



TESIS DE GRADO
EN INGENIERIA INDUSTRIAL

PLAN DE OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES DE VAPOR EN PLANTAS INDUSTRIALES

Autor: Leandro Tripodi

Director de Tesis: Ing. Felix Jonas

Co-Directores: Ing. O. Martinez Pereyra

Ing. C. Molanes

Dedicatorias:

> A mis padres, Francisco Domingo y Adriana Cristina.

Ellos me sostuvieron cuando yo ya no tenía fuerzas y sin ellos, esto no hubiera sido posible.

> A la memoria del Profesor Wenceslao González.

> A la memoria de Diego D´Ottavio.

Resumen

El consumo de combustible fósiles se viene incrementando desde 1973. La utilización de estos combustibles para fines industriales (y otros) está asociado a las emisiones de gases de efecto invernadero, cuya consecuencia es el tan mencionado cambio climático. Dado que dichas emisiones deben disminuirse, se plantea la necesidad de establecer políticas de eficiencia energética, especialmente en la industria.

En Argentina, además se da el caso de que se producen cortes de los suministros de gas y eléctricos al sector industrial, con lo que toda política de optimización del consumo de energía posee un valor agregado.

El vapor, como vector energético, es ampliamente utilizado en las industrias como medio para transferir calor por sus excelentes propiedades. Pero las instalaciones de vapor suelen presentar grandes ineficiencias, por ello que se deben tomar acciones para aumentar el rendimiento de las mismas.

Esto traerá una serie de ventajas:

1. Disminución del consumo de combustible, con lo que disminuirán las emisiones de CO₂.
2. Disminución de los costos relacionados con el consumo energético.

Todo lo referido a productos para instalaciones está ampliamente estudiado por las empresas que los comercializan; por lo que se propone aplicar herramientas tradicionales del campo de la Ingeniería Industrial (costeo ABC, análisis de Pareto, gestión de stocks entre otras) para poder de esta forma realizar el análisis de las instalaciones, identificando oportunidades de mejora.

Las propuestas de mejora y optimización que aquí se hacen están orientadas no solo a la instalación, sino también a plantear un cambio en las empresas para que se puedan llevar a cabo las acciones necesarias.

Resume

Fossil fuel consumption has been increasing since 1973. The use of these fuels for industrial purposes (and others) is associated with emissions of greenhouse gases, which results in climate change.

Since these emissions should be reduced, there is the need for energy efficiency policies, especially in industry.

In Argentina, there is also the case of outages of power and gas supplies to industry, so any policy on energy optimization has added value. Steam, as an energy carrier, is widely used in industries as a means to transfer heat for its excellent properties.

But the steam facilities often have large inefficiencies, so that should take action to increase the performance of them.

This will bring a number of advantages:

1. Reduced fuel consumption, thereby reducing CO₂ emissions.
2. Reduced costs related to energy consumption.

All about products is widely studied by the companies that sell them, for what it intends to apply traditional tools from the field of Industrial Engineering (costing ABC, Pareto analysis, inventory management, etc.) to thereby perform the analysis of the facility, identifying opportunities for improvement.

The proposed improvements and optimization made here are intended not only to the facility, but also pose a change in companies so that they can carry out the necessary actions.

Agradecimientos

- > A mis hermanos, Maximiliano y Francisco.
- > A mi familia, por apoyarme en todo momento durante mi carrera universitaria.
- > A la familia Princz, por su apoyo.
- > A la familia Augspach, sin su generosidad mi paso por el ITBA no hubiese sido posible.

INDICE

1	PANORAMA ENERGETICO	10
1.1	Introducción	10
1.2	Gas Natural	11
1.3	Petróleo	11
1.4	Carbón	12
1.5	Energía Eléctrica	13
1.6	Emisiones de CO ₂	14
1.7	La Eficiencia Energética desde la óptica de la calidad	16
1.8	Matriz energética argentina	17
1.8.1	Energía eléctrica	17
1.8.2	Gas	18
2	HISTORIA DEL VAPOR EN LA INDUSTRIA Y APLICACIONES ACTUALES	26
2.1	introducción	26
2.2	Primera revolución industrial	26
2.3	La maquina de vapor	27
2.4	El vapor como fuente de temperatura	30
2.5	Ejemplo de aplicaciones típicas del vapor en la industria	33
2.5.1	Transferencia de calor a través de marmita encamisada	33
2.5.2	Pre calentamiento de aire para secado de alimentos en cinta transportadora	35
3	CIRCUITO DE VAPOR TIPICO	37

3.1	Introducción	37
3.2	Generación de vapor	38
3.2.1	Equipo generador de vapor	39
3.2.1.1	Calderas humotubulares (o piro tubulares)	39
3.2.1.2	Calderas acuotubulares	41
3.3	Distribución de vapor	44
3.3.1	Presión de trabajo	47
3.3.2	Reducción de presión	50
3.3.3	Dimensionamiento de tuberías	54
3.3.4	Purga de condensado	56
3.3.4.1	Trampa de vapor termostática	56
3.3.4.2	Trampa de vapor mecánica	58
3.3.4.3	Trampa de vapor termodinámica	61
3.3.4.4	Cuadro de purga de condensado	62
3.4	Consumo de vapor	64
4	INDICADORES ENERGETICOS Y AMBIENTALES	67
4.1	Introducción	67
4.2	Indicadores ambientales	69
4.3	Indicadores energéticos	70
4.4	La medición como punto de partida para la elaboración de indicadores	71
5	ASPECTOS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE VAPOR	73
5.1	Introducción	73

5.2	Operación en sector calderas	73
5.2.1	Explosión	74
5.2.2	quemaduras	74
5.2.3	Caídas	75
5.2.4	Atrapamiento	75
5.2.5	Golpes	75
5.2.6	Elementos de seguridad para el personal	76
5.3	Normativa	76
5.3.1	Instalaciones térmicas	76
5.3.2	Habilitación de la caldera (aparato sometido a presión)	76
5.3.3	Prueba hidráulica de la caldera y equipos sometidos a presión	77
5.3.4	Carnet de foguista	77
6	PROPUESTAS DE MEJORA Y OPTIMIZACION	79
6.1	Introducción	79
6.2	Instalación de retorno de condensado	79
6.2.1	Proyecto para instalación de retorno de condensado	81
6.3	Medición del consumo de vapor y establecer centros de consumo	82
6.3.1	Introducción	82
6.3.2	Equipos de medición de caudal de vapor	83
6.3.3	Medición por presión diferencial	84
6.3.3.1	Placa de orificio	85
6.3.4	Medición por fenómeno Vortex	90
6.3.5	Sistemas integrados de medición	91

