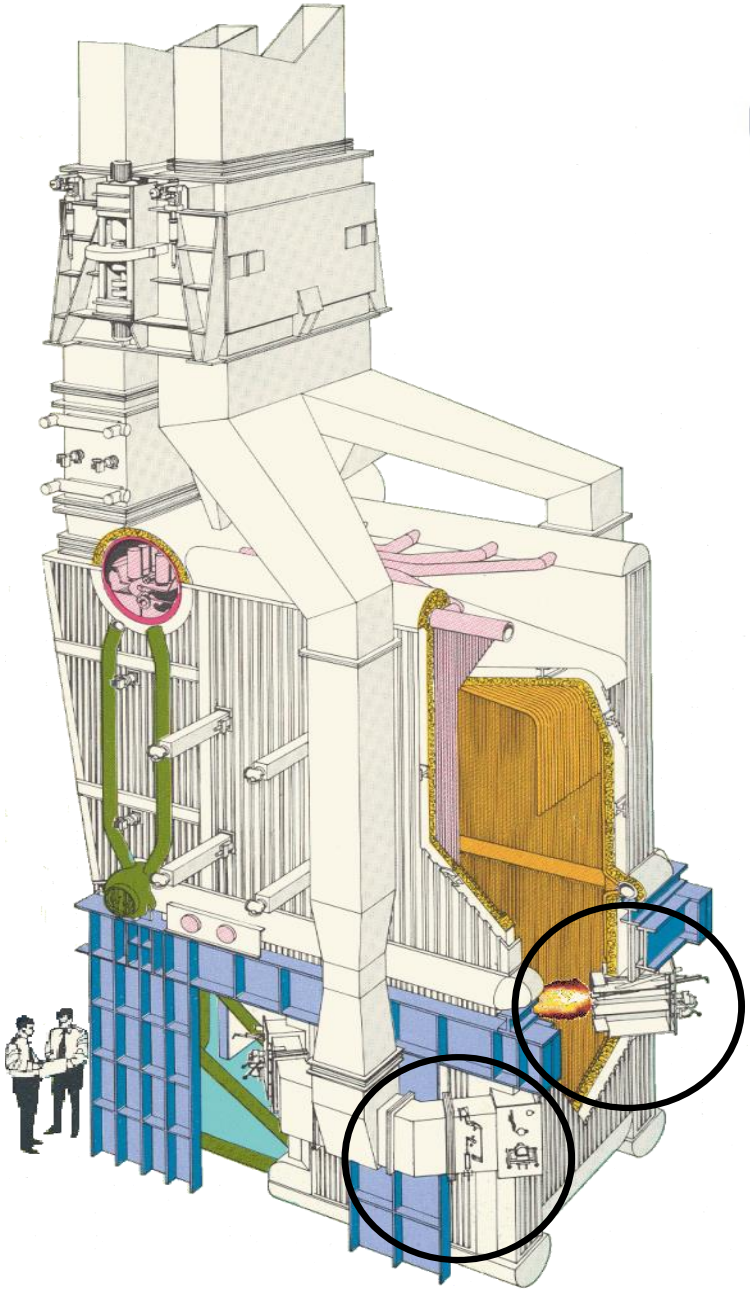
1. Restricciones en el tamaño y capacidad.y condiciones de operacion por Resistencia y costo del casco.

2. Tensiones termicas

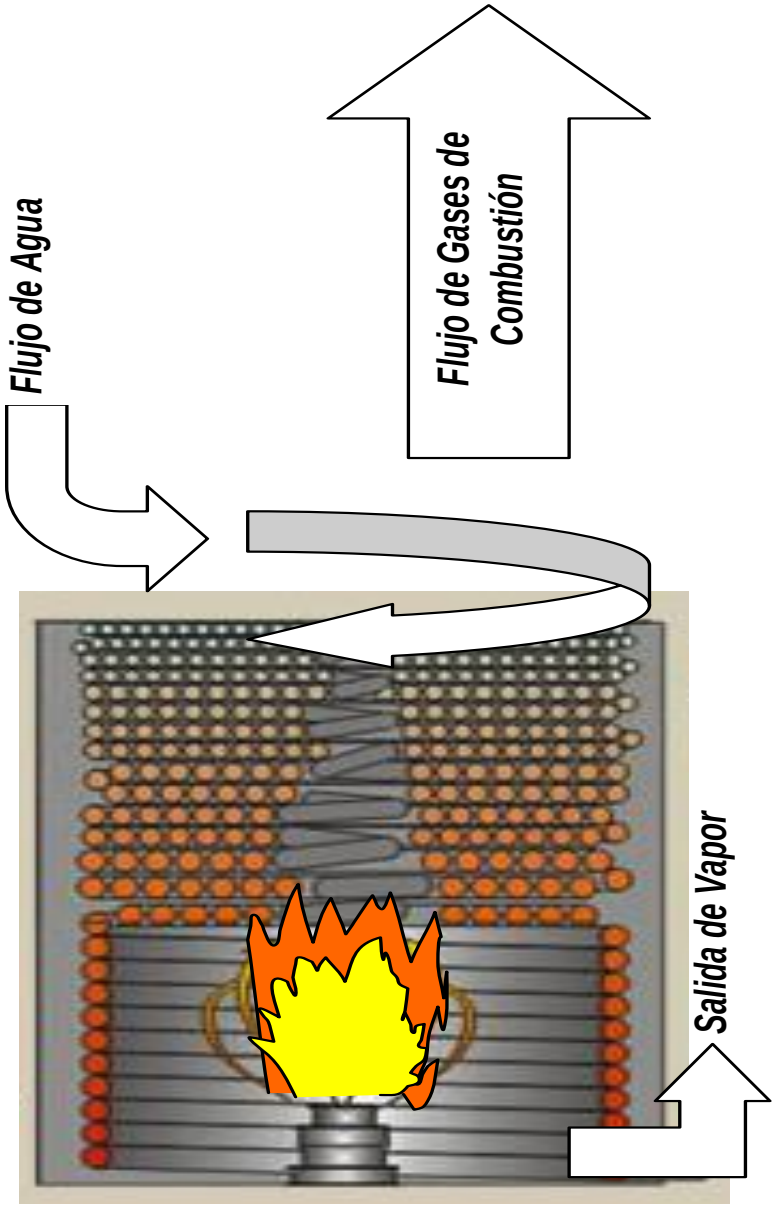
3. Peligro de explosion por diseños rudimentarios e inscrustraciones

1. Capacidad de respuesta es inferior a la de algunos diseños acuatubulares por la diferencia de masa de agua en la caldera/

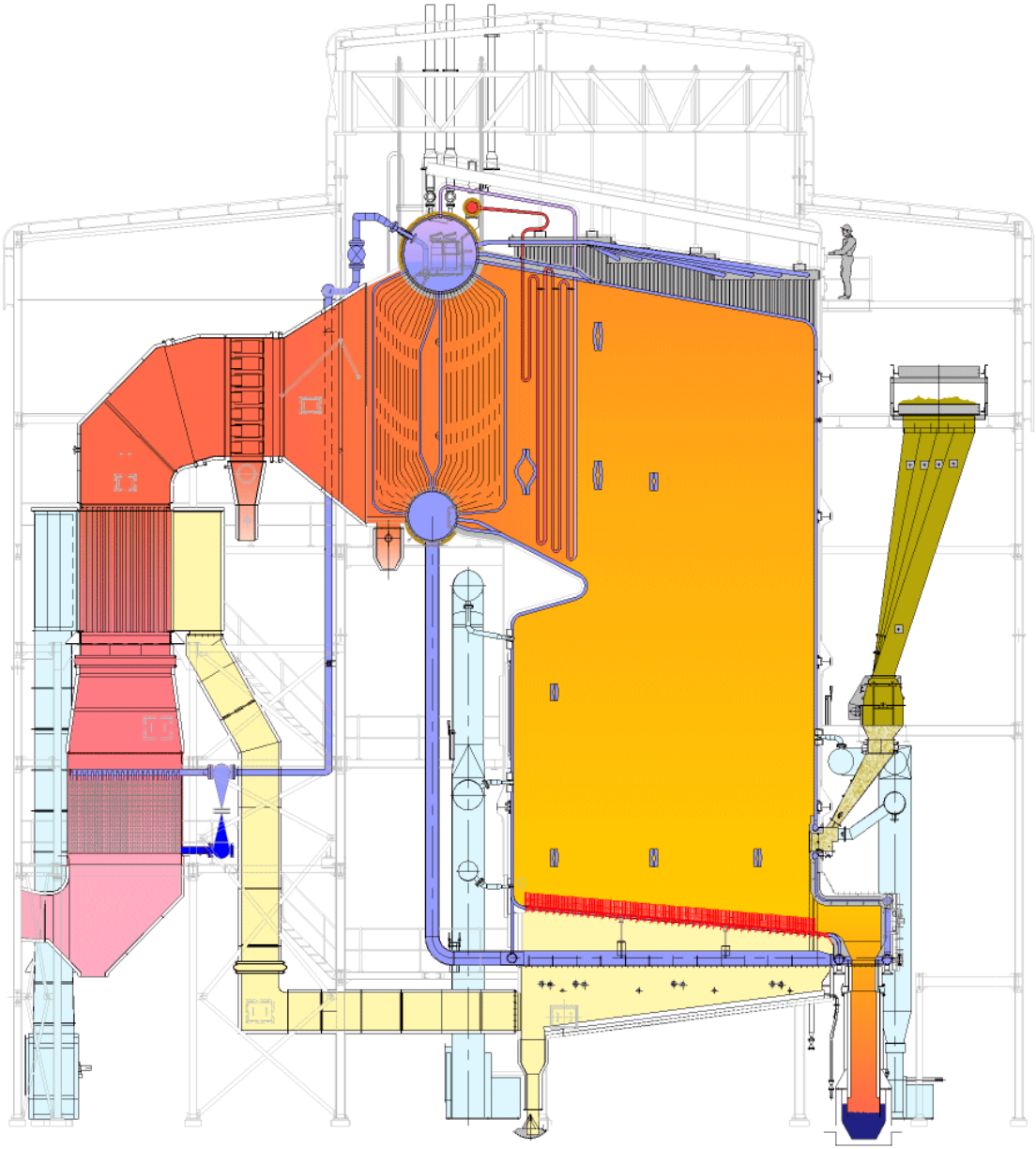
Caldera Acuotubular Industrial – Horno con Quemadores Tangenciales

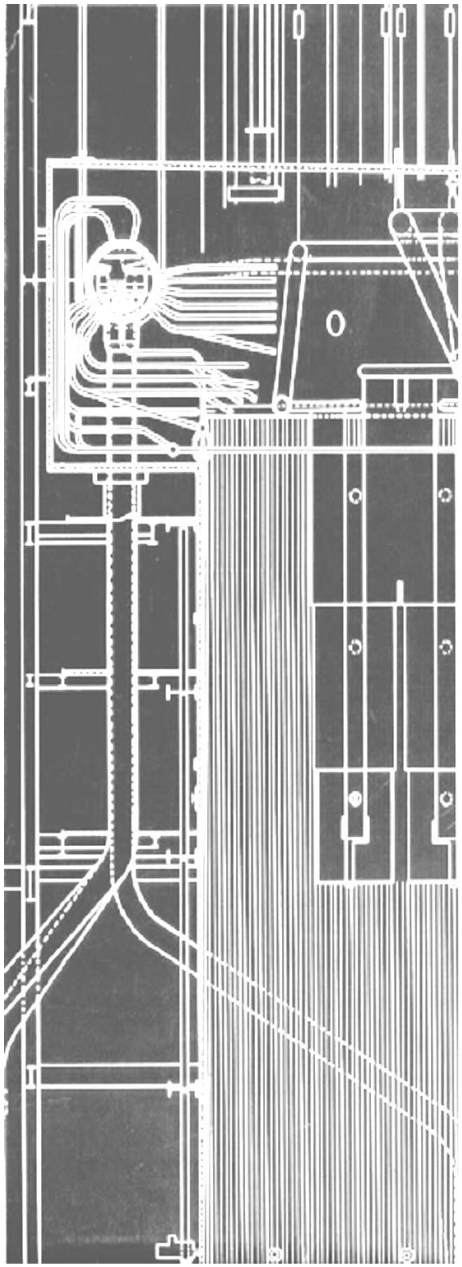


Caldera Monotubular Sin Línea Fija de Nivel



Caldera Tipo Stirling para Quemar Bagazo de Caña – Hogar Separado





Influencia del Diseño en el Comportamiento Energético de las Calderas

"El conocimiento conceptual de diseño asegura la mejor selección, energéticamente, de una caldera"

Utilización de la caldera y de la energía

Diferencias en diseños básicos

Combustibles y combustión

(La transmisión del calor

Condición del vapor

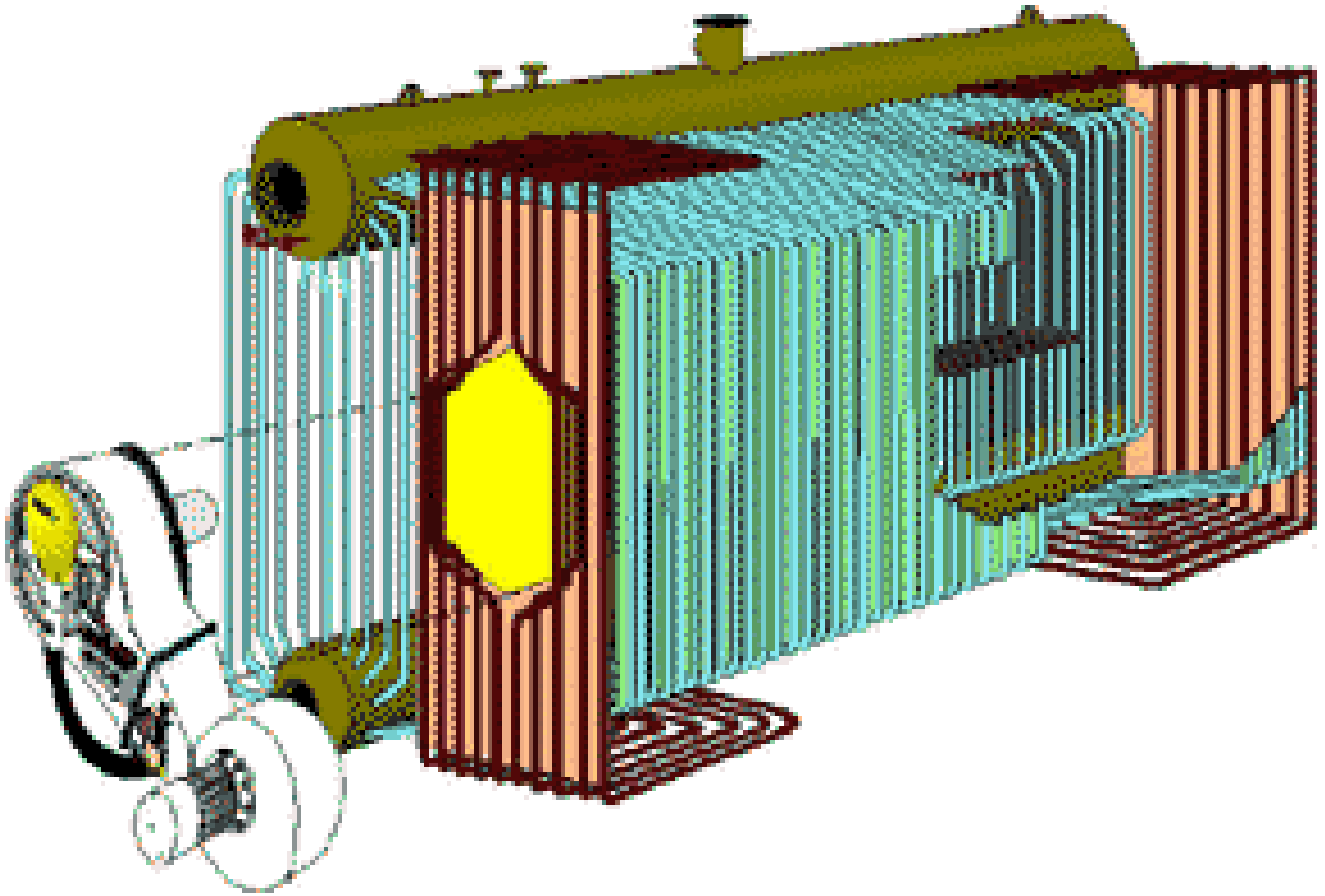
Recuperación de calor

¿Qué diseño es más conveniente?

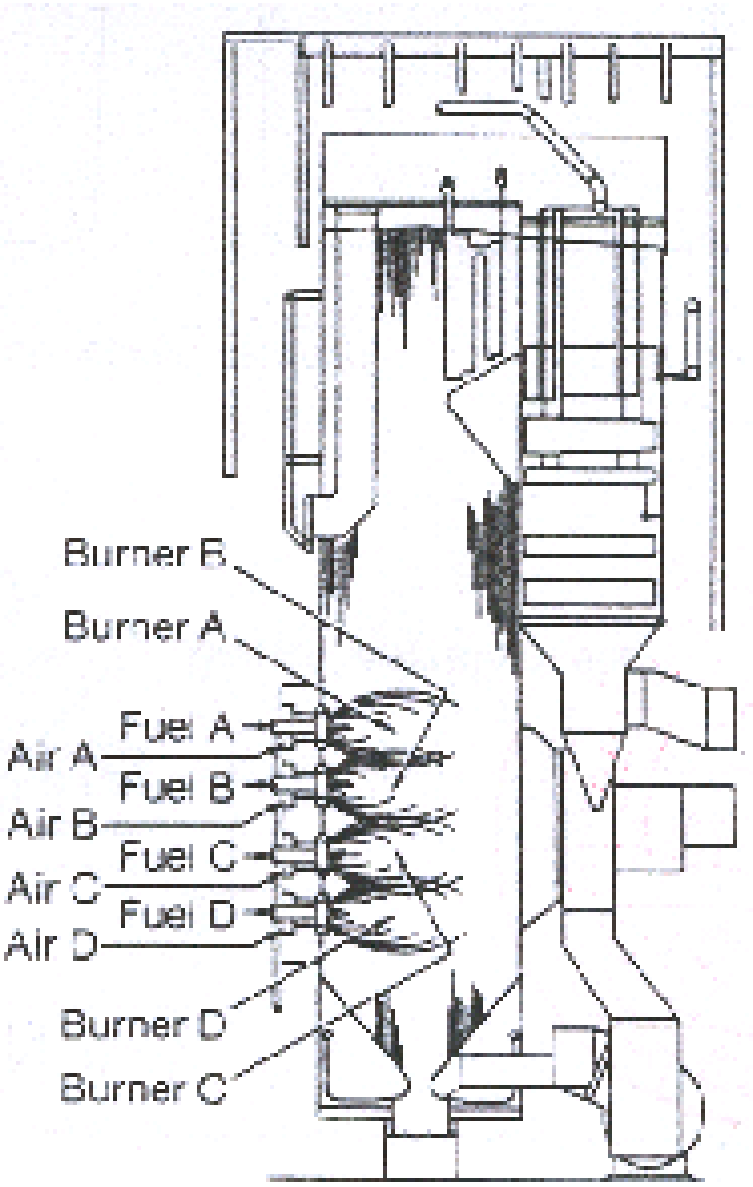
Eficiencias Típicas para Calderas Industriales Nuevas

Combustible	Eficiencia de Caldera en Condición de:	
	Carga Plena	Baja Carga
Carbón	85%	75%
Combustóleo	80%	72%
Gas	75%	70%
Biomasa	70%	60%

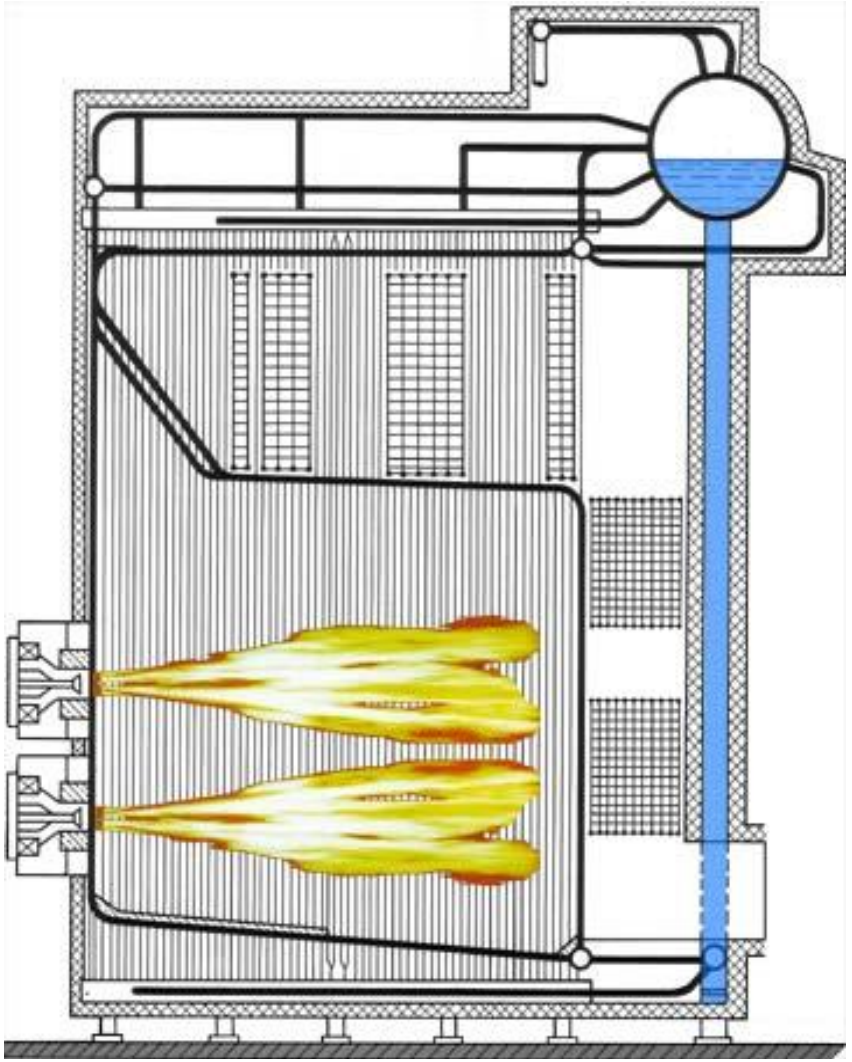
Caldera con Diseño para Operar con un solo Quemador



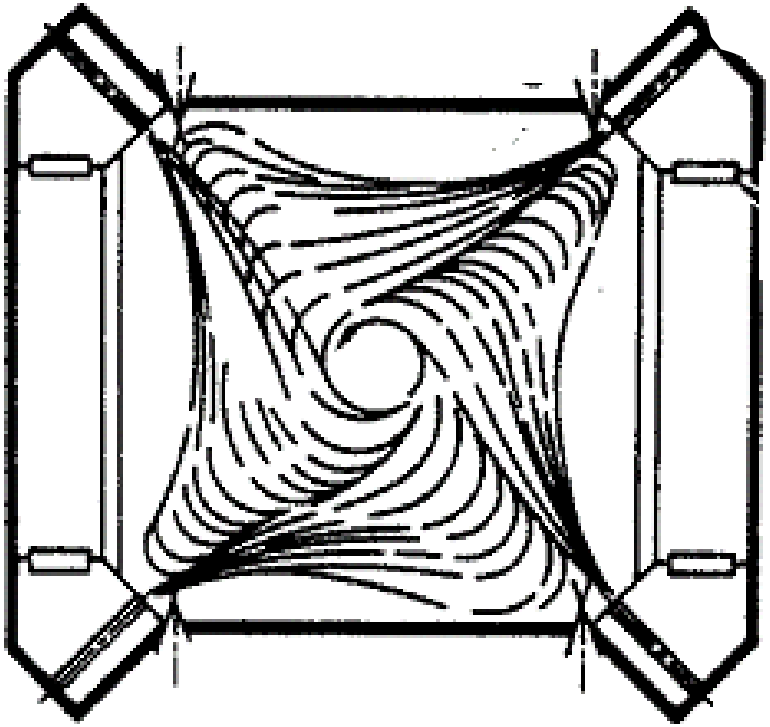
Disposición de Quemadores Múltiples en el Hogar de una Caldera

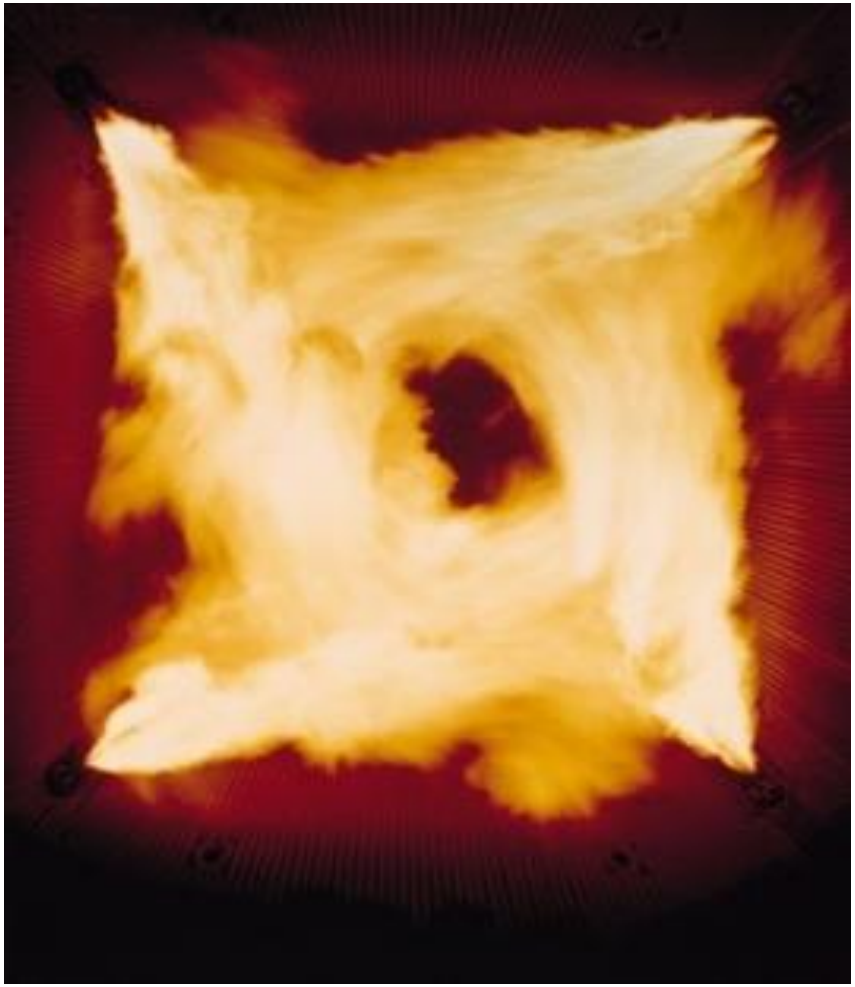


Caldera con Doble Línea de Quemadores Frontales

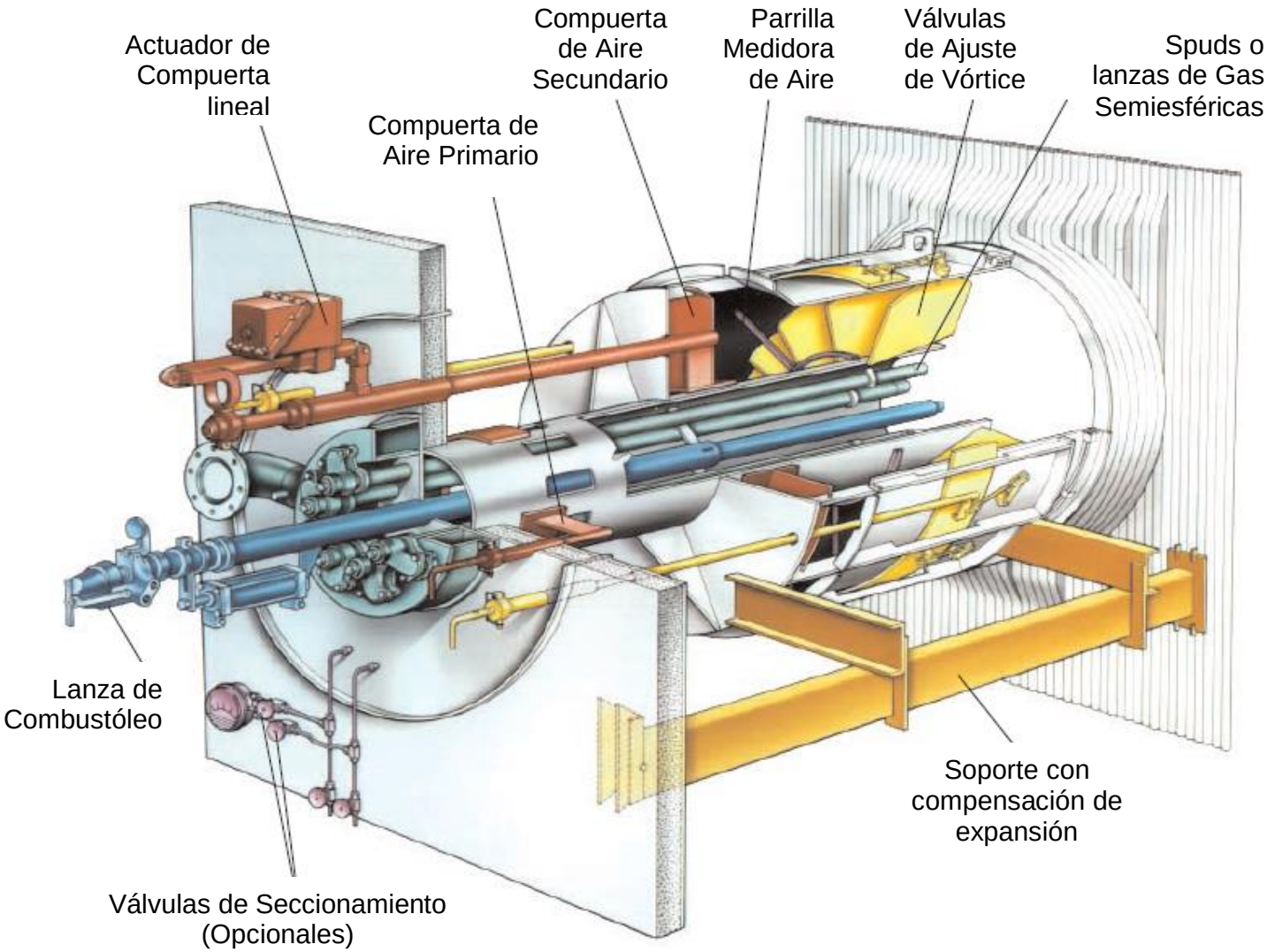


Disposición de Quemadores Tangenciales y Fotografía Real del Fuego

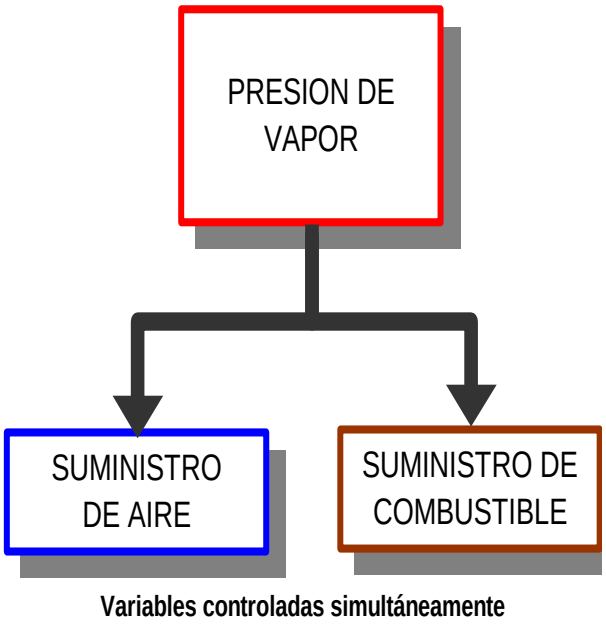




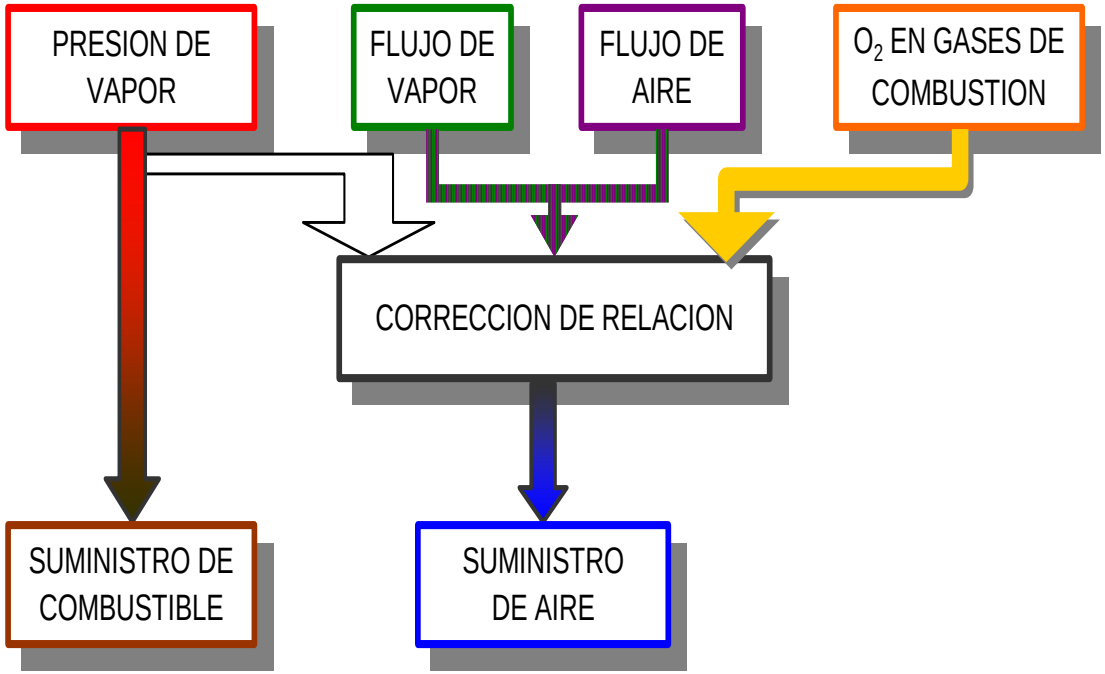
Equipo de Combustión Dual de Alta Eficiencia y Bajo NO_x



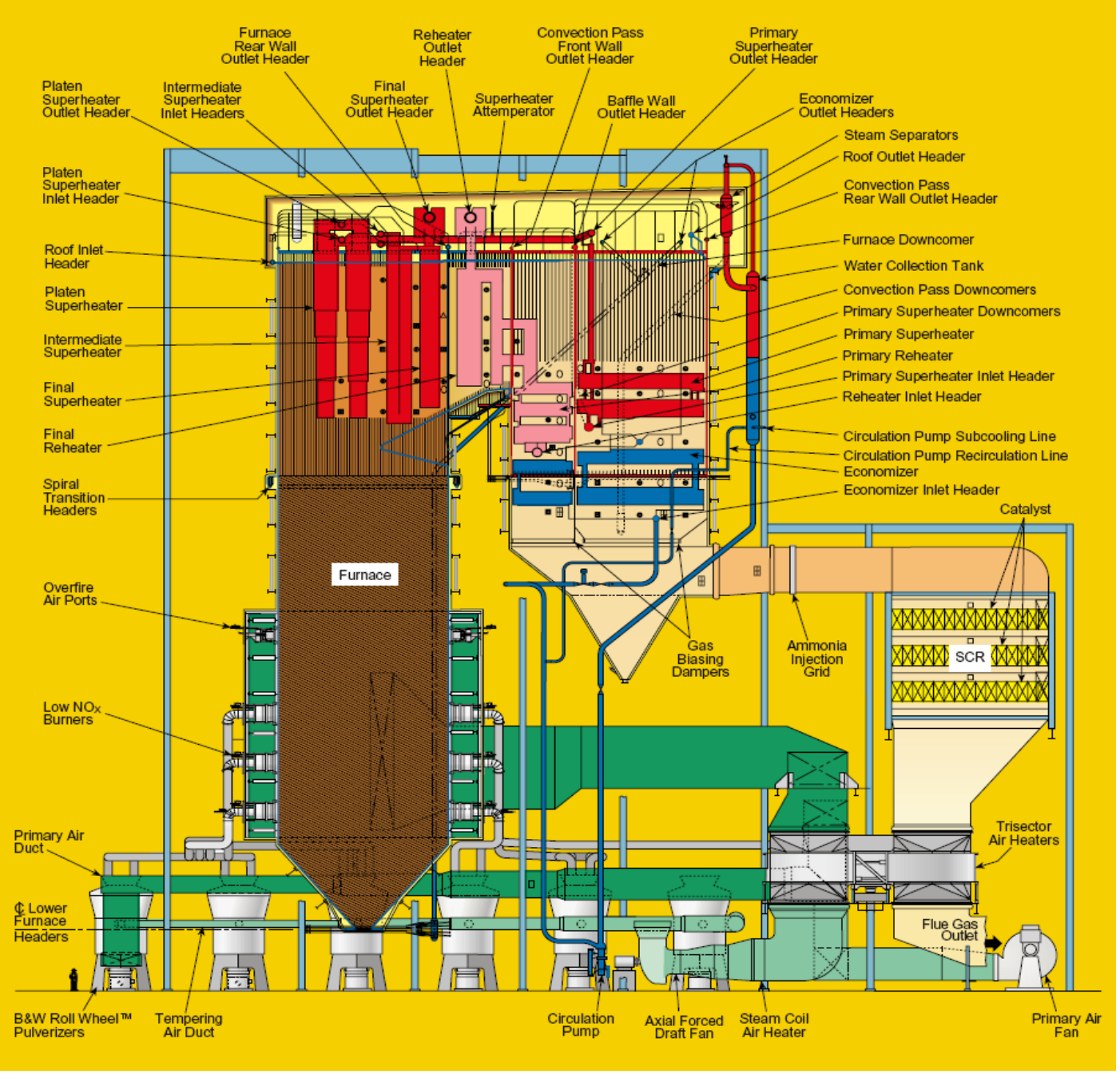
Dos Sistemas de Control de Diferentes Capacidades



(a) Control Serie - Paralelo

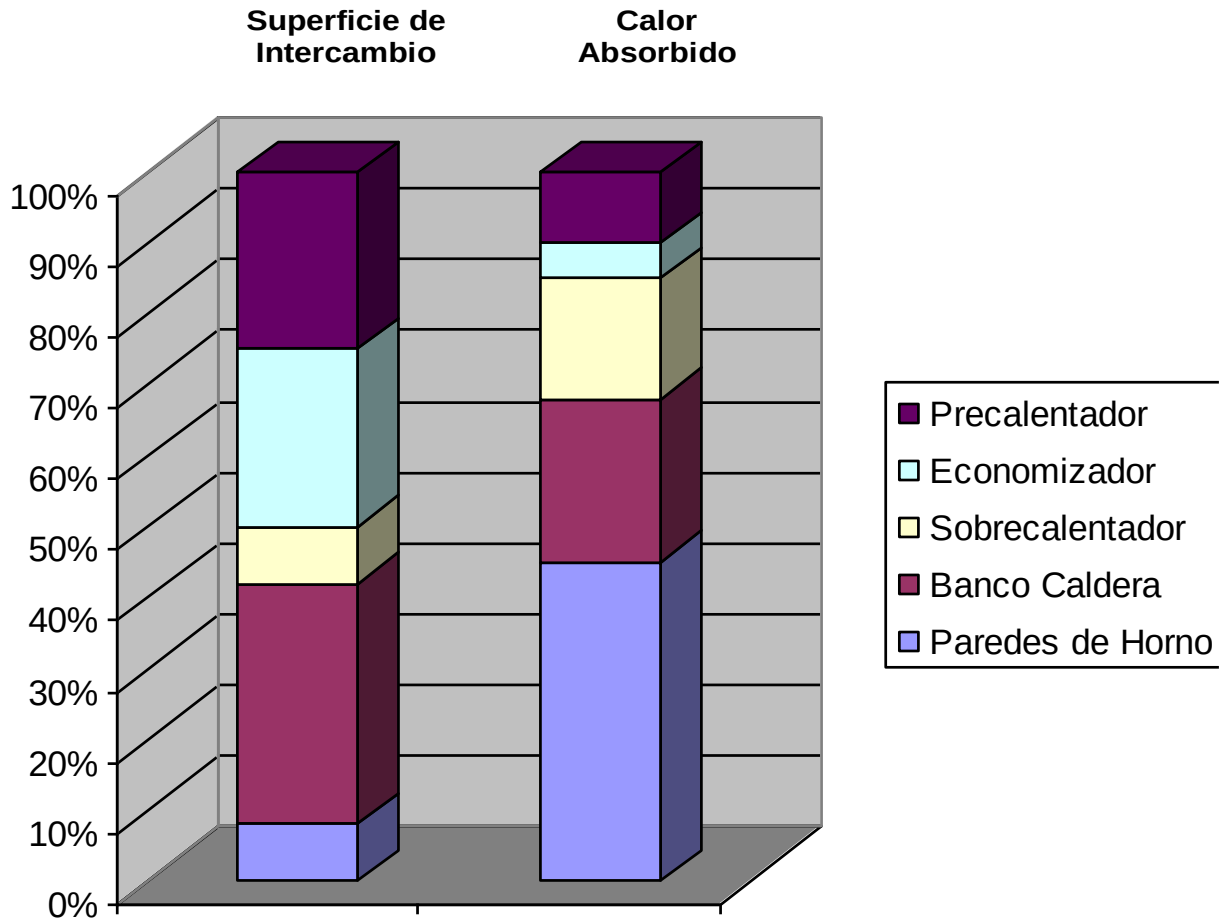


(b) Control por Medición con Corrección de O_2

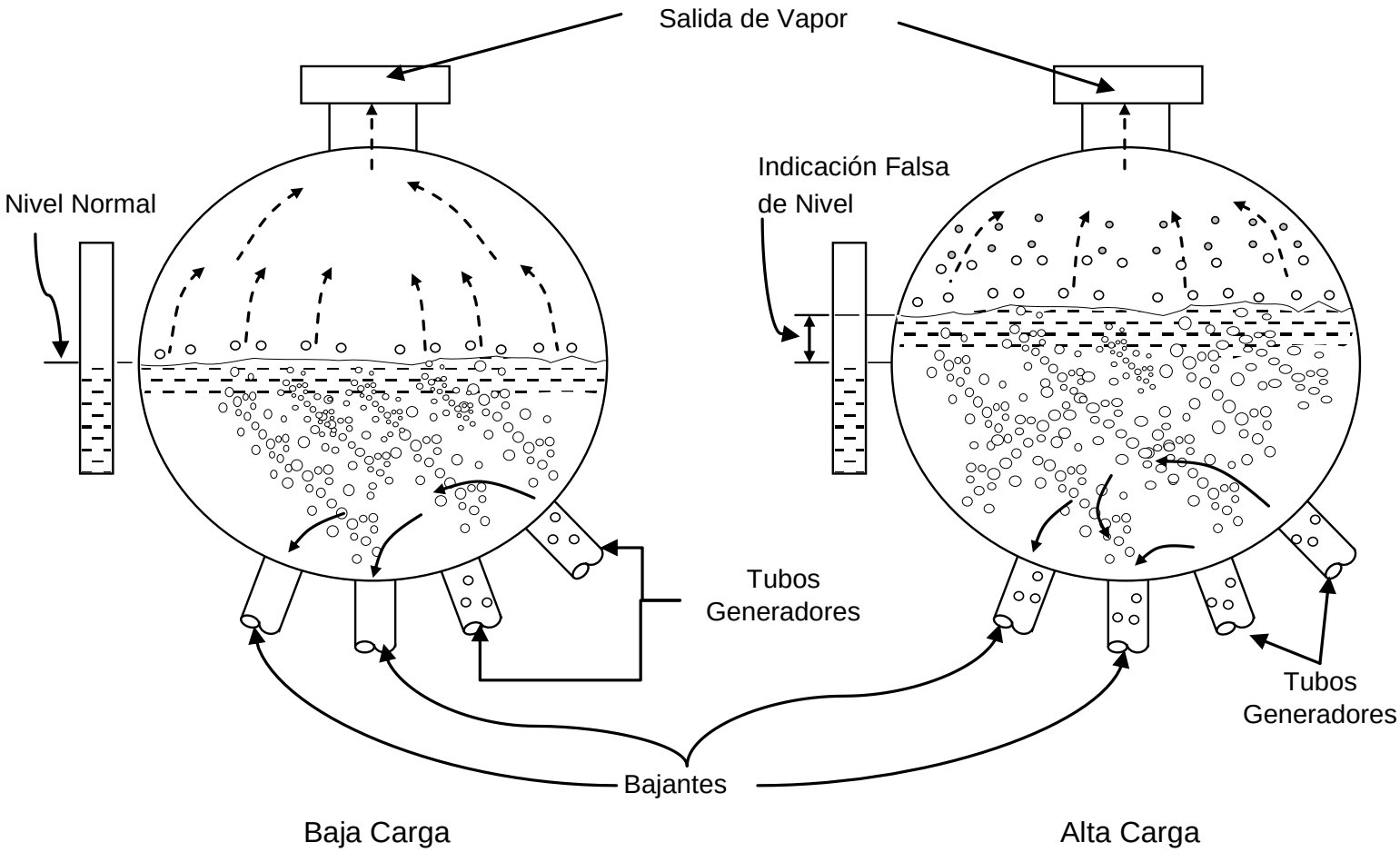


Caldera de Gran Capacidad (1,300 MW) para Central Termo-eléctrica

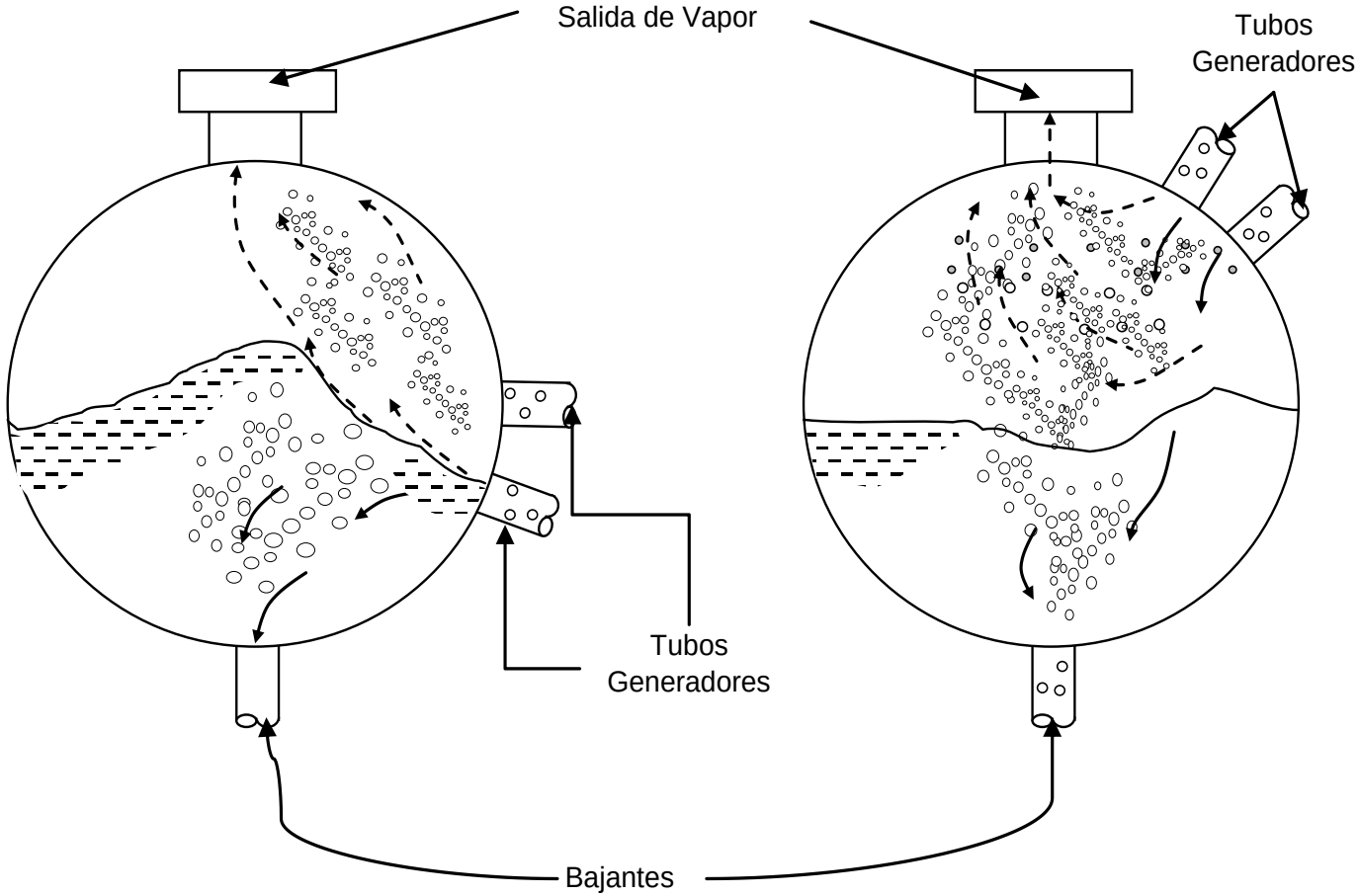
Superficie de Intercambio y Calor Absorbido en Diferentes Secciones de un Generador de Vapor