6.3.6	Segmentar a la planta industrial en centros de consumo de vapor	93
6.3.7	Costeo ABC	96
6.4	Incorporar indicadores energéticos	98
6.4.1	Introducción	98
6.4.2	Indicadores energéticos relacionados con el consumo de vapor	98
6.4.2.1	kg de Vapor	98
6.4.2.2	kg de Vapor / kg de Producto	100
6.4.2.3	m ³ de gas	100
6.4.2.4	kg de CO ₂	100
6.4.2.5	Rendimiento de la instalación de vapor	102
6.4.3	Otros indicadores energéticos	102
6.5	Modificar la estructura de la organización	103
6.5.1	Introducción	103
6.5.2	Propuesta	104
6.5.3	Relación con otras áreas	106
6.5.4	Gestión del cambio organizacional	108
6.5.4.1	El rol de la gerencia	108
6.5.5	Oferta académica para cubrir el rol de jefe de energía y eficiencia energética	110
6.5.5.1	Plan de materias de la especialización en energía y eficiencia energética dentro de la carrera de ingeniería industrial	111
6.6	Calculo del costo de generación de vapor	112
6.6.1	Introducción	112
6.6.2	Ítems a considerar para calcular el costo de generación del vapor	112
6.6.3	Metodología	114
6.7	Incorporar equipos para la eliminación de aire de las líneas de distribución de vapor	114

6.8	Mantenimiento preventivo de trampas de vapor	116
6.8.1	Falla de trampas de vapor	116
6.8.2	Necesidades energéticas de trampas de vapor	116
6.8.3	Plan preventivo de trampas de vapor	120
6.9	Calculo de perdidas por orificios en instalaciones	123
6.10	Aplicación de herramientas de ingeniería industrial para el análisis de instalaciones de vapor	125
6.10.1	Gestión de stock de trampas de vapor y otros componentes de las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado	125
6.10.2	Ciclo de mejora continua para el seguimiento de los indicadores.	126
6.10.3	Establecer procedimientos para manejo de las instalaciones de vapor – gestión del conocimiento.	127
6.10.4	Análisis de Pareto de los centros de consumo de vapor.	130
7	CONCLUSIONES	135
8	BIBLIOGRAFIA	137
9	ANEXOS	139
9.1	Anexo I	139
9.2	Anexo II	143
9.3	Anexo III	144
9.4	Anexo IV	145
9.5	Anexo V	145
9.6	Anexo VI	164

1. PANORAMA ENERGETICO

1.1 INTRODUCCION

El consumo mundial de energía aumentó 80,24% entre 1973 y 2008 (inclusive). El registro de datos es desde 1973 ya que, en la década de 1970 se produjo la primera crisis del petróleo y la IEA¹ comenzó a monitorear el consumo energético de los países. Figura 1.1.

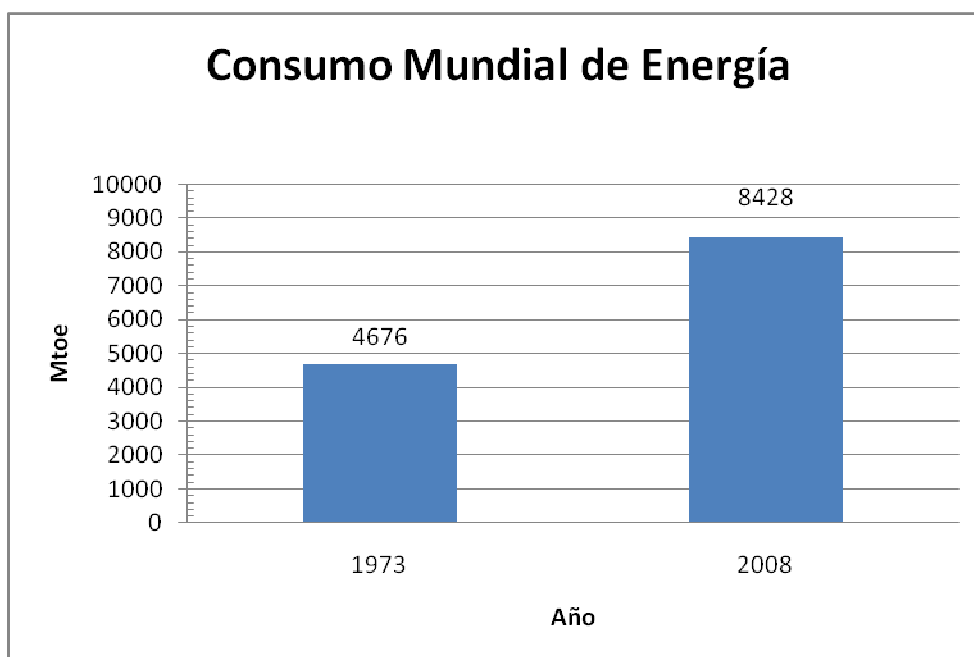


Figura 1.1. Consumo mundial de energía en 1973 y 2008.

Se puede apreciar que el eje de las ordenadas (vertical) posee unidades de Mtoe: Mega tonelada equivalente de petróleo. En el campo energético resulta una práctica común “traducir” el potencial energético de cualquier combustible en toneladas equivalentes de petróleo, ya que de esta forma existe uniformidad en la divulgación de datos y posteriores análisis.

¹ IEA: Agencia Internacional de Energía (siglas en inglés).

1.2 GAS NATURAL

Respecto al gas, el consumo mundial aumentó 95,68% entre 1973 y 2008 (Figura 1.2). Del consumo total en 2008, el 35,10% corresponde al sector Industrial. El consumo de gas tiene directa relación con la generación de vapor, ya que éste es el combustible utilizado en la mayoría de las calderas industriales; aunque el vapor también es generado utilizando calderas que funcionan con combustibles líquidos (fuel oil en su mayoría) o sólidos (carbón). Cabe destacar que las calderas que utilizan como combustible al gas son las de mayor rendimiento, siendo un valor aceptable de 85%².

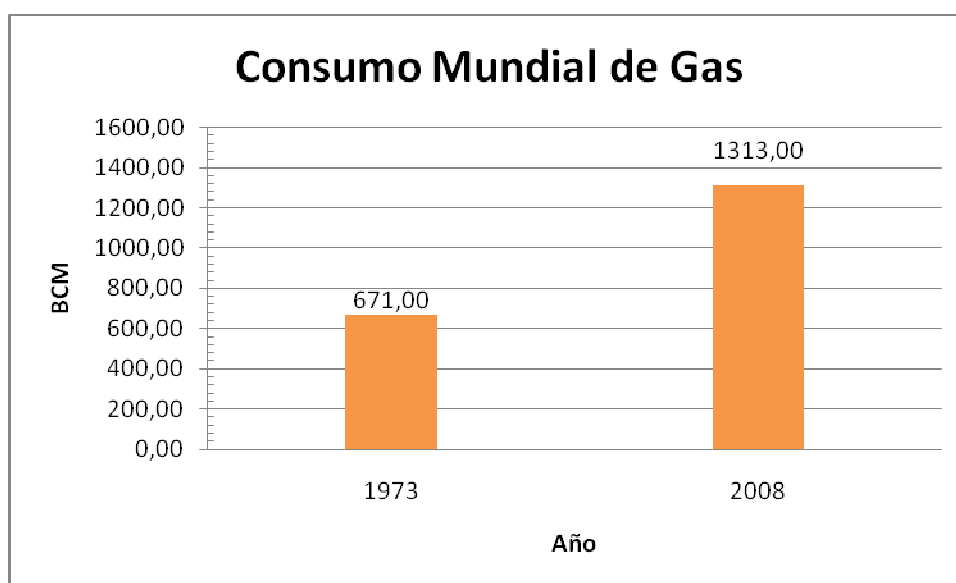


Figura 1.2. Consumo mundial de Gas en 1973 y 2008.

1.3 PETROLEO

El consumo mundial de petróleo registró un aumento entre los años 1973 y 2008 de 55,64% (Figura 1.3.). Del consumo registrado en 2008, el 9,50% corresponde al sector industrial. La variación neta, en Mt, del consumo industrial de petróleo resultó ser negativa; mientras que en 1973 la industria consumió 447,5 Mt en 2008 fueron 332,69 Mt (reducción del 25,70%). Esta disminución no está asociada a una optimización energética por parte de las industrias, sino un traspaso de los combustibles fósiles a la electricidad como vector energético para el sector industrial. En la actualidad, casi el 70% del

² Fuente: Imdelco Española.

consumo mundial de petróleo se destina a actividades de transporte, tanto nacional e internacional.

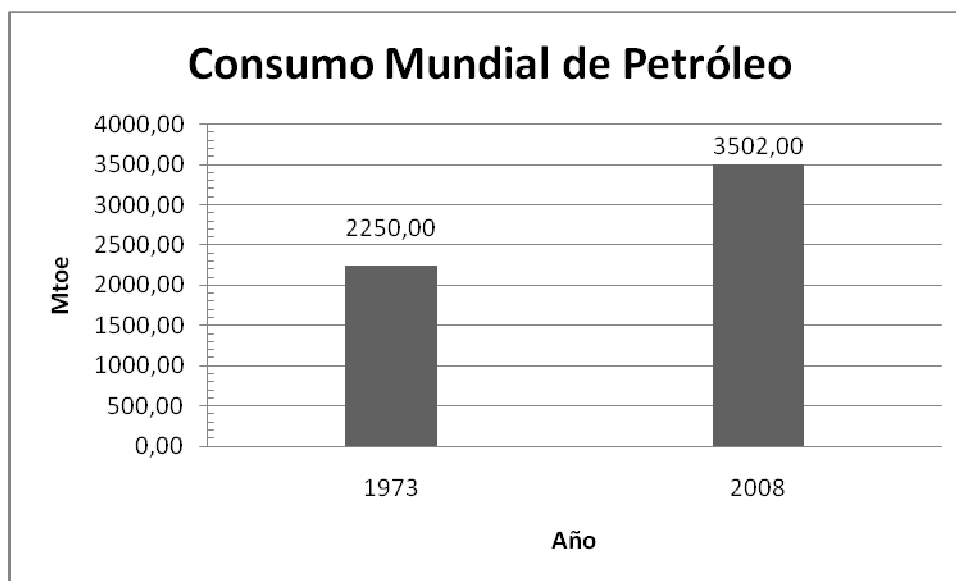


Figura 1.3. Consumo mundial de Petróleo en 1973 y 2008.

1.4 CARBON

Respecto al carbón, el consumo mundial aumentó 80,24% entre 1973 y 2008. Del consumo registrado en 2008, el 78,50% corresponde al sector industrial; esto equivale a 6.615,98 Mtoe (Figura 1.4.).

La variación del consumo industrial de carbón entre 1973 y 2008 resultó ser de 146,49%. Esto se basa en que el carbón es un combustible más económico que el petróleo y el gas, y que las economías emergentes predominantes (China, Rusia e India) poseen grandes reservas y lo utilizan para sostener su crecimiento económico. El Carbón resulta también el combustible de mayor rendimiento ya que en su estructura molecular no posee moléculas de hidrógeno (en condiciones ideales de estado puro); en contraposición a lo que ocurre con el Gas. Sin embargo, el mineral de Carbón suele contener otros elementos como ser azufre y nitrógeno y esto quita rendimiento en la reacción química. A su vez, el carbón es el combustible más contaminante no solo por la emisión de CO_2 a la atmósfera sino también por las emisiones fugitivas. Se trata de la emisión de polvo de carbón que se produce en las plantas trituradoras; estas partículas poseen un diámetro del orden del micrón y resulta perjudiciales para la salud humana.