Efecto de la Carga sobre la Separación del Vapor en un Domo sin Elementos Internos de Separación



Efecto de Ubicación de Tubos Generadores sobre la Separación del Vapor en un Domo sin Elementos Internos de Separación

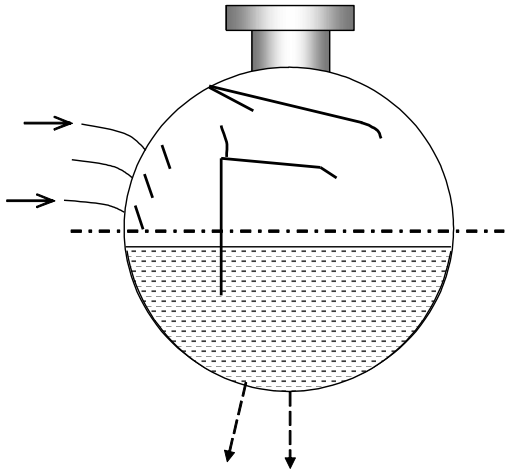


Descarga de Genradores:

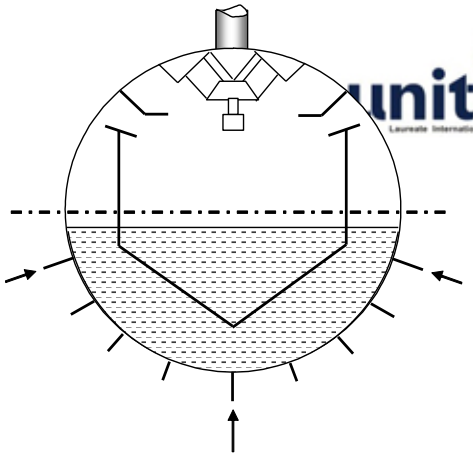
Cerca de Línea de Centro

Sobre Línea de Centro

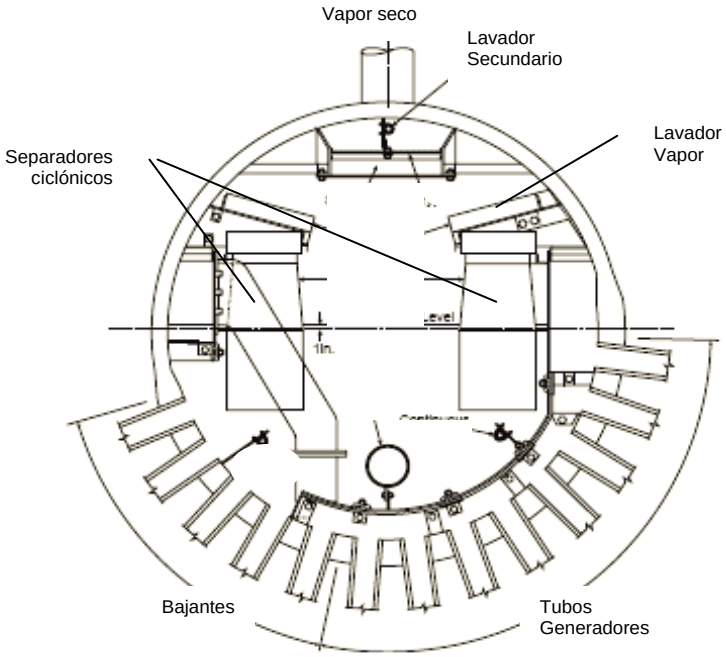
Diferentes Tipos de Separador [a) y b) con mampara deflectora, c) Separador Centrífugo]



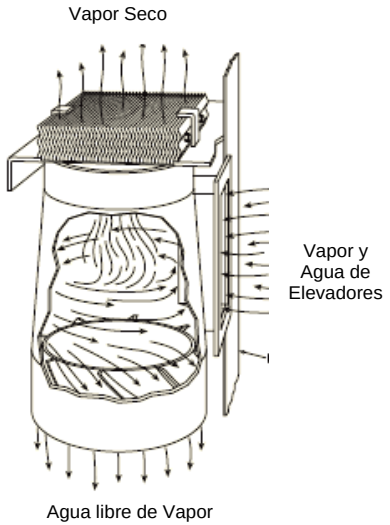
(a)



(b)



(c)



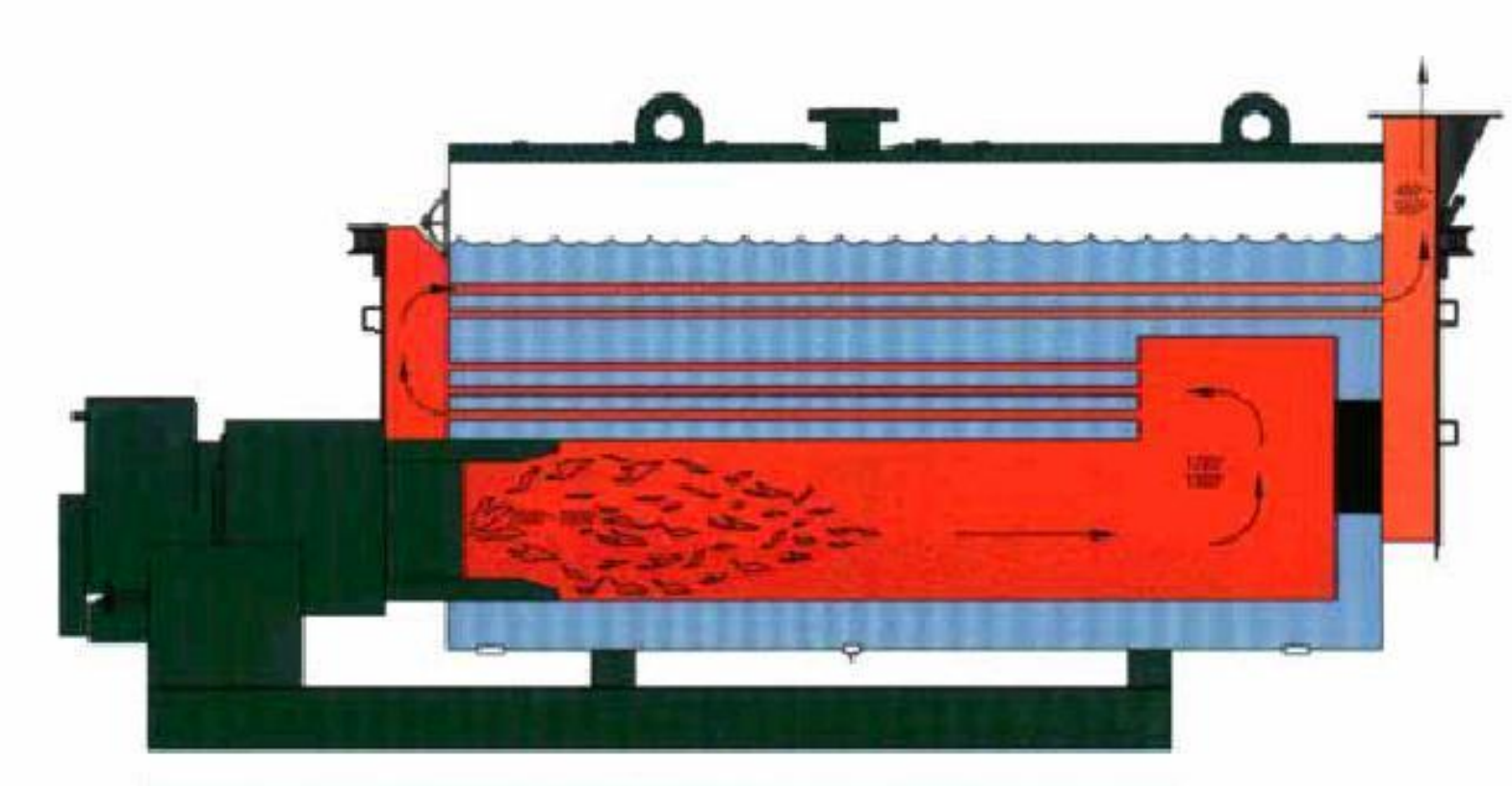
Detalle Separador ciclónico

Calderas Industriales y de Centrales Termoeléctricas

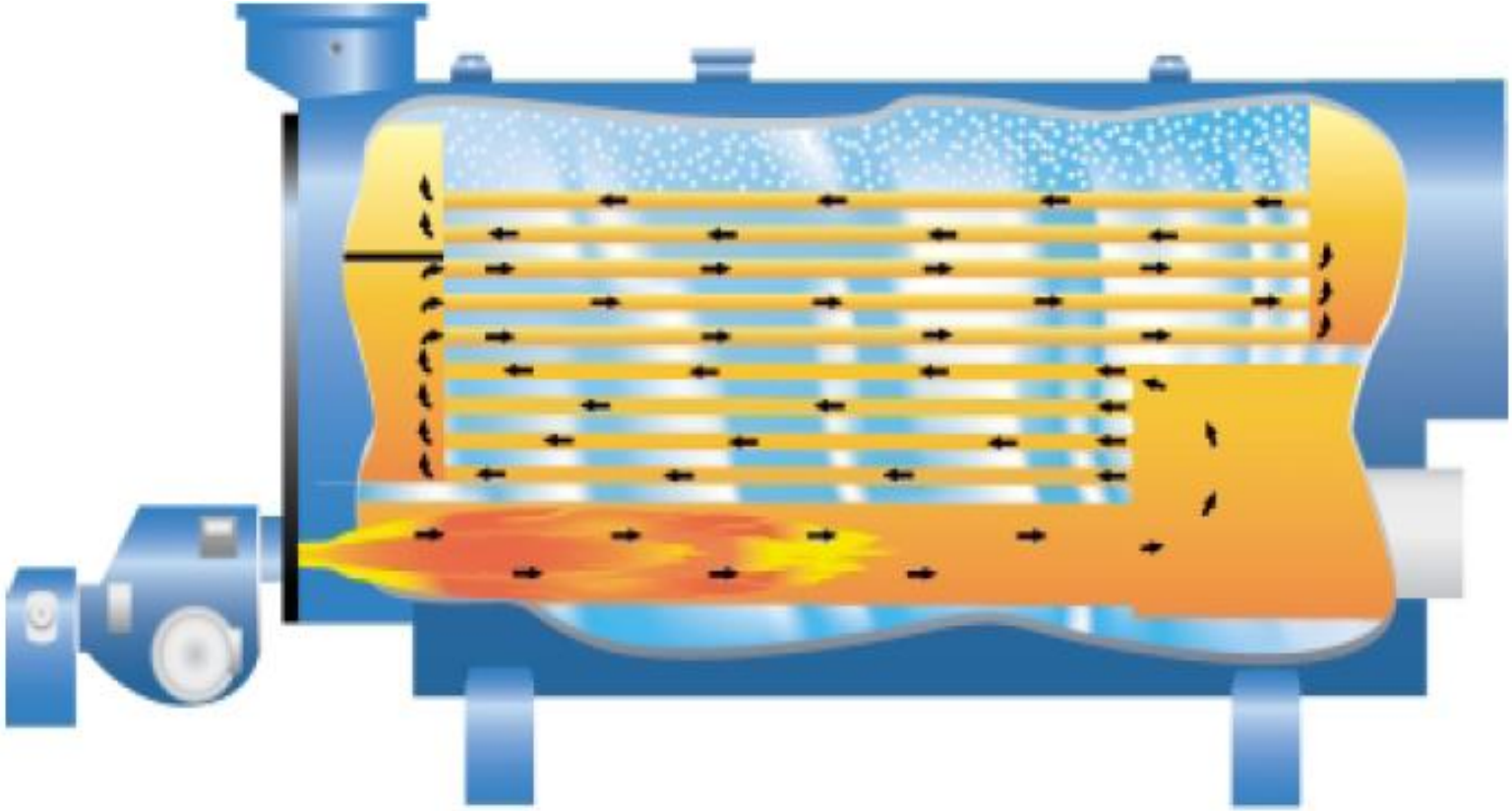
Características y Condiciones de Operación de Acuerdo al Servicio

Características de la Instalación	*Caldera Industrial*	*Central Termoeléctrica*
Capacidades	Pequeña a Grande	Gran Capacidad
Condiciones de Operación	Bajas a Altas	Altas
Temperaturas de Vapor	100 - 400ºC	450 - 650ºC
Presiones de Operación	4 - 60 kg/cm^2	70 - 170 kg/cm^2
Capacidad de Evaporación	1 - 150 T/h	250 - 1,000 T/h
Capacidad Eléctrica	Hasta 40 MW	84 - 350 MW
Servicio	Intermitente - temporal continuo	Continuo
Calidad de Vapor	Media - Alta	Alta
Agua de Repuesto	5 - 100%	< 1%
Consumo de Servicios Propios	5 - 12%	< 2%
Instrumentación	Rudimentaria a Avanzada	Avanzada y Completa
Control Químico	Nulo a Aceptable	Altas exigencias
Capacitación	Baja - Aceptable	Aceptable-Especializada
Potencial de Ahorro	5 - 15%	< 2%
Potencial en energía	Alto	Alto
Efecto Multiplicador	Muy Alto	Alto
Mejoramiento del Ambiente	Muy Importante	Muy Importante
Ahorro de Agua	Alto	Alto
Tipo de Carga	Predomina Variable	Predomina Base
Variaciones de Carga	0 - 100%	Moderadas < 20%
Eficiencia	Baja - Buena	Buena - Muy Alta
Combustibles	Variados y Composición Variable	Convencionales - Pruebas y Análisis Periódicos
Pruebas	Nulas a Periódicas	Periodicas y Sistemáticas
Punto de Máxima Eficiencia	Según Diseño	En rango de utilización

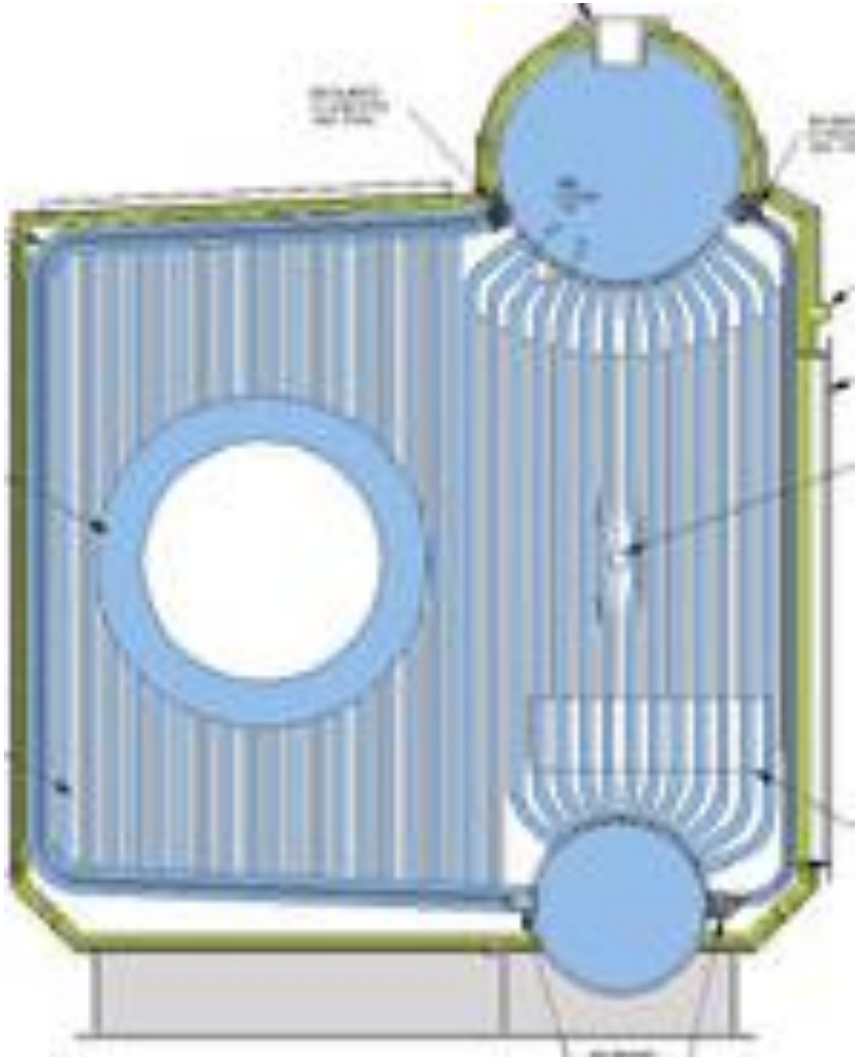
Esquema Básico de Tres Pasos



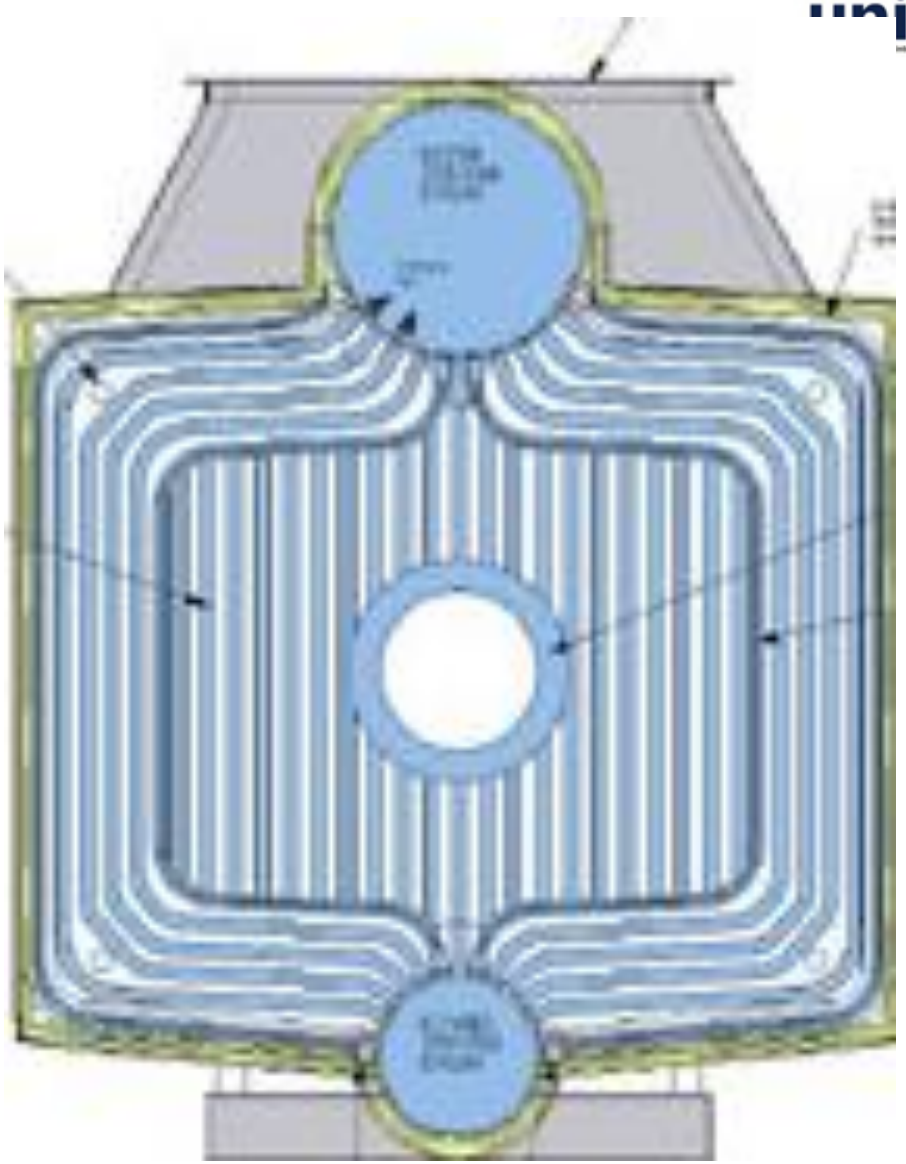
Esquema Básico de Cuatro Pasos, el de Mayor Eficiencia



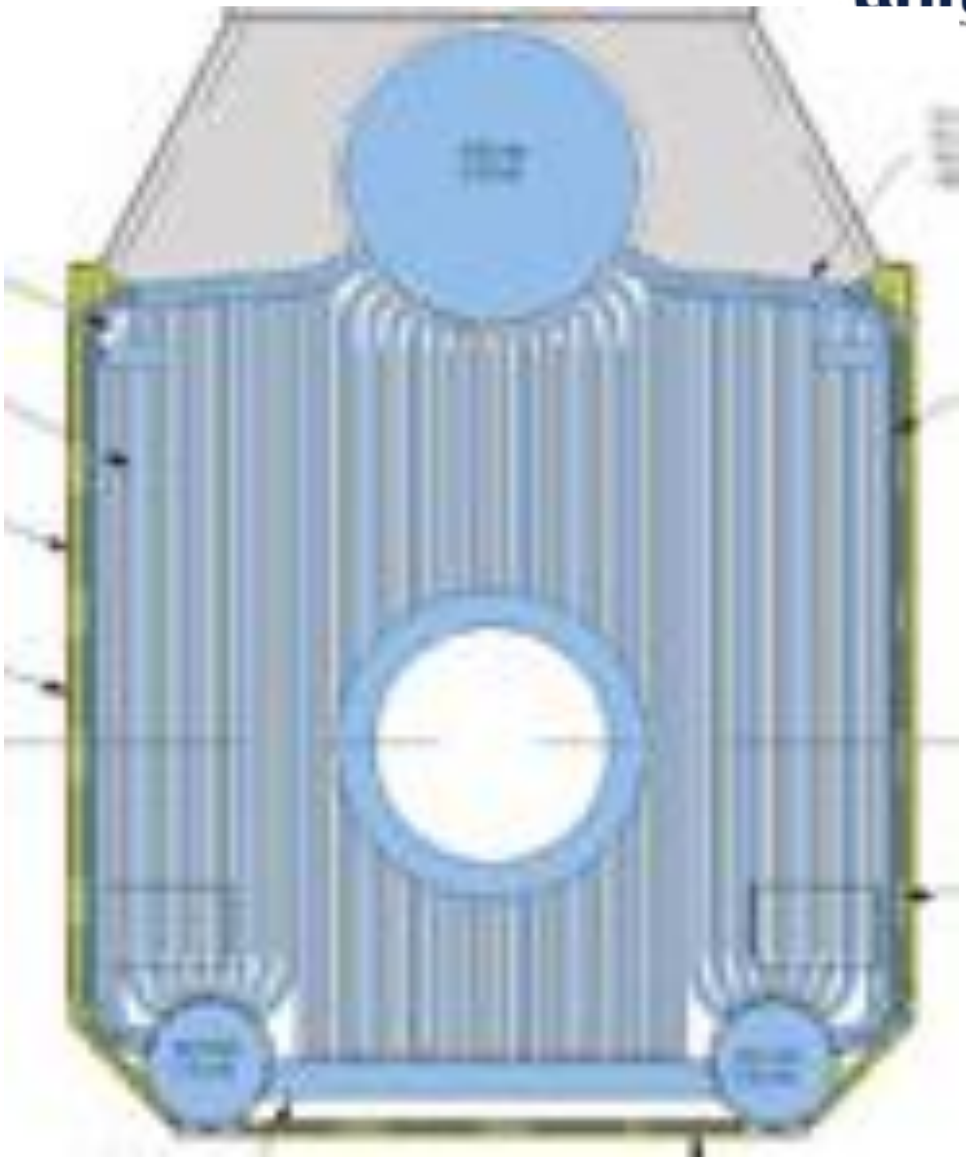
Caldera Industrial Tipo “D”



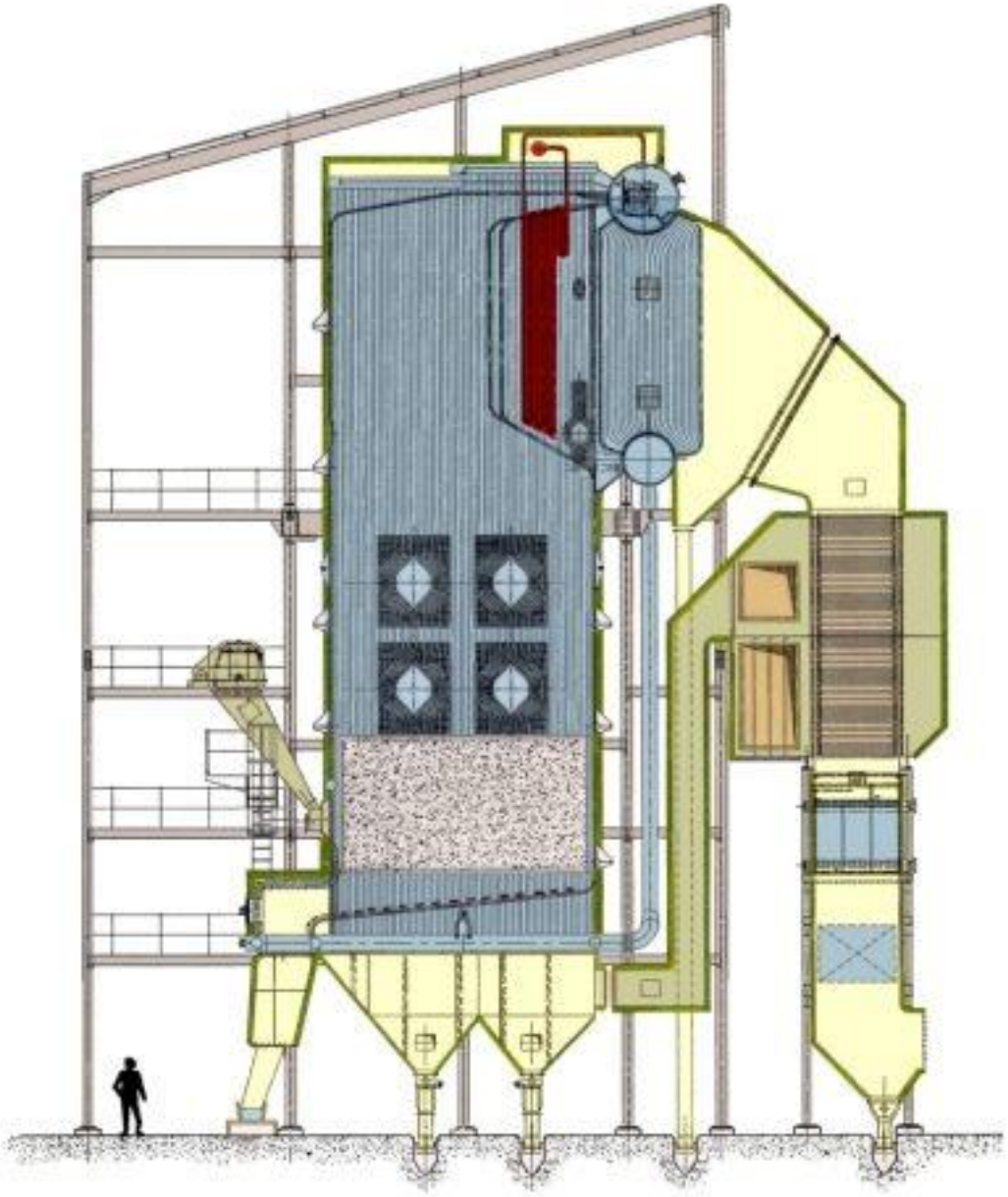
Caldera Industrial Tipo “O”



Caldera Industrial Tipo “A”



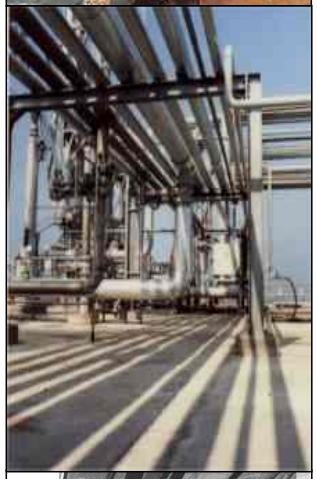
Caldera para Quemar Bagazo de Caña

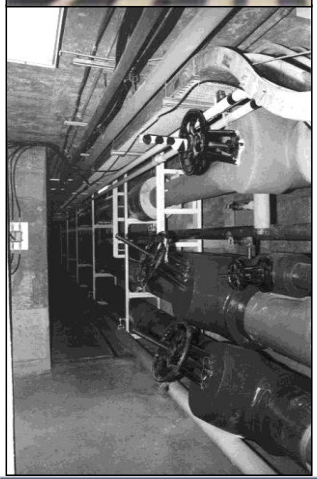


Generador de Vapor de Recuperación de Calor





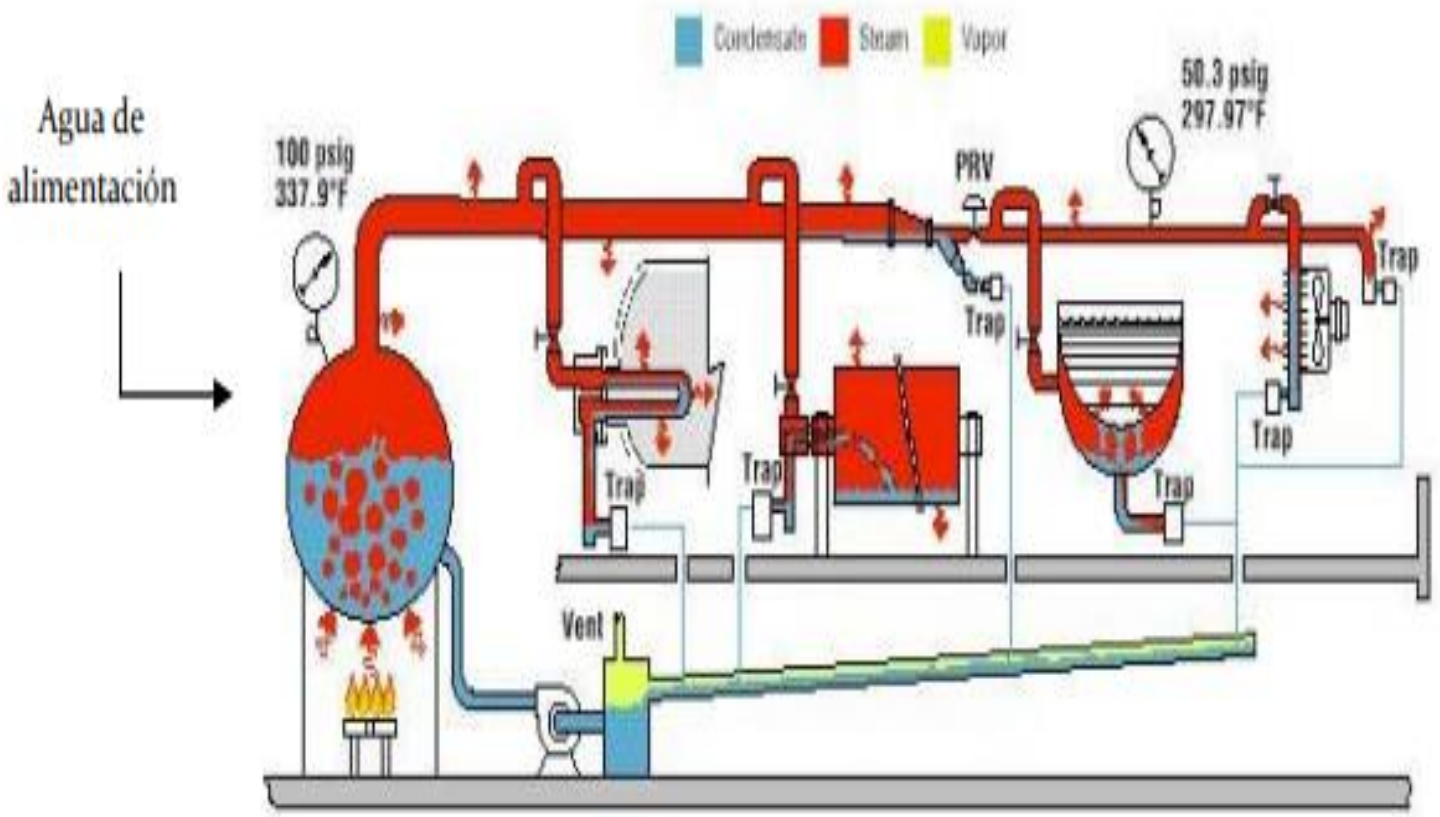




EL SISTEMA DE VAPOR

"Mal diseño y hábitos inadecuados de utilización ubican la ineficiencia en cualquier componente del sistema"

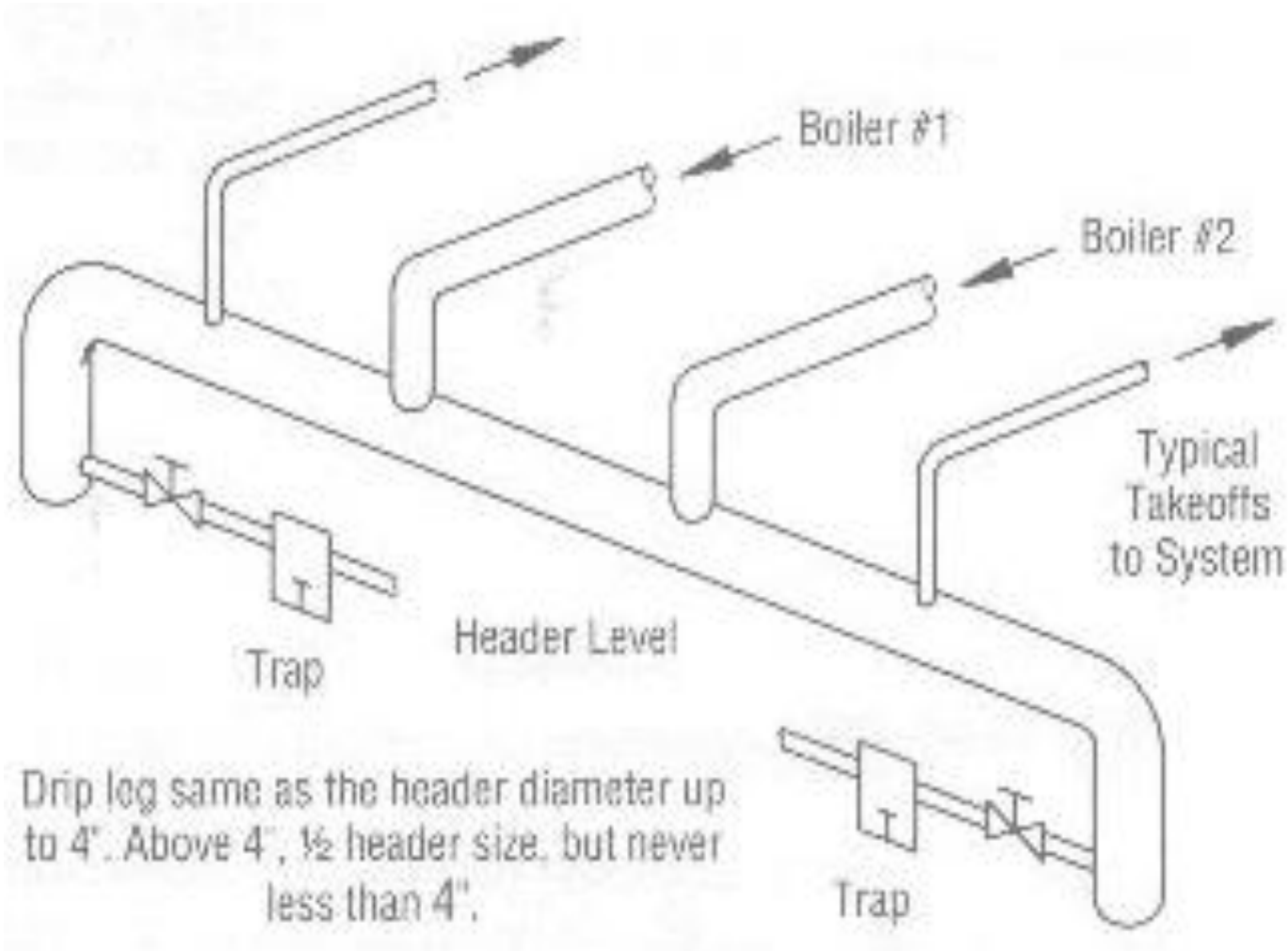
- Componentes del Sistemas
- Determinación de Necesidades de Vapor
- Tamaño del Equipo de Generación
- Sobredimensionamiento
  - Eficientar el equipo de combustión
  - Instalar compuertas de flujo en gases para operación coordinada en períodos fuera de servicio o a muy baja carga
  - Taponamiento de parte de los tubos y afinación consecuente para la nueva condición
  - Reducción del tamaño del quemador
- Eficiencia en la Generación


Condensate
Steam
Vapor
Agua de alimentación
100 psig
337.9°F
50.3 psig
297.97°F
PRV
Trap
Trap
Trap
Trap
Trap
Trap
Vent

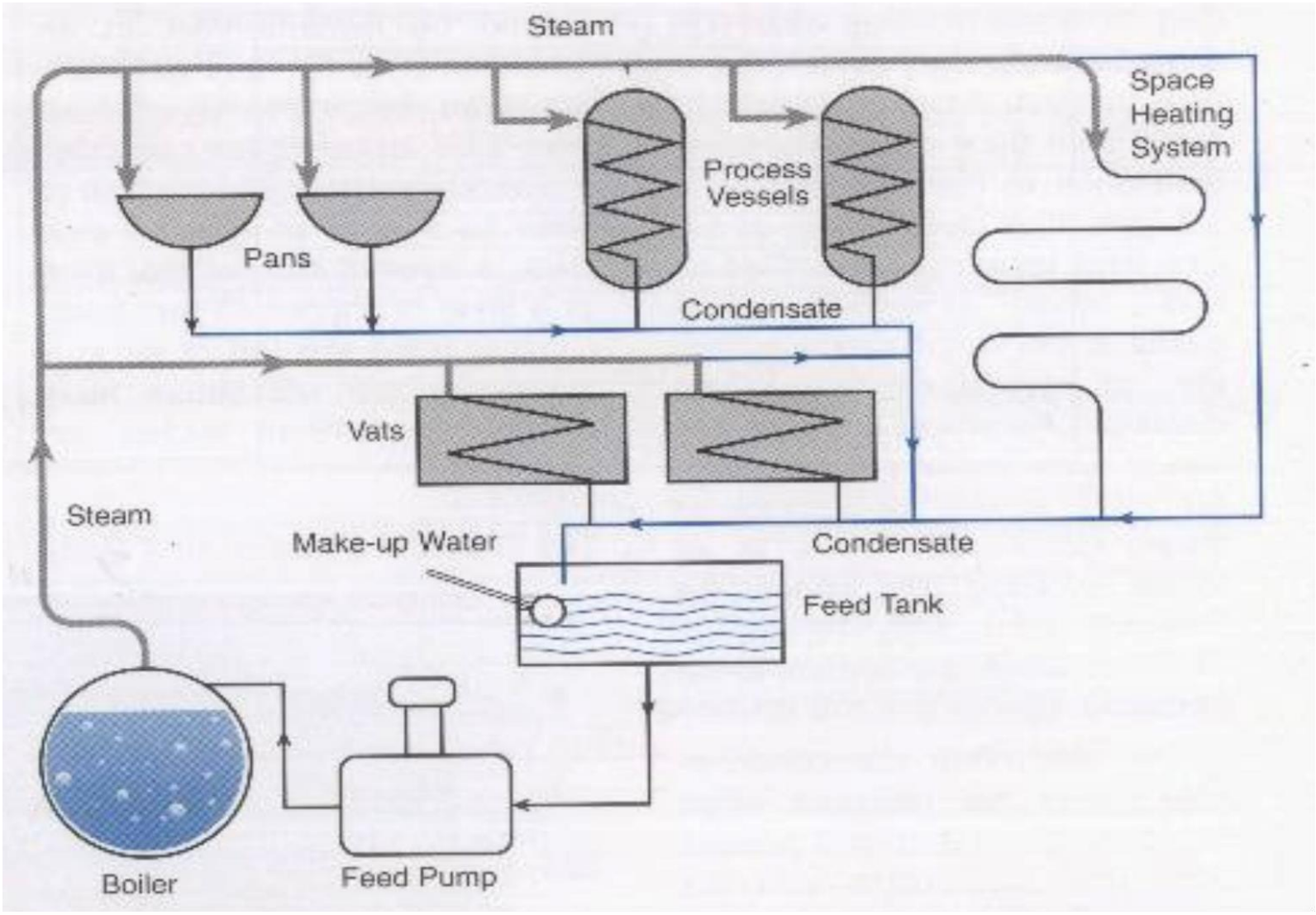
Distribución de Vapor

- Conceptos Básicos
- Transición Sistema de Conducción y Distribución
- Pérdidas en Conducción
- El proceso de pérdidas de calor se inicia en cuanto la válvula principal de una caldera se abre y el sistema de distribución admite vapor hacia la red de distribución (Véase Tabla 5–3).
- Consideraciones de Diseño (64, 65)