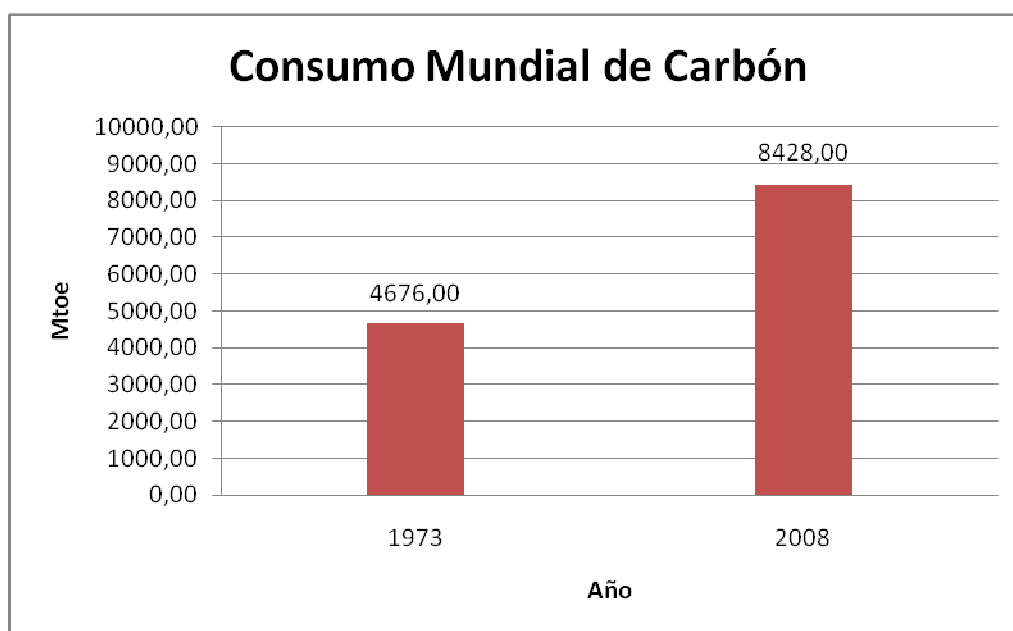


Figura1.4. Consumo mundial de Carbón en 1973 y 2008.

Se puede observar que el consumo mundial de combustibles fósiles ha aumentado desde 1973 de forma sostenida y también ha aumentado el consumo industrial de dichos combustibles. Si bien en el caso del petróleo, la industria cada vez consume menos, no se debe perder de vista que ese petróleo que antes utilizaban las industrias de forma directa ahora es utilizado para generar electricidad en las centrales; siendo este vector el utilizado por las plantas industriales.

1.5 ENERGIA ELECTRICA

Respecto a la energía eléctrica, el consumo mundial aumentó 229,38% entre 1973 y 2008. Del consumo registrado en 2008, el 41,70% corresponde al sector industrial; esto equivale a 603,00 Mtoe (Figura 1.5.).

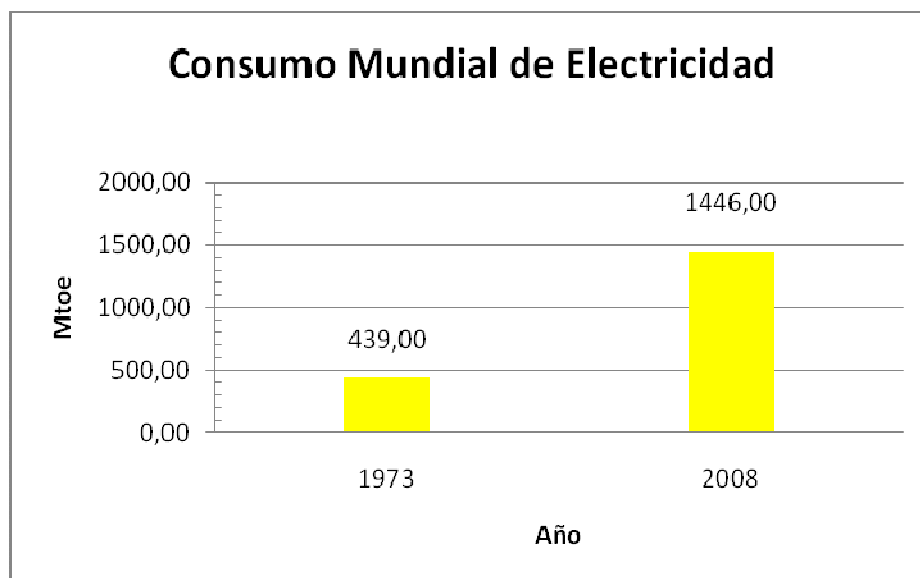


Figura 1.5. Consumo mundial de Electricidad en 1973 y 2008.

1.6 EMISION DE CO₂

El aumento en el consumo de combustibles fósiles impacta directamente en las emisiones de CO₂. El CO₂ es el gas que más importancia relativa posee respecto de los denominados gases de efecto invernadero, es por esto que se realiza un análisis por separado. La consecuencia del efecto invernadero ocasionado por estos gases es el cambio climático.

Las emisiones mundiales de CO₂ aumentaron 87,82% entre 1973 y 2008, alcanzando para este último año las 29.381 Mt de CO₂. Este dato fue extraído de la IEA³, quien utilizó para su cálculo la guía revisada del IPCC⁴ del año 1996 (Figura 1.6.).

³ IEA: Agencia Internacional de Energía, siglas en inglés.

⁴ IPCC: Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (siglas en inglés).

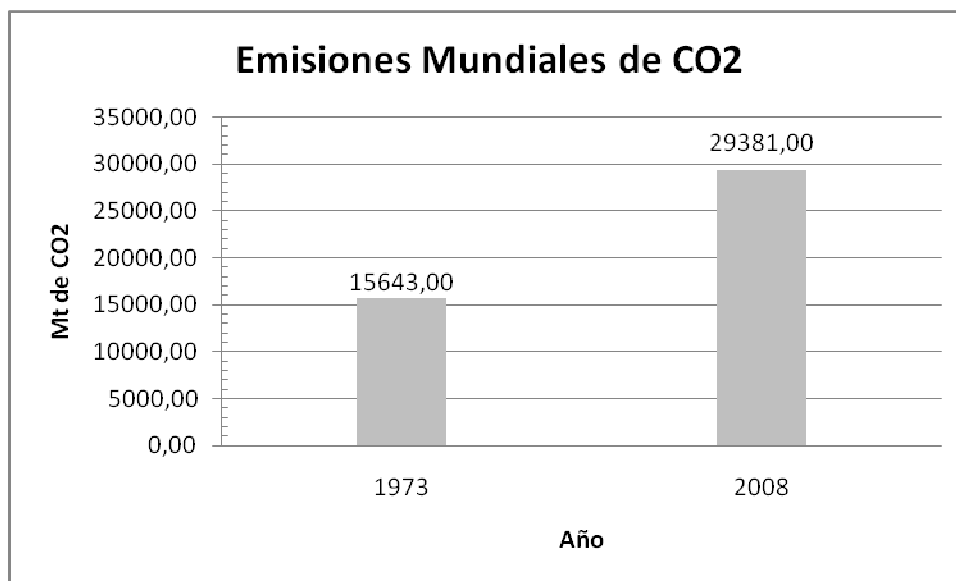


Figura 1.6. Emisiones Mundiales de CO₂ en 1973 y 2008.