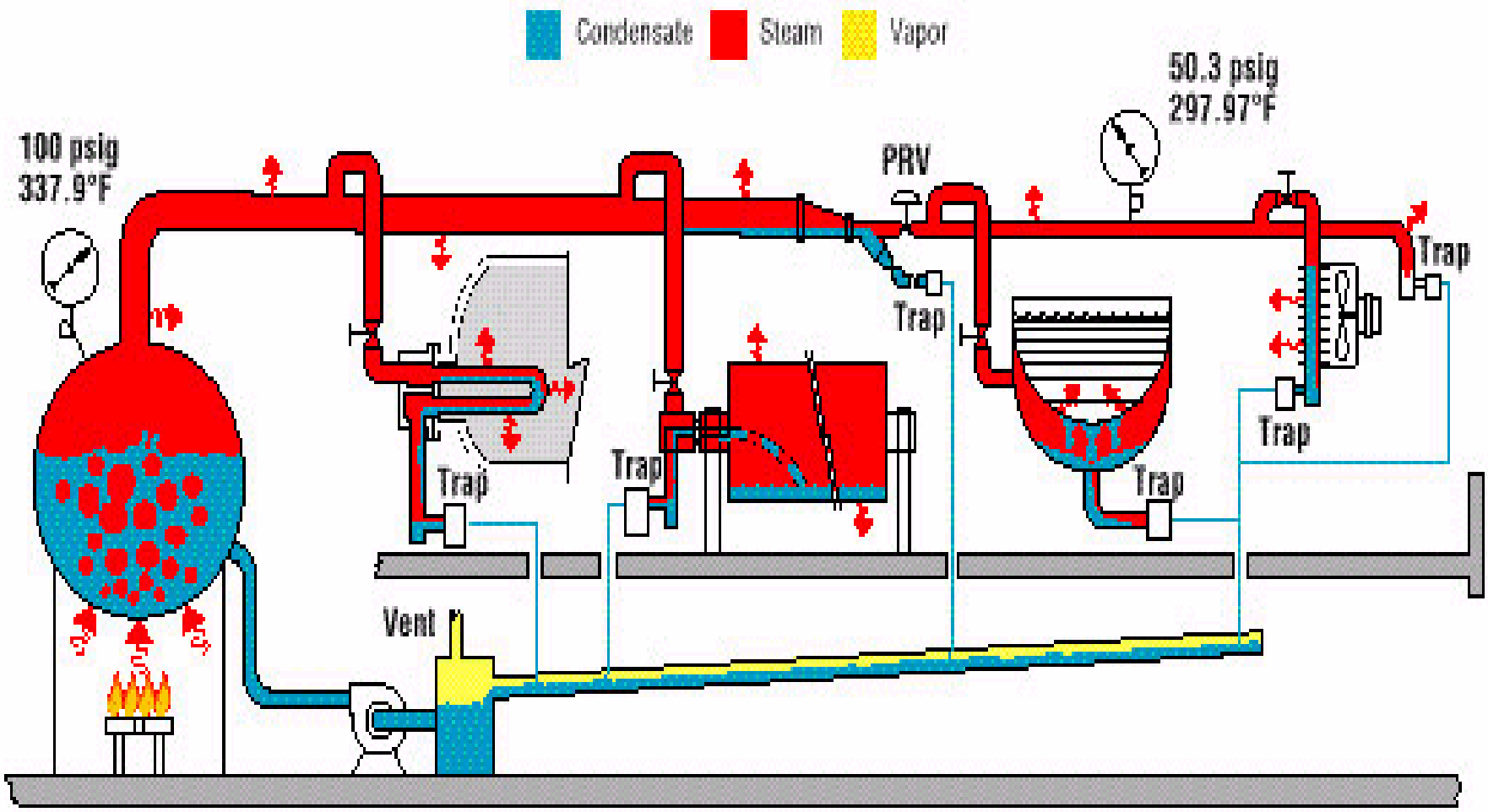
Cabezal Principal de Distribución de Vapor



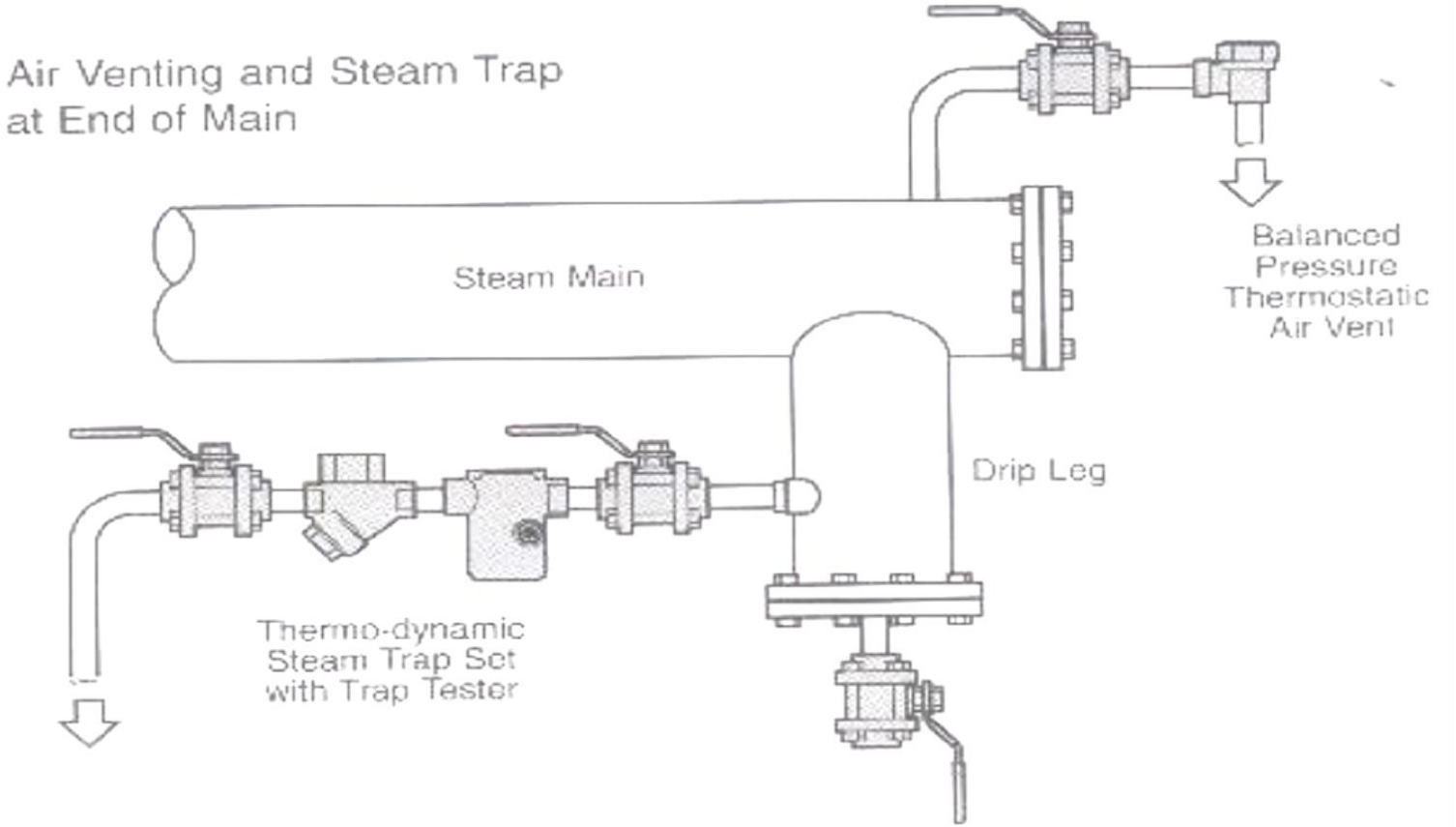
Circuito Típico de un Sistema de Distribución de Vapor y Retorno de Condensado (Esquemático)



Circuito Típico de un Sistema de Distribución de Vapor y Retorno de Condensado (Varios Usos Finales)

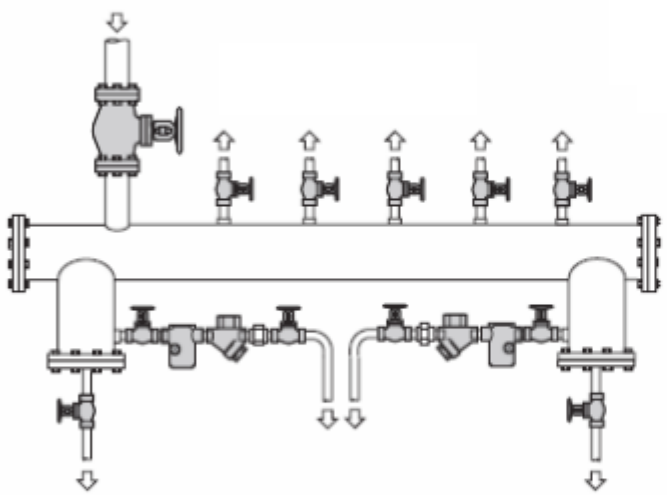


Estación de Drenaje y Pozo Recolector

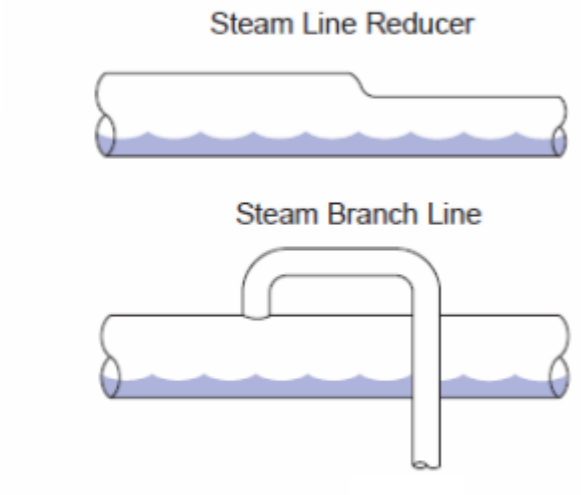


Diferentes Componentes y Accesorios en el Sistema de Distribución de Vapor

Componentes y Accesorios del Sistema de Distribución de Vapor

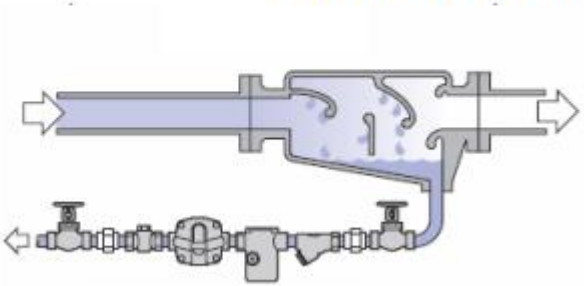


Cabezal de Vapor

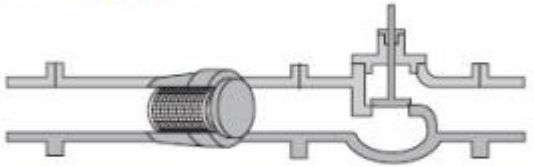


Reducción y Toma de Vapor en Tuberías de Vapor

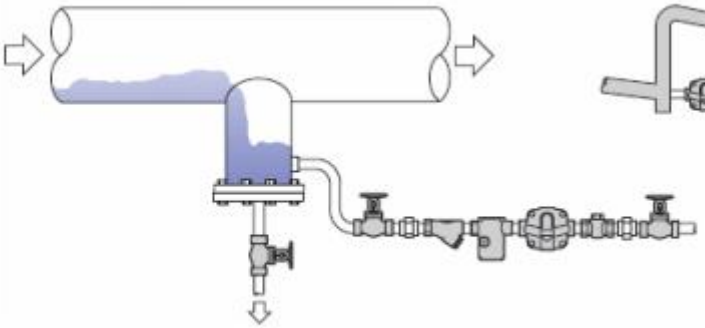
Componentes y Accesorios del Sistema de Distribución de Vapor



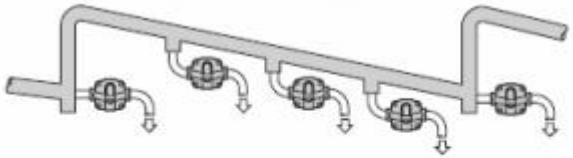
Separador de Vapor



Filtro o Cedazo

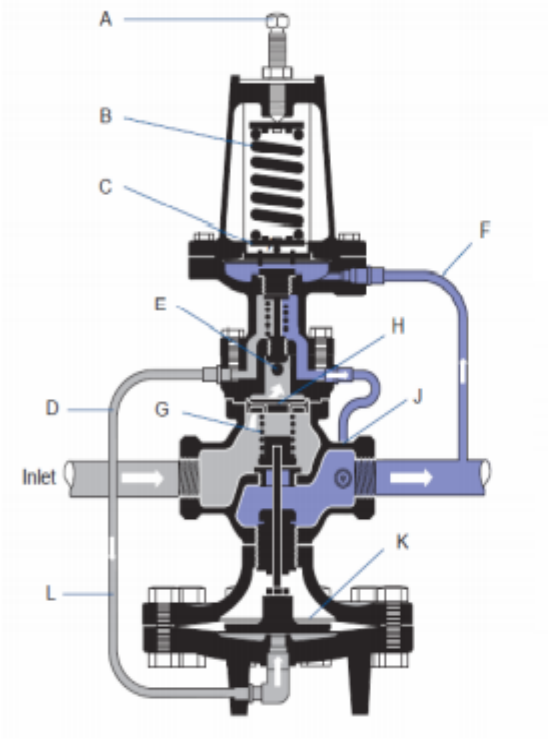


Pierna o Pozo Colector(a) de Condensado

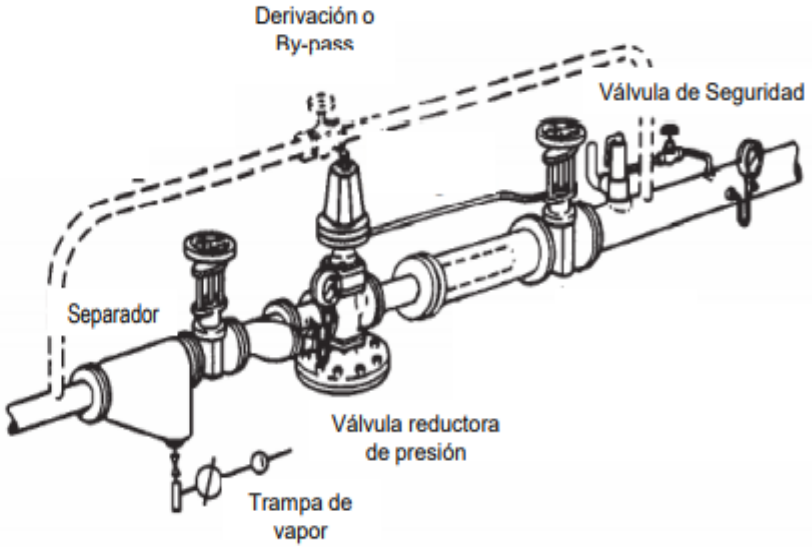


Distribución de Vapor a Mayor Elevación

Válvulas y Estaciones Reductoras de Presión



Válvula Reductora de Presión Pilotada



Estación Reductora de Presión

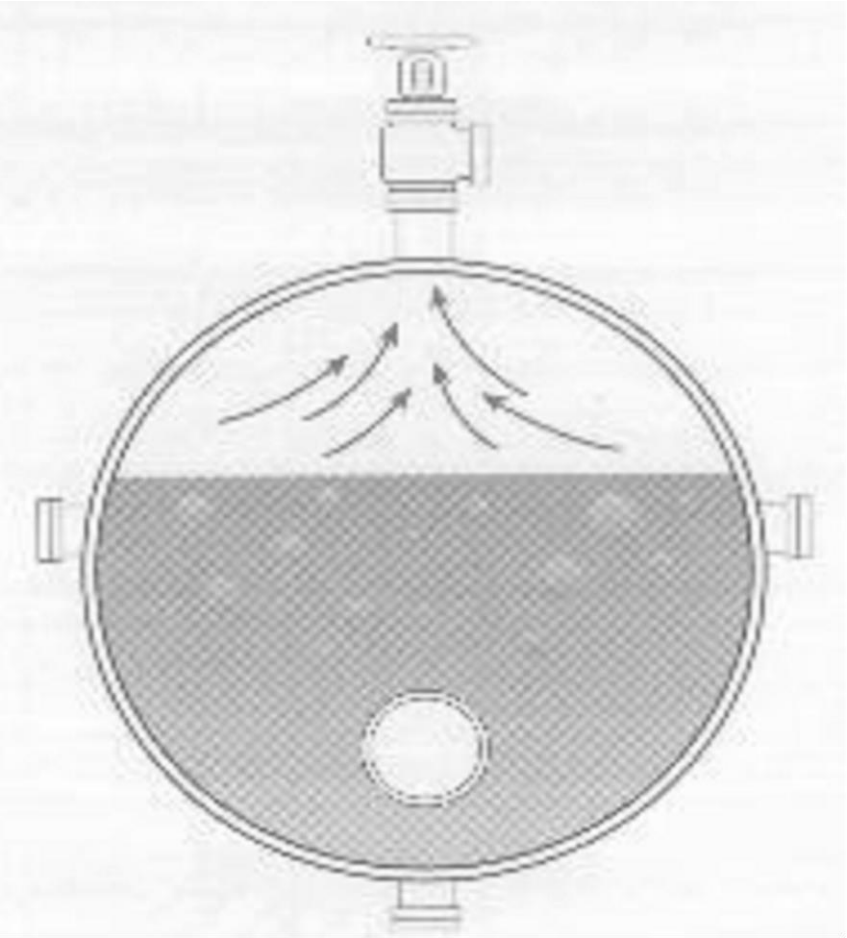
Distribución de Vapor (cont.)

- Calidad del Vapor
- Presión de Trabajo
- Criterios de Dimensionamiento en Conducciones
  - Velocidad Recomendable
  - Caída de Presión Aceptable

- Estimación de Pérdidas

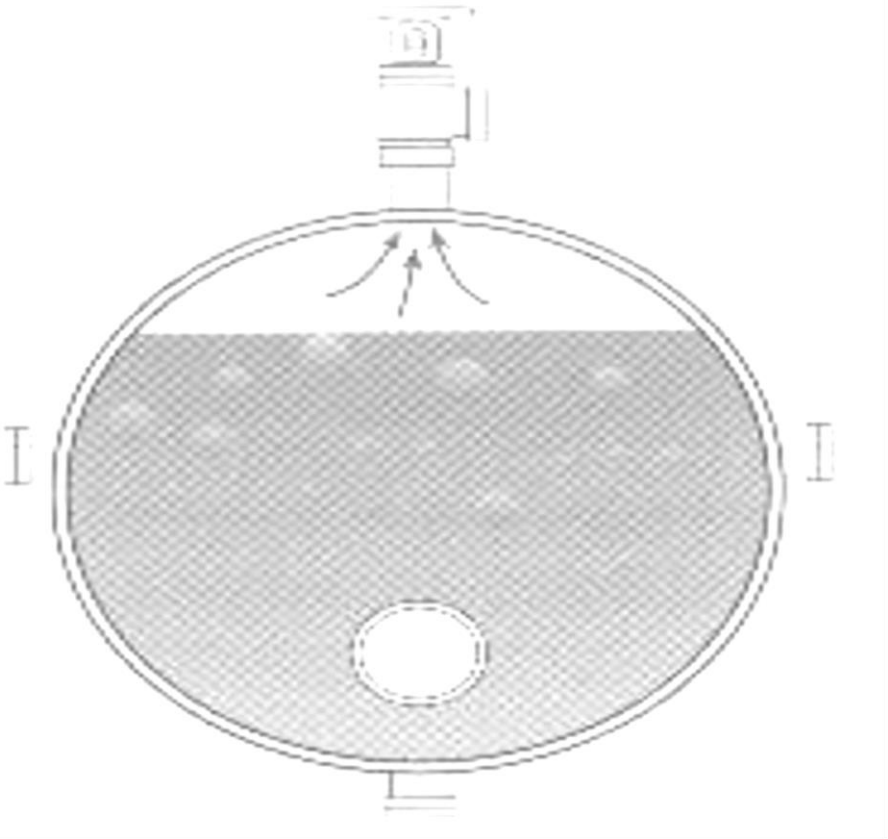
Caldera Operando a la Presión de Diseño (Máxima de Trabajo)

La presion a la cual el vapor debe ser distribuido esta determinado por los puntos de uso final y por aque; que requiera la presion mas alta (o temperatura mas alta)



La presion de operacion de las calderas tiene un impacto definitive en el acarreo o arrastre potencial de humedad que pueden causar serios problemas no solo para el Sistema si no tambien para la propia caldera

Caldera Operando a Presión Reducida con Respecto a la de Diseño
(Menor a Máxima de Trabajo)



Velocidades Habituales en la Circulación de Diversas Condiciones de Vapor en Tuberías

Criterios para el dimensionamiento de tuberia:

1. La velocidad recommendable del vapor
2. La caida de presion del sistema

FLUIDO	VELOCIDADES RECOMENDADAS
Vapor de agua (alto vacío)	60-100 m/s
Vapor de agua (vacío moderado)	45-60 m/s
Vapor húmedo	15-30 m/s
Vapor saturado seco	20-40 m/s
Vapor sobrecalentado	30-60 m/s
Agua	1-3 m/s

Costo Anual de Fugas de Vapor

DIÁMETRO DE ORIFICIO	PÉRDIDA DE VAPOR		COSTOS POR FUGAS(US $)	
	(t/mes)	(t/año)	mensual	anual
3.2 mm (1/8”)	23	276	270	3,200
4.8 mm (3/16”)	53	636	630	7,800
6.4 mm (1/4”)	95	1,140	1,100	13,500
7.9 mm (5/16”)	148	1,776	1,750	19,700

Manejo de Condensado

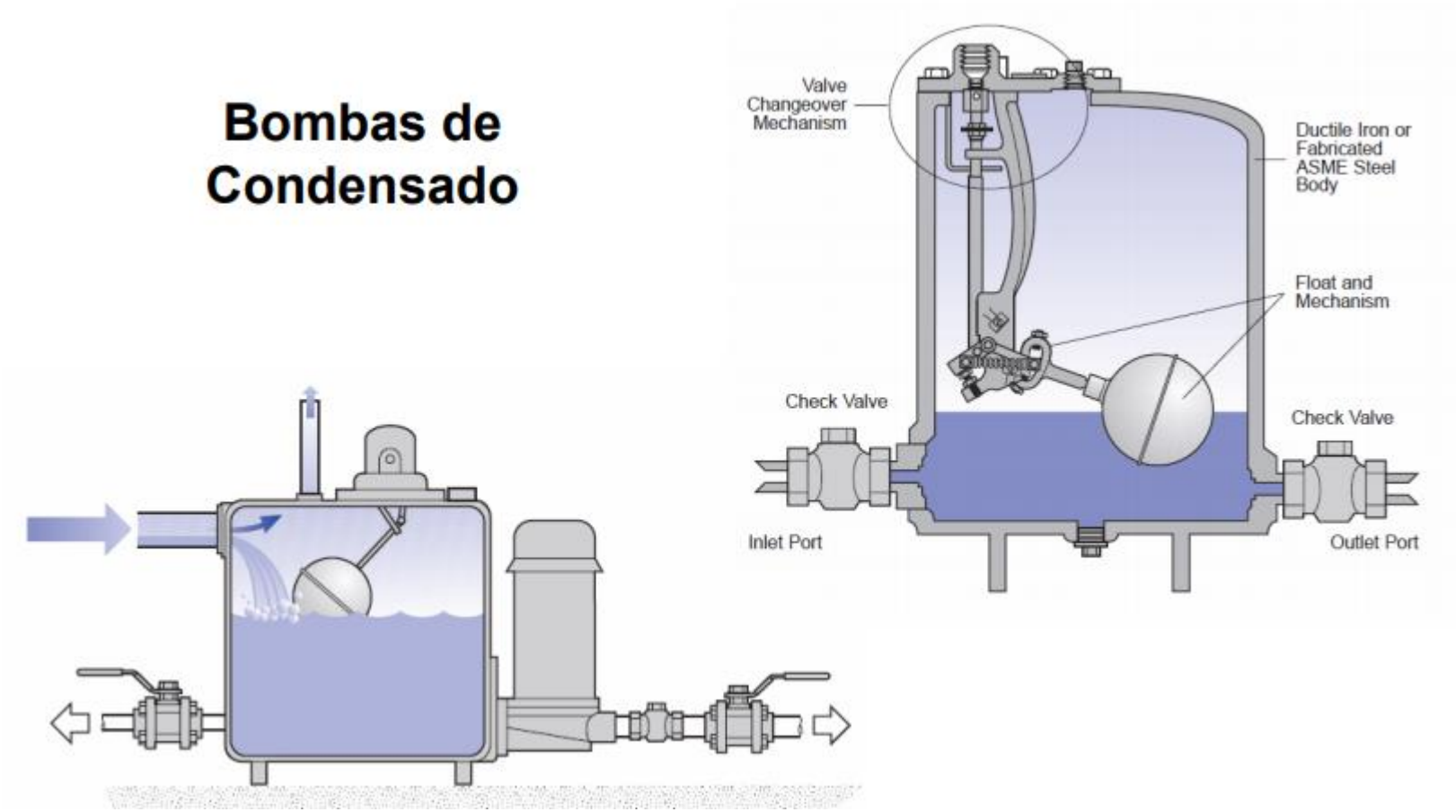
- Recuperación de Condensado

- Recolección
  - Arreglo general
  - Tamaño de la tubería
  - Elevación del condenado
  - Inundación de líneas de retorno
  - Manejo de condensado
- Arreglo General

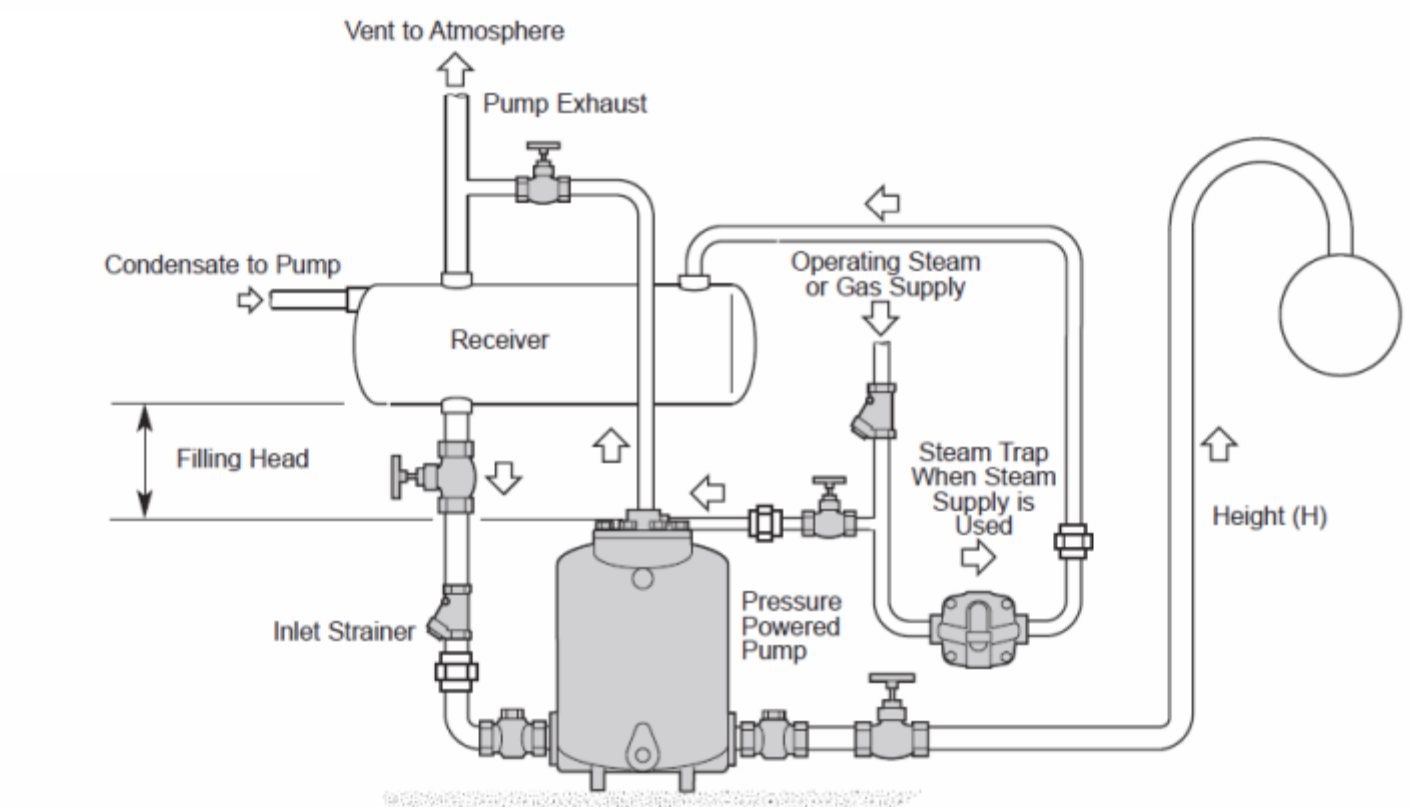
  "Diseñe utilizando como criterio la velocidad del vapor a la presión del sistema de condensado"

- Recolección de Condensado
- Aprovechamiento del "Vapor Flash"

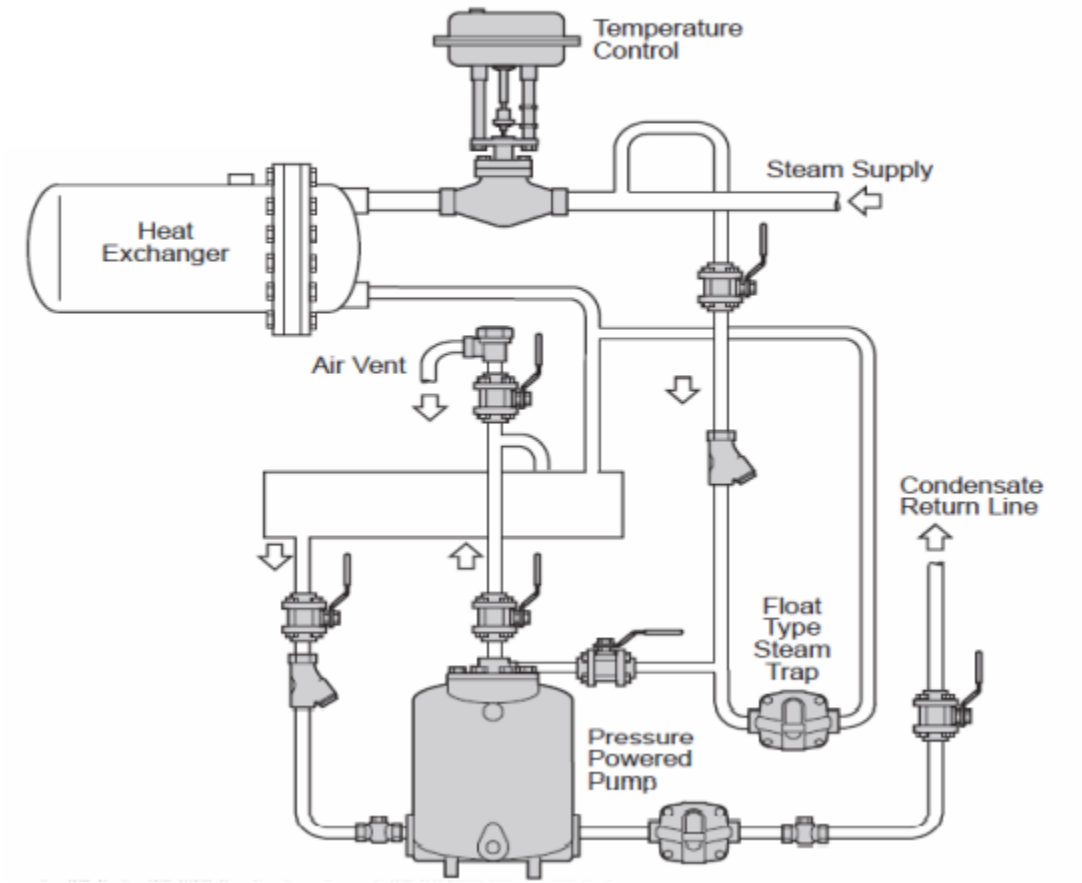
Operación e Instalación de Bomba de Condensado



Sistema de Retorno de Condensado Abierto



Sistema de Retorno de Condensado Cerrado



FREME (Equipo de administración de energía de recuperación de flash)

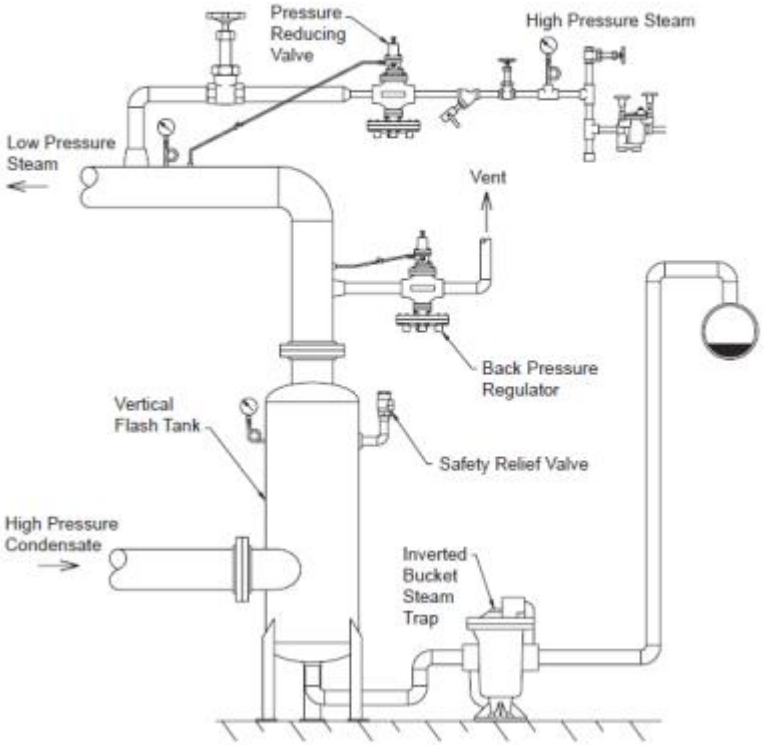
$$\% \, Vapor \, flash = \frac{h_f 1 - h_f 2}{h_f 2}$$



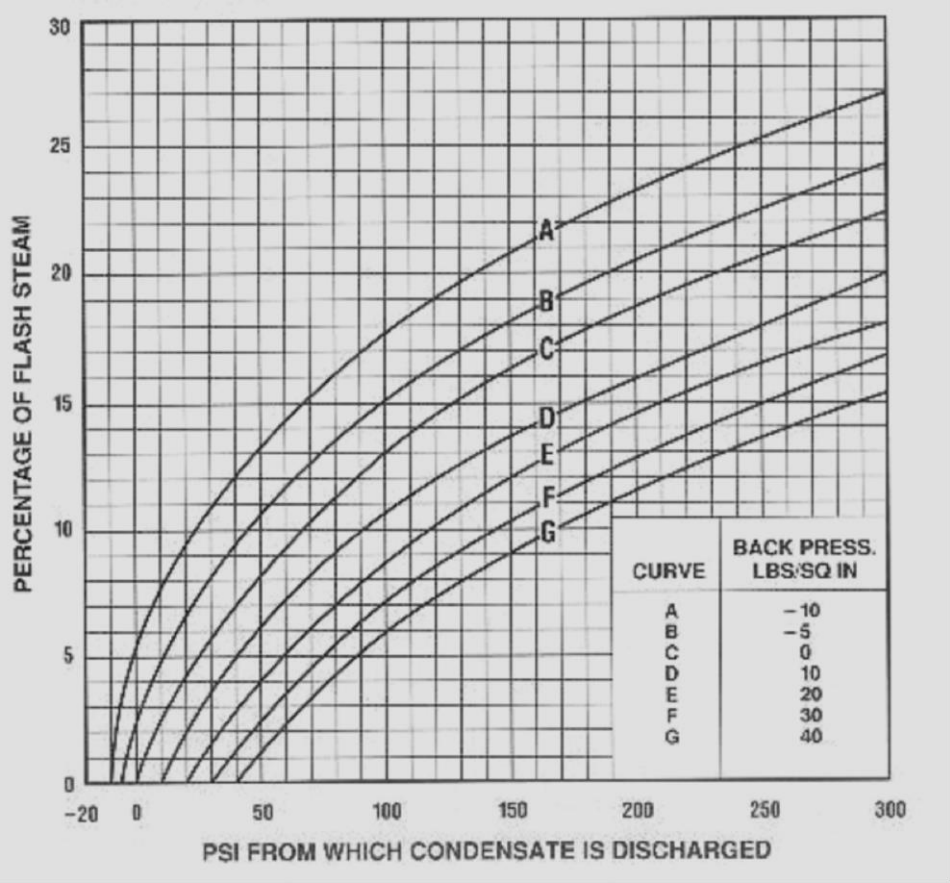
https://www.spiraxsarco.com/

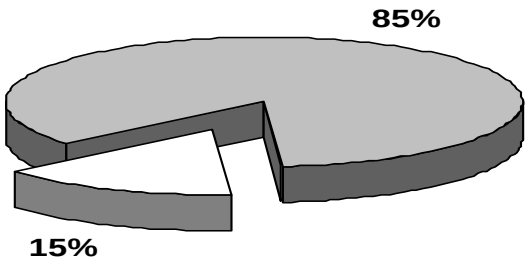
Tanque de Flasheo





Vapor Flash



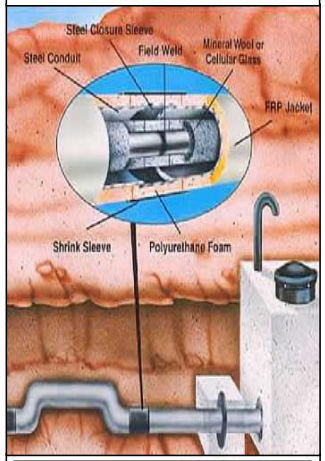


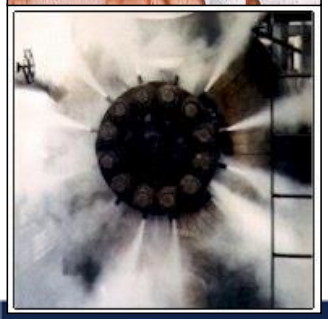
Cantidad Aproximada de Vapor Flash en Condensado

Régimen de Consumos de Vapor Típicos para Equipo Comercial e Industrial

Tipos de instalación	Descripción	Presión típica kg/cm^2	Consumo de vapor (kg/h)
- Panaderías	Horno, pan blanco, superficie 12 m^2	0.75	14
- Lavadora de botellas	Bebidas carbonatadas, 100 botellas/min	0.35	140
- Lecherías	Pasteurización, 1,200 lt/h	1.0-5.0	105 (max)
- Lavadoras de platos	Maquina de lavado	5.0-1.5	28-32
- Hospitales	Esterilizadores de instrumentos, por 1600 cc	3.0-3.5	2.5
	Esterilizadores de agua, por 40 lt	3.0-3.5	5
	Hornos desinfectantes, 1.5 a 3m^3 por c/ 0.3 m^3	3.0-3.5	12
- Lavanderías	Planchadoras, 25 cm	7.0	5
	Almidonadoras, 40 lt	7.0	5
	Tómbolas, 1m diam., por c/0.25 m de longitud	7.0	18
- Moldeadora de plástico	1.2 a 1.5 m^2 de platina	9.0	14
- Pulpa y papel	Corrugadores, por 100m^2	12.0	14
	Papel – pulpa de madera por 45 kg papel	3.5	180
- Restaurantes	Mesas de vapor estándar, por c/ 3m de longitud	0.35-1.5	18
	Marmitas enchaquetadas, 90 lt	0.35-1.5	14
	Marmitas enchaquetadas, 230 lt	0.35-1.5	28
- Vulcanizadoras	Estufas de calentamiento, por cada 0.5m^3	0.35-1.5	14
	Llantas de camión grandes	7.0	46
	Llantas de automóvil	7.0	14







FUENTES DE PÉRDIDAS Y ÁREAS DE OPORTUNIDAD DE AHORRO DE ENERGÍA EN SISTEMAS DE VAPOR INDUSTRIALES

"En resumen, yo espero prevenir casi en su totalidad el gastar inútilmente el vapor"

- FUENTES DE PÉRDIDA
  - Analizar los patrones típicos de pérdidas en la generación y su relación con la carga en la caldera, éstos explican la distribución diferente de pérdidas en cada una de las grandes áreas dependiendo del giro de actividad al que sirve el vapor.
- COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO
- LA ÚNICA FORMA DE MEJORAR LA EFICIENCIA ES LA REDUCCIÓN DE LA ENERGÍA NO ÚTIL.