Como se mostró en los apartados anteriores, el sector industrial consume gran parte de los combustibles a nivel mundial y esta tendencia va en aumento. Este consumo, que en la mayoría de los casos es para procesos de combustión, está directamente relacionado con las emisiones de gases de efecto invernadero. La potencial reducción de dichas emisiones, como consecuencia de la optimización energética de los procesos, es uno de los incentivos para que las empresas (tanto industriales como de servicios) inviertan recursos en pos de optimizar sus instalaciones. La otra ventaja es de índole económica, ya que toda optimización trae consigo un menor consumo de energía (sea eléctrica, gas, u otros combustibles) y por ende un menor costo asociado a esta energía. Esto contribuye a disminuir los Gastos Generales de Fabricación.

Está claro que el sector residencial también posee gran importancia en el consumo mundial de energía y emisión de gases de efecto invernadero; y que en el mismo también se podrían aplicar iniciativas encaminadas a la optimización energética. Pero las economías de escalas hacen que el impacto que puede tener la optimización de una o más viviendas es insignificante frente a las posibilidades de una industria. Además, el hecho de que se impulsen proyectos en entidades privadas, conjunto a las iniciativas que deberán venir del Estado, apalancarán la conciencia social para que los individuos tomen conciencia de la problemática energética. Las bondades de la optimización energética en las industrias, producto de políticas muchas veces impuestas por las casas matrices o por la normativa del estado, serán conocidas por sus

empleados; quienes funcionarán como agentes de cambio para divulgar la necesidad y sobre todo ventajas de la mencionada optimización.

1.7 LA EFICIENCIA ENERGETICA DESDE LA OPTICA DE LA CALIDAD

La calidad y productividad de una empresa están limitadas por el grado de desarrollo de los sistemas, y la alta dirección tiene la autoridad y responsabilidad para actuar en la mejora de los mismos. Esto también puede aplicarse a las instalaciones y procedimientos, en este caso particular asociados al consumo energético.

Según Deming⁵, el 85% de los problemas tienen su origen en causas sistemáticas (es decir, asociada a como son los sistemas) y el 15% restante se debe a errores de aplicación. Esto quiere decir que, sin la voluntad y compromiso de la alta gerencia, la optimización de una instalación de vapor u cualquier otra instalación de índole energética no será posible ya que los operarios no tendrán el sistema adecuado para tal fin.

De acuerdo a Taguchi⁶, por calidad se entiende la mínima pérdida para la sociedad; donde la sociedad está compuesta por:

- Empresas y entidades privadas
- Individuos
- Estados Nacionales y entidades públicas.

La optimización energética está alineada con este concepto, ya que si se puede obtener el mismo producto (o servicio) pero con un menor consumo energético (y un menor costo), se estará minimizando en última instancia la pérdida, y aumentando la calidad.

Además, en caso de que las empresas radicadas en Argentina se vuelquen de lleno a la optimización energética logrará que aumente su ventaja competitiva respecto de filiales en otras partes del mundo; porque está ampliamente comprobado que la optimización energética y su mantenimiento en el tiempo logran importantes ahorros económicos.

Si bien todo proceso de mejora implica realizar inversiones, los retornos de las mismas se dan en períodos menores a dos años⁷ en la mayoría de los casos.

⁵ Gurú de la Calidad de origen estadounidense que desarrolló su carrera profesional en Japón.

⁶ Genichi Taguchi: gurú de la calidad del Siglo XX.

⁷ Fuente: SpiraxSarco, Schneider-Electric, FelSu Consultores.

De los factores de éxito para las organizaciones, la inclusión de una estrategia de optimización energética está completamente alineada con:

- _ Minimización de costos.
- _ Innovación de procesos (por optimizarlos energéticamente hablando).

1.8 MATRIZ ENERGETICA ARGENTINA

1.8.1 Energía Eléctrica

El consumo diario de energía eléctrica en Argentina es de 21.403 MW, y es generada en la proporción indicada en la Figura 1.7. y Tabla 1.1.

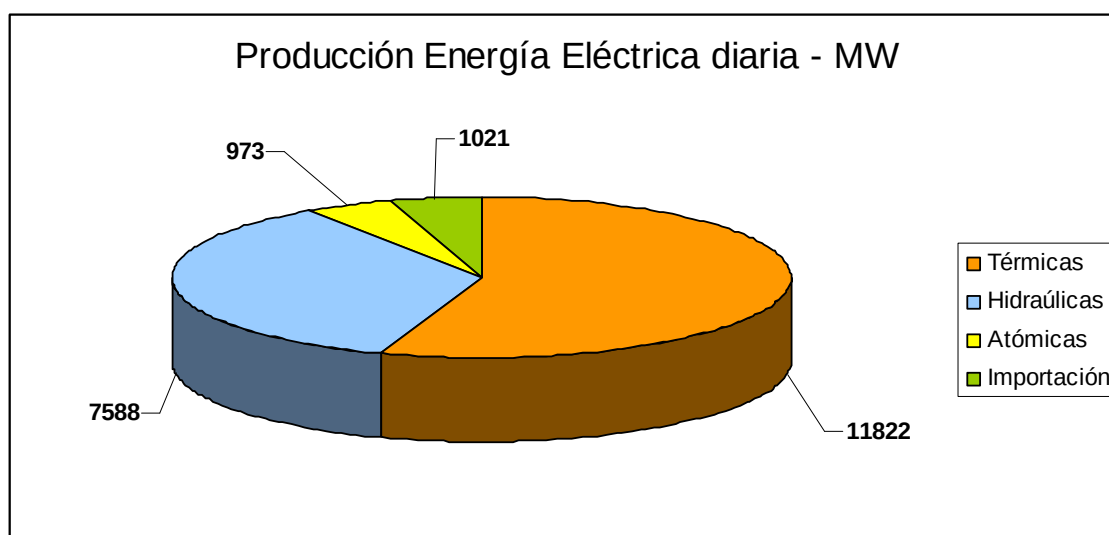


Figura 1.7. Producción de energía eléctrica diaria, según forma de generación.

Tipo	% del total
Térmicas	55,23%
Hidráulicas	35,45%
Atómicas	4,55%
Importación	4,77%

Tabla 1.1. Generación de energía eléctrica por tipo, en porcentaje.

La generación de energía eléctrica mediante centrales térmica e hidráulica representa el 91% de la generación diaria. Del total del consumo, el 50% corresponde al sector Industrial y Comercial en conjunto.

1.8.2 Gas

El Gas Natural total consumido para los años 2003 a 2010 se muestra en la Tabla 1.2., y la evolución en la Figura 1.8.

	Total	Δ interanual
2003	30.764,26	-
2004	33.472,75	8,80%
2005	34.823,66	4,04%
2006	36.419,39	4,58%
2007	38.447,78	5,57%
2008	38.869,31	1,10%
2009	37.693,42	-3,03%
2010	37.807,58	0,30%

Tabla 1.2. Consumo de Gas Natural de 9300 kcal en Argentina, entre 2003 y 2010 y variación porcentual entre años.

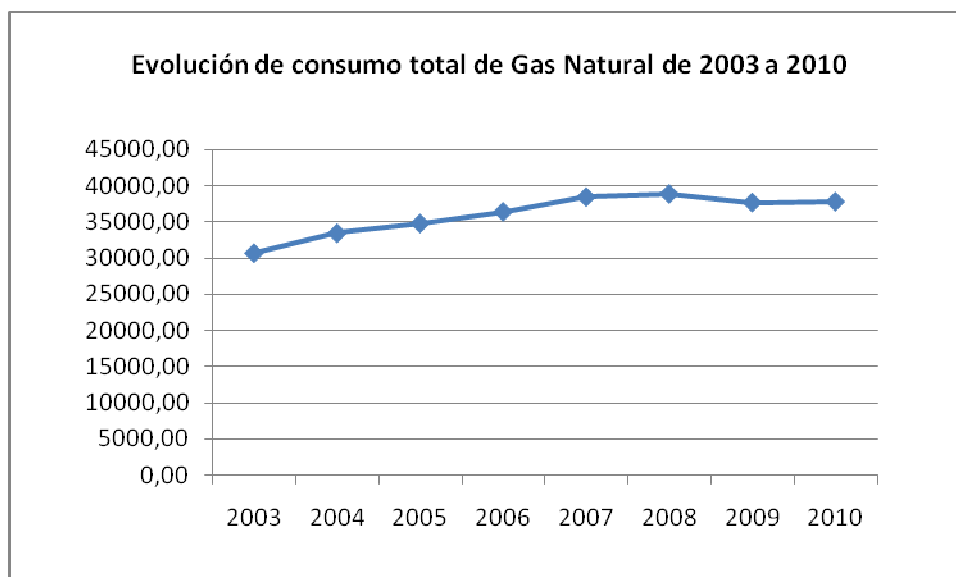


Figura 1.8. Evolución del consumo de Gas Natural de 9300 kcal en Argentina, desde 2003 hasta 2010.

La razón de comenzar el análisis en el 2003 se debe a un cambio en las condiciones macroeconómicas en el país, con la devaluación de la moneda durante el año 2002. La contracción en el consumo del año 2009 está asociada a la crisis financiera el impacto que esta tuvo en la producción industrial argentina. No se puede afirmar que se deba a una optimización de las instalaciones; tanto privadas como públicas. Observando el gráfico anterior, se puede ver que la tendencia del consumo es creciente y se espera que siga siendo así.

	Residencial	Comercial	Entes Oficiales	Industria	Centrales Eléctricas	SDB	GNC	Total
2003	6.862,41	1.021,40	389,43	10.682,87	8.750,87	417,30	2.639,99	30.764,26
2004	6.910,38	1.119,81	368,47	11.226,09	10.343,29	460,26	3.044,45	33.472,75
2005	7.437,90	1.125,05	403,31	11.484,15	10.690,04	516,23	3.166,98	34.823,66
2006	7.401,10	1.101,41	371,29	12.525,55	11.430,01	547,17	3.042,86	36.419,39
2007	8.996,51	1.241,18	421,65	12.090,83	12.181,67	658,11	2.857,82	38.447,78
2008	8.520,62	1.206,81	402,79	12.370,79	12.981,93	657,91	2.728,46	38.869,31
2009	8.469,11	1.274,65	406,00	11.804,89	12.436,30	669,60	2.632,87	37.693,42
2010	9.182,35	1.248,01	428,54	12.037,78	11.519,39	727,35	2.664,17	37.807,58

Tabla 1.3. Consumo de Gas Natural entre 2003 y 2010, por sector. Mm³.