- GRANDES ÁREAS DE OPORTUNIDAD DE AHORRO
  - Generación de vapor
  - Distribución del vapor
  - Uso del vapor
  - Recuperación de calor de desecho

- IMPORTANCIA DEL USO DE ENERGÍA EN LOS SISTEMAS DE VAPOR
  - Por su intensidad de consumo
  - Por la población de instalaciones de vapor
  - Por la variedad de usos finales de energía

DE ACUERDO CON LOS USOS FINALES DE LA ENERGÍA

- Procesos de uso y transformación
- El proceso de combustión
- El intercambio de calor
- Manejo y conducción de fluidos
- Transporte de materiales
- Accionamiento directo de equipo de potencia
- Iluminación
- Acondicionamiento de ambiente
- Sistemas de control y supervisión

El Concepto de Pérdidas

- Pérdidas térmicas – Pérdidas eléctricas
- En el caso de pérdidas en energía eléctrica parte de ellas se determinan con medición de parámetros eléctricos y otras con parámetros térmicos ya que cualquier pérdida terminará en disipación adicional indeseable de calor, no importa el origen

- PÉRDIDAS CON MATERIA – PÉRDIDAS SIN MATERIA

  Para el caso de una fuga de vapor tendríamos:

$$Pérdida = WT(h_v - h_a)$$

  En el caso de una fuga de aire caliente la pérdida sería:

$$Pérdida = WT(t_s - t_a)Ce$$

Desde luego en las unidades que correspondan en donde:

W = Flujo por unidad de tiempo

T = Tiempo

h_v = Entalpía del vapor

h_a = Entalpía de agua de alimentación

t_s = Temperatura de salida

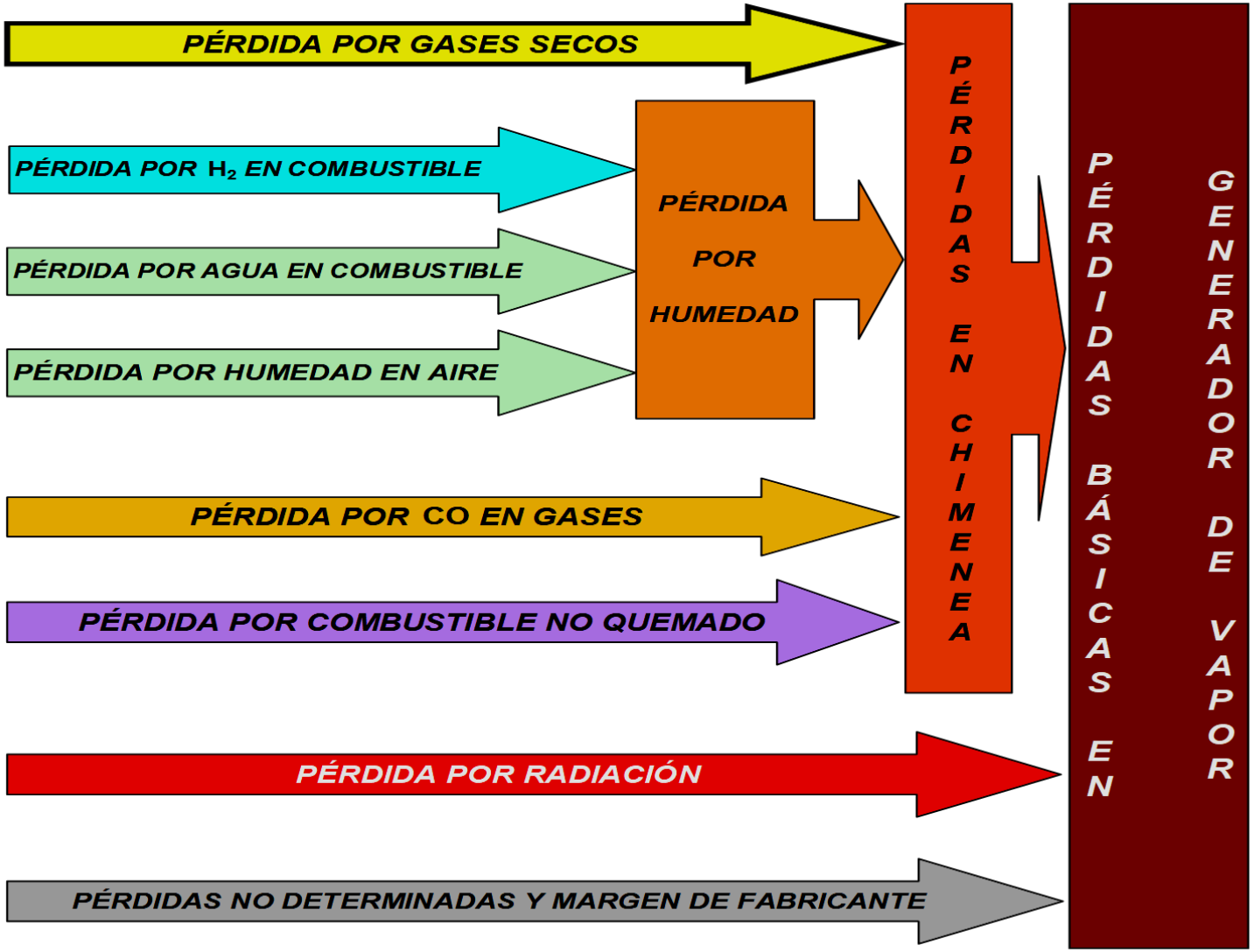
t_a = Temperatura ambiente

Ce = Calor específico

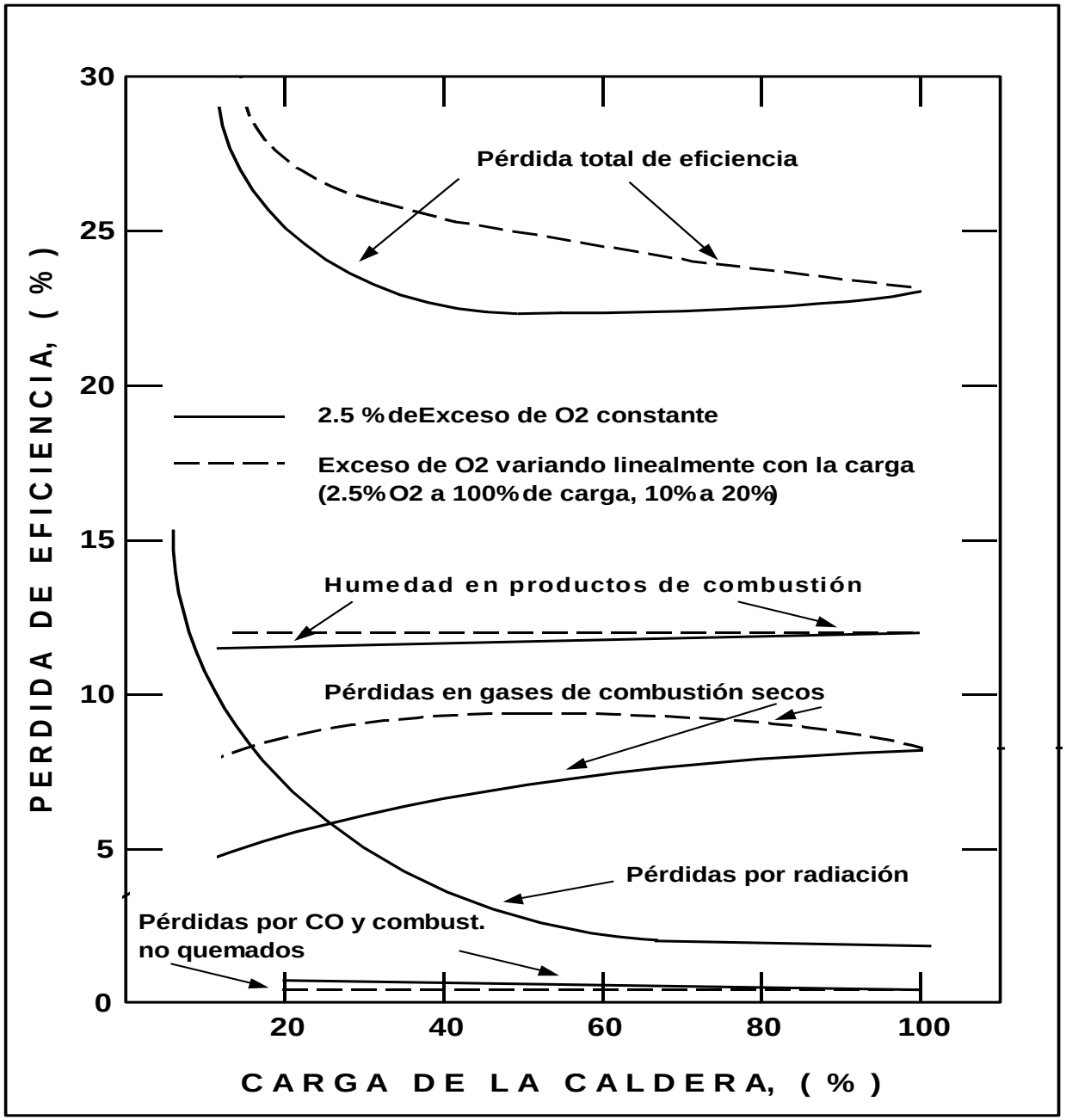
Pérdidas en Generación

- Pérdidas en un generador de vapor
- Pérdidas básicas en un generador de vapor
- Infiltración de aire o fuga de gases
- Pérdidas por Radiación y Convección
- Pérdidas totales

Pérdidas Básicas en la Generación de Vapor



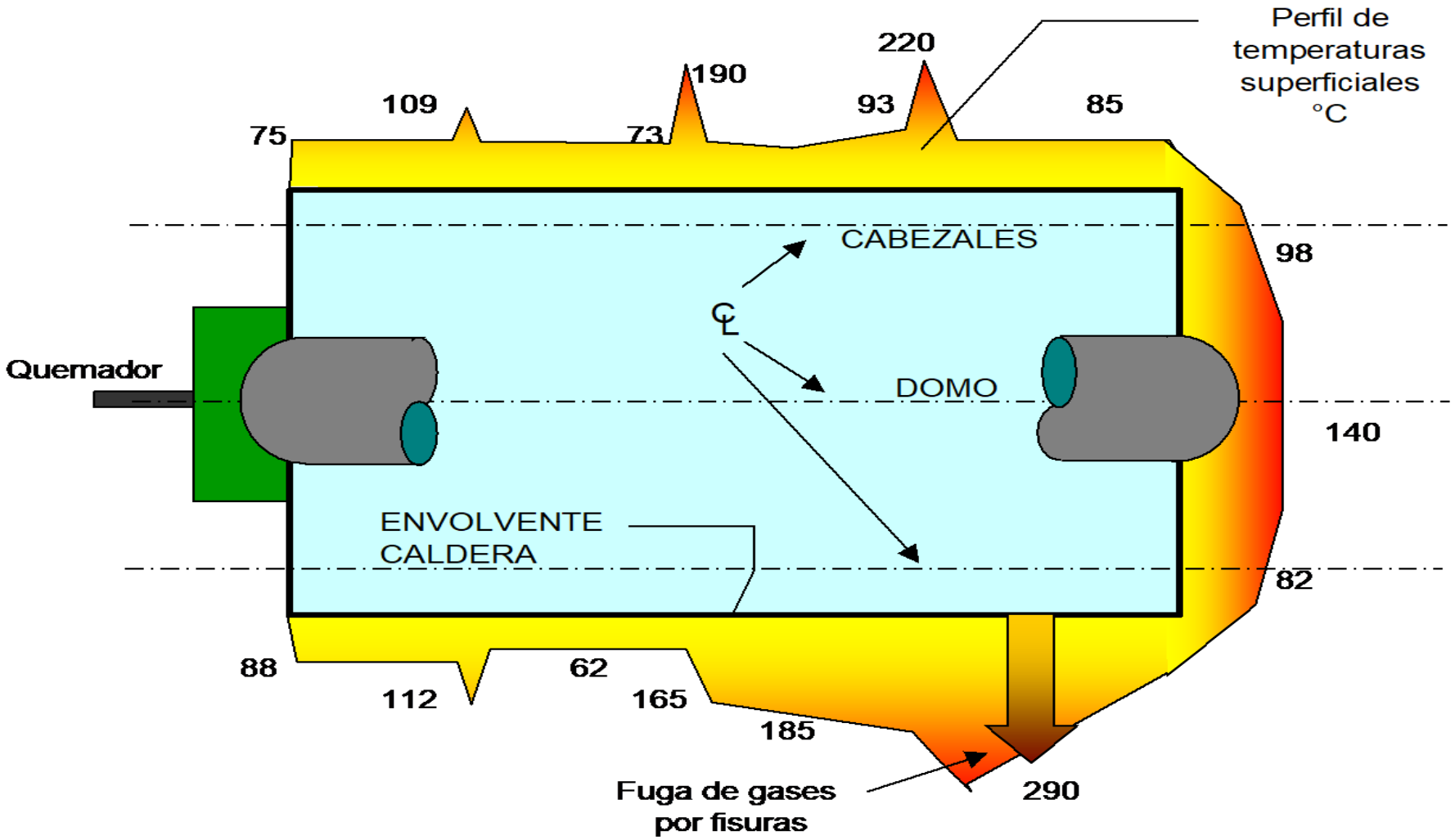
Pérdidas Totales de Eficiencia vs. Carga en una Caldera Industrial Mediana o Pequeña



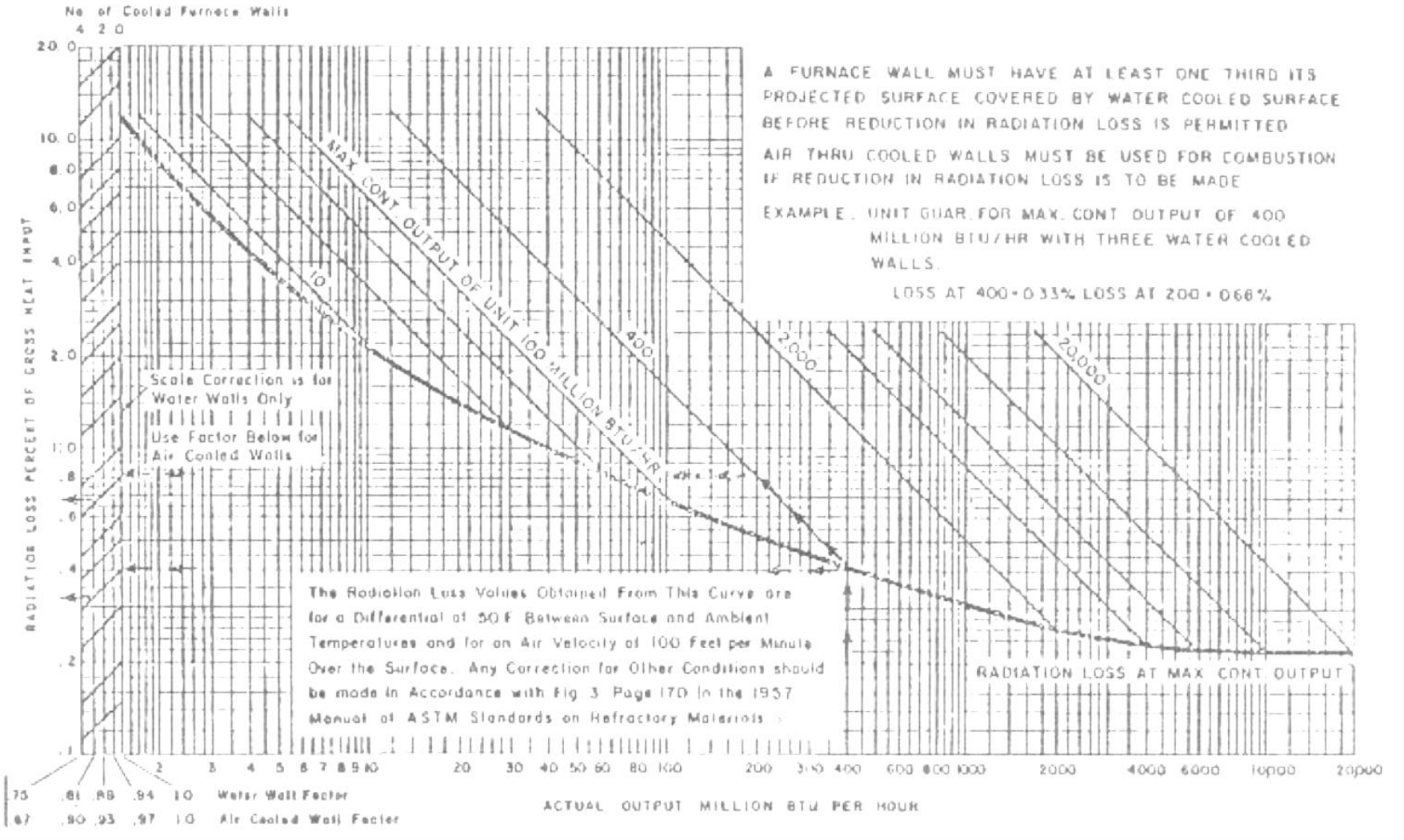
Ejemplo de Tabla de Combustión para Gas Natural

PÉRDIDA POR GASES EN CHIMENEA, %						
			TEMPERATURA NETA DE SALIDA DE GASES, ºC			
EXCESO DE AIRE, %	O_2	CO_2	150	175	205	230
0.0	0.0	11.7	14.5	15.3	16.1	17.0
2.2	0.5	11.4	14.6	15.5	16.3	17.1
4.4	1.0	11.1	14.8	15.6	16.5	17.3
6.8	1.5	10.9	14.9	15.8	16.6	17.5

Pérdidas por Radiación – Espectro Térmico Real en una Caldera Acuotubular Tipo "A"



Carta Estándar de Pérdidas por Radiación (ABMA)



Pérdidas Adicionales en Generación

- Un análisis más completo incluirá una serie de pérdidas adicionales que no por pequeñas dejan de ser importantes, sobre todo cuando se llega a la etapa de optimización y se suman sus potenciales; entre otras tenemos:

- Pérdidas por mala administración de demanda
- Pérdidas en condensado no retornado
- Pérdidas en uso inadecuado del vapor :
  - De atomización
  - Para precalentamiento de combustible
- Pérdidas en aire de aspiración
- Pérdidas en aire de sellos de quemadores y hogar
- Pérdidas en aire de instrumentos
- Pérdidas en dispositivos de remoción de cenizas
- Pérdidas por purgas de fondo y purga continua
- Pérdidas por mal uso o estado de bombas
- Pérdidas por mal estado de ventiladores
- Pérdidas por sobredimensionamiento de equipo
- Pérdidas eléctricas
  - Alimentación y control deficientes
  - Mal estado de motores
  - Bajo Factor de Potencia
  - Sobredimensionamiento / Sobrecarga
- Pérdidas en aire de servicio
- Pérdidas por soplado de hollín
- Pérdidas por operación a niveles incorrectos de presión
- Pérdidas en equipo accionado por vapor
- Pérdidas por medición y control deficientes
- Etc.

Importancia Energética de Equipos y Servicios Auxiliares

- Recomendaciones para Optimizar Sistemas de Vapor
- Áreas Genéricas
- Contabilidad Energética
  - Los diagnósticos de muchas plantas han puesto en claro y en forma concluyente que se presta mucho más atención a "operar" que a "administrar"

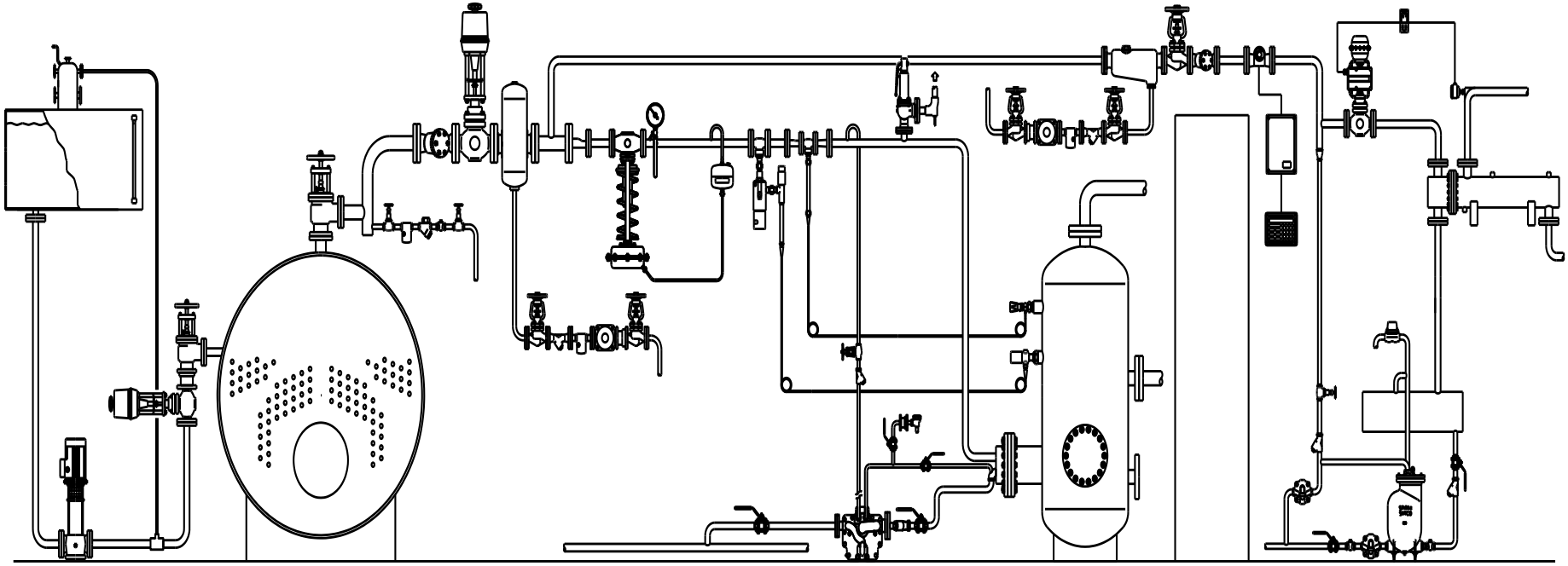
Administración a Partir del Análisis de Pérdidas

- Medir para Administrar
- Eliminación del Uso Excesivo de Vapor
- Continuidad de Operación

Áreas de Ahorro en la Distribución y Retorno de Condensados

- Conveniencia de eliminar humedad en el vapor
- Aislamiento Térmico
- Aprovechamiento de Calor Residual
- Consideraciones Ambientales del Ahorro de Energía
- Otras Oportunidades

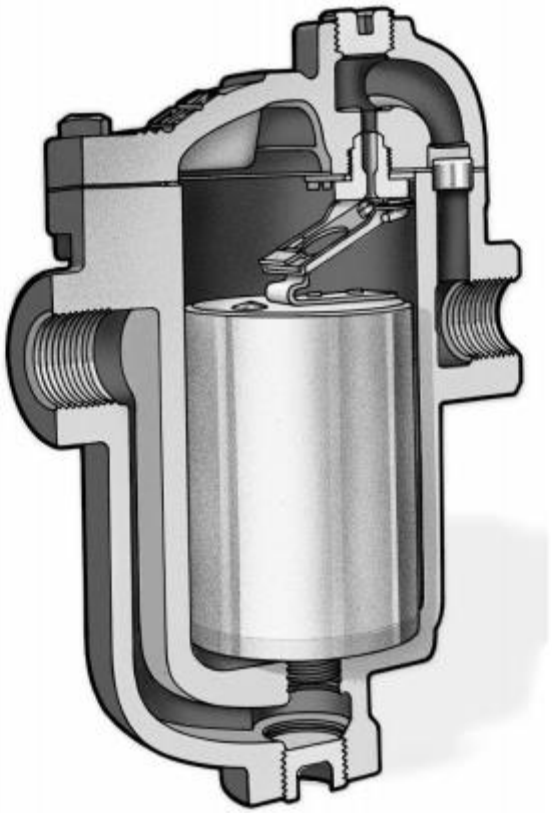
Sistema Típico de Generación y Distribución de Vapor



Diferentes Tipos de Trampas de Vapor

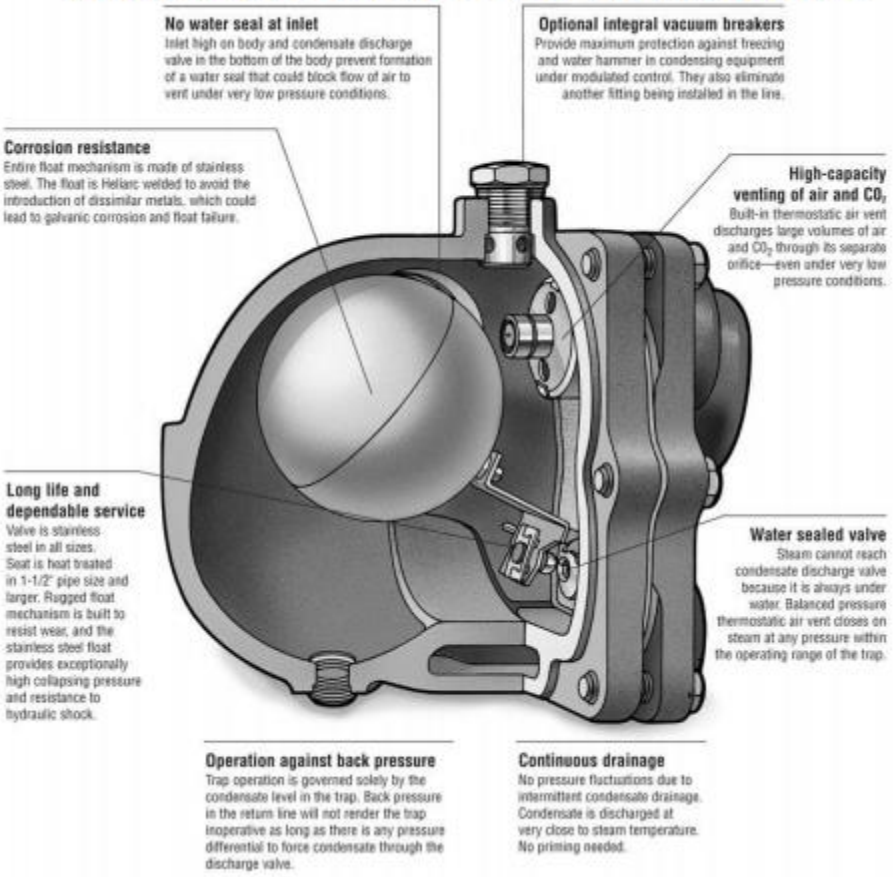


Trampa de cubeta o balde invertido



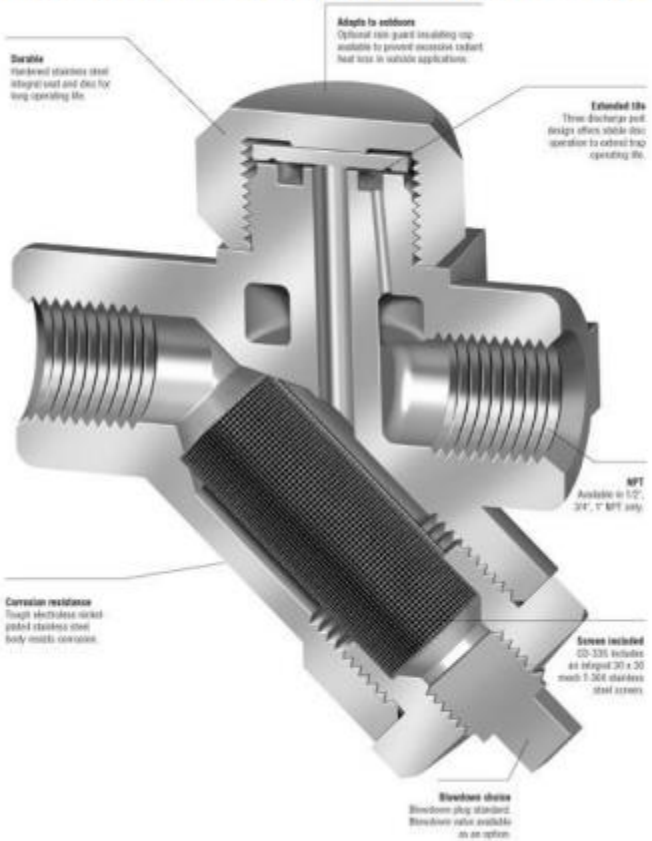
La universidad **global** de Honduras | www.**unitec**.edu

Trampa de Flotador y Termostato



La universidad **global** de Honduras | www.**unitec**.edu

Trampa Termodinámica de Disco



Cargas de Condensado (Tuberias de vapor aisladas)

$$C = \frac{A * U * (t_1 - t_2)}{H}$$

C = Carga de condensado, kg/hr/m
A= area de tuberia $^{m^2}/_{m}$
U= Perdida de calor de tuberias , Kj/hr-m^2
t_1= Temperatura de vapor ℃
t_2 = Temperatura de aire ambiente ℃
E=(1-Eficiencia de aislamiento termico)
H= calor latente de vapor $^{kJ}/_{kg}$

Cargas de Condensado (Precalentamiento de tuberias=

$$C = \frac{W * (t_1 - t_2) * 0.477}{H}$$

C = Carga de condensado, kg/hr/m
W= peso total de tuberia kg
t_1= Temperatura final de tuberia ℃
t_2 = Temperatura inicial de tuberia ℃
0.477=(Calor especifico del acero $^{kJ}/_{kg}$℃
H= calor latente de vapor a t_1 $^{kJ}/_{kg}$

La universidad global de Honduras | www.unitec.edu

Cargas de Condensado (Venas de vapor)

$$Q = \frac{L * U * S * \Delta T * E}{H}$$

Q = Carga de condensado, kg/hr/m
L=distancia de tuberia proceso entre trampas m
S= Area Superficial de tuberia, $^{m^2}/_{m}$
U= Perdida de calor en tuberias $^{KJ}/_{hr\,m^2}$
ΔT= Diferencia de Temperatura producto aire ambiente °C
E=(1-Eficiencia de aislamiento termico)
H= calor latente de vapor $^{kJ}/_{kg}$

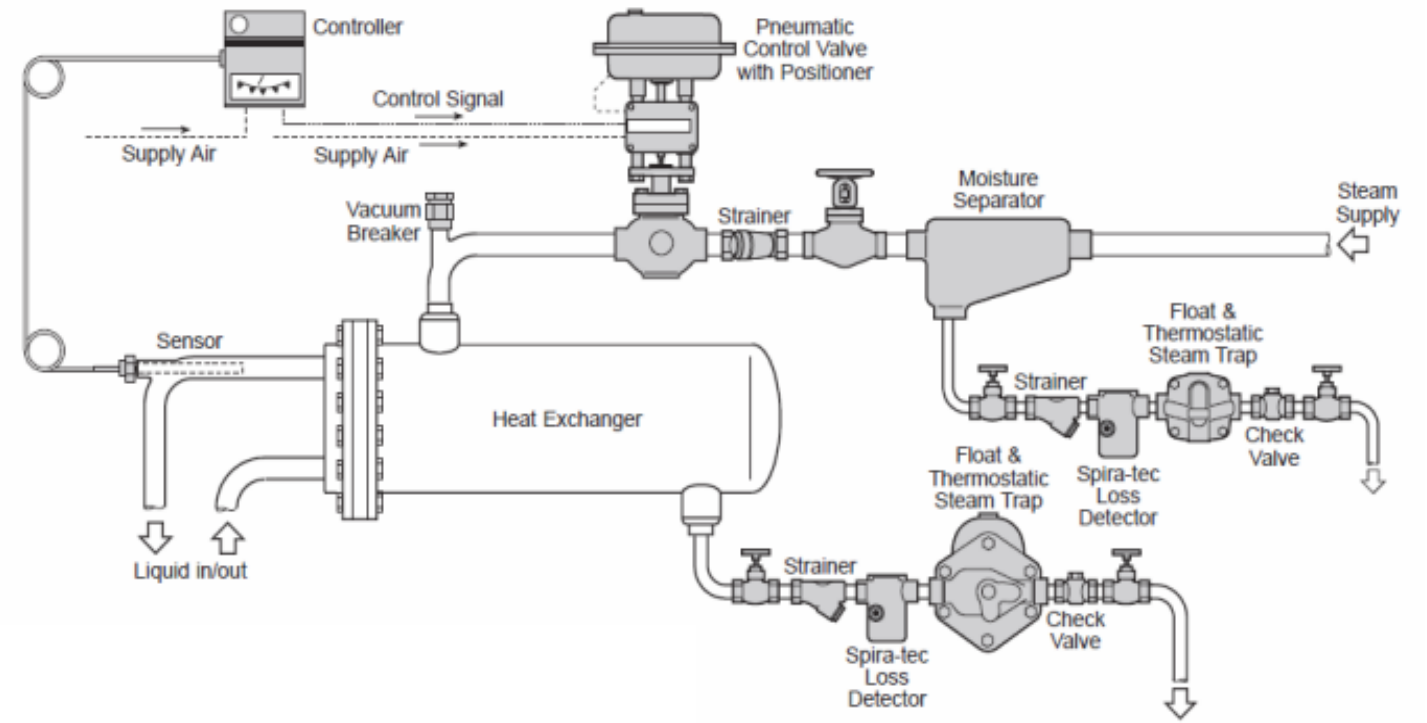
Cargas de Condensado (Intercambiadores de coraza y tubo=

$$Q = \frac{L * \Delta T * C * 60 * sg}{H}$$

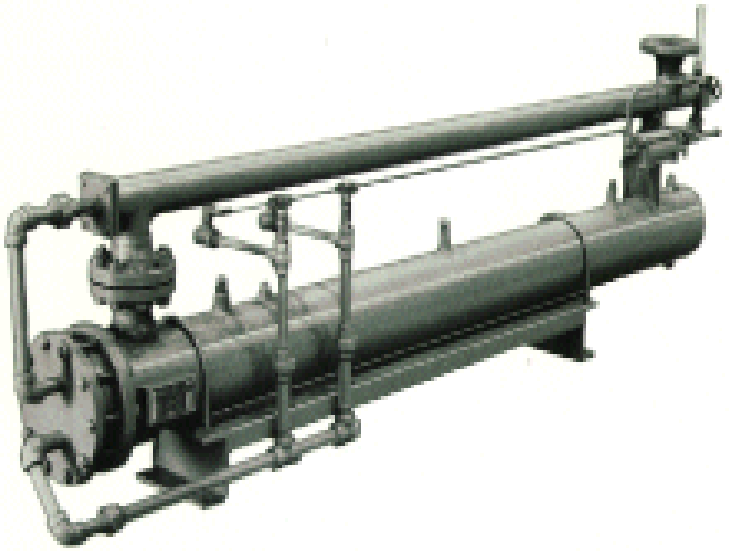
Q = Carga de condensado, kg/hr
L= flujo del liquidokg
ΔT= Incremento de temperatura del liquido °C
$C = Calor\ especifico\ de\ producto$ $^{KJ}/_{kg}$ °C
$S_g = Densidad\ relativa\ o$Perdida de calor de tuberias $^{kJ}/_{hr-m^2}$
H= calor latente de vapor $^{kJ}/_{kg}$

La universidad global de Honduras | www.unitec.edu

Instalaciones de trampas para Intercambiadores CyT







Resumen: Inspeccionar Trampas Visualmente y por Sonido

Trampa Operando Correctamente			
Ilustración			
Aspecto	Poco volumen de condensado en la descarga	Vapor flash y condensado descargados continuamente	Gran volumen de condensado y vapor flash descargados continuamente
Sonido	Casi sin sonido	Sonido como silbido	Silbido más fuerte

https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-trap-test.html

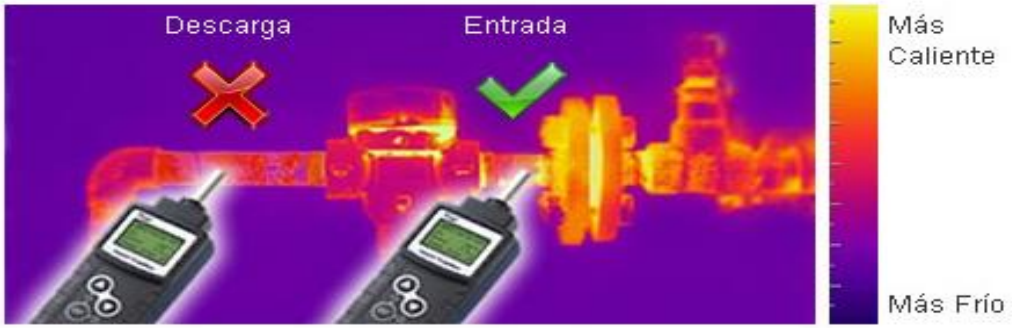
Trampa Fugando			
Ilustración			
Aspecto	Descarga de vapor vivo a alta velocidad (transparente) junto con condensado	Descarga de vapor vivo a alta velocidad (transparente)	Descarga continua de vapor vivo a alta velocidad (transparente)
Sonido	Similar a una fuga de aire comprimido	Similar a una fuga de aire comprimido con ligero silbido	Silbido más fuerte

https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-trap-test.html

	Trampa Fría (Bloqueada)	Capacidad insuficiente
Ilustración		
Aspecto	No hay descarga de condensado ni vapor Baja temperatura de la trampa (Fácil confundirla con trampas fuera de servicio)	Descarga suave (La capacidad de descarga es insuficiente)
Sonido	Ninguno	Sonido muy bajo

https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-trap-test.html

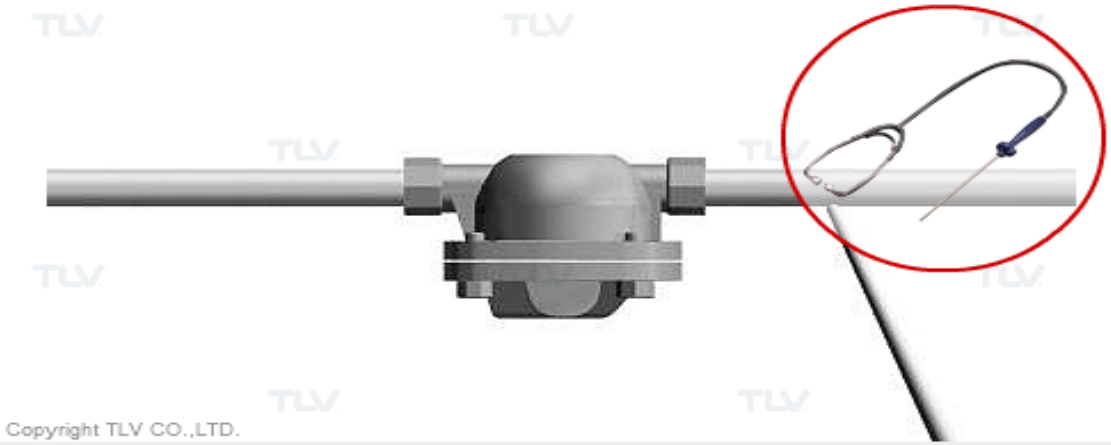
Inspección por Temperatura - ¿En la Entrada o en la Descarga?



La temperatura debe ser medida siempre en la entrada de la trampa, porque la temperatura del lado de la descarga siempre variará dependiendo de la presión del sistema de recuperación y otros factores.

https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-trap-test.html

Inspeccionar Trampas por Sonido



Aunque son menos exactos que un equipo moderno, los estetoscopios son fáciles de usar y pueden amplificar los sonidos emitidos por el orificio de una trampa de vapor durante la operación.

https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/steam-trap-test.html







Prevención de Pérdidas

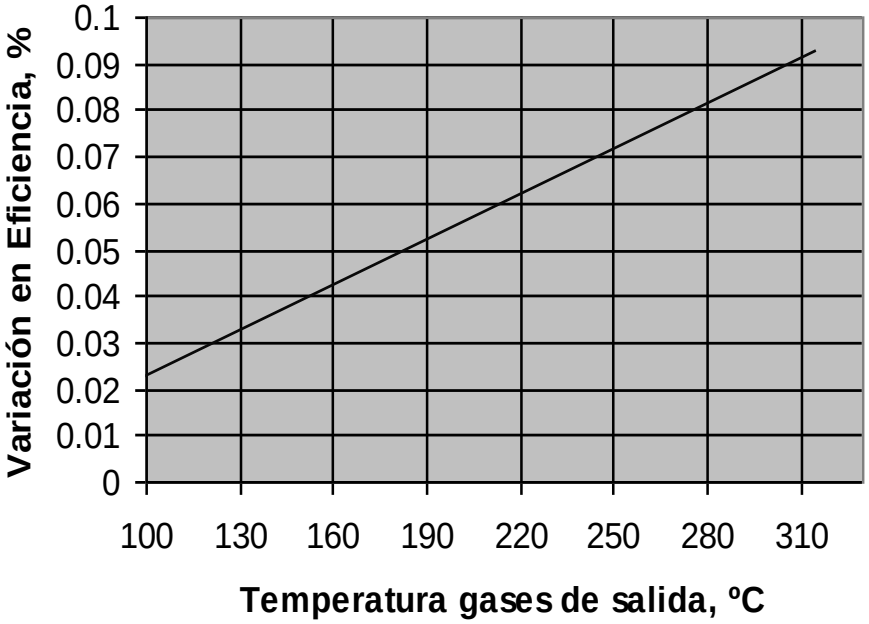
a) Gradiente de temperaturas
b) Exceso de aire
c) Flujo de agua de repuesto
d) Gradiente de presiones
e) Niveles de ruido
f) Nivel de vibraciones
g) Demanda eléctrica en equipos auxiliares

Cifras de Orden o “Reglas de Dedo”

- Por cada 10% de reducción en exceso de aire la eficiencia de un generador de vapor industrial se reduce en:
  - 0.23% para 120°C en gases de combustión
  - 0.38% para 150°C en gases de combustión
  - 0.5% para 175°C en gases de combustión

- Por cada 5.5°C de reducción en temperatura de gases de chimenea la eficiencia mejora en:
  - 0.25% para 20% de exceso de aire
  - 0.27% para 30% de exceso de aire
  - 0.29% para 40% de exceso de aire
  - 0.30% para 50% de exceso de aire


Variación en eficiencia, %
0.4
0.38
0.36
0.34
0.32
0.3
0.28
0.26
0.24
0.22
0.2
0
20
40
60
80
100
Exceso de Aire (%)


Variación en Eficiencia, %
0.1
0.09
0.08
0.07
0.06
0.05
0.04
0.03
0.02
0.01
0
100
130
160
190
220
250
280
310
Temperatura gases de salida, ºC

Recomendaciones Específicas de Ahorro de Energía

1. En la administración ó control de demanda
2. En equipo auxiliar
3. En instrumentación y control
4. En prácticas operativas
5. En recuperación de calor
6. En mantenimiento
7. En el uso de la energía eléctrica
8. En capacitación

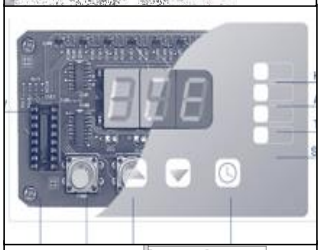
Lista de Verificación Abreviada (cont.)

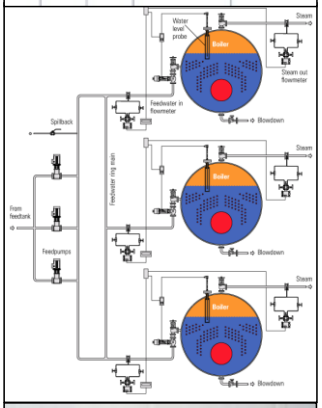
1. Reducir el exceso de aire al proceso de combustión
2. Aislamiento de la caldera y tuberías asociadas
3. Instalación de compuertas en ductos de productos de combustión
4. Instalación de turbuladores
5. Detección y reparación de fugas de vapor
6. Detección y reparación de gases o infiltración de aire
7. administración adecuada de capacidades
8. Instalación de sistemas de corrección de O_2
9. Modernización de sistemas de control
10. Instalación de recuperación de calor en descarga de purgas
11. Instalación de economizador
12. Instalación de precalentadores de aire

Lista de Verificación Abreviada en Bombas y Ventiladores

1. Dar la debida consideración a la eficiencia al seleccionar el equipo
2. Seleccionar bombas que el equipo satisfaga los requerimientos de carga y gasto
3. Motor que satisfaga la carga de la bomba con alta eficiencia
4. Optimice el sistema de conducción y accesorios
5. Monitoreo de los parámetros importantes del sistema como: demanda en el motor, presión de descarga, flujo, temperatura
6. Use accionamientos de velocidad variable en vez de compuertas o válvulas para controlar el flujo
7. Seleccione el tamaño adecuado del motor, de alta eficiencia ya que una fracción importante de energía eléctrica se consume a causa de este ineficiencia y estos equipos son de los principales usuarios
8. Modificaciones para adecuar el equipo al sistema.









¿Cómo Afecta Energéticamente el Sistema de Control al Sistema de Vapor?

"El equilibrio dinámico en masa y energía de cinco elementos y el conocimiento de la transformación de energía son garantía del control adecuado y económico en la generación de vapor"

IMPORTANCIA ENERGÉTICA DEL CONTROL

CONTROL DEL GENERADOR DE VAPOR

Un proceso de combustión completo y eficiente en el hogar de la caldera es prioritario para lograr la máxima economía posible. (96)

Se requieren:

Aire suficiente, turbulencia vigorosa y efectiva, mezcla íntima aire-combustible, temperatura suficiente y tiempo suficiente.

Bajo exceso de aire, suficiente para prevenir combustión secundaria, por seguridad, y reducir combustible no quemado, por economía.

Caldera Paquete Tubos de Humo Industrial con Equipo de Control y Medición Incorporados



Importancia Energética del Control

- FLUJO Y BALANCE DE ENERGÍA
- EQUILIBRIO DE MASA Y ENERGÍA
- PERFIL DE CARGA Y HABILIDADES DEL CONTROL
- NECESIDAD DEL CONTROL
  - Mejor aprovechamiento de la energía del combustible
  - Mínimos costos de operación
  - Máxima seguridad
  - Mayor vida útil de la unidad

Importancia Energética del Control

- Control adecuado.
- Operación económica
- OBJETIVOS DEL SISTEMA DE CONTROL

1. El objetivo del generador de vapor es proveer vapor suficiente, en forma continua y segura, a temperatura, presión, calidad y pureza requeridas y al mínimo costo.

2. El sistema de control debe ser suficientemente flexible, sensible y preciso para reaccionar a los cambios de demanda y satisfacerlos, manteniendo la eficiencia óptima.

Sistemas Básicos de Control en una Caldera

- CONTROL MAESTRO
- Control de Agua de Alimentación
- Control de Combustión
- Control de Tiro en el Hogar
- Control de Temperatura de Vapor Sobrecalentado y Recalentado
- Control de Temperatura en Precalentadores de Aire y Economizadores – Lado Frío
- Control de Purgas
- Sistema de Protección y Seguridad

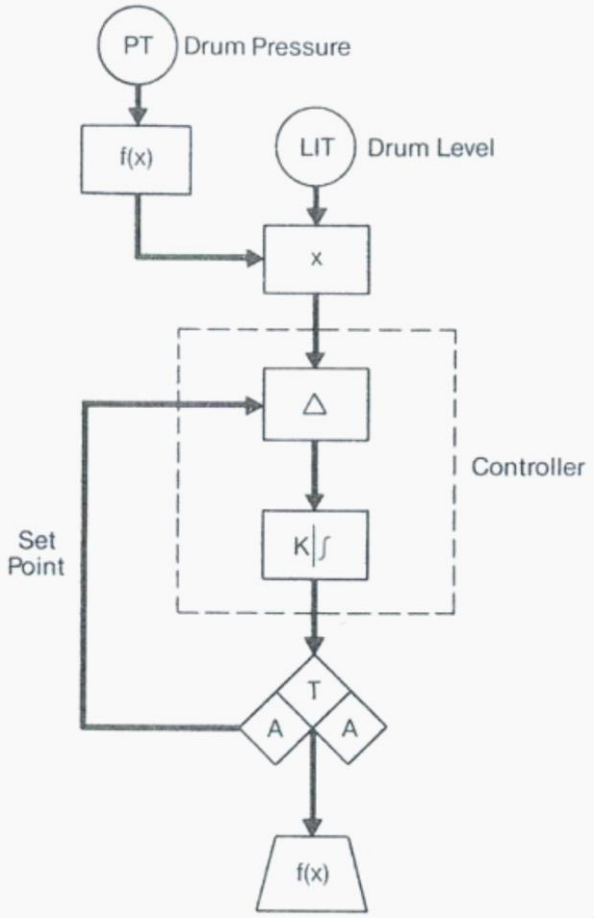
Control de Agua de Alimentación

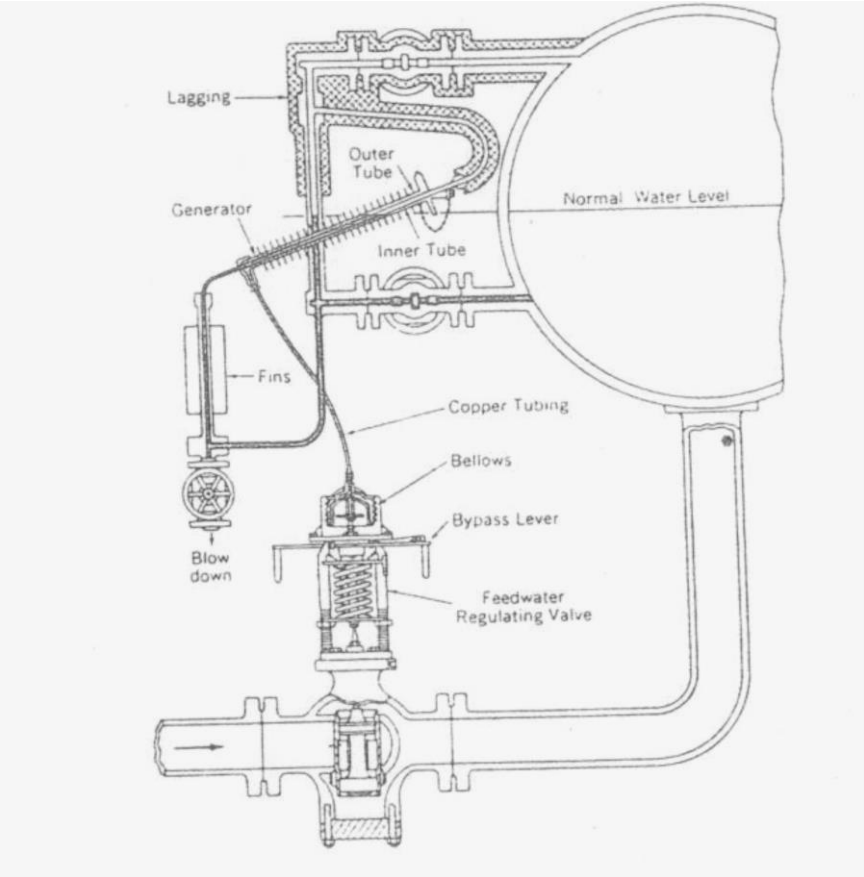
- ¿Qué pasa en el circuito agua / vapor en variación de demanda?