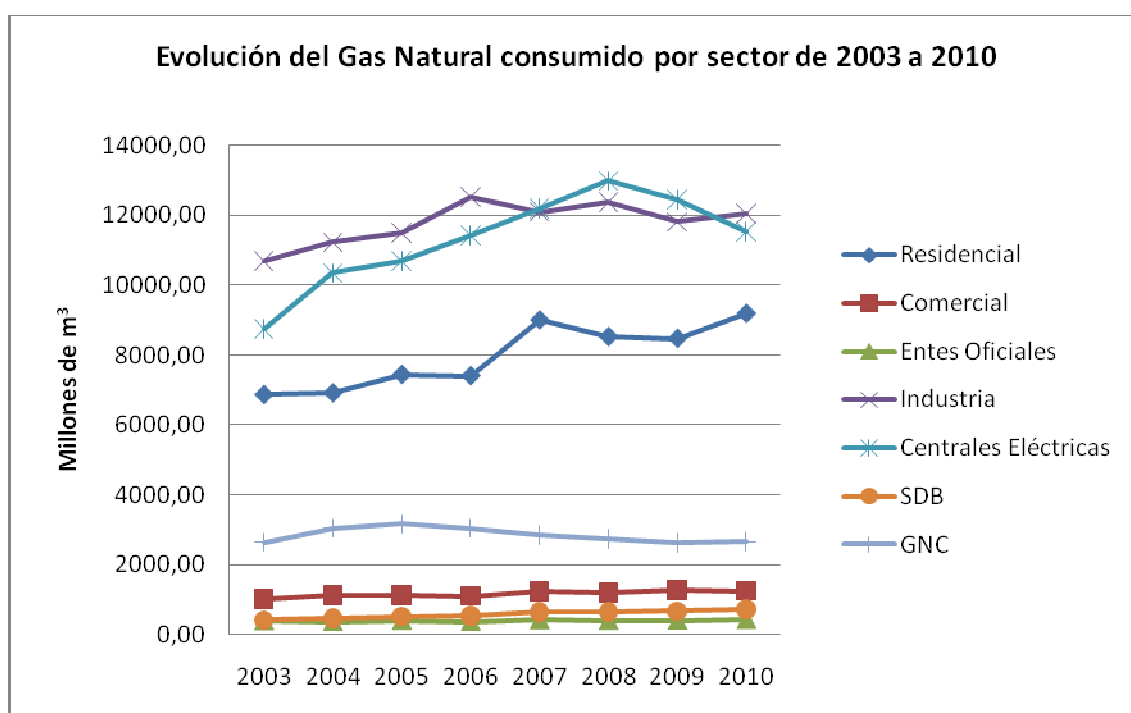


Figura 1.9. Evolución del consumo de Gas Natural por sector, 2003 a 2010.

Todos los sectores presentan consumo de Gas crecientes, y se espera que esta sea la tendencia a pesar de algunos valles registrados durante 2009 como consecuencia de la crisis financiera y económica mundial. También se deben tener presente los problemas sindicales en la región patagónica, en torno al sector energético que restan días de producción e implican una merma en el servicio. El consumo por sector se puede ver en la Tabla 1.3. y Figura 1.9.

La demanda total requerida es de 140 millones m³ diarios⁸. La producción total nacional asciende a 103,5 millones m³ diarios (promedio para el año 2010⁹), que se extrae de las cuencas Neuquina, Austral y Norte. Así mismo, se importan 25,5 millones m³ diarios.

$$\text{Producción diaria} + \text{Importación diaria} = 103,5 \text{ Mm}^3 + 25,5 \text{ Mm}^3 = 129 \text{ Mm}^3 \quad (1.1)$$

$$\text{Balance final} = \text{Producción} - \text{Demanda} = 129 \text{ Mm}^3 - 140 \text{ Mm}^3 = - 11 \text{ Mm}^3 \quad (1.2)$$

Cada día faltan 11 Mm³ de gas para satisfacer la demanda. Este valor es en caso de analizar la demanda y producción como un todo y luego dividirlo por los 365 días del año; en la realidad el faltante de gas se observa principalmente en los meses de Inviernos (Mayo hasta Agosto, siendo Julio el mes más comprometido). Dado que para el gobierno nacional es prioridad el consumo domiciliario en detrimento del consumo industrial y comercial, las restricciones se aplican principalmente a la industria. También se corta el suministro a las centrales térmicas que utilizan este combustible para la generación de energía eléctrica; lo que lleva a que deban utilizar combustibles líquidos como Fuel Oil. Además del hecho de que utilizar el Fuel Oil representa un sobre costo; acorta la vida útil de las centrales ya que si bien el diseño acepta que funcionen con este tipo de combustible, esto es para unos pocos días al año y no por períodos prolongados como está sucediendo¹⁰.

⁸ Fuente: La Nación y Enargas.

⁹ Fuente: Enargas.

¹⁰ Fuente: Central Costanera Norte.

En la Tabla 1.4. se muestra el consumo de Gas Natural en Argentina, por mes y sectorizado para el año 2010¹¹, y la evolución se aprecia en la Figura 1.10.

	Residencial	Comercial	Entes Oficiales	Industria	Centrales Eléctricas	SDB	GNC	Total
Enero	267,99	62,62	10,90	1.062,40	1.231,30	34,73	209,48	2.879,41
Febrero	259,98	61,93	11,84	1.028,58	1.162,32	36,34	195,09	2.756,06
Marzo	334,49	62,37	23,01	1.097,12	1.201,36	40,91	219,54	2.978,80
Abril	575,38	88,91	26,99	1.029,88	959,38	46,65	217,09	2.944,28
Mayo	961,94	125,92	44,61	1.085,61	812,23	71,17	226,65	3.328,12
Junio	1.375,57	152,00	62,81	886,96	547,97	99,22	220,80	3.345,32
Julio	1.666,58	180,15	68,20	731,55	531,36	112,30	232,78	3.522,91
Agosto	1.465,64	160,53	69,28	826,89	664,68	102,37	223,23	3.512,62
Septiembre	935,46	118,22	45,96	1.025,18	803,74	70,92	228,10	3.227,58
Octubre	613,64	93,36	31,05	1.103,83	969,34	49,33	232,58	3.093,13
Noviembre	396,67	78,02	19,77	1.091,94	1.180,62	33,75	223,20	3.023,96
Diciembre	329,02	63,98	14,13	1.067,85	1.455,10	29,67	235,64	3.195,38
Total	9.182,349	1.248,01	428,54	12.037,78	11.519,39	727,35	2.664,17	37.807,576

Tabla 1.4. Consumo mensual de Gas Natural en Argentina en 2010, sectorizado.

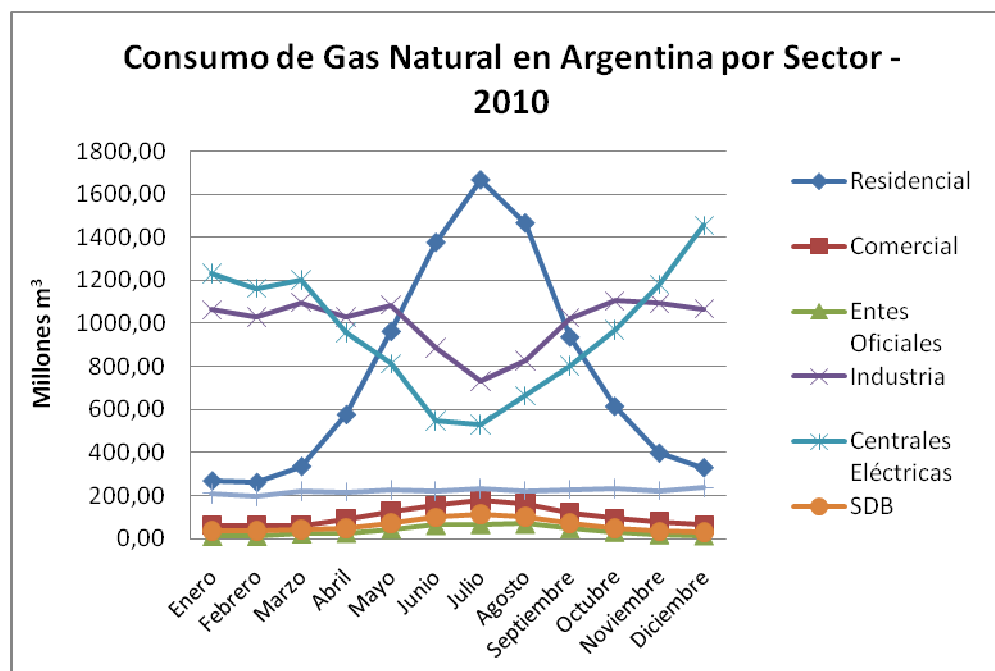


Figura 1.10. Evolución consumo mensual de Gas Natural por sector en 2010.