- Cuando se depende de un solo parámetro como es la indicación falsa de nivel puede solucionarse al hacer intervenir la medición de flujo de vapor y agua que aportan información equilibrio de masas de agua y vapor.

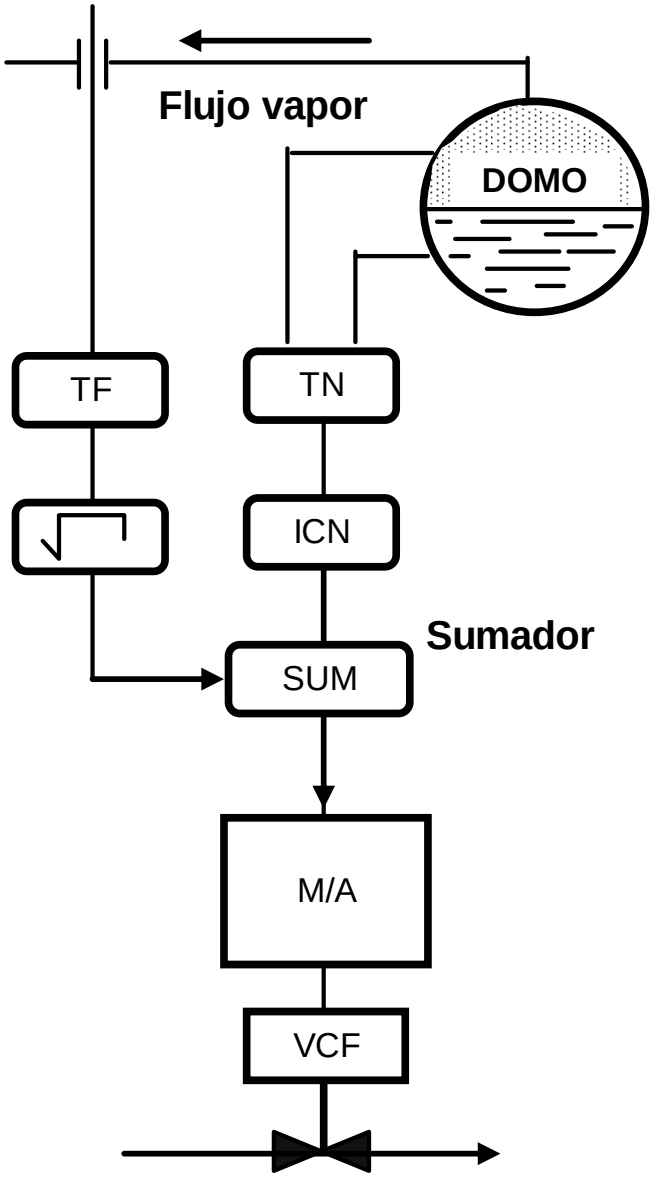
- CONTROL DE UN ELEMENTO
- CONTROL DE DOS ELEMENTOS
- CONTROL DE TRES ELEMENTOS

Sistema de Control de Agua de Alimentación Auto – Operados de un Elemento

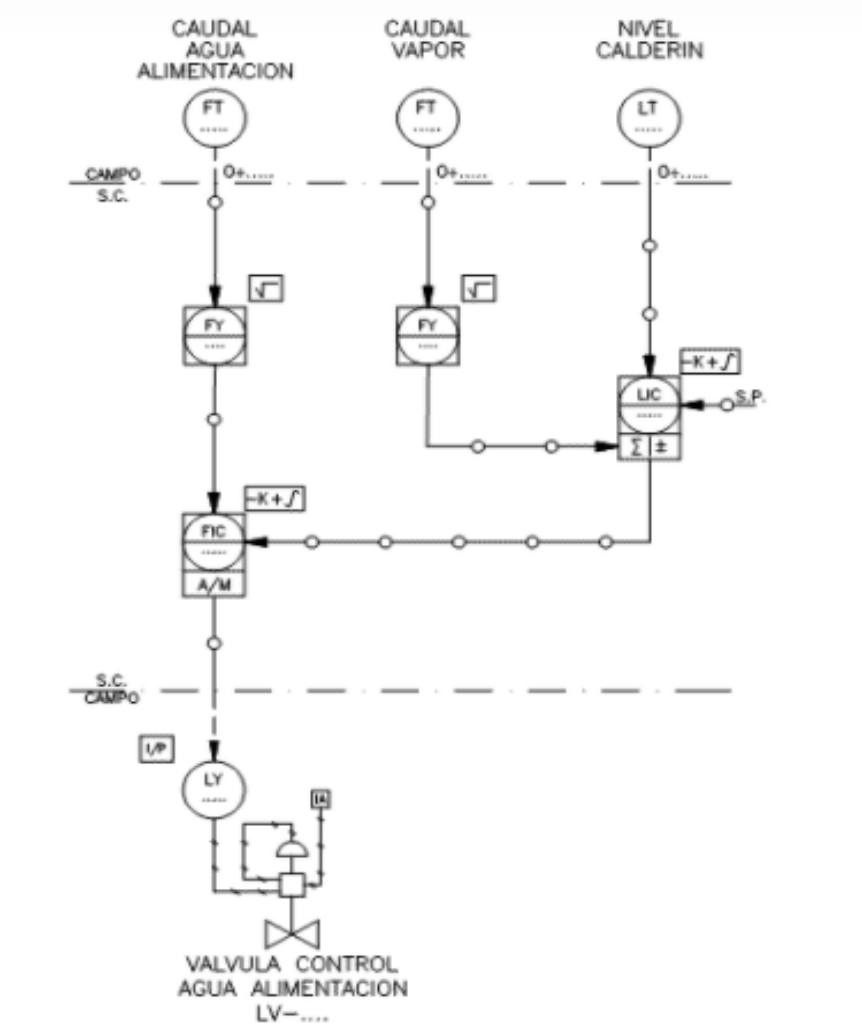




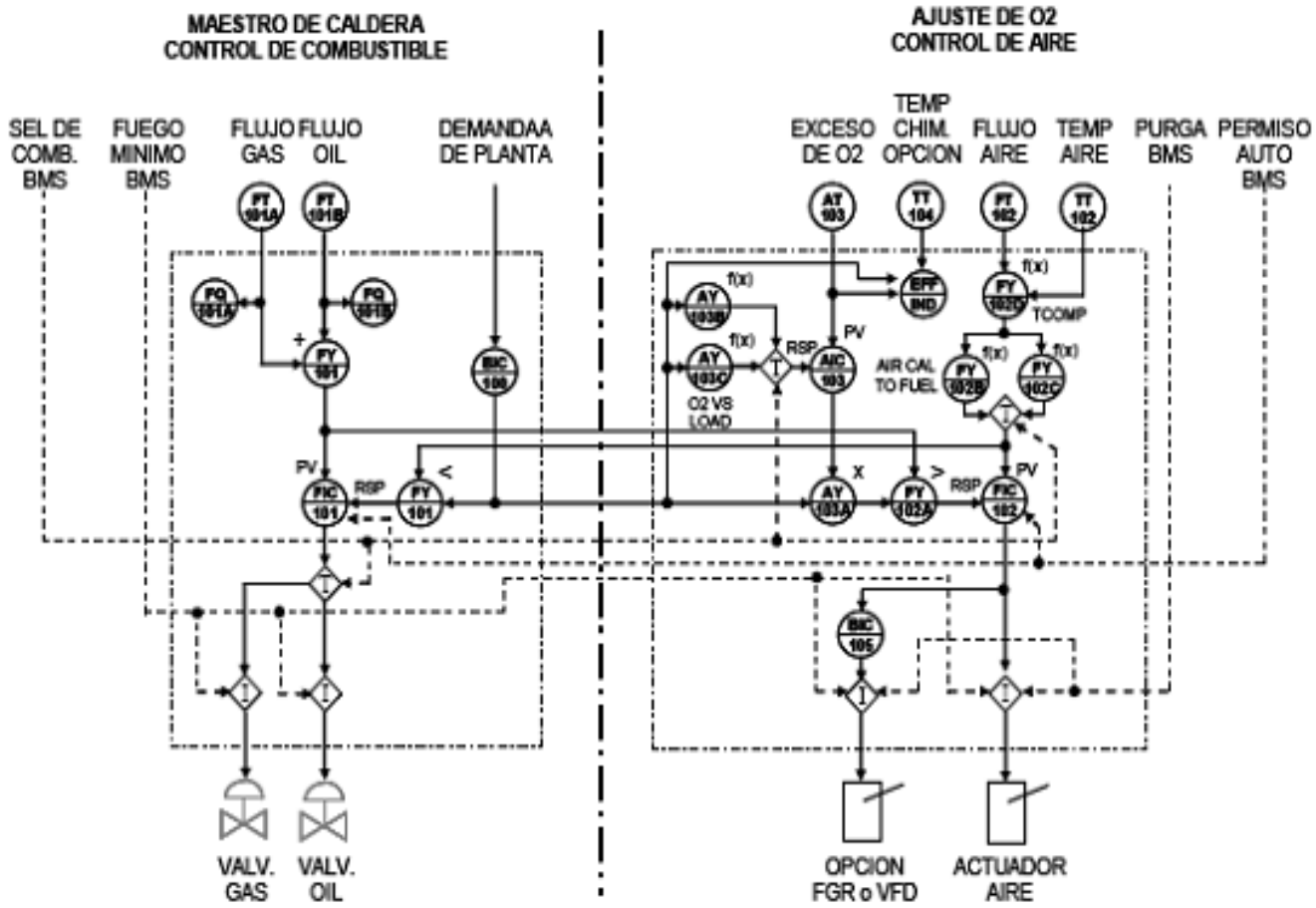
Sistema de Control de Agua de Alimentación de dos Elementos



Sistema de Control de Agua de Alimentación de tres Elementos

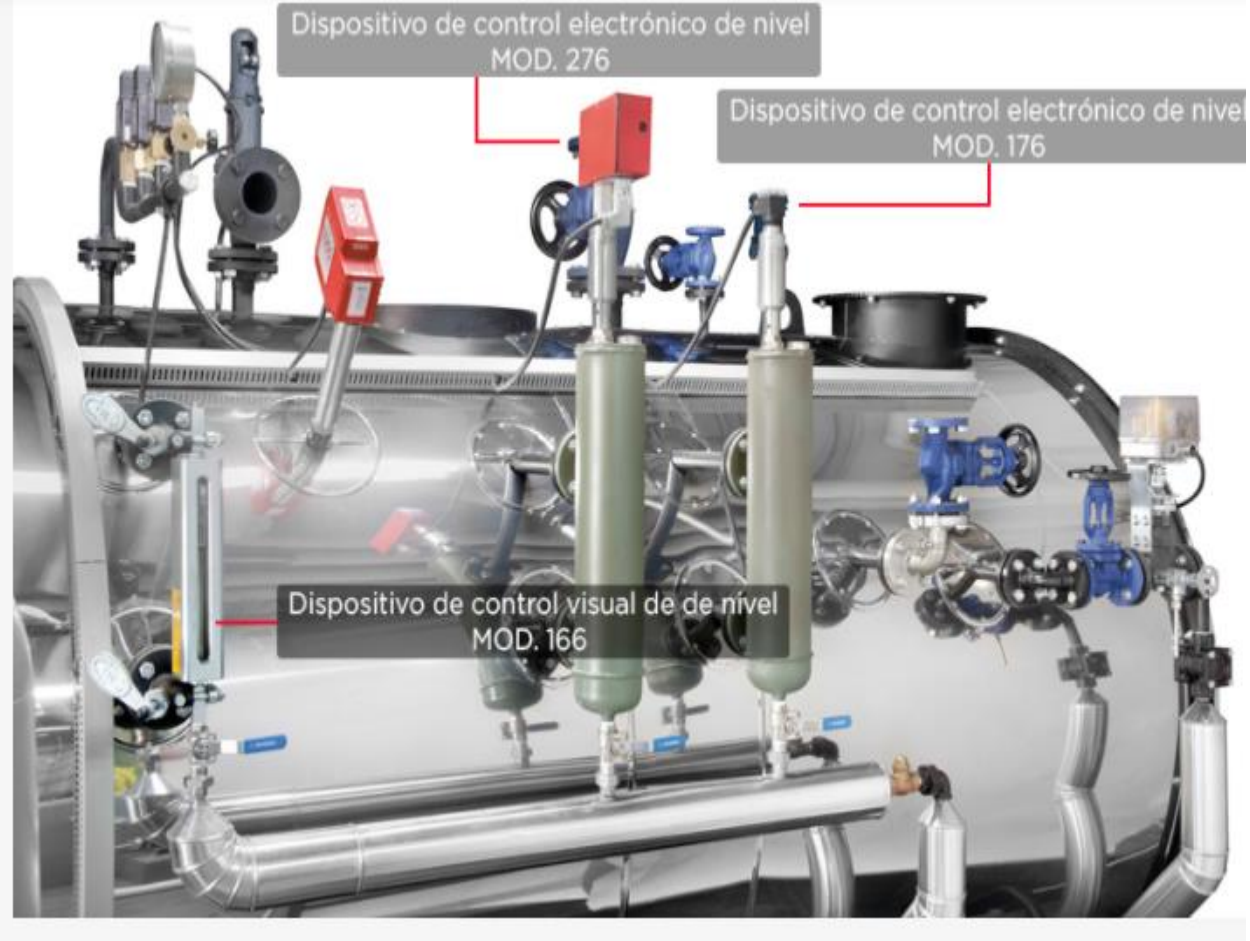


https://instrumentacionycontrol.net/cap-3-3-control-de-nivel-de-agua-de-alimentacion-de-calderas/



Lazos de Control de Caldera de Biomasa

https://joseangelbecerra.com/2017/03/31/lazos-de-control-calderas-biomasa/



https://vycindustrial.com/sistemas-de-control-del-nivel-de-agua-en-calderas-de-vapor/

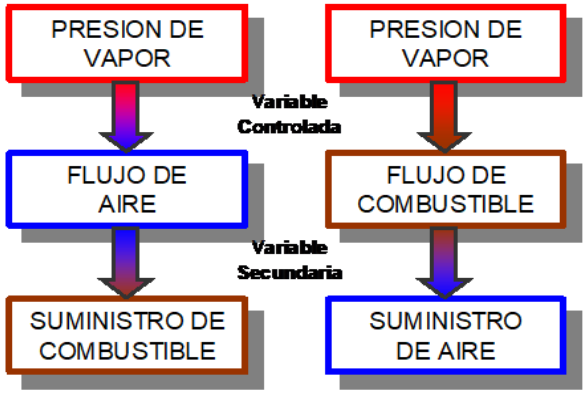
Control de Combustión

- LA CONFIGURACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE SISTEMAS DE CONTROL INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DEL GENERADOR DE VAPOR

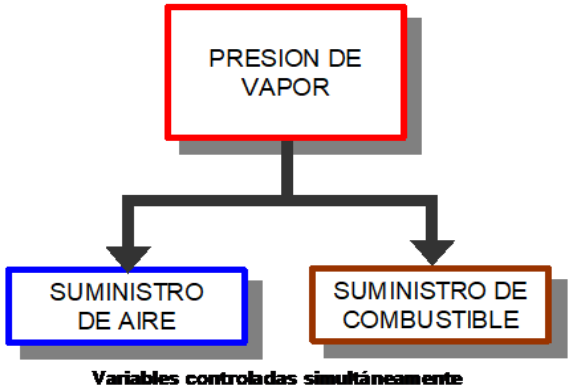
- RESPUESTA DE DIFERENTES SISTEMAS DE CONTROL DE COMBUSTIÓN

- CONTROL DE LÍMITES CRUZADOS

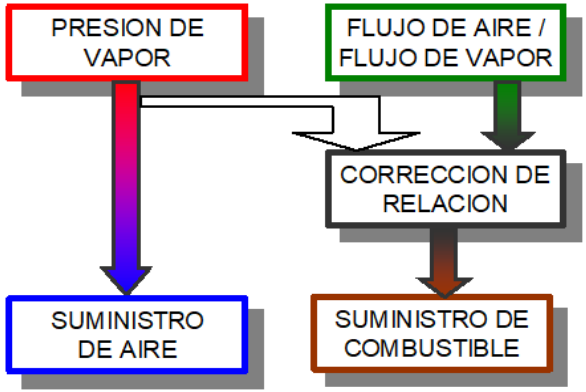
Esquemas Clásicos de Sistemas de Control de Combustión



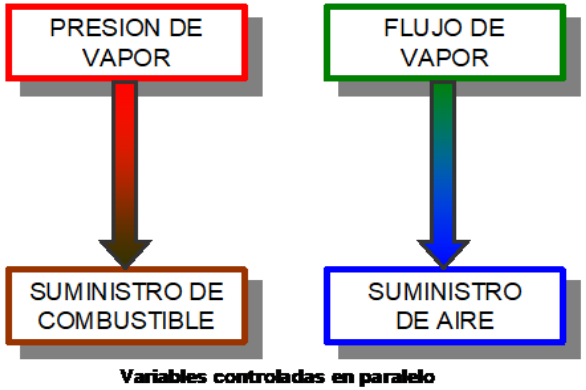
Control Serie



Control Paralelo

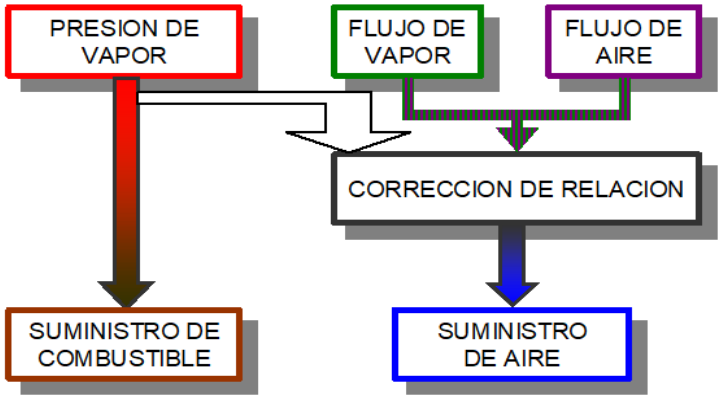


Control Serie – Paralelo con Corrección por Relación

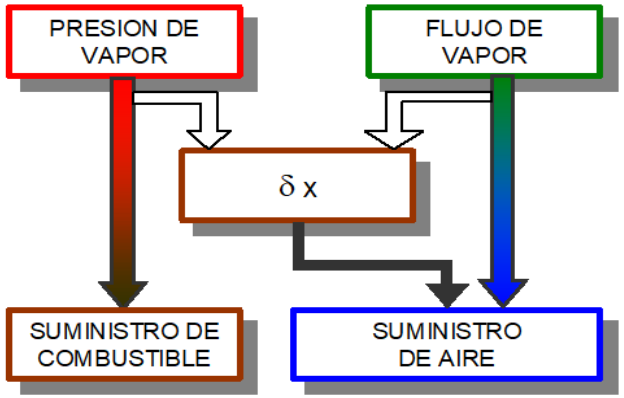


Control por Carga con Presión en Seguimiento

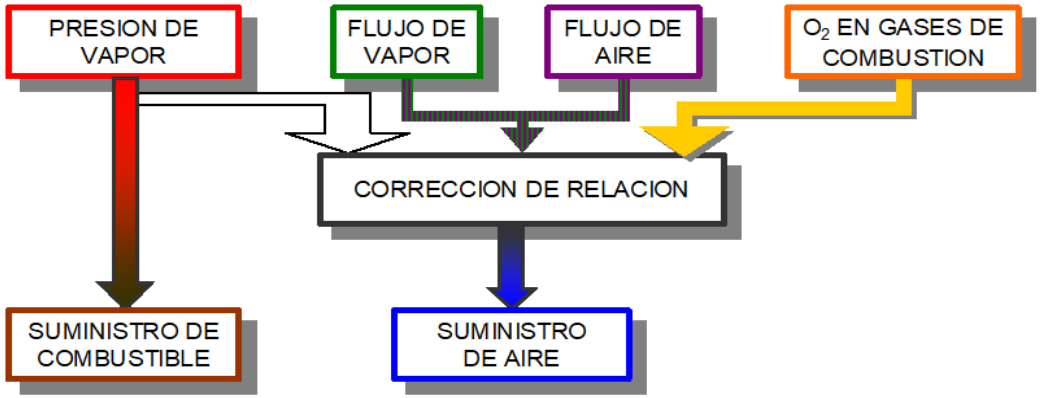
Esquemas Clásicos de Sistemas de Control de Combustión (2)



Control Serie – Paralelo con Corrección de Relación por Medición

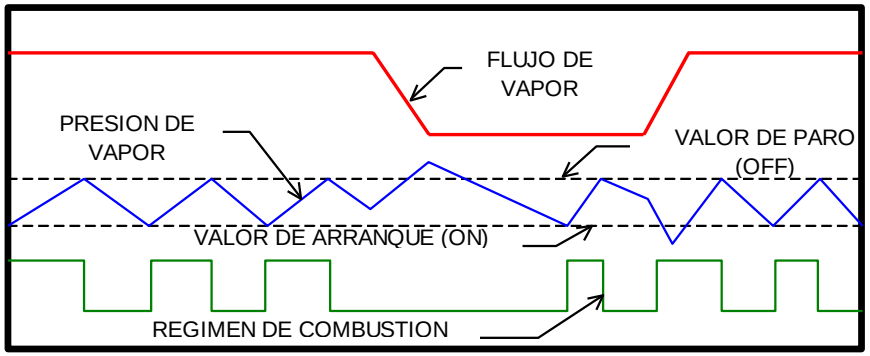


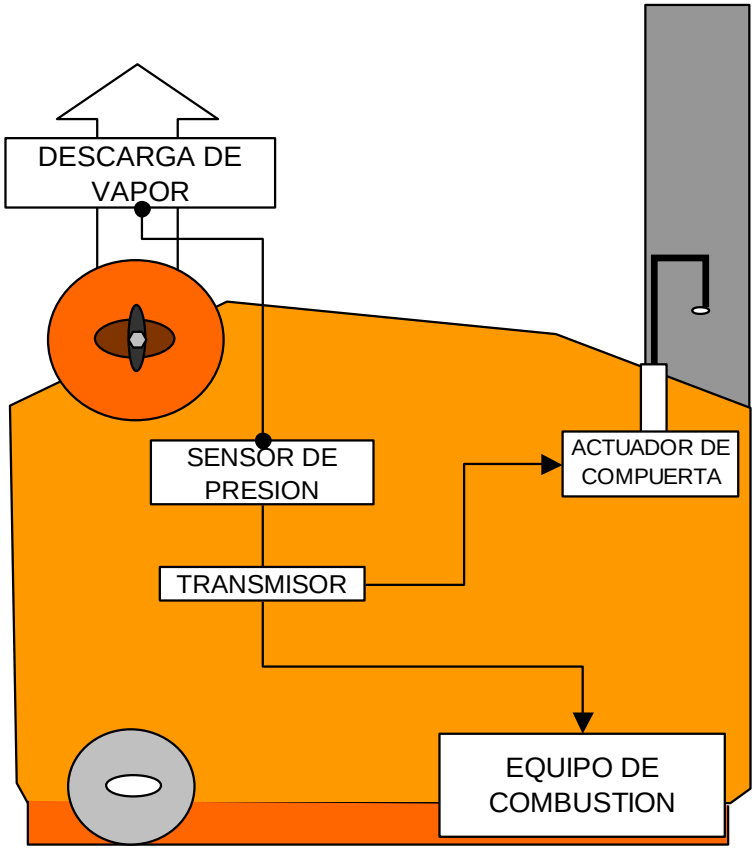
Control Serie – Paralelo con Anticipación para Carga Variable



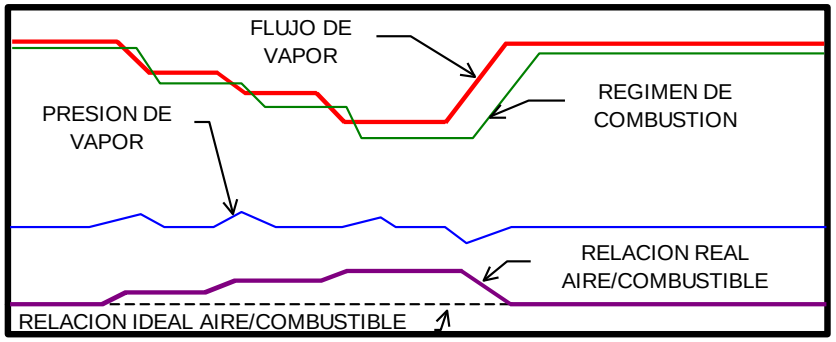
Control por Medición con Corrección de O_2

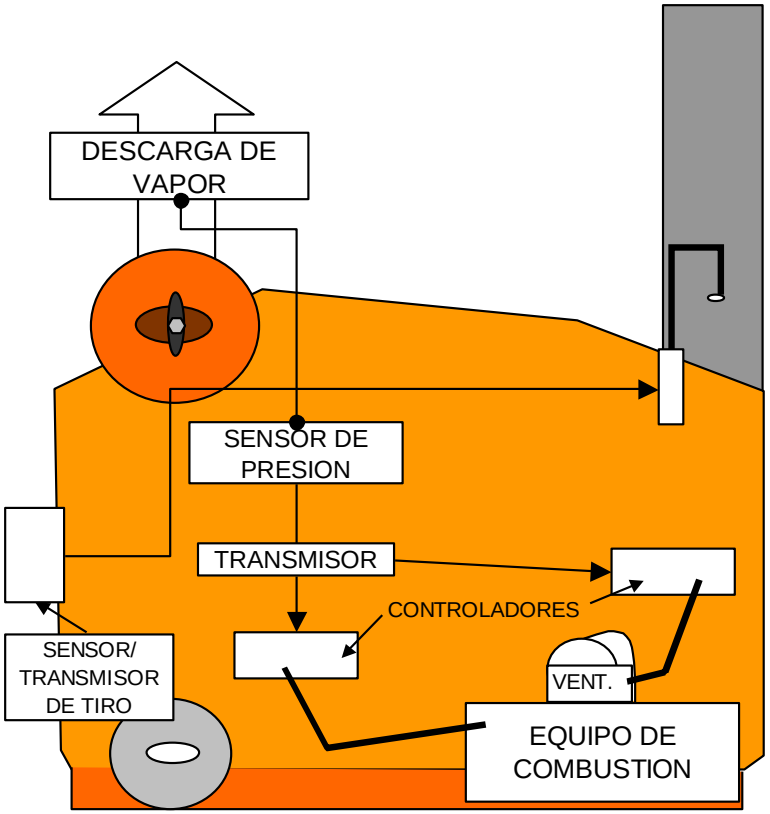
Control de Dos Posiciones (On – Off)



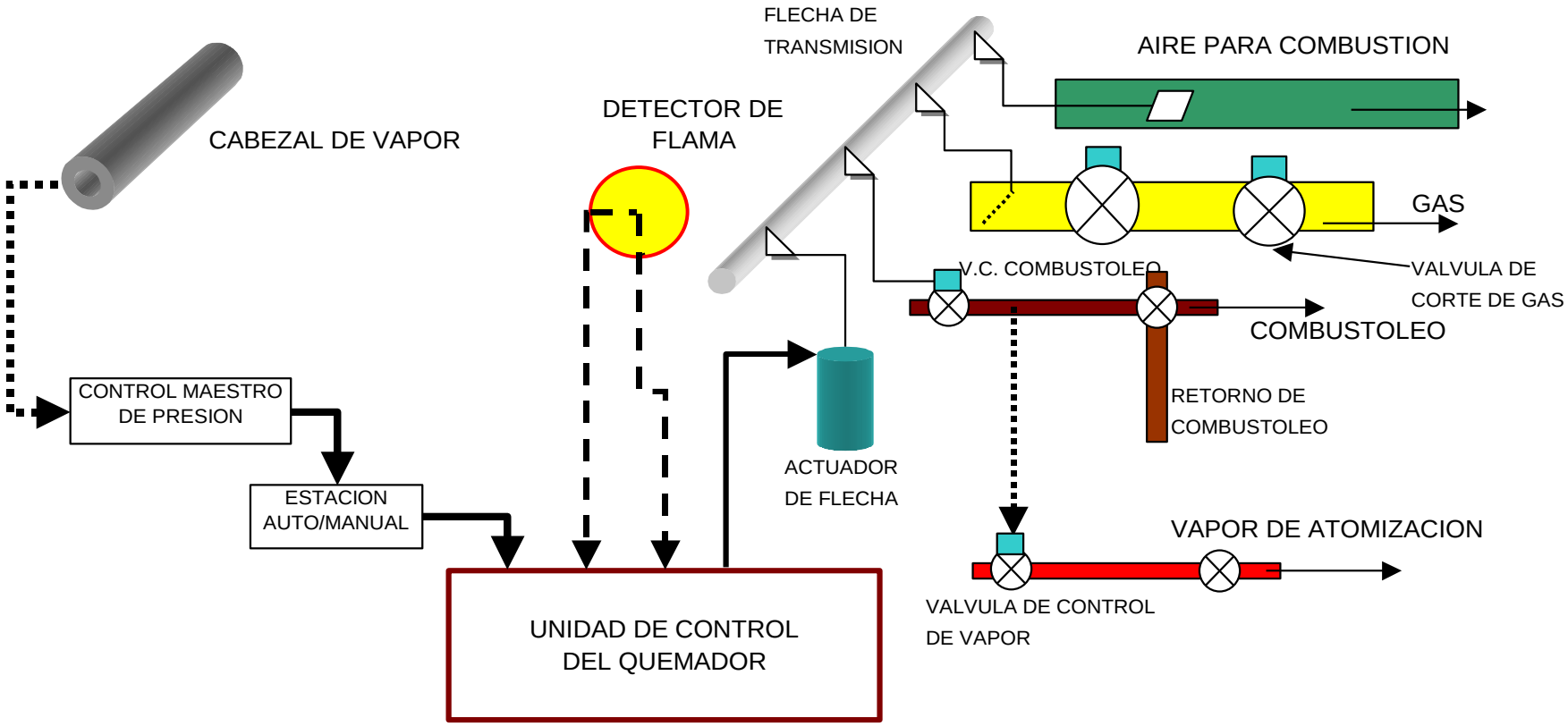


Control Posicionador

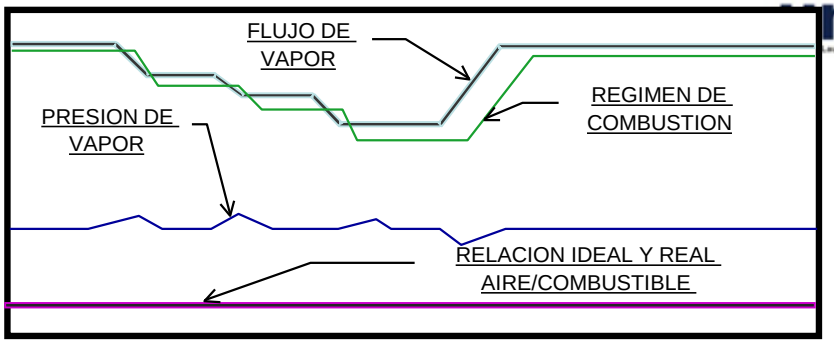


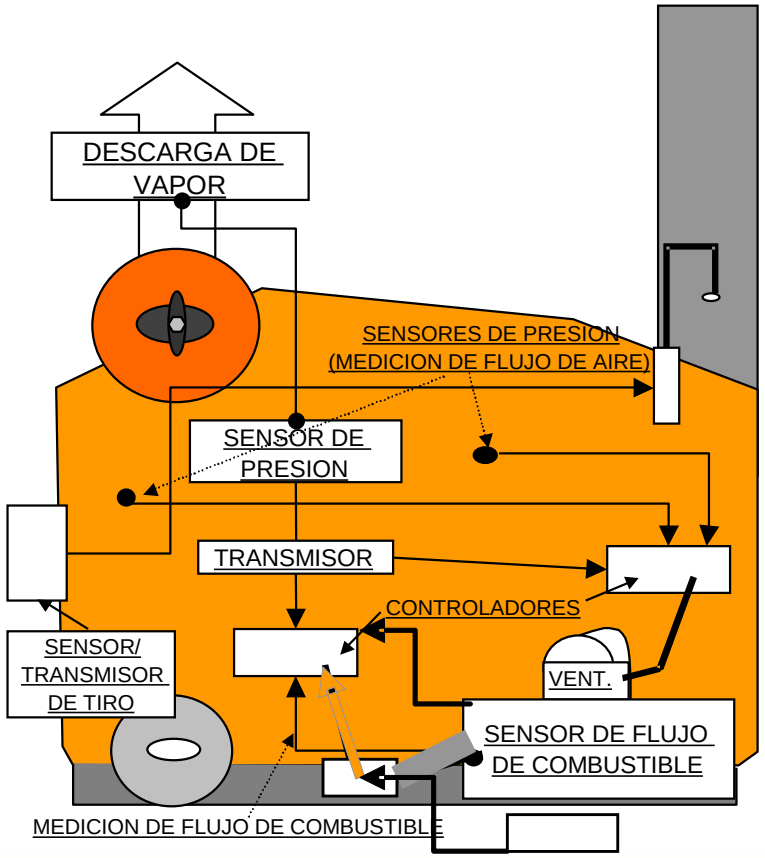


Representación Física de Control Posicionador



Control por Medición





Representación Física de Control por Medición

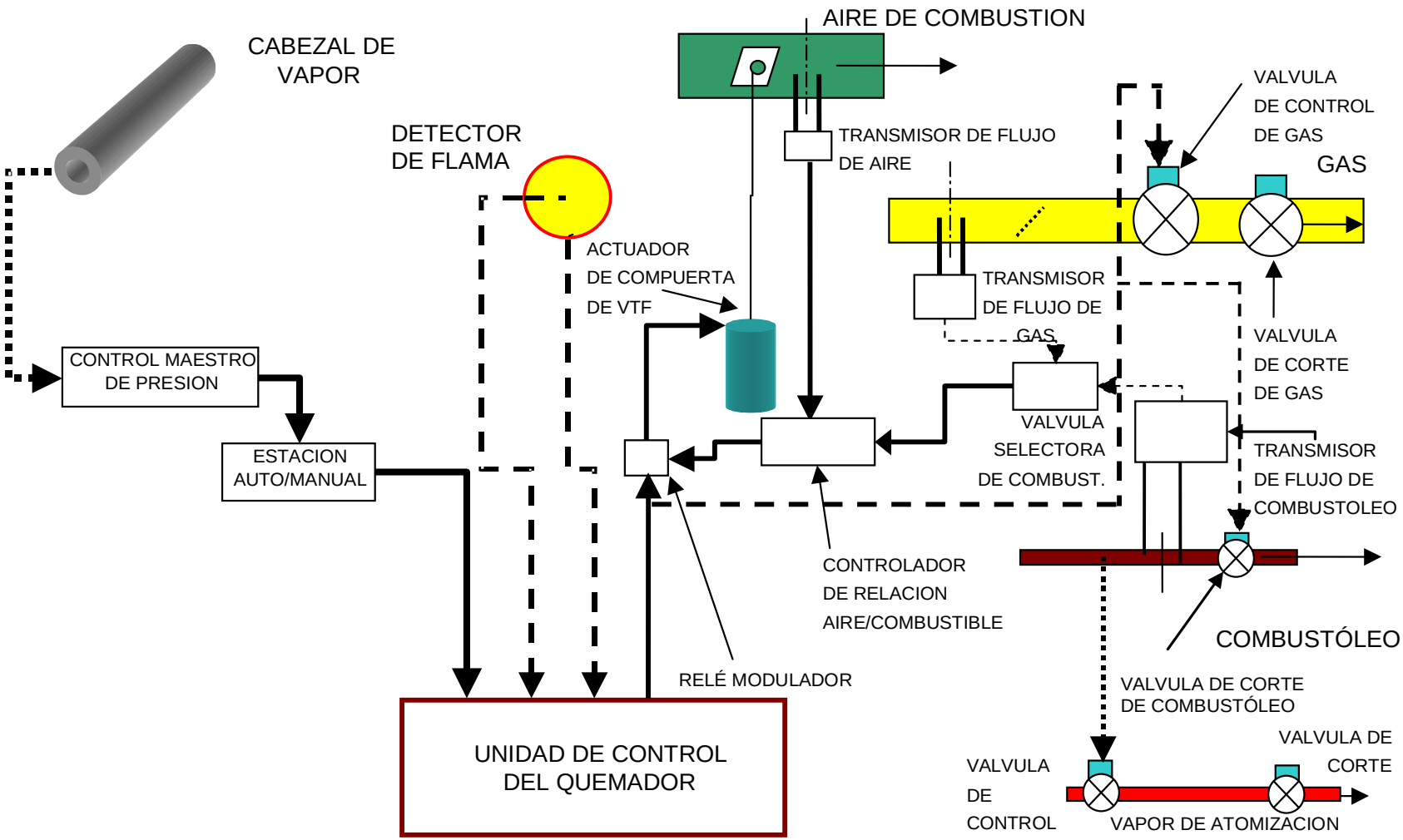
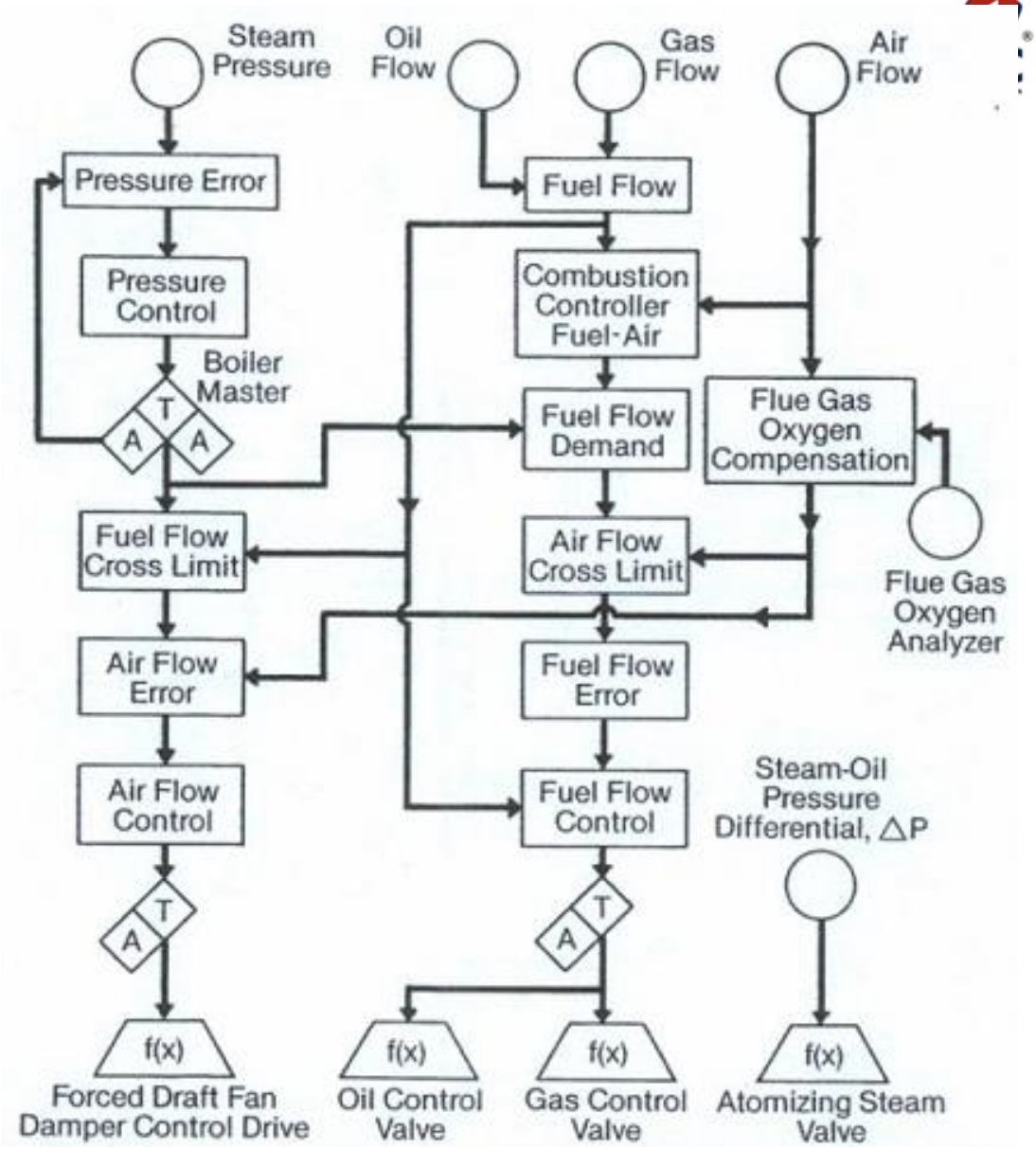


Diagrama de un Sistema de Control de Combustión para una Caldera quemando Fuel Oil y Gas Natural



Comportamiento de Diferentes Sistemas de Control de Combustión sobre el Exceso de Aire

FACTORES QUE AFECTAN LA RELACIÓN AIRE COMBUSTIBLE	PARALELO POSICIONES FIJAS		POSICIONADOR CORRECCIÓN EN SERIE		RELACIÓN DE PRESIÓN		MEDICIÓN DE AIRE Y COMBUSTIBLE		MEDICIÓN LÍMITES CRUZADOS		CORRECCIÓN POR OXÍGENO		ACCIÓN CORRECTIVA EFECTIVA
	MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.	MÍN.	MÁX.	
Válvula de Combustible	1	4	1	4	—	—	—	—	—	—	—	—	Medición de Combustible
Presión de Combustible Aguas Arriba	1	3	1	3	—	—	—	—	—	—	—	—	Medición de Combustible
Compuerta de Aire y Mecanismo	2	6	2	6	—	—	—	—	—	—	—	—	Medición de Aire
Comportamiento de Ventilador	2	5	2	5	—	—	—	—	—	—	—	—	Medición de Aire
Características de Quemador	—	—	—	—	3	10	—	—	—	—	—	—	Medición de Aire y Combustible
Desgaste o Carbonización de Quemador	4	10	4	10	4	10	—	—	—	—	—	—	Medición de Combustible
PCS, Peso Específico y Temperatura de Combustible	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	—	—	Corrección de O_2
Errores de Medición de T-P del Aire	7	14	7	14	4	9	4	9	4	9	—	—	Corrección de O_2
Respuesta del Control Aire/Combustible	—	—	—	—	—	—	1	2	—	—	—	—	Corrección de O_2
Errores no Determinados	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1	—	—	Corrección de O_2
Exactitud del Sistema de Control	0.5	1	0.5	1	2	5	0.5	2	0.5	2	0.5	2	
Error Potencial Acumulable	20	48	20	48	15.5	39	8	18	7	16	0.5	2	
Error Probable Acumulado o Exceso de Aire Adicional	**34**		**34**		**27**		**13**		**12**		**1**		

- CONTROL DE TEMPERATURA DE VAPOR
- CONTROL DE TIRO EN EL HORNO
- CONTROL DE TEMPERATURA DEL LADO FRÍO EN CALENTADRES DE AIRE Y ECONOMIZADORES
- CONTROL DEL SISTEMA DE PURGAS
- SISTEMA DE SEGURIDAD CONTRA FALLA DE FLAMA

Consideraciones Técnico Económicas Previas a Recomendaciones de Acción

- El conocimiento firme de los procesos de transformación de energía y las necesidades y características del usuario son esenciales en la toma de decisión para eficientar y modernizar un sistema de vapor.

- Tomar en consideración:
  - El equipamiento existente y sus posibilidades.
  - El estado que guardan los componentes.
  - Las capacidades y respuestas condición de las unidades que alimentan el sistema de vapor.
  - La interacción de los sistemas de auxiliares comunes.
  - Los modos de operación de las unidades.
  - El equipo de medición necesario para administrar (no solo para operar).

Las observaciones importantes en un diagnóstico se centrarán sobre valores de los parámetros de mayor influencia en las estimaciones y cálculos de potenciales de ahorro y la valoración del mejoramiento energético y económico.

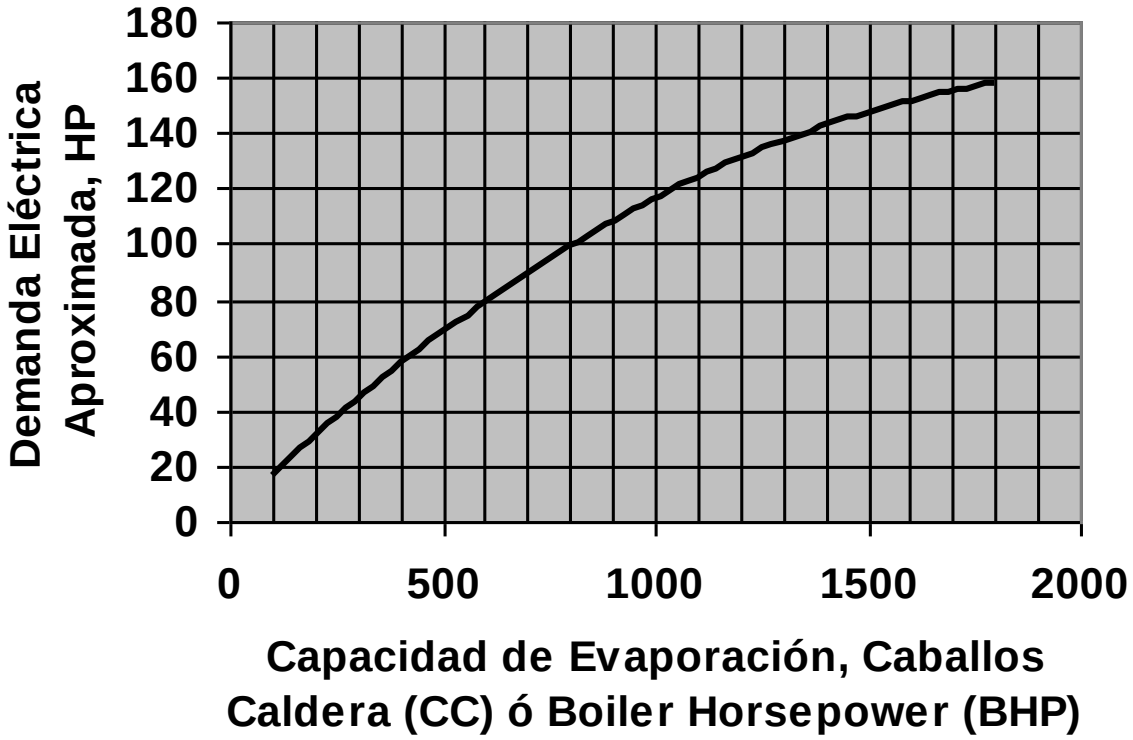


Energía Eléctrica en la Generación de Vapor

"La generación de vapor industrial y del servicio eléctrico nacional ofrecen potenciales similares de ahorro de energía eléctrica"

El consumo de Energía Eléctrica en la Generación de Vapor (117)
Importancia Energética de la Generación de Vapor para el Sector Eléctrico (118)
CENTRALES TERMOELÉCTRICAS E INSTALACIONES INDUSTRIALES
Contabilidad de Energía Eléctrica
Pérdidas Eléctricas
SISTEMAS DE SERVICIOS AUXILIARES

Demanda Eléctrica Aproximada de Equipo Auxiliar en Calderas Industriales Medianas y Pequeñas



Algunos Usos de Energía Eléctrica en Auxiliares de Generadores de Vapor

TIPO DE SERVICIO	INDUSTRIAL SERVICIOS GENERALES		INDUSTRIAL GENERACIÓN ELÉCTRICA
Equipo	PEQUEÑA	MEDIANA/ GRANDE	GRAN CAPACIDAD
Bomba de Agua de Alimentación	●	●	●
Bombas de Circulación Caldera			●
Bombas de Condensado		●	●
Bomba Booster Atemperación		●	●
Planta Tratamiento de Agua		●	●
Ventilador de Tiro Forzado	●	●	●
Ventilador de Tiro Inducido		●	●
Ventilador Aire de Sellos		●	●
Ventilador Recirculación Gases			●
Ventilador Aire Secundario		●	●
Bomba de Combustible Trasiego y Alimentación	●	●	●
Calentador de Combustible	●	●	●
Transportador de Bagazo-Carbón, etc.		●	●
Alimentadores de Bagazo-Carbón, etc.		●	●
Molinos de Carbón			●
Equipo de Manejo de Cenizas			●
Precipitador de Cenizas		●	●
Compresores de Aire de Instrumentos y Servicio		●	●
Compresores de Aire de Atomización Soplado		●	●
Secador Aire de Instrumentos			●
Bombas de Tratamiento Interno		●	●
Motor Precalentador de Aire		●	●
Iluminación		●	●
Motores de Servomecanismos	●	●	●
Instrumentación / Control / Protecciones	●	●	●
Sopladores de Hollín		●	●
Elevadores y Montacargas			●
Acondicionamiento Ambiental			●

Equipos Auxiliares Centrífugos Principales

$$Q = Q_1 \frac{n}{n_1} \qquad H = H_1 \left(\frac{n}{n_1}\right)^2 \qquad P = P_1 \left(\frac{n}{n_1}\right)^3$$

$$\frac{n}{n_1} = \frac{Q}{Q_1} = \sqrt{\frac{H}{H_1}} = \sqrt[3]{\frac{P}{P_1}}$$

$$Q = Q_1 \frac{D}{D_1} \qquad H = H_1 \left(\frac{D}{D_1}\right)^2 \qquad P = P_1 \left(\frac{D}{D_1}\right)^3$$

$$\frac{D}{D_1} = \frac{Q}{Q_1} = \sqrt{\frac{H}{H_1}} = \sqrt[3]{\frac{P}{P_1}}$$

En donde:

n = Velocidad de Giro, rpm

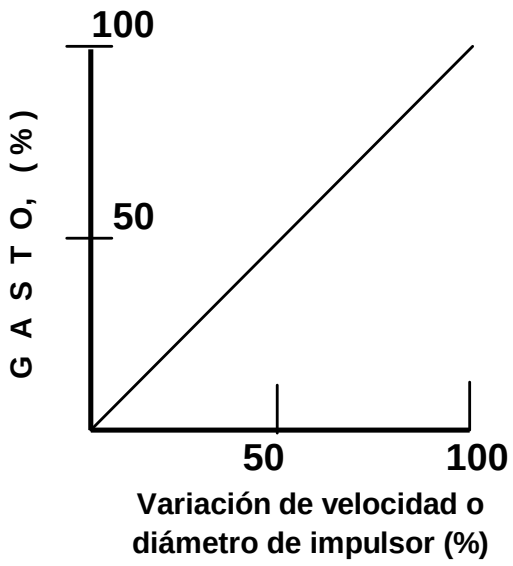
Q = FLUJO

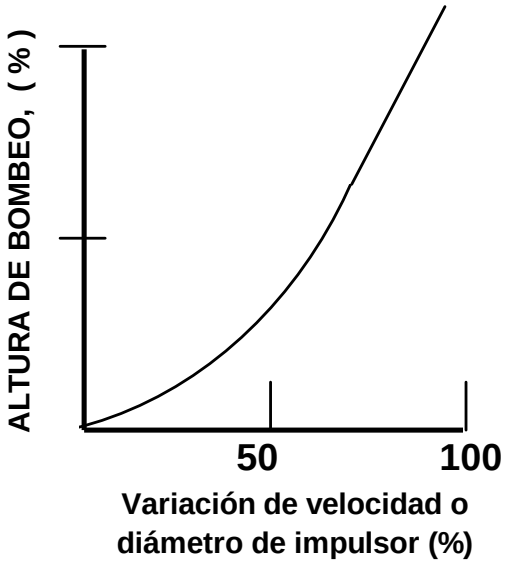
H = CARGA

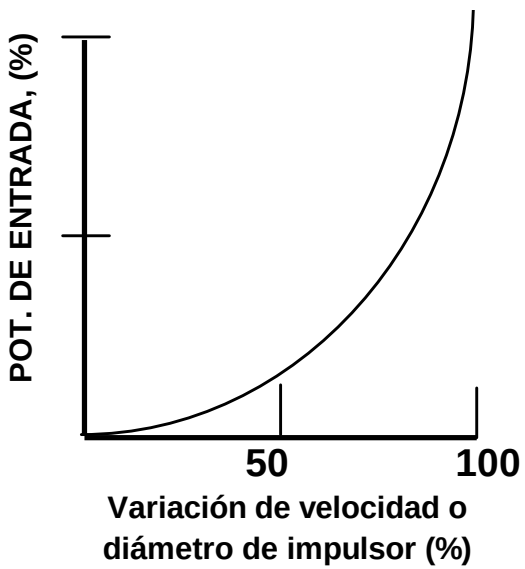
P = POTENCIA

D = DIAM. IMPULSOR (121)

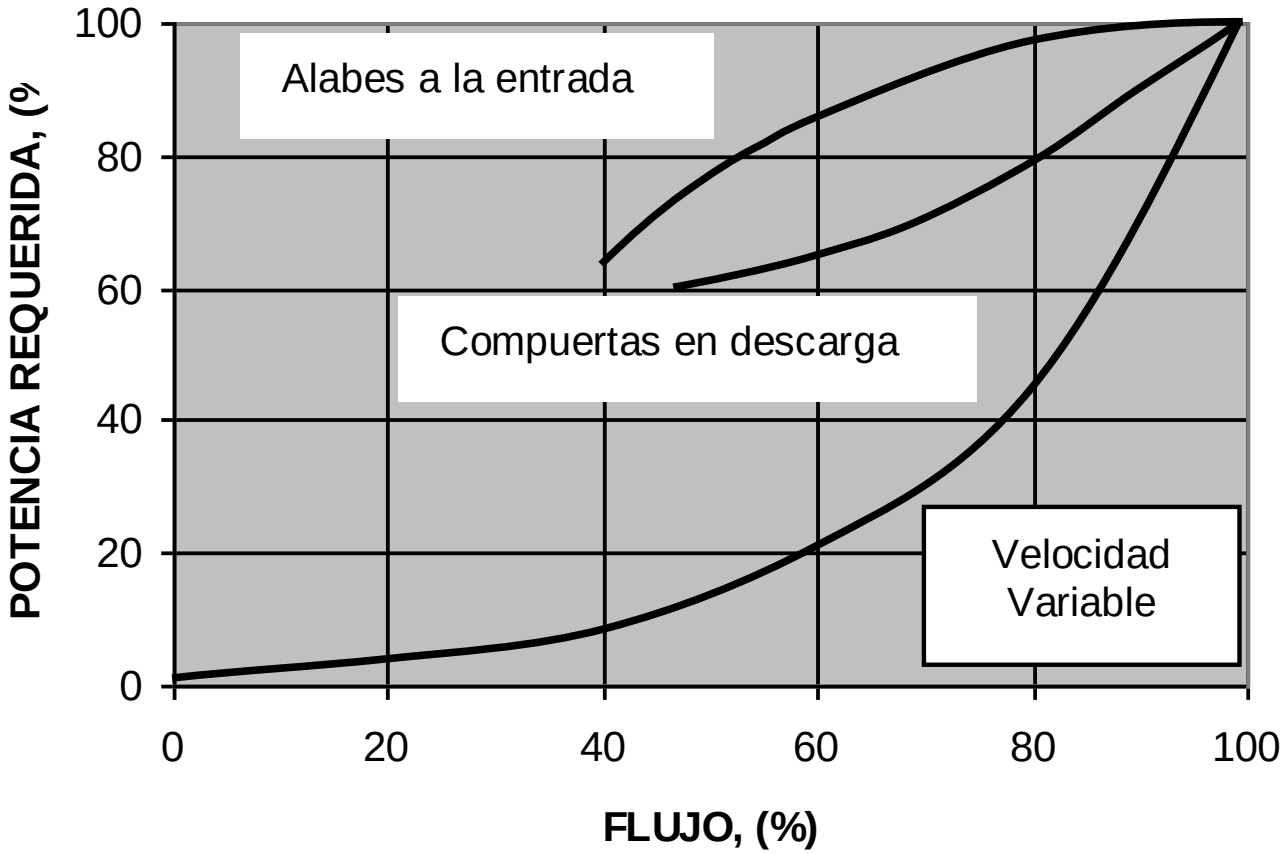
Leyes de Afinidad – Equipo Centrífugo







Control de Flujo en Ventiladores y Potencia Requerida



Optimice el Sistema de Control de Flujo (127)

- "Las curvas características de comportamiento presión – flujo de las bombas y ventiladores centrífugos es opuesta a la resistencia del sistema."

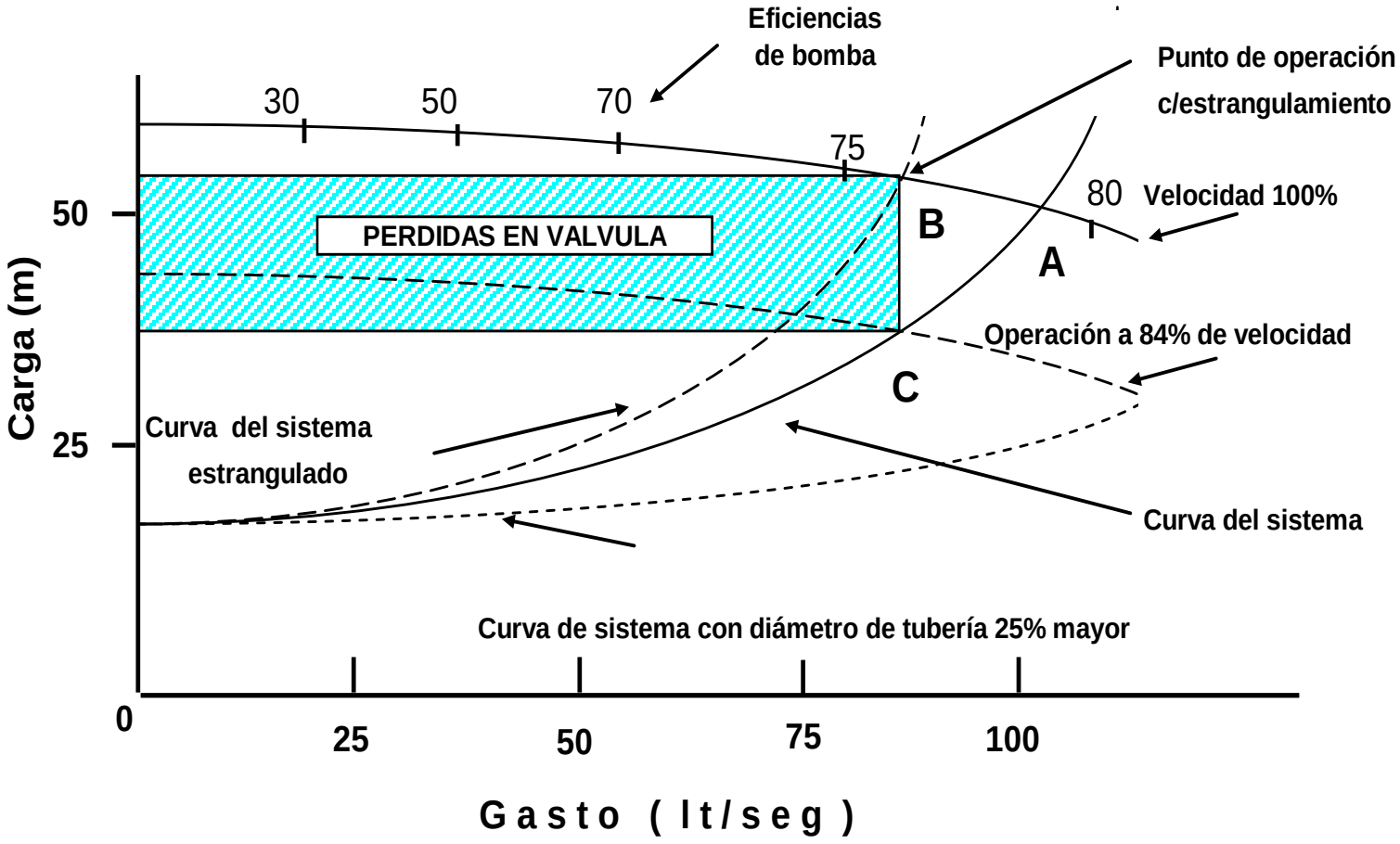
- Alimentación a Auxiliares

- OPTIMICE EL ARREGLO DE TUBERÍA

- COMPONENTE DE FRICCIÓN

- OTROS AUXILIARES DEL SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR

Velocidad Variable vs. Estrangulamiento (Aplicación a Bombas Centrífugas)



- MOTORES PARA EQUIPO AUXILIAR

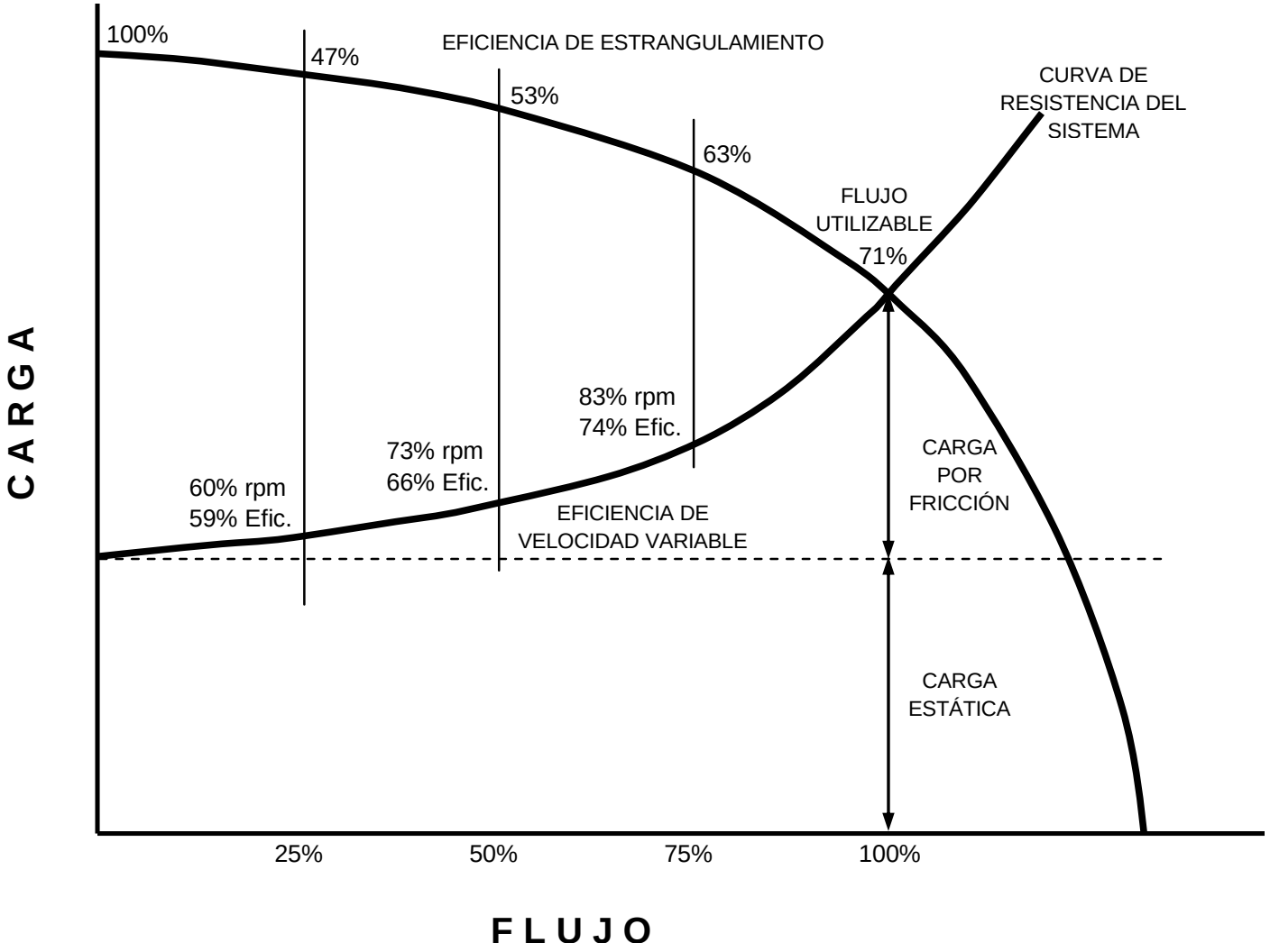
  – Seleccionar un motor para una aplicación específica requiere analizar muchos factores técnicos, un juicio profundo y experiencia, puede ser un problema complejo. Su comportamiento debe ser cercano como sea posible al de la carga.

- VARIADORES DE FRECUENCIA
  – "Las leyes de afinidad se aplican exclusivamente a la energía transmitida al fluido por el ventilador o la bomba, en muchos casos los potenciales y ahorros optimistamente se calculan aplicándolos al comportamiento total del sistema con desencanto en los resultados." (129)

- CUIDADO CON LAS REPARACIONES

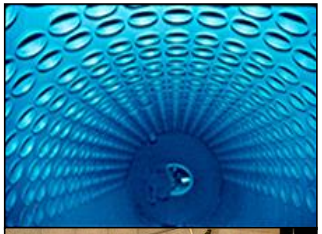
- LA EFICIENCIA EN UN MOTOR

Curvas Carga – Flujo en una Bomba en Control por Estrangulamiento y por Velocidad Variable

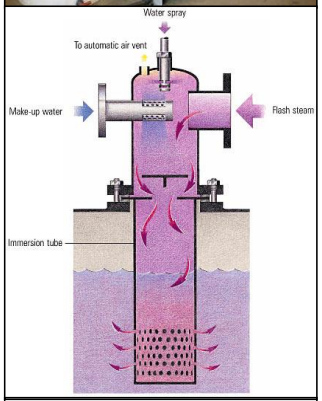


Mejoras en Eficiencia – Individuales y Combinadas – en un Sistema de Bombeo

EFICIENCIA				EFICIENCIA			
FLUJO	BOMBA	ACCIONAMIENTO*	SISTEMA	FLUJO	BOMBA	ACCIONAMIENTO*	SISTEMA
25%	59%	84.0%	49.6%	47.0%	16.3%	85.0%	13.9%
50%	66%	85.1%	56.2%	53.5%	22.8%	88.0%	20.1%
75%	74%	85.6%	63.3%	63.0%	37.2%	89.5%	33.3%
100%	71%	86.0%	61.1%	71.0%	71.0%	90.0%	63.9%









La Química del Agua en el Ahorro de Energía

"El agua sin sales disminuye la vida útil al hombre, a un generador de vapor se la incrementa"

Prácticamente en todas las instalaciones el deficiente control y supervisión de la calidad adecuada en la química del agua de repuesto, del retorno de condensados y de almacenamiento interno de las calderas es uno de los factores que afectan negativamente la transferencia de calor, la relación de circulación, la capacidad de evaporación, incrementa la frecuencia de salidas para mantenimiento y finalmente conduce a fallas, con el dispendio energético y costo excesivo de operación.

En ocasiones los proveedores de productos químicos, o consultores recomiendan incrementar dosificación de reactivos y el régimen de purga, y La operación en niveles de concentración innecesariamente bajos, conceptos, todos, contrarios a la buena eficiencia y economía de la planta de vapor.

Impurezas del Agua y Efectos en un Sistema de Generación y Distribución de Vapor

Materiales en suspensión o coloidales.

Efecto: formación de depósitos e incrustaciones.

Materias orgánicas

Efecto: Formación de depósitos e incrustaciones, espuma en la caldera favoreciendo el arrastre.

Cobre (Generalmente de intercambiadores de calor)

Efecto: en calderas de alta presión: Corrosiones en haces tubulares.

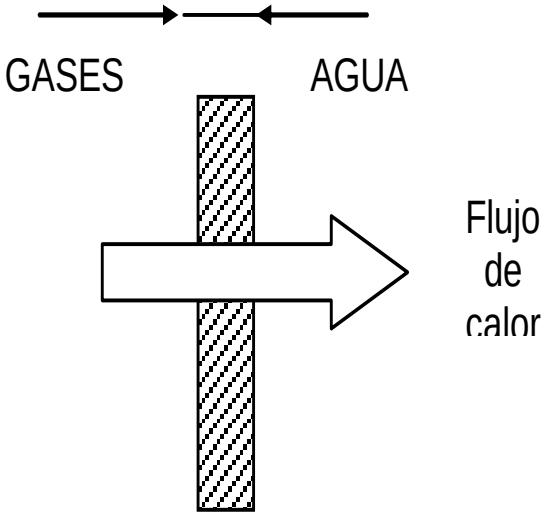
Sílice.

Efecto: Formación de incrustaciones.

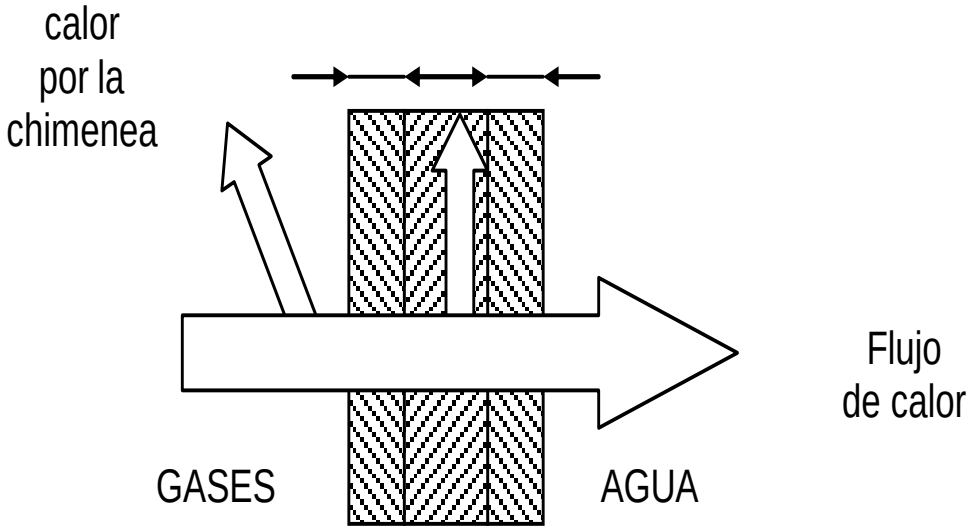
Cloruros.

Efecto: Contribuyen a aumentar la salinidad del agua, corrosión

Depósitos Formados en la Tubería de una Caldera



a) Pared limpia



b) Pared con hollín e incrustaciones

- INCRUSTACIÓN DEBIDA AL AGUA. (136, 142)
- EFECTO DE INCRUSTACIONES POR AGUA Y PRODUCTOS DE COMBUSTIÓN
- CONTAMINACIÓN DEL VAPOR.
  - I.- ARRASTRE DE NEBLINA
  - II.- ARRASTRE MECÁNICO
- ACARREO DE AGUA EN EL VAPOR

Límites en Contenido de Sílice en Agua de Caldera

PRESION DE OPERACIÓN EN LA CALDERA kg/cm^2 ($lb/pulg^2$)		LIMITE ACEPTABLE DE SÍLICE (como SiO_2) ppm
0 – 1*	(0 – 15)	200
1 – 10	(16 – 149)	200
10 – 21	(150 – 299)	150
21 – 32	(300 – 449)	90
32 – 42	(450 – 599)	40
42 – 53	(600 – 749)	30
Más de 53	(Más de 750)	20

*Aplicando redondeo

Límites Recomendables para la Composición de Agua en Caldera – ABMA

PRESION EN LA CALDERA (kg/cm^2)	PRESION EN LA CALDERA ($lb/pulg^2$)	SÓLIDOS TOTALES (ppm)	ALCALINIDAD (ppm)	SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN (ppm)
0 – 21	0 – 300	3,500	700	300
21 – 32	301 – 450	3,000	600	250
32 – 42	451 – 600	2,500	500	150
42 – 53	601 – 750	2,000	400	100
53 – 63	751 – 900	1,500	300	60
63 – 70	901 – 1000	1,250	250	40
70 – 106	1001 – 1500	1,000	200	20
106 – 140	1501 – 2000	750	150	10
Mayor de 140	Mayor de 2000	500	100	5

Efecto de Acondicionamiento Inadecuado de Agua

EFECTO	PROBLEMA	CONSECUENCIAS	CAUSAS DE PÉRDIDA EN ENERGÍA
Incrustación	Sílice	Formación de un recubrimiento duro como cristal en las superficies internas de la caldera. En calderas de alta presión vaporiza y se deposita sobrecalentadores, recalentadores en alabes de las turbinas.	SI
Incrustación	Dureza	Formación de incrustación en tubos de las calderas por C_aSO_4, M_gSO_3, C_aCO_3 y $MgCO_3$. – Fallas	SI
Reducción en transferencia de calor	Incrustación y depósitos de lodo	Sobrecalentamiento de áreas de intercambio – desperdicio de combustible	SI
Corrosión	Oxígeno	Ocasiona picaduras en el metal en tubos de caldera, conducción de vapor y condensado	SI
Corrosión	Dióxido de carbono	Es la mayor causa de deterioro en líneas de retorno de condensado	SI
Corrosión	O2 + CO2	Esta combinación es más corrosiva que cualquiera de los dos elementos – Fallas	SI
Espuma acarreo (priming)	Alta concentración en agua de caldera	Contaminación en el sistema de distribución, humedad en el vapor y depósitos en tuberías, alabes de turbina y asientos de válvulas	SI
Fragilización cáustica	Alta concentración cáustica	Origen de agrietamiento intercristalino en metal de las calderas – Fallas	SI







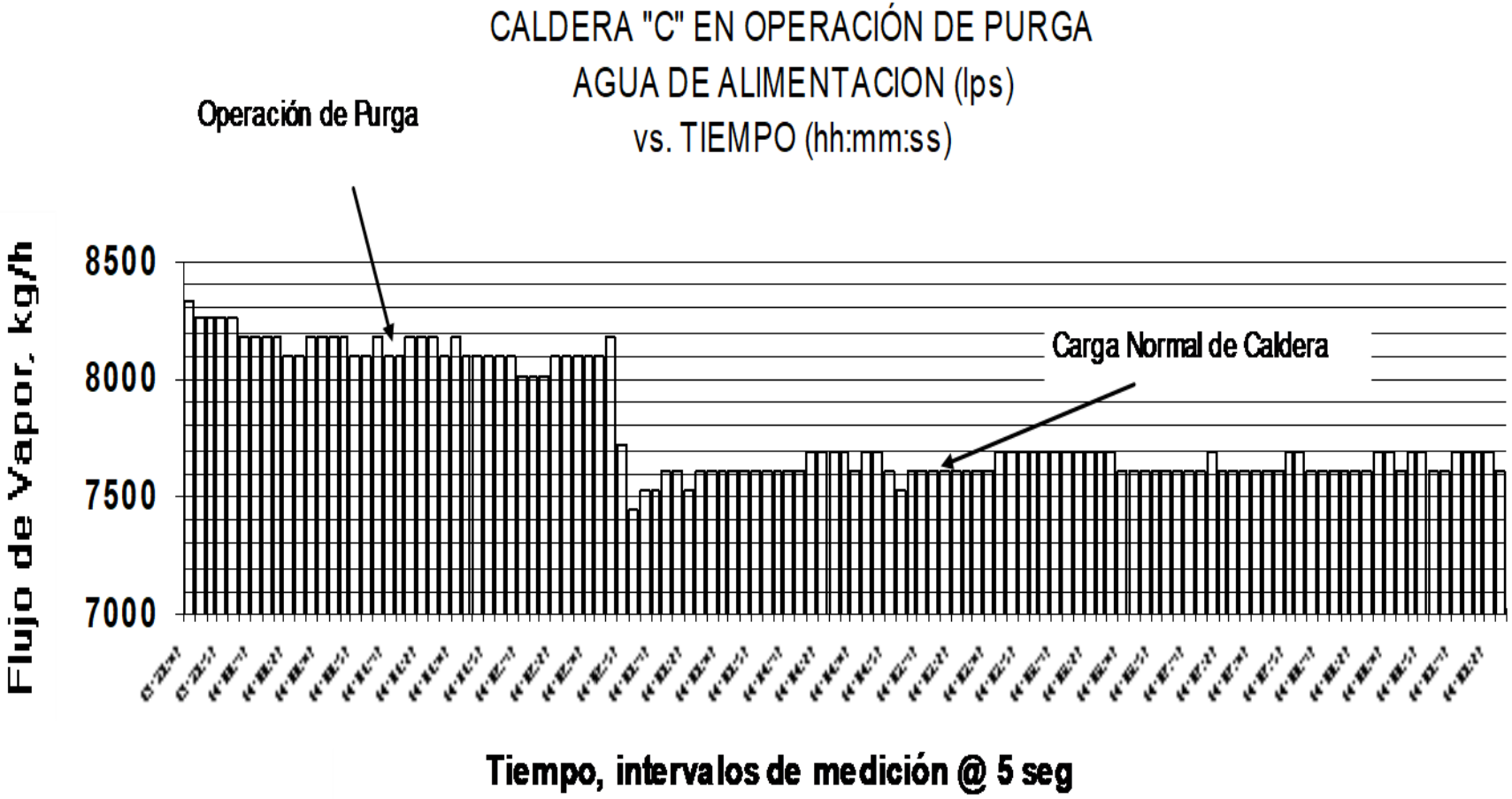


La universidad **global** de Honduras | www.**unitec**.edu

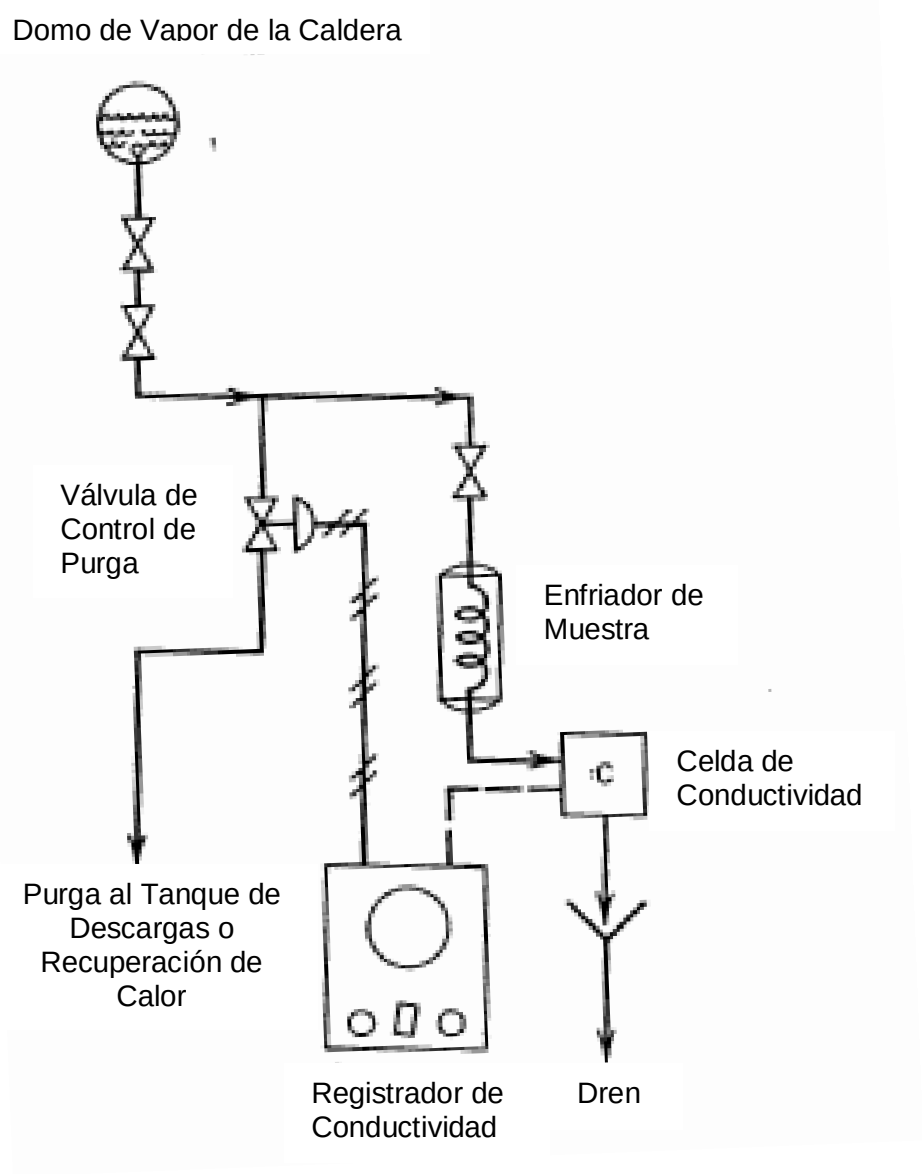
Purga de la Caldera

- CONTROL DE PURGA
- PURGA CONTINUA
- SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE CONTROL DE PURGAS
- MINIMICE LA PURGA EN CALDERA

Flujo de Agua de Caldera en la Operación de Purga de Fondo



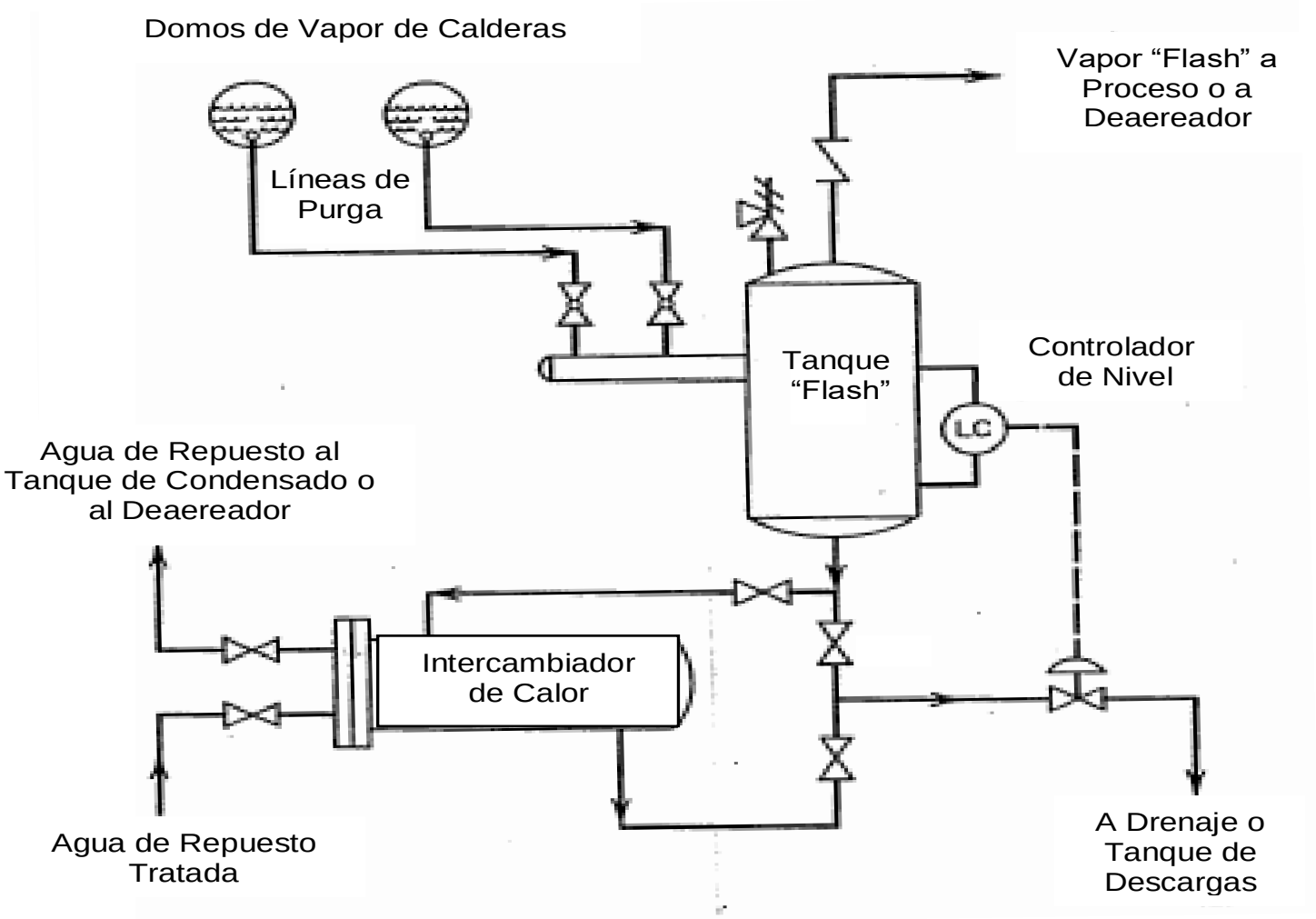
Control Automático de Purga



¿Dónde Buscar Oportunidades de Ahorro de Energía?

- PÉRDIDAS DE ENERGÍA POR PURGA
- LA PURGA INTERMITENTE CAUSA DISPENDIO DE CALOR
- CONSERVACIÓN DE ENERGÍA POR MEDIO
- DEL CONTROL ÓPTIMO DE PURGA
- MÉTODOS PARA CONSERVACIÓN DE ENERGÍA

Recuperación de Calor de Purga – Sistema de dos Pasos



Calor Recuperable de Purga en Calderas

REGIMEN DE PURGA,% AGUA DE ALIMENTACION	CALOR RECUPERABLE, Cal x 10^6 /h				
	PRESION DE OPERACIÓN DE LA CALDERA, kg/cm^2				
	3.5	7.0	10.5	21	42
2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2
4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4
6	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6
8	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
10	0.6	0.7	0.7	0.9	1.1
20	1.3	1.5	1.7	2.0	2.5

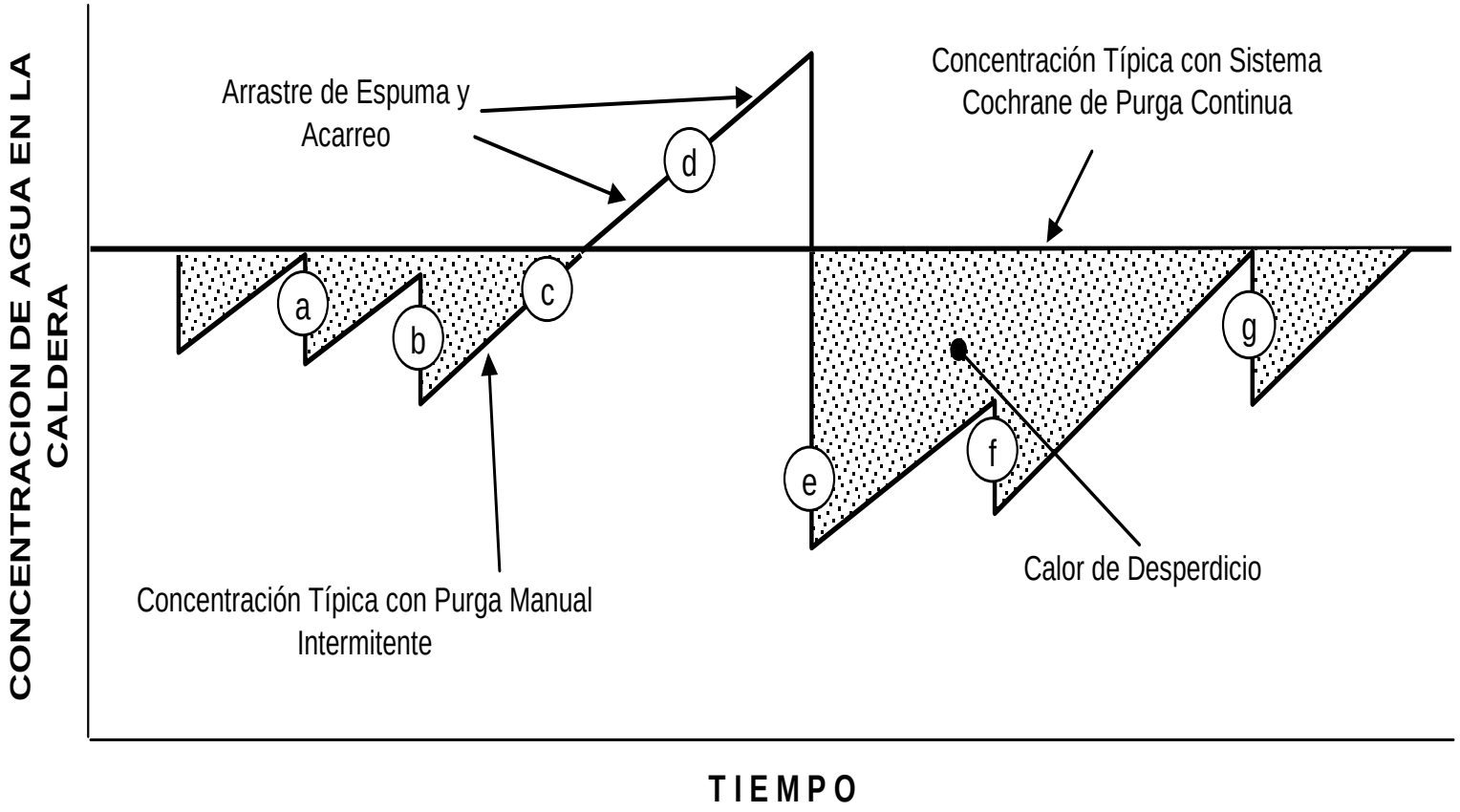
Pérdidas de Energía por Incrustación

ESPESOR DE INCRUSTACIÓN		PÉRDIDA DE COMBUSTIBLE % DEL TOTAL		
		Tipo de Incrustación		
mm	pulg.	"Normal"	Alto Fe	Fe + Sílice
0.4	1/64	1.0	1.6	3.5
0.8	1/32	2.0	3.1	7.0
1.2	3/64	3.0	4.7	-
1.6	1/16	3.9	6.2	-

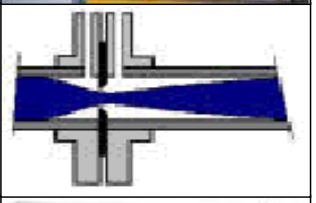
Límites Tolerables para Concentración de Impurezas en Agua de Caldera

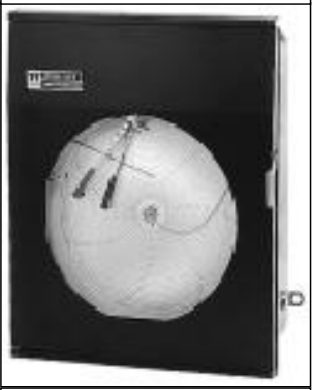
	Sólidos Totales		Alcalinidad		Sólidos Suspendidos	
Presión Domo	**ABMA**	**Posible**	**ABMA**	**Posible**	**ABMA**	**Posible**
0-300	3500	6000	700	1000	300	250
301-450	3000	5000	600	900	250	200
451-600	2500	4000	500	500	150	100
601-750	2000	2500	400	400	100	50
751-900	1500	---	300	300	60	---
901-1000	1250	---	250	250	40	---
1001-1500	100	---	200	200	20	---

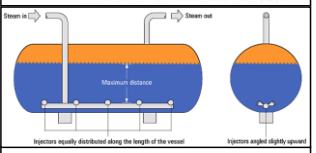
Variación de Concentración en el Agua de Caldera con Purga Intermitente Espaciada, Frecuente o Continua

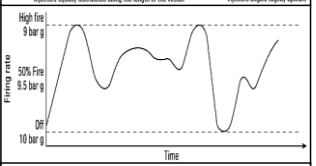


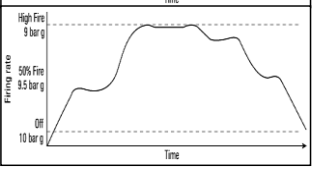












¿Administración de la Demanda en los Sistemas de Vapor?

"¿Capacidad adicional de generación o administración de demanda de vapor? área de oportunidad de alto potencial económico, problemas, costos de operación o inversiones… para mejorar, o para lo contrario.

Poca importancia se ha concedido al peso de este tema sobre la eficiencia en sistemas de vapor aún cuando su potencial, solo parcialmente evaluado, es muy alto.

Hace ya tiempo que ha recibido importancia el concepto "control de demanda" en sistemas de distribución de energía eléctrica, con magníficos resultados en el ahorro, energético y económico.

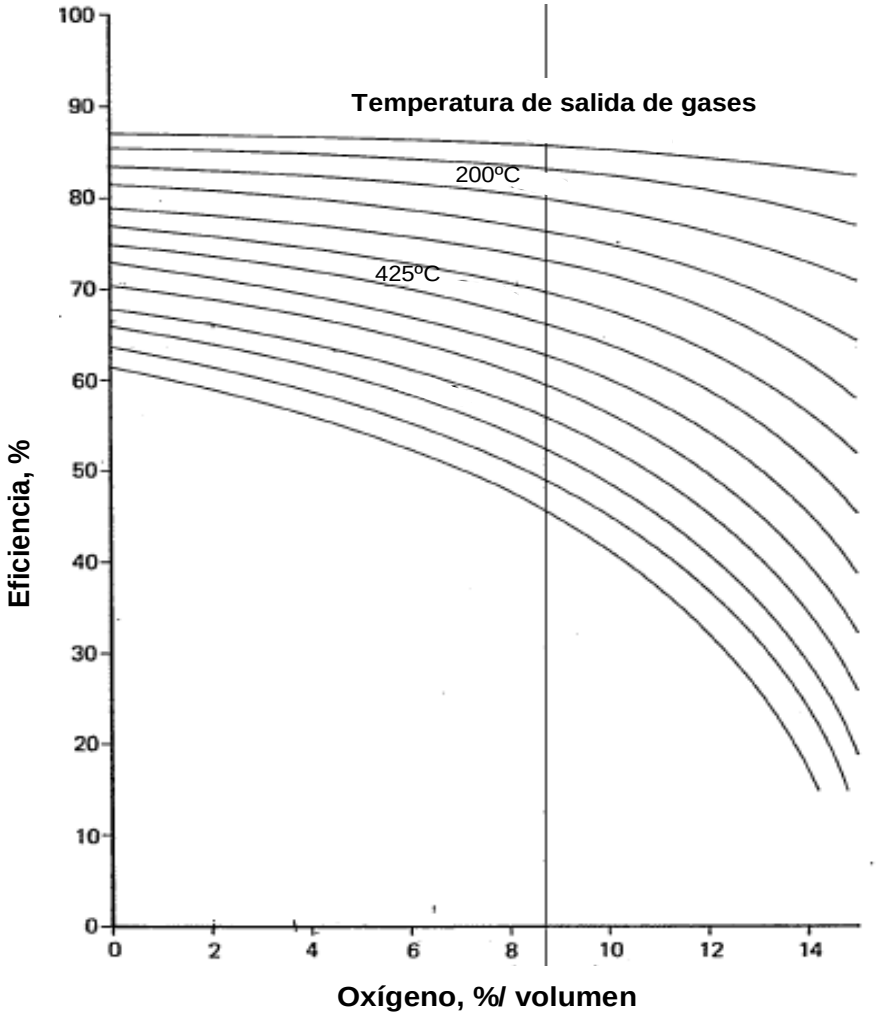
Consumo de Energía Térmica y Eléctrica en 15 Ramas Importantes del Sector Industrial

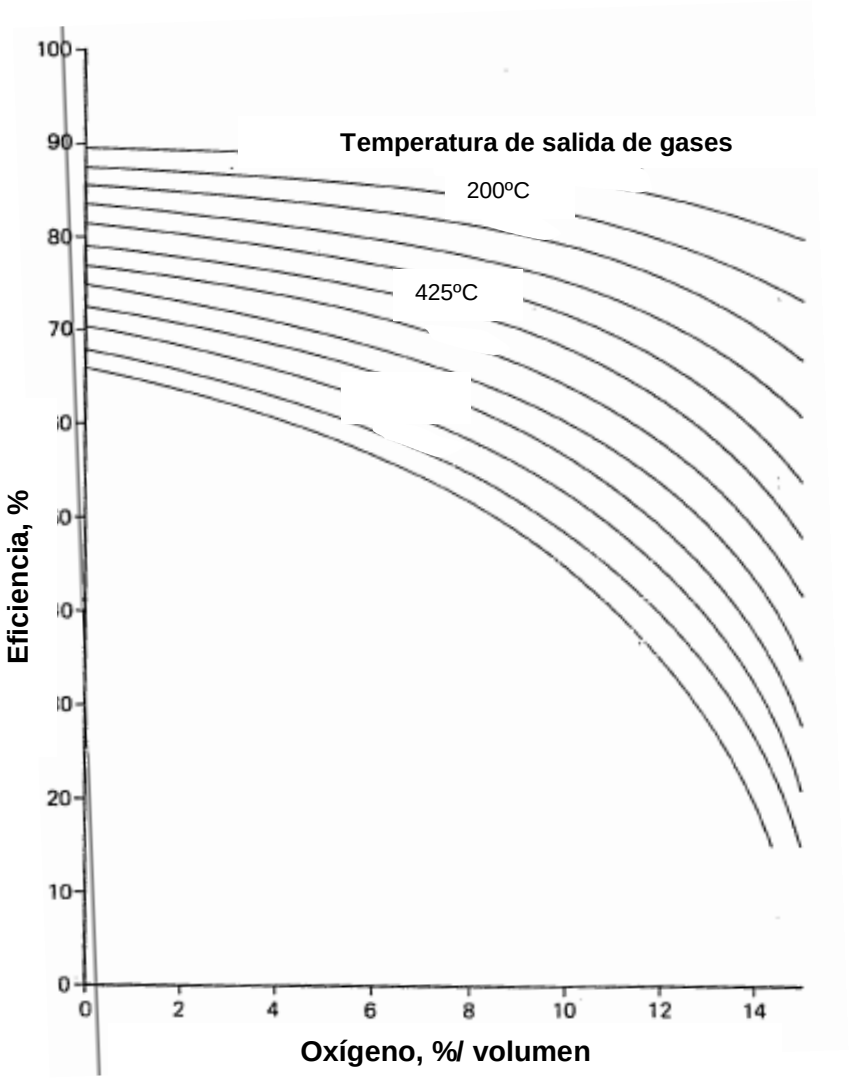
	Bagazo de Caña	Diesel	Combustóleo	Gas Natural	Electricidad[1]
Total	86.879	41.901	119.548	383.215	335.215
Siderurgia	---------	0.736	10.712	100.767	24.532
Química	---------	3.999	15.088	71.061	18.271
Azúcar	86.669	0.040	25.125	--------	0.522
Petroquímica de PEMEX	---------	0.361	---------	23.858	---------
Cemento	---------	2.528	33.550	4.761	14.255
Minería	----------	3.982	6.455	23.008	17.400
Celulosa y Papel	0.210	0.833	12.833	11.909	8.843
Vidrio	--------	0.104	4.698	21.300	3.785
Cerveza y Malta	--------	0.076	7.582	5.774	2.500
Fertilizantes	--------	0.096	-------	2.631	0.650
Automotriz	--------	0.346	1.121	1.607	5.803
Aguas Envasadas	--------	2.585	1.786	2.567	2.747
Construcción	--------	6.129	---------	--------	1.426
Hule	--------	1.021	0.579	3.150	1.372
Aluminio	-------	0.010	---------	1.032	3.148

Oportunidades de Conservación de Energía

- HÁBITOS DE OPERACIÓN INAPROPIADOS
- OPCIONES DE OPERACIÓN
  - ¿Poner fuera de servicio una caldera?
  - ¿Tomar las oscilaciones con todas las calderas?
  - ¿Operar con todos los quemadores en servicio?
  - ¿Distribuir la carga en función de rendimiento ó respuesta ó capacidad?
  - ¿Operación intermitente de alguna caldera?
- CONSIDERACIONES TÉCNICAS
- CONDICIONES TRANSITORIAS

Patrones Típicos de Carga – Eficiencia de Calderas (Gas Natural y Fuel Oil)





Uso Efectivo de la Energía

$$\frac{kWh_c + kWh_e + kWh_{oe}}{\text{Unidades Producidas}} = I_{ee}\ (kWh/UP)$$

O bien:

$$\frac{Cal_c + Cal_e + Cal_{oe}}{\text{Unidades Producidas}} = I_{ee}\ (\text{Cal}/UP)$$

Donde:

Iee = Consumo energético específico

kWh(c) = Kilowatts en combustible

kWh(e) = Kilowatts en electricidad

kWh(oe) = Kilowatts hora otros energéticos

UP = Unidades producidas

Cal(c) = Calorías en combustible

Cal(e) = Calorías en energía eléctrica

Cal(oe) = Calorías en otros energéticos

Analice Antes de Proceder:

- Las capacidades instaladas y generaciones estimadas
- La continuidad de operación
- Modo de utilización
- El tipo y perfil de carga
- Los aspectos ambientales
- FACTOR DE CARGA Y FACTOR DE UTILIZACIÓN

Influencia del Modo de Utilización en la Eficiencia Global

CARACTERISTICAS DE OPERACIÓN (1) / GIRO DE ACTIVIDAD (3)	MODO DE UTILIZACION				PERFIL DE CARGA		PERFIL DE DEMANDA			FACTOR DE UTILIZACION			CONDICIONES DE OPERACIÓN			EQUIPAMIENTO (2)		
	Estacional	Periódico	Continuo	Intermitente	Media - Alta	Baja - Media	Muy variable	Variable Moderada	Estable	Alto	Normal	Bajo	Altas	Medianas	Bajas	A	B	C
Aguas Envasadas		●		●		●		●			●				●		●	●
Alimentaria		●		●	●	●	●	●		●	●				●		●	●
Azúcar	●				●		●					●	●	●				●
Celulosa y Papel			●	●	●			●		●			●	●	●		●	●
Cerveza y Malta			●		●		●	●		●			●	●		●	●	
Fertilizantes			●		●	●	●	●		●					●		●	●
Manufactura		●		●		●		●			●				●		●	●
Petroquímica			●		●			●		●			●	●		●	●	
Química			●	●	●		●			●				●	●		●	●
Siderurgia			●		●		●	●		●			●			●		
Textil		●	●			●		●			●		●		●		●	●

(1) Se muestran condiciones predominantes

(2) Para Nivel de Equipamiento ver Anexo

(3) Se muestran ramas prioritarias por uso del vapor

Diferentes Patrones de Demanda (153)

- DEMANDA DE VAPOR
  - Puede definirse como la cantidad de fluido requerida para la operación normal o transitoria, en cualquier momento, de las áreas consumidoras a las condiciones que éstos soliciten.

- ¿EJEMPLO?
  - En la Industria del Azúcar
    - Por los registros de entrada y salida de los trenes de evaporación múltiple

- OTROS CASOS

Algunos Giros de Actividad se Caracterizan por su Demanda de Vapor Variable

- La **Industria Cervecera** al iniciar procesos de cocimiento.
- La **Industria Química** particularmente en las operaciones de procesamiento de productos "por lote".
- En la **Industria Siderúrgica** durante las operaciones de carga de alto horno ó la entrada y colada de hornos de fundición eléctricos cuando se tiene auto-generación eléctrica.
- La **Industria Portuaria** c/ autogeneración
- En la **Hotelería** a especialmente en las primeras horas del día.
- En todas las plantas con suspensión periódica de producción ó servicios y arranques en frío ó con calderas o equipo de combustión sobredimensionados
- En infinidad de otras aplicaciones y consumo de vapor.

Administración de Demanda de Vapor

En prácticamente todas las plantas la operación es de “calderas en seguimiento de demanda”, siendo ésta única variable independiente, que solamente puede satisfacerse si:

- La planta cuenta con capacidad de reserva
- Las necesidades de vapor son compatibles con las capacidades de generación y habilidad de respuesta
- Se distribuye eficientemente la carga en el menor número de las unidades
- Es posible almacenar energía en el sistema.

Algunas Causas de Problemas con la Demanda

- Comunicación inadecuada o nula, entre áreas de consumo ó entre **fábrica** y planta de vapor.
- Ausencia de señalización.
- Falta de información anticipada de proceso a generación.
- Capacidad de respuesta inadecuada del equipo de generación y los sistemas de control.
- Programación y secuencia inadecuados de operación y entre procesos.
- Distribución inadecuada de carga entre unidades de generación de vapor.
- Las características de almacenamiento y distribución térmicos del equipo.
- Configuración y dimensionamiento del sistema de distribución de vapor.
- Deterioro ó "derrateo" de capacidad y condiciones de operación.
- Baja recuperación de calor en todo el sistema.
- Factores limitantes en equipo auxiliar.

Consecuencias de Decisiones Inadecuadas sobre Capacidad y Demanda

- Adquisiciones de emergencia de calderas innecesarias.
- Inversiones inconvenientes con detrimento a otros proyectos más productivos.
- Incremento de los problemas de mantenimiento.
- Operación a régimen menor en las unidades con el consecuente deterioro en rendimiento.
- Incremento de personal de operación.
- Dimensionamiento y especificación incorrectos
- Solución insatisfactoria al problema que originó la adquisición.

Algunas Soluciones

- Información oportuna a producción.
- Elevación de temperatura de agua de alimentación.
- Equipo de combustión de alto rendimiento
- Operación a presión variable.
- Disponibilidad de auxiliares en todo su rango de utilización.
- Selección de unidades y rangos preferentes de operación.
- Substitución de operación de servicios propios que requieren vapor.
- Distribución de carga en función de respuesta, capacidad y eficiencia de unidades.
- Carga estable en unidades base y picos con caldera pequeña, rápida y eficiente en todo su rango. (Caldera satélite)
- Almacenamiento de energía y utilización en períodos típicos. Acumuladores de vapor
- Ajustes diferentes de respuesta de control para cada unidad.

Un Caso Real y Práctico

- PLANTA QUÍMICA INDUSTRIAL
  - Giro – Producción de Ácidos Grasos Intermedios

- Razón de la Solicitud de Servicios de Consultoría
  - Mejoramiento energético y capacidad de generación insuficiente.
- Problema Planteado

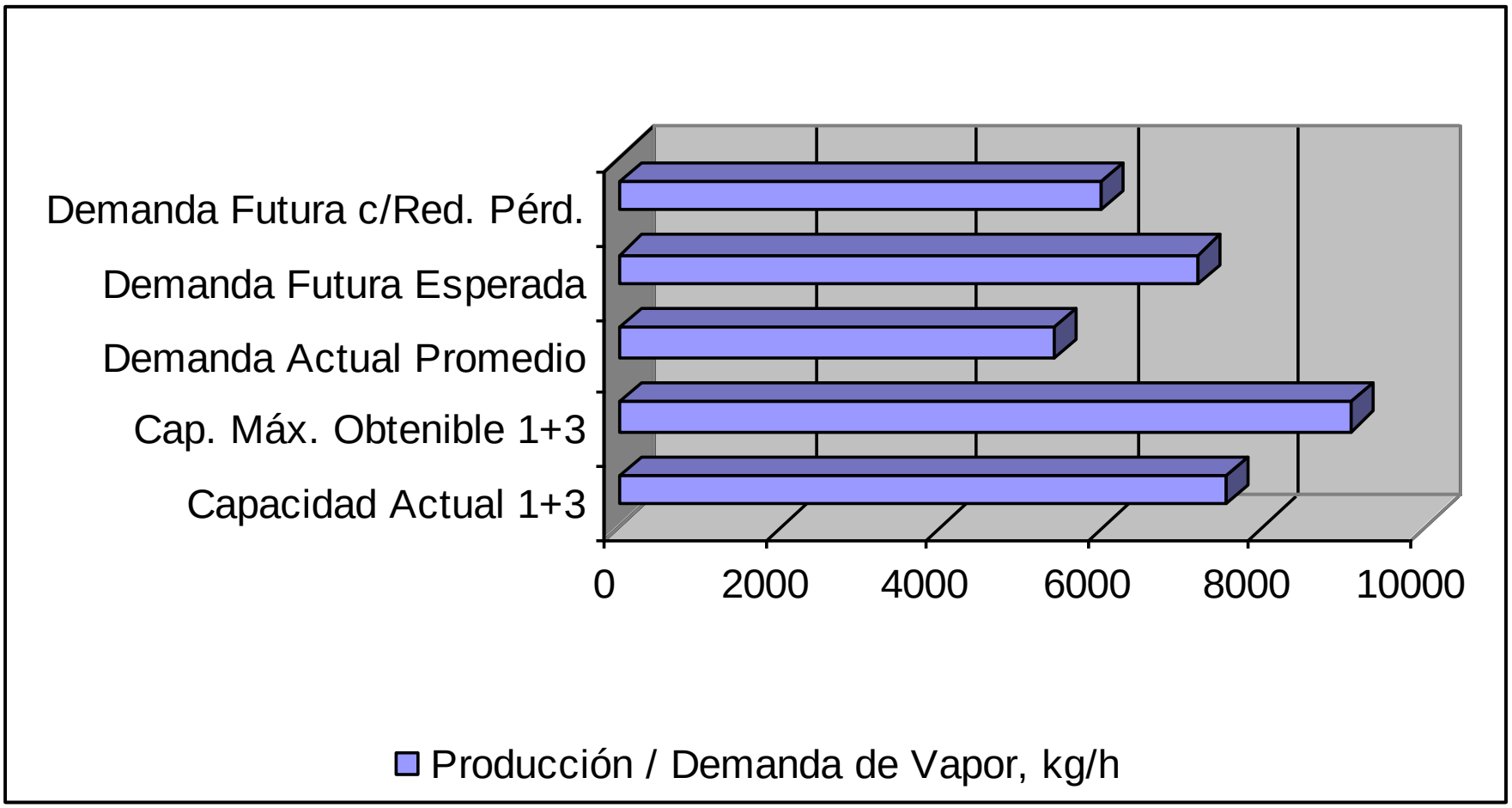
  Capacidad insuficiente, inestabilidad del sistema en cambios de carga, abatimiento de vacío en procesos de destilación, inundación del domo en la caldera de mayor capacidad y "de rateó" importante en capacidad, alto consumo en combustible y agua.

- Problema Real
  - Falta de equipo de limpieza en lado de gases.
  - Cortocircuito de gases de hogar a 2° paso de la caldera.
  - Diseño deficiente de interiores de separación en el domo.
  - Potencia insuficiente del elemento final de control de nivel de agua.

Capacidades de Generación de Vapor

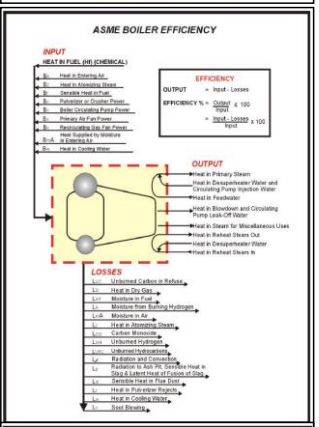
CALDERAS	unidades	1	2	3
Capacidad nominal	C.C.	200	250	400
Capacidad máxima obtenible	kg/h	3,003	3,743	5,980
Capacidad medida en pruebas	kg/h	2,575	3,427	5,747
Capacidad máxima disponible	%	85.75	91.5	96.1
Capacidad total de planta	kg/h	ESTIMADA		9,620
		MEDIDA Y PROBADA		11,749

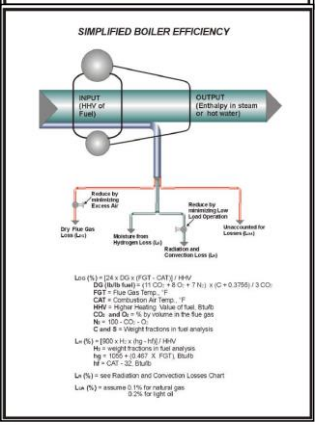
Demanda y Capacidad Actual y a Futuro de Generación de Vapor – Planta Química



Pruebas de Eficiencia y Capacidad de Generación

El resultado satisfactorio de una prueba formal confirma lo acertado de una decisión sobre un bien ó servicio adquirido.





FIJE SUS METAS EN EFICIENCIAS

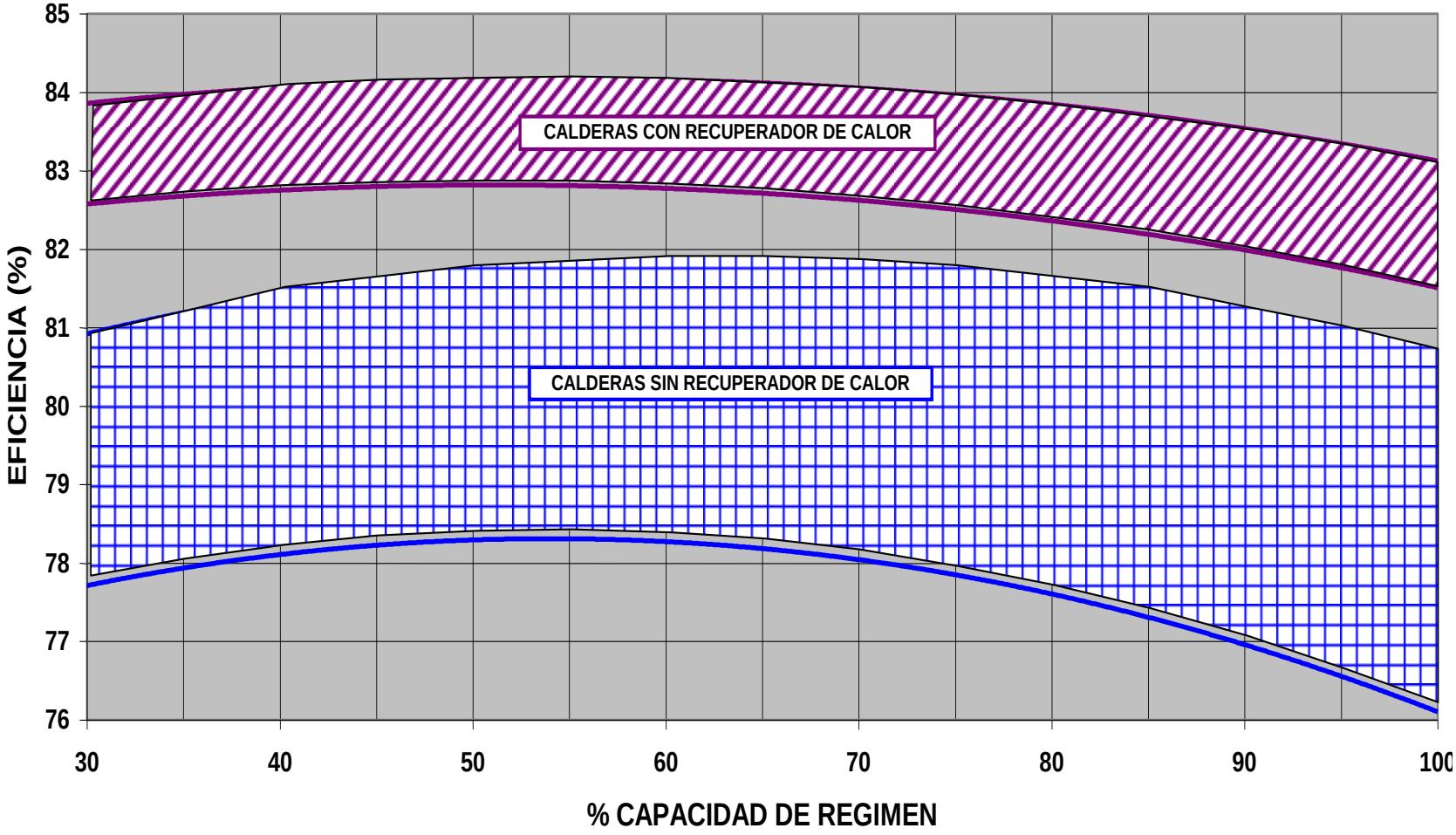
DIFERENTES CONCEPTOS DE EFICIENCIA

- EFICIENCIA DE COMBUSTIÓN
- EFICIENCIA TÉRMICA
- EFICIENCIA "COMBUSTIBLE A VAPOR"
- EFICIENCIA DE DISTRIBUCIÓN

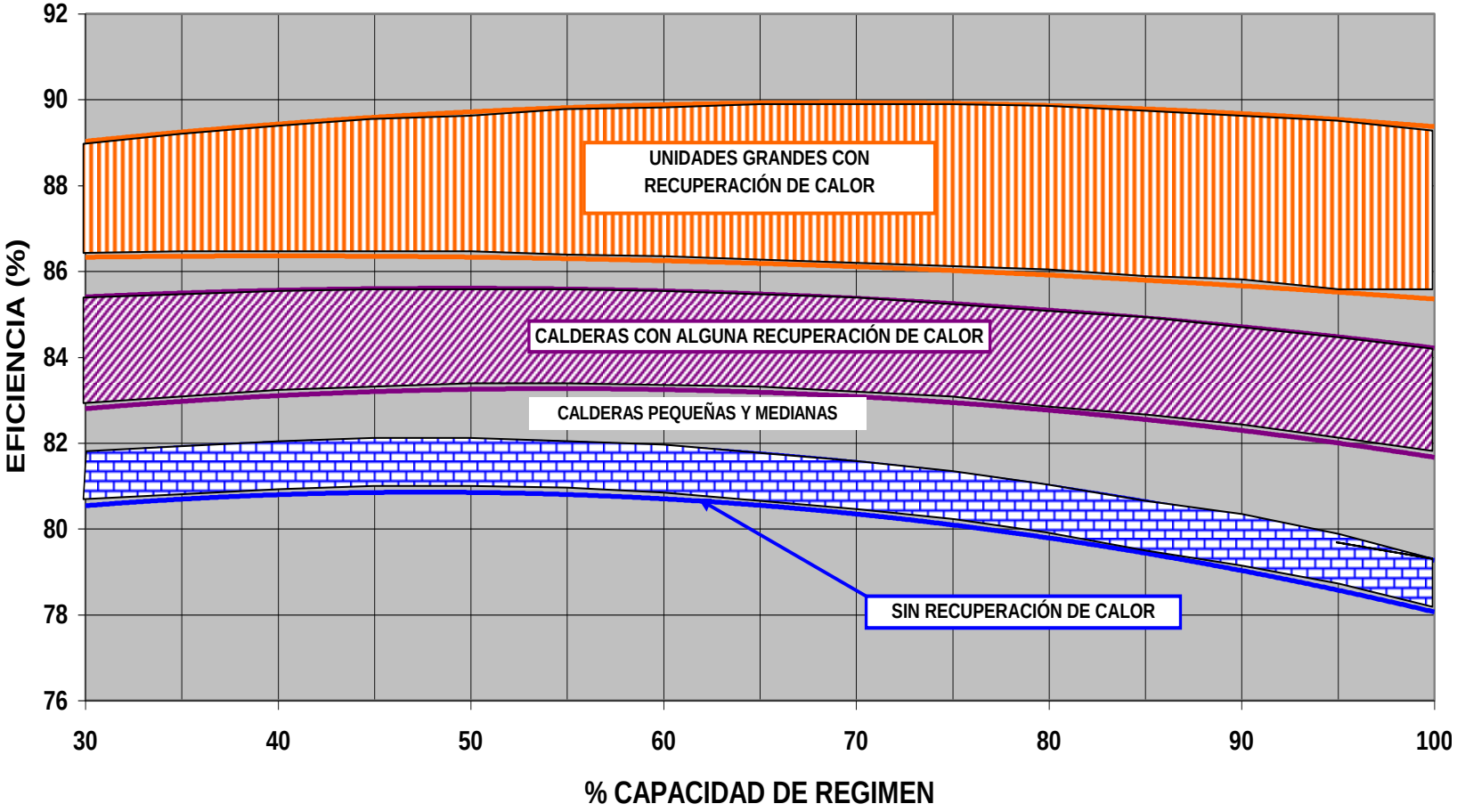
Fije sus Metas en Eficiencias (cont.)

- EFICIENCIA TOTAL DE GENERACIÓN
- EFICIENCIA GLOBAL DEL SISTEMA
- BALANCE TÉRMICO DE LA CALDERA
- OTROS CONCEPTOS DE EFICIENCIA
- EFICIENCIA “DECLARADA” O “ENCONTRADA”
- EFICIENCIA MÁXIMA ECONÓMICAMENTE OBTENIBLE

Curvas de Eficiencia Típicas – Caldera Acuotubular a Gas



Curvas de Eficiencia Típicas – Caldera Acuotubular de Fuel Oil



Diferentes Conceptos de Capacidad de Generación de Vapor

- CAPACIDAD NOMINAL
- CAPACIDAD NOMINAL AJUSTADA A CONDICIONES DE
- OPERACIÓN
- CAPACIDAD NETA CON SERVICIOS / SIN SERVICIOS
- CAPACIDAD REAL DE GENERACIÓN
- LIMITANTES DE CAPACIDAD
- PRUEBAS DE EFICIENCIA EN UN GENERADOR DE VAPOR

Propósito, Alcances y Objetivo del Código de Prueba ASME PTC 4.1

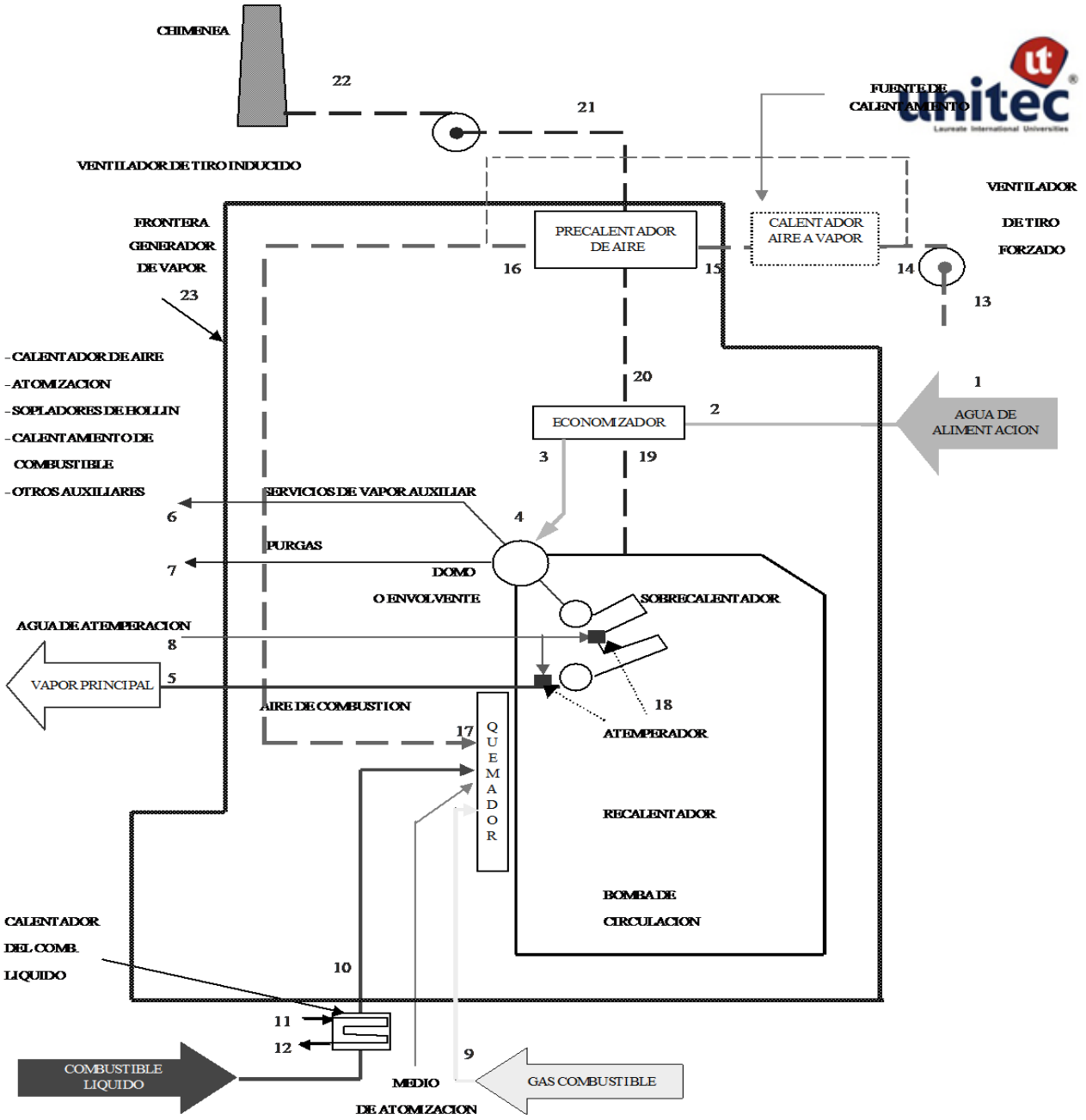
- Las aplicaciones de este Código de Pruebas han sido múltiples, en pocas ocasiones se hace con la formalidad y precisión que requiere el Código cuando para cumplir con las exigencias de ese documento.

- TÉRMINOS EMPLEADOS EN EL CÓDIGO
  - *Entrada de calor.*
  - *Salida o entrega.*
  - *Créditos.*
  - *Capacidad del generador de vapor.*
  - *Eficiencia bruta.*

Formatos

- El Código incluye formatos que pueden adaptarse al caso excluyendo aquellos conceptos que no sean necesarios o aplicables para la instalación bajo prueba:
  - Marco o envolvente con la jurisdicción, alcance y puntos terminales del sistema.
  - Balance térmico del generador de vapor.
  - Diagrama simplificado del generador de vapor
  - Resumen o acopio de información y lecturas y hoja de cálculo – PTC.1a, PTC.1b*.
  - Hoja de cálculo para pérdidas en chimenea*

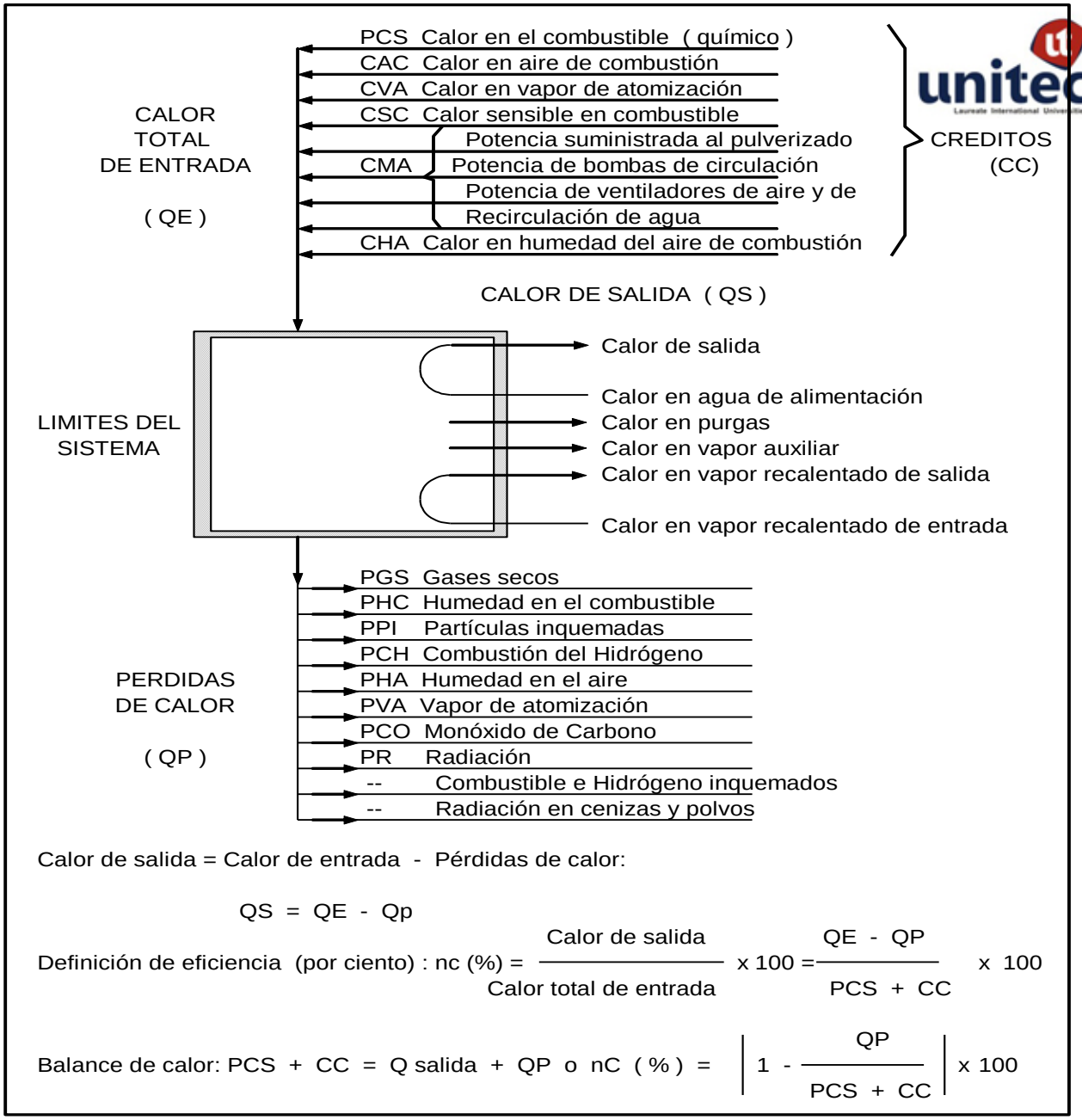
Diagrama Simplificado del Generador de Vapor – ASME PTC 4.1



Selección del Método de Prueba

- GRADO DE APLICACIÓN DEL CÓDIGO DE PRUEBAS ASME PTC 4.1
- INTERPRETACIÓN DE VALORES DE EFICIENCIA
- LIMITACIONES Y PUNTOS TERMINALES DEL CÓDIGO

Balance Térmico para Generadores de Vapor – ASME PTC 4.1



Calor de salida = Calor de entrada - Pérdidas de calor:

$$QS = QE - Qp$$

$$\text{Definición de eficiencia (por ciento) : } nc\,(\%) = \frac{\text{Calor de salida}}{\text{Calor total de entrada}} \times 100 = \frac{QE - QP}{PCS + CC} \times 100$$

$$\text{Balance de calor: } PCS + CC = Q\,\text{salida} + QP \text{ o } nC\,(\%) = \left| 1 - \frac{QP}{PCS + CC} \right| \times 100$$

La Medición y Verificación Confiables de Ahorro de Energía en Sistemas de Vapor Industriales

Planear antes de medir
Medir antes de diagnosticar
Verificar después de medir

Solo cuando las expectativas de un proyecto de mejoramiento energético se han comprobado satisfactoriamente podrá afirmarse que su desempeño tuvo buen éxito.

IPMVP
INTERNATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT AND VERIFICATION PROTOCOL

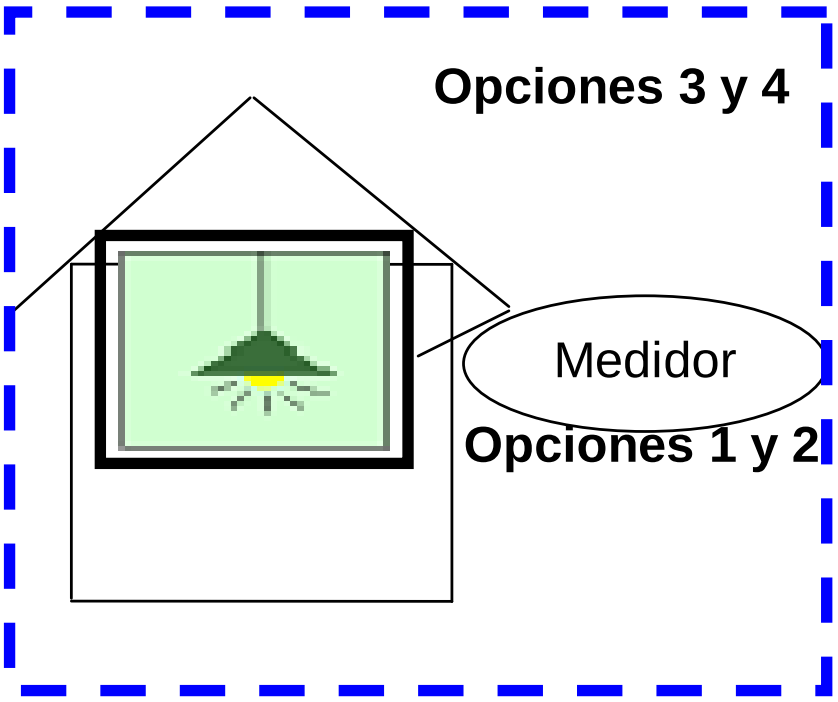
- Técnicas de determinación de ahorros usando datos confiables.

- Acceso a datos y análisis que permitan a una parte comprobar las determinaciones de ahorro que verificó la otra.

- ¿PORQUÉ MEDIR Y VERIFICAR?
  - Reducir la incertidumbre a niveles razonables
  - Comprobar el desempeño del equipo o proyecto implantado
  - Mejorar la operación y mantenimiento
  - Hacer ajustes o modificaciones futuras, si ello se requiere
  - Comprobar de manera confiable y precisa los ahorros de energía obtenidos de la aplicación de una MAE
  - Verificar que se cumplan las garantías de ahorros

- LA MEDICIÓN ES FUNDAMENTAL
- ENFOQUE PARA ESTIMACIÓN DE AHORROS
- PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE MEDICIONES
- COSTOS

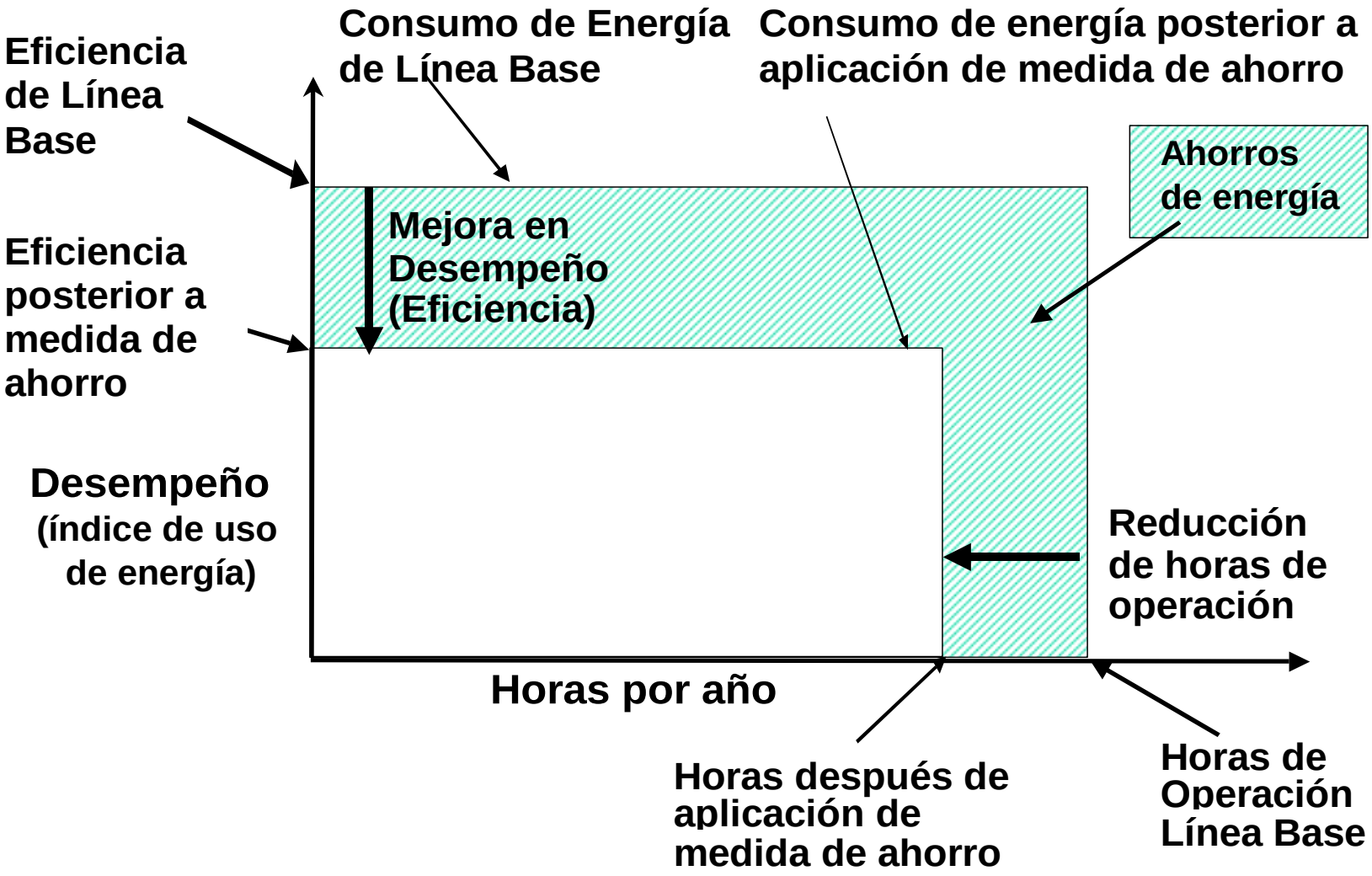
Métodos de Aislamiento para Medir y Verificar Resultados de Medidas de Ahorro – Los Límites o Fronteras Determinan Cuál Usar



Opciones 3 y 4:
métodos para analizar instalación completa

Opciones 1 y 2: métodos para *aislar la medida de ahorro aplicada*

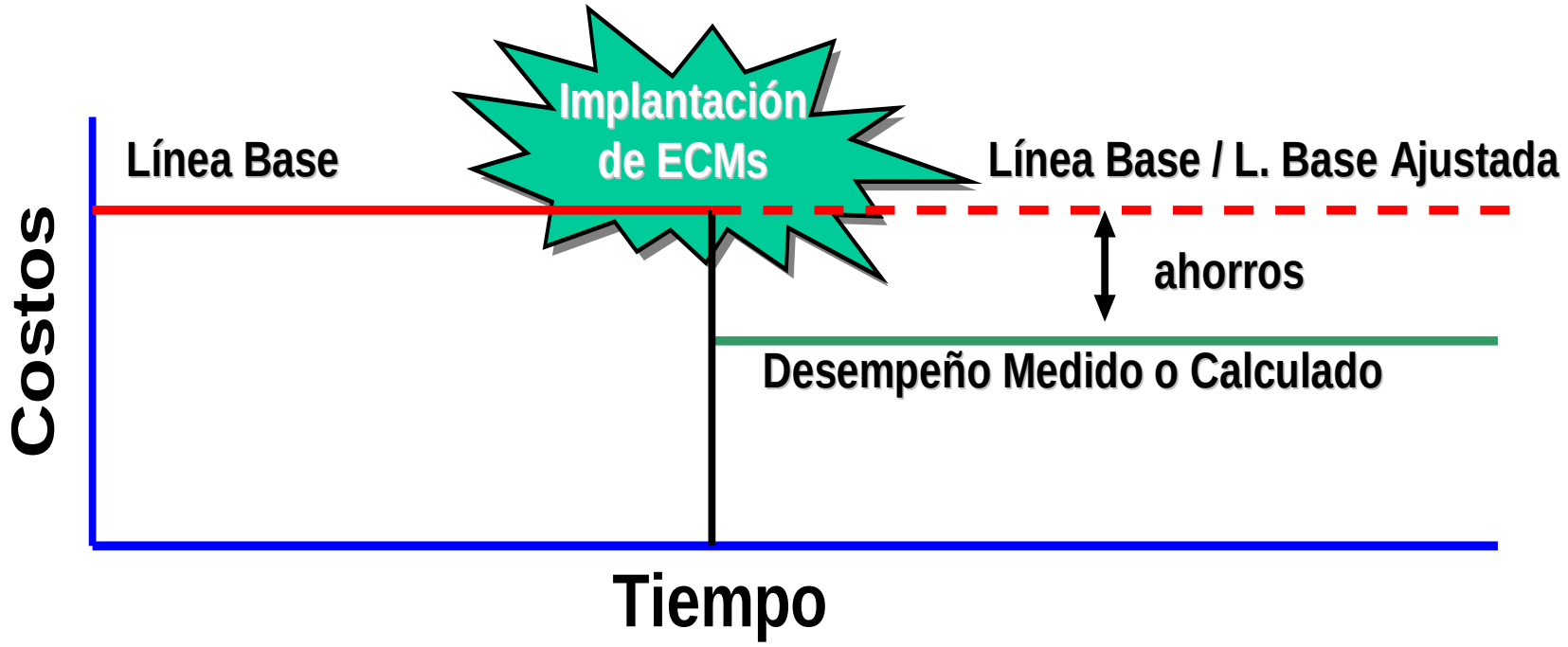
Dependencia de Ahorros en Función de Desempeño y Uso



Etapas en la Verificación de Ahorros

- Etapa 1: Establecer adecuadamente las condiciones de referencia o línea base
- Etapa 2: Desarrollo de un Plan de M&V Específico para el Proyecto
- Etapa 3: Verificar la instalación del equipo adecuado y su funcionamiento según lo especificado
- Etapa 4: Verificar la capacidad de los equipos o sistemas instalados para alcanzar los ahorros previstos.

Tiempo y Costos en un Proyecto Energético



Plan de Medición y Verificación

- Las medidas de ahorro de energía reducen una carga constante sin cambio en las horas de operación.

- Las medidas de ahorro de energía reducen las horas de operación sin cambiar la carga.

- Las medidas de ahorro de energía reducen tanto la carga del equipo como las horas de operación.

Métodos de Medición

- Facturación o lecturas de medidores de energéticos.
- Mediciones de una modificación aislada del resto de la instalación.
- Medición individual de parámetros usados en el cálculo de consumo de energía.
- Simulación por computadora calibrada a ciertos datos reales de desempeño para el sistema o la instalación que se modela.

Planeación y Programación de las Mediciones

- MEDICIONES DE ENERGÍA ELÉCTRICA
- MEDICIONES DE ENERGÍA TÉRMICA
- MEDICIONES ANALÍTICAS
- SISTEMA DE UNIDADES
- SELECCIÓN DE INSTRUMENTACIÓN DE PRUEBA
- INSTRUMENTACIÓN DE PRUEBA PORTÁTIL Y DE INSTALACIÓN PERMANENTE

Uso de la Información del Plan de M&V

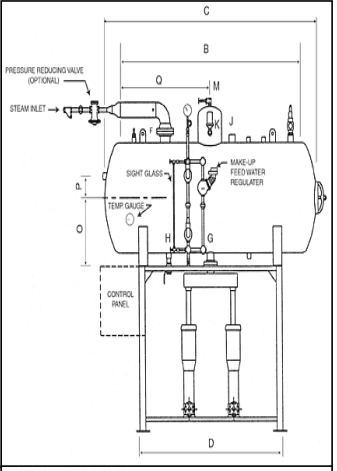
- EVALUACIÓN DE MEDICIONES
- LA INTERPRETACIÓN DE LECTURAS REQUIERE DE BUEN CRITERIO

  La ausencia de un buen criterio puede llevarnos a tomar como válidas lecturas correspondientes a una condición energética muy distinta de la realidad.

- USO DE REFERENCIAS EXTERNAS

Estimación de Ahorros de Energía en Base a Mediciones

- POR USOS FINALES DE LA ENERGÍA
- CONSIDERACIONES DE CÁLCULO
- *"Probablemente la parte más sencilla es la de operaciones matemáticas para la obtención de cifras."*
- FORMULARIO Y EXPRESIONES DE CÁLCULOS
- ENTREGA DE RESULTADOS (COMMISSIONING)



PS 150 – Beam & Column Loads

Span, or Column In	Max. Load of Column Loaded at C.G. (K=1.0) Lbs	Static Beam Load (X-X Axis) Total Uniform Load @25,000 PSI Lbs	Deflection @25,000 PSI In	Total Uniform Load @1/240 Span Deflection Lbs	Total Uniform Load @1/360 Span Deflection Lbs
12	13,740	6,200 *	0.01	-	-
18	12,490	4,130	0.02	-	-
24	10,870	3,100	0.04	-	-
30	8,980	2,480	0.06	-	-
36	6,930	2,070	0.09	-	-
42	5,430	1,770	0.12	-	1,760
48	4,450	1,550	0.15	-	1,340
54	3,770	1,380	0.19	-	1,060
60	3,270	1,240	0.24	-	860
66	2,900	1,130	0.29	1,070	710
72	2,600	1,030	0.35	900	600
84	2,180	890	0.47	660	440
96	1,870	770	0.61	500	340
108	1,650	690	0.78	400	270
120	1,470	620	0.96	320	220

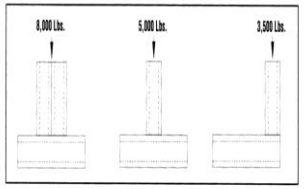
~~Colum~~ loads are for allowable axial loads and must be reduced for eccentric loading. For concentrated load at center of span, divide uniform load by 2 and multiply corresponding deflection by 0.8. This load table is based on a solid channel section.

* Bearing load may govern capacity.

For Pierced Channels, reduce beam load values as follows:

PS-150-EH	15%
PS-150-S	15%
PS-150-H	10%
PS-150-H06	5%

PS 150 – Crush Loads



Resistance to Slip - 1,500 lbs. per bolt when ½" PS NS channel nuts are used.

Pull Out Strength - 2,000 lbs. per bolt when ½" PS NS channel nuts are used.

Especificando Equipamiento Eficiente para Sistemas de Vapor

"La problemática principal de un equipo puede ser herencia de una especificación deficiente"

LA IMPORTANCIA DE ESPECIFICAR

¿ES CONVENIENTE LA ADQUISICIÓN DE UN EQUIPO NUEVO?

El costo del equipo auxiliar requerido para mejorar el comportamiento de un turbogenerador o caldera existente puede en muchos casos justificar la adquisición de una unidad completamente nueva.

ALGUNOS PROBLEMAS CON CALDERAS EN SERVICIO

ALGUNAS CAUSAS DE ESPECIFICACIÓN DEFICIENTE

Una parte importante de esta problemática tiene origen en la forma en que los equipos fueron especificados para su adquisición.

Extensión de una Especificación

- Una especificación debe ser clara y, de preferencia, autosuficiente, también deberá ser realista en sus exigencias y tener una estructura mínima.

- ¿QUIÉNES DEBEN INTERVENIR AL ELABORAR UNA ESPECIFICACIÓN?

- La participación de una sola entidad en la especificación y decisión de adquisición no es suficiente y puede llevar a diversas situaciones como:
  - Adquirir lo que está disponible en el mercado.
  - Adquirir lo que un vendedor hábil ofrece, o le es más conveniente.

Apertura Conveniente de una Especificación

- Si es DEMASIADO ABIERTA, será más difícil, si no imposible, una evaluación técnica y económicamente acertada.

- Si la especificación es DEMASIADO ESTRICTA, o demasiado cerrada, limitará la participación de fabricantes y la aplicación de su habilidad o experiencia para ofrecer lo que mejor convenga técnica y comercialmente.

- En este caso no tendría mayor provecho la inversión de tiempo y esfuerzo que requiere el proceso.

Marcas Predominantes en el Parque de Calderas Instaladas

- BABCOCK AND WILCOX DE EMXICO, S.A. de C.V.
- Calderas LEON, S.A. de C.V.
- Calderas MYRGGO, S.A.
- Calderas POWER MASTER
- CERREY, S.A. de C.V.
- CLAYTON DE MEXICO, S.A. de C.V.
- CLEAVER BROOKS DE MEXICO, S.A. de C.V.
- DALLAS BOILER CO
- GRUPO CONSI, S.A. de C.V.
- HIDROELECTRA, S.A. de C.V.
- IMPULSORA ELECTROTERMICA, S.A. de C.V.
- INSSER DE OCCIDENTE, S.A. de C.V.
- INSTRUMENTACIÓN Y MANTENIMIENTO DE CALDERAS, S.A.
- JOHNSTON BOILER COMPANY
- LUKAUT INDUSTRIAS PESADAS, S.A. de C.V.
- NATIONWIDE BOILER INCORPORATED
- NEBRASKA BOILER COMPANY
- POWER – EQUIPOS y SERVICIOS, S.A. de C.V. (Calderas KEWANEE)

- EVALUACIÓN DE OFERTAS DE EQUIPO
  - Una especificación debe incluir los criterios sobre los que se evaluarán las propuestas.

PREFIERA DISEÑOS PROBADOS

  - El rendimiento y consumo de energía del equipo auxiliar, que en la mayoría de los casos es energía eléctrica, debe recibir particular atención en la especificación y en la evaluación.

Aspectos Energéticos

- Generalmente los fabricantes de equipo ofrecen un valor de eficiencia térmica garantizado a su capacidad máxima, condición en que no se operará en el 90% de las instalaciones.

- En el equipo de que se trate, nos importa la eficiencia total de generación en el tiempo.

- Es conveniente establecer en la especificación una FÓRMULA DE EFICIENCIA MEDIA PESADA, término pocas veces considerado.
- EFICIENCIA MEDIA PESADA

$$Efic.mp = \frac{EfATA + EfBTB \ldots + EfZTZ}{100}$$

Efic.mp = Eficiencia media pesada
EfA...Z = Eficiencia a carga "A" (%)
TA...Z = Tiempo de operación a la carga "A" %

Aceptación del Equipo

- Quien esté a cargo del proyecto debe estar consciente de que su responsabilidad no termina con la entrega y puesta en marcha de los equipos.

- Frecuentemente se descuida esta parte, por la premura de contar con el equipo en servicio.
  - Impacto Ambiental
  - Aprovechar la Experiencia

REQUISITOS DE UNA CALDERA DE VAPOR PERFECTA.

1. *Construcción simple y mano de obra apropiada, uso de materiales cuyo comportamiento ha mostrado ser el mejor y evitará la necesidad de reparaciones tempranas*
2. *Un domo de lodo receptor de todas las impurezas del agua depositadas y colocado a salvo de la acción del fuego*
3. *Una capacidad de vapor y agua suficiente para prevenir cualquier fluctuación en la presión del vapor o en el nivel de agua*
4. *Una superficie de agua suficientemente amplia para la separación efectiva del vapor y para prevenir la formación de espuma*
5. *Una circulación constante y completa del agua a través de la caldera a manera de mantener todas las partes a la misma temperatura*
6. *El espacio de agua dividido en secciones de tal manera que en falla de una de ellas no ocurra una explosión general y los efectos destructivos puedan confinarse a un escape del contenido. Pasajes libres y grandes entre las diferentes secciones para que la línea de agua y la presión se igualen en todas*
7. *Un considerable margen de resistencia por sobre cualquier esfuerzo permisible, la caldera construida de tal manera que esté libre de esfuerzos debidos a expansiones diferenciales y, si es posible, evitar las juntas expuestas a la acción directa del fuego*
8. *Arreglo de la cámara de combustión de manera que los gases producto de ésta inicien el proceso en el horno y la combustión sea completa antes de escapar a la chimenea*
9. *La superficie de calefacción tan cerca como sea posible, en ángulos rectos a las corrientes de gases calientes a manera de romperlas y extraer el calor total disponible de los gases*
10. *Todas las partes fácilmente accesibles para limpieza y reparaciones, punto de gran importancia en relación con seguridad y economía*
11. *Suministrada de acuerdo al trabajo que deba realizar y capaz de operar en su capacidad nominal plena con la más alta economía*
12. *Equipadas con los mejores instrumentos, válvulas de seguridad y otros aditamentos*

George Babcock & Stephen Wilcox

Concepción de los principios que representan una buena práctica de diseño
Publicado en 1875

Ejemplo de Estructura General de una Especificación

PROYECTO – XXX
ESPEC. N°

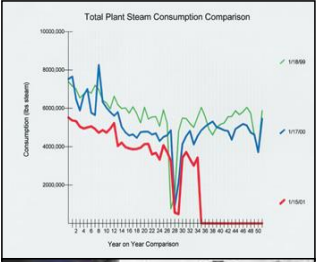
ESPECIFICACIÓN DE EQUIPO DE GENERACIÓN DE VAPOR REQUERIDO PARA SATISFACER LA DEMANDA ACTUAL Y FUTURA DE LA PLANTA

APLICACIÓN:
INDUSTRIAL CAPACIDAD MEDIA

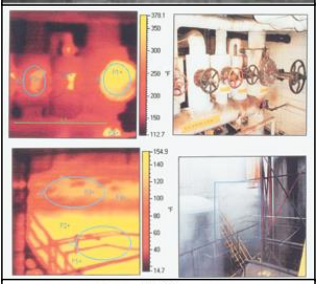
- INDICE DE CONTENIDO
  - Propósito de la Especificación
  - Generador de Vapor
  - Alcance de Suministro
  - Propuesta
  - Construcción Básica del Generador de Vapor
  - Flujo Térmico y Liberación de Calor Unitarios
  - Condiciones de Trabajo y Utilización

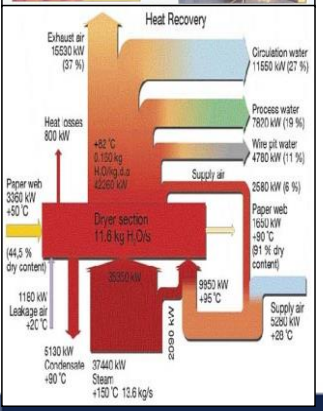
- Condiciones del Sitio
- Características de Combustibles
- Condiciones de Agua de Alimentación
- Válvulas de Seguridad
- Sistema de Control e Instrumentación
- Sistema de Purga
- Tanque de Descargas
- Equipamiento de Combustible
- Equipos Auxiliares de la Caldera
- Accesorios Requeridos e incluidos
- Equipamiento para Ahorro de Energía
- Servicios de Planta Disponibles
- Partes de Repuesto

- Montaje y Puesta en Marcha
- Entrenamiento de Personal
- Preparación Requerida del Sitio
- Garantías
- Tiempo de Entrega
- Precio Firme y Vigencia
- Condiciones y Términos de Pago
- Impuestos y Seguros
- Instructivos de Operación y Mantenimiento
- Peso y Dimensiones del Equipo
- Embalaje
- Punto de Entrega de Suministro
- Información Complementaria Requerida
- Criterios de Evaluación de Propuestas









El Diagnóstico Energético en Sistemas de Vapor Industriales

"La validez del procesamiento de información para cálculo de pérdidas solo será útil si tiene como base un buen diagnóstico energético"

¿Qué es?
¿Para qué sirve?
¿Qué propósito persigue?
¿Qué significado tiene?

ENFOQUE

Para alcanzar ahorros económicos y energéticos importantes es necesario que una planta:

1. Se organice para llevar a cabo un programa integral de ahorro de energía que incluye todo tipo de energía, todas las áreas de la planta y todos los ahorros posibles.

2. Desarrolle el programa de manera continua e incorpore o mejore los procedimientos y acciones de la operación normal de la planta.

Un Programa Efectivo de Conservación de Energía

- Los elementos esenciales de un programa de conservación de energía efectivo son:

1. Propósito y compromiso de la administración.
2. Pruebas de sistema y caldera
3. Evaluación económica de los proyectos de conservación de energía
4. Asignación de prioridades a los proyectos
5. Plan definido
6. Implementación del plan
7. Programa de administración de control de pérdidas
8. Monitoreo o resultados

- ¿Qué es un diagnóstico energético?

- "Un conjunto de acciones cuyo propósito es identificar, en un sistema o planta de vapor, dónde y como se usa la energía e identificar las oportunidades que hay para su mejor conservación"

- ¿Para qué sirve?

  Los datos obtenidos en un diagnóstico serán útiles para diversos fines:

  - Conocer los patrones de uso de la energía.
  - Mejorar procedimientos básicos del mantenimiento.
  - Determinación de puntos sobre los que debe actuarse para reducir los consumos y demandas de energéticos.
  - Establecimiento de prioridades, secuencia y utilización de equipo.
  - Expectativas de mejoras esperadas de régimen térmico o eléctrico, o ambos.
  - Determinación de índices energéticos.

Elementos de un Diagnóstico Energético

- Como herramienta, estableciendo una serie de índices, a continuación los más usuales:

$$\frac{Produccion\ de\ vapor}{Consumo\ de\ combustible} \qquad \left({}^{Tv}/_{Tc}\right)$$

$$\frac{Consumo\ de\ energia\ electrica}{Produccion\ de\ Vapor} \qquad \left({}^{Kwh}/_{Tv}\right)$$

$$\frac{Consumo\ agua\ de\ repuesto}{Produccion\ de\ vapor} \qquad \left({}^{Ta}/_{Tv}\right)$$

$$\frac{Costo\ de\ combustible}{Millon\ de\ calorias\ utiles} \qquad \left({}^{\$}/_{MMCal}\right)$$

$$\frac{Costo\ de\ Produccion}{Produccion\ de\ vapor} \qquad \left({}^{\$}/_{Tv}\right)$$

Diagnóstico Energético

- En dónde buscar

  INSPECCIÓN DE RECORRIDO Y PREDIAGNÓSTICO

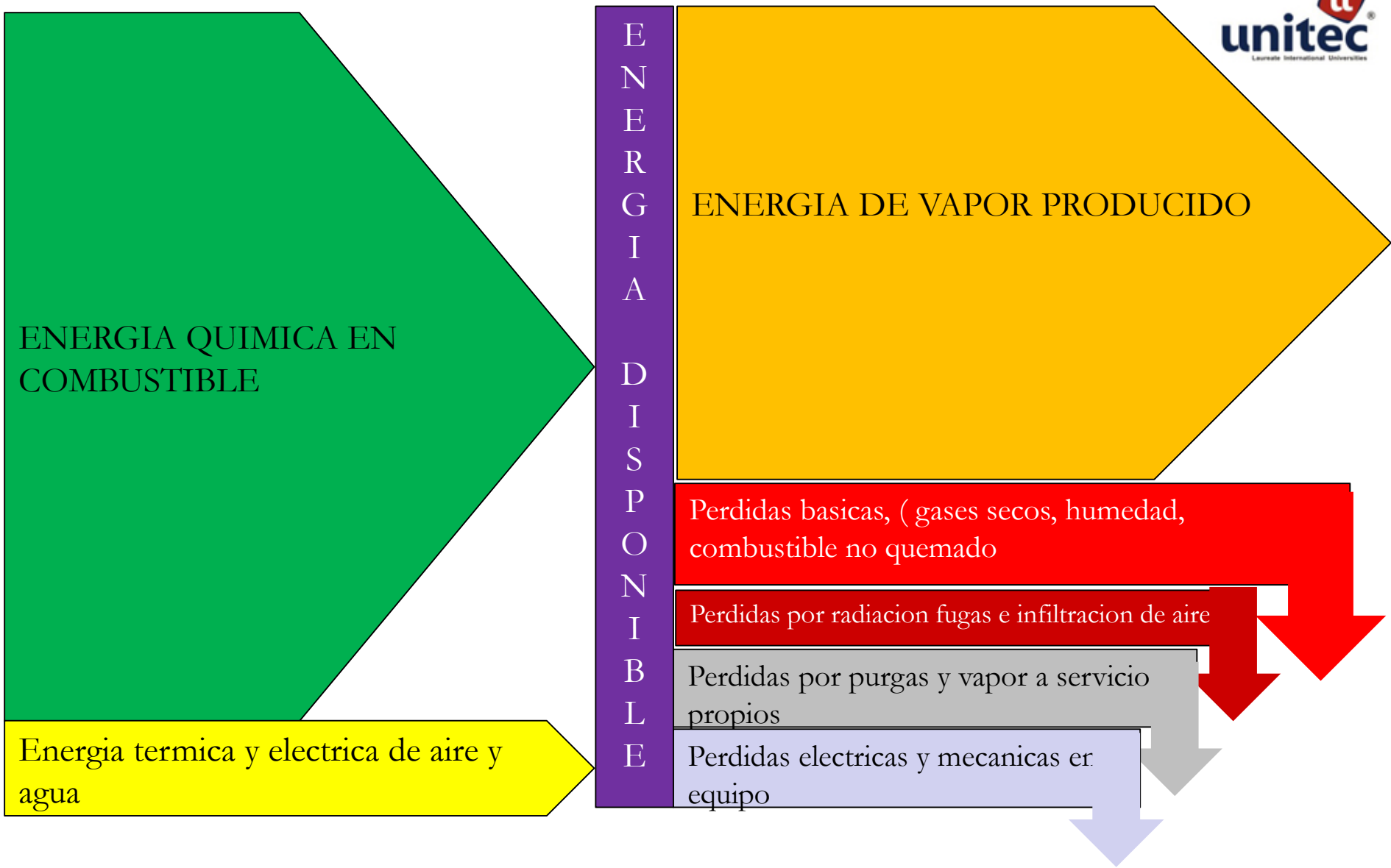
  DIAGNÓSTICO FORMAL CON MEDICIÓN, PRUEBAS Y REVISIÓN DE DIAGNÓSTICO

  DIAGNÓSTICO INTEGRAL CON PLAN DE M&V Y GESTIÓN TECNOLÓGICA

  DIAGNÓSTICO DEL EQUIPO DE USO INTENSO DEL VAPOR

  DIAGNÓSTICO EN DISTRIBUCIÓN
  - Distribución correcta del vapor y el condensado
  - Líneas de calentamiento (tracing)
  - Uso de la evaporación instantánea “flash”
  - Identificación de fugas de vapor
  - Identificación de fallas de equipo y uso redundante
  - Instalación correcta del equipo
  - Aplicación correcta del equipo
  - Recuperación de condensado

- Determinación de Ahorros


ENERGIA QUIMICA EN COMBUSTIBLE
Energia termica y electrica de aire y agua
ENERGIA DISPONIBLE
ENERGIA DE VAPOR PRODUCIDO
Perdidas basicas, (gases secos, humedad, combustible no quemado
Perdidas por radiacion fugas e infiltracion de aire
Perdidas por purgas y vapor a servicio propios
Perdidas electricas y mecanicas er equipo

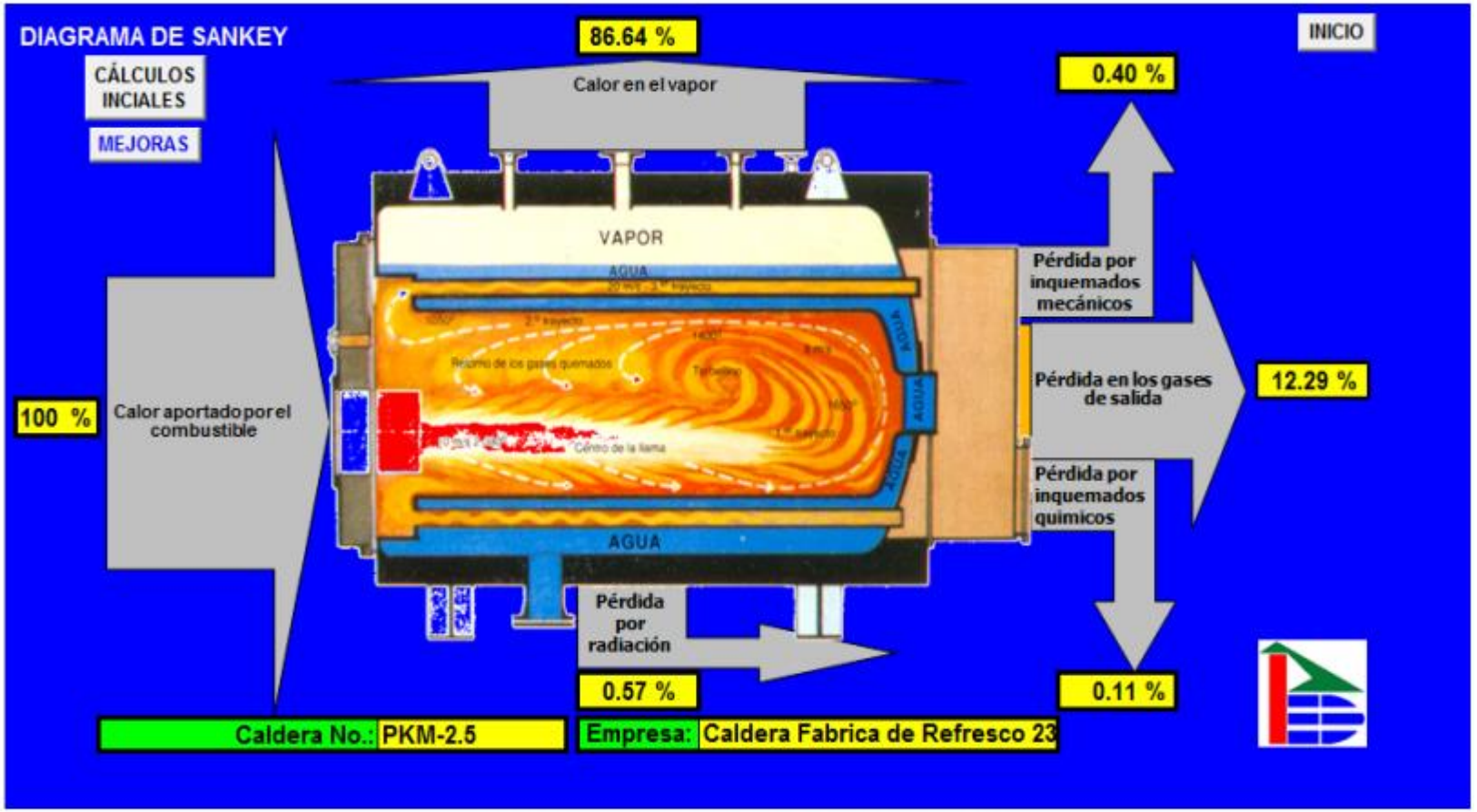


Figura 3. Diagrama de Sankey de la caldera evaluada

http://dx.doi. org/10.21789/22561498.1198

Equipo de Combustión y Pruebas, Supervisión y Control de Flama

- "Puesta a punto", “condiciones estables”, "afinación", “poner a punto y ajustar el control.”…
- Una caldera puede ponerse a punto y ser ineficiente.
- El concepto integral de “PRUEBAS DE COMBUSTIÓN" es más amplio

Pruebas de Combustión

- LA IMPORTANCIA DE OPERAR CALDERAS CON MINIMO EXCESO DE AIRE
- UN AJUSTE SE INICIA CON INSPECCION Y PRUEBAS ( )
- TEMPERATURA EN CHIMENEA
- INSPECCION PRELIMINAR DE LA CALDERA
- LISTA DE VERIFICACION DE EQUIPO DE COMBUSTION ( )
- SISTEMA DE QUEMADORES (*)
  - QUEMADORES DE GAS
  - QUEMADORES DE COMBUSTOLEO U OTROS COMBUSTIBLES LIQUIDOS (*)
  - QUEMADORES DE CARBON PULVERIZADO
  - EMPARRILLADOS MECANICOS CON ALIMENTADOR (Spreader Stocker)
- LISTA DE VERIFICACION DEL HOGAR
- CONTROLES DE COMBUSTION
- OTROS

Pruebas de Combustión (cont.)

- ASPECTOS FUNDAMENTALES DE PRUEBAS DE COMBUSTION Y AJUSTE
  - Tiempo suficiente
  - Temperatura suficiente
  - Turbulencia vigorosa y efectiva
  - Aire suficiente

- INSTRUMENTOS

- SEGURIDAD

Pruebas de Combustión (cont.)

- DETERMINACION DE LOS NIVELES MAXIMO DE HUMO Y DE CO (*)
- MINIMO O_2 EN GASES DE COMBUSTION
- AFINACION DE CONTROL DE CALDERA PARA BAJO EXCESO DE AIRE
- ESTABLEZCA EL REGIMEN DE COMBUSTION O CARGA DESEADA
- REGISTRE LA INFORMACION DE CALDERA Y CHIMENEA
- INCREMENTE EL FLUJO DE AIRE AL HOGAR
- REGRESE A LA CONDICION DE FLUJO NORMAL DE AIRE

Pruebas de Combustión (cont.)

- CONTINUE REDUCIENDO EL FLUJO DE AIRE HASTA ALCANZAR CUALQUIERA DE ESTAS CONDICIONES:

- Incidencia de las flamas en las paredes del hogar o del quemador

- Excesivo acarreo o inestabilidad de la flama.

- Alto nivel de CO en los gases de combustión.

- Humo en la chimenea diferenciándolo de las emisiones de vapor de agua, azufre o polvo normalmente de apariencia blanca o gris, tenga en cuenta la reglamentación del ambiente aplicable.

- Limitaciones relacionadas con el equipo tales como baja d/p caja de aire/hogar, limites de flujo de aire, etc.

- DETERMINE EL NIVEL MINIMO DE O_2 y ESTABLEZCA UN MARGEN SOBRE CONDICIONES NORMALES DE OPERACION

- REPITA ESTOS PASOS PARA CADA REGIMEN O CARGA DE PRUEBA

Efecto del nivel de humo (SSN) en la formación de hollín (*)

Análisis de Combustión

- EFICIENCIA DE COMBUSTION
- EFICIENCIA ÓPTIMA DE COMBUSTION
- "La eficiencia máxima de combustión se alcanza al suministrar el exceso de aire preciso para lograr que la suma de pérdidas por combustible no quemado y gases de combustión esté en su valor mínimo. (*)
- DIVERSOS PARAMETROS DE ANALISIS
- OPERACION SEGURA

- ANÁLISIS DE HIDROCARBUROS

  El análisis de hidrocarburos en los productos de combustión es el mejor medio para prevenir condiciones de mezcla explosiva el generador de vapor.

- PRUEBA DE ORSAT (*)

- MEDICION DE CO_2 Y O_2

- DETERMINACION DE PÉRDIDAS EN CHIMENEA

- TEMPERATURA NETA EN CHIMENEA

Supervisión de Flama

- FORMA Y APARIENCIA DE LA FLAMA
- VISIBILIDAD DE LA FLAMA
- TAMAÑO DE LA FLAMA
- COLOR DE LA FLAMA
- TEMPERATURA DE LA FLAMA
- PROBLEMAS EN LAS FLAMAS

PRUEBAS DE COMBUSTIÓN Y AJUSTE DE CALDERAS

- TIPO DE PRUEBAS
- OBJETIVO DE LAS PRUEBAS
- ACCIONES Y CUIDADOS PREPARATORIOS
- DESARROLLO DE LAS PRUEBAS
- INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS
- PRUEBAS DESPUÉS DE AJUSTE

PLANEACIÓN DE PRUEBAS DE COMBUSTIÓN

- RECEPCIÓN – COMPORTAMIENTO - VERIFICACIÓN
- PREPARACIÓN DE LA UNIDAD
- INFORMACIÓN NECESARIA
- PLANEACIÓN
- PROGRAMACIÓN – LICENCIAS
- INSTRUMENTACIÓN – CAL./PRE.
- INSPECCIÓN CALDERA – AUX. – ACC.
- FORMAS DE REGISTRO

PROGRAMACIÓN DE PRUEBAS DE COMBUSTIÓN

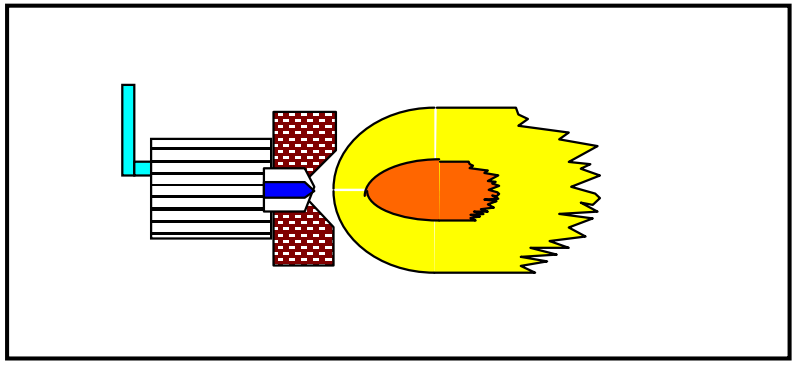
- ANÁLISIS DE COMBUSTIBLES
- CONDICIONES METEOROLÓGICAS
- DISPONIBILIDAD DE AGUA
- OPERACIÓN DE AUXILIARES
- CARGA ARTIFICIAL
- ATESTIGUAMIENTO
- POSTCALIBRACIÓN
- HIPOTESIS DE PRUEBAS

RESULTADOS DE PREUBAS DE COMBUSTIÓN

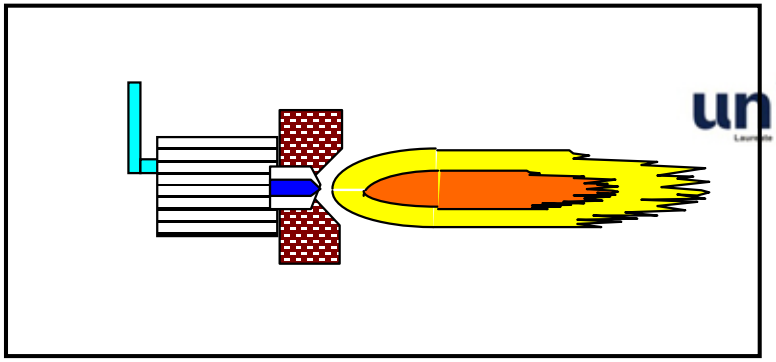
- AJUSTE Y CALIBRACIÓN DE CONTROL Y AUXILIARES
- OPERACIÓN AUTO – CARGA ESTABLE
- OPERACIÓN AUTO – CARGA VARIABLE
- RESPUESTA DEL CONTROL
- OPERACIÓN CON DEMANDA VARIABLE
- REPORTE DE PRUEBAS
- RECOMENDACIONES

Problemas que pueden Ocurrir en una Flama con Geometría Ideal

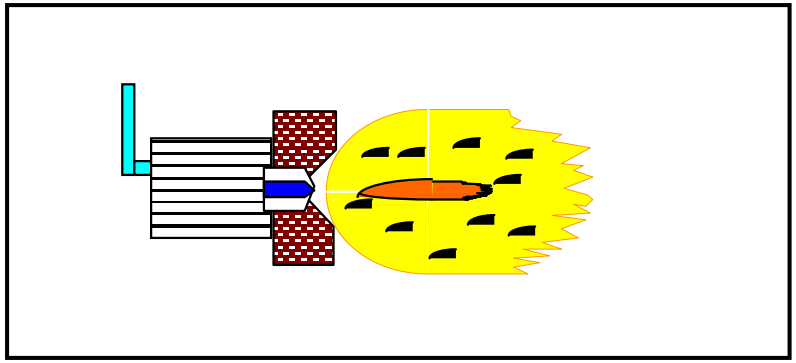
- LA FLAMA PRESENTA CHISPAS,
- LA FLAMA PRESENTA APARIENCIA OBSCURA,
- LA FLAMA PRESENTA APARIENCIA DENSA Y MENOS BRILLANTE
- LA FLAMA ES ANGOSTA Y NO LLENA LA GARGANTA,
- EL PATRON DE LA FLAMA PRESENTA MANCHAS DE COMBUSTIBLE
- LA FLAMA TIENDE A SOPLARSE O ALEJARSE DE LA GARGANTA
- LA FLAMA LIBRA LA GARGANTA PAREO MAS ADELANTE SE RETRAE,
- LA FLAMA INDICE SOBRE LA GARGANTA (*)



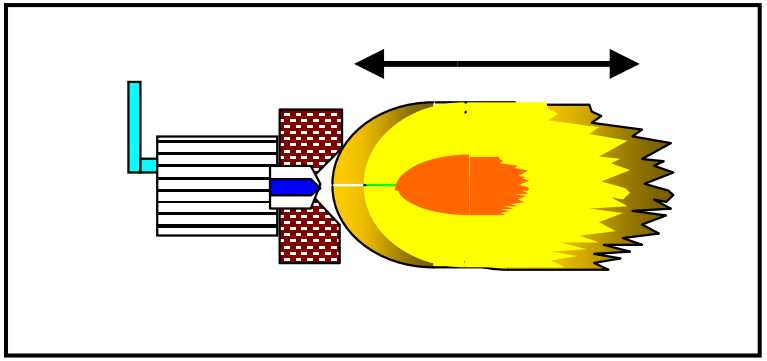
Flama con geometría cercana a la ideal.



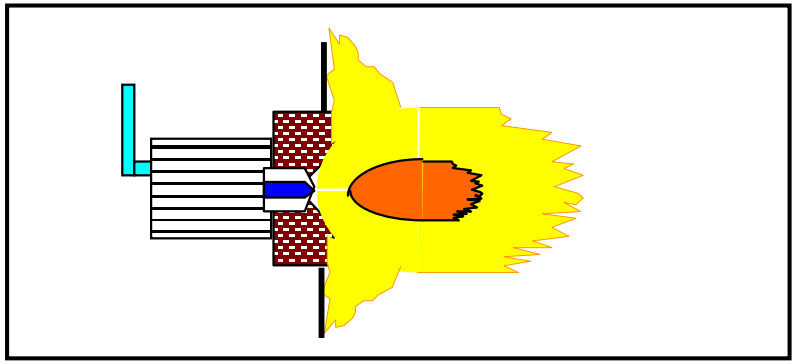
Flama angosta. No llena la garganta.



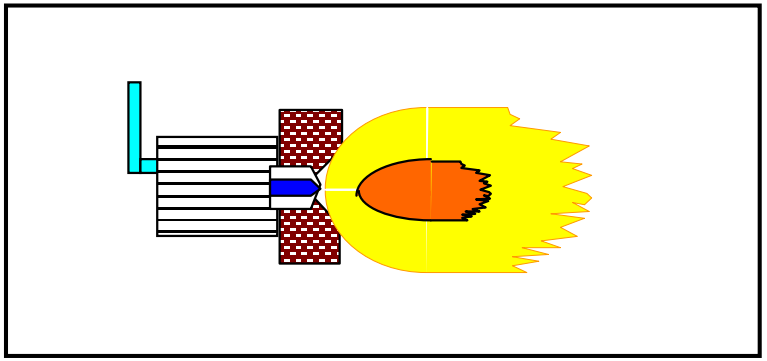
Flama con manchas en su coloración.



Flama inestable.



Flama con tendencia de retroceso y adherencia a las paredes.



Flama con incidencia en garganta del quemador.

GRACIAS