¹¹ Fuente: Enargas.

Si se observa la distribución del consumo de Gas Natural por sector para cada mes, se aprecia que en el Industrial existe un valle en los meses de Junio, Julio (valor mínimo) y Agosto. Esto no tiene que ver con las características de la industria nacional, sino con el hecho de que el gobierno dispone arbitrariamente que se corte el suministro al sector, en pos de asegurar el abastecimiento para los hogares. El objetivo de mostrar esta información no es juzgar las decisiones del gobierno, sino enfatizar que la crisis energética a nivel industrial es una realidad y que por ello las empresas deben tomar iniciativas de eficiencia energética porque las mismas contribuirán a evitar los efectos de la crisis energética y, además, lograr ahorros económicos.

Hasta la fecha, Enargas dispone de los datos de consumo de 2011 hasta el mes de Abril. Esto se muestra en la Tabla 1.5. y Figura 1.11.

	Residencial	Comercial	Entes Oficiales	Industria	Centrales Eléctricas	SDB	GNC	Total
Enero	260,72	66,23	11,21	1.091,56	1.493,84	30,86	216,75	3.171,16
Febrero	284,45	62,75	10,99	1.017,00	1.306,84	35,59	200,65	2.918,26
Marzo	363,00	71,52	15,78	1.159,75	1.304,28	39,65	223,74	3.177,72
Abril	517,71	82,00	24,33	1.095,58	1.090,52	44,64	221,11	3.075,89
Subtotal	1.425,88	282,51	62,31	4.363,88	5.195,47	150,74	862,25	12.343,03

Tabla 1.5. Consumo mensual de Gas Natural en Argentina en 2011, sectorizado. Datos hasta Abril inclusive.

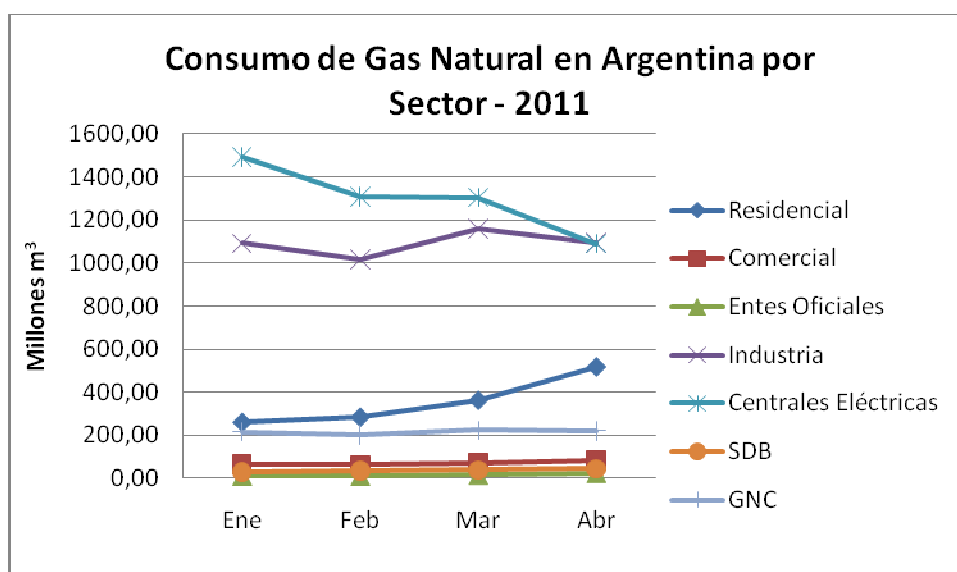


Figura 1.11. Evolución consumo mensual de Gas Natural por sector en 2011.

Observando la Figura 1.11, se puede observar la misma tendencia del año 2010; el abastecimiento a la industria se ve afectado por el aumento del consumo domiciliario y la decisión de tener como prioridad a este último.

Si se comparan los años 2010 y 2011, hasta Abril, se observa que en el consumo se ha aumentado en los sectores Industrial y las Centrales Eléctricas. Tablas 1.6. a 1.8.

	Residencial			Comercial			Entes Oficiales		
	2010	2011	Δ	2010	2011	Δ	2010	2011	Δ
Enero	267,99	260,72	-2,71%	62,62	66,23	5,77%	10,90	11,21	2,86%
Febrero	259,98	284,45	9,41%	61,93	62,75	1,32%	11,84	10,99	-7,15%
Marzo	334,49	363,00	8,52%	62,37	71,52	14,68%	23,01	15,78	-31,43%
Abril	575,38	517,71	-10,02%	88,91	82,00	-7,77%	26,99	24,33	-9,85%
	1.437,84	1.425,88	-0,83%	275,83	282,51	2,42%	72,73	62,31	-14,33%

Tabla 1.6. Comparación Enero a Abril de los años 2010 y 2011 del consumo de Gas Natural para los sectores Residencial, Comercial y Entes Oficiales.

	SDB			GNC		
	2010	2011	Δ	2010	2011	Δ
Enero	34,73	30,86	-11,14%	209,48	216,75	3,47%
Febrero	36,34	35,59	-2,06%	195,09	200,65	2,85%
Marzo	40,91	39,65	-3,08%	219,54	223,74	1,91%
Abril	46,65	44,64	-4,31%	217,09	221,11	1,85%
	158,62	150,74	-4,97%	841,20	862,25	2,50%

Tabla 1.7. Comparación Enero a Abril de los años 2010 y 2011 del consumo de Gas Natural para los sectores SDB y GNC.

	Industria			Centrales Eléctricas		
	2010	2011	Δ	2010	2011	Δ
Enero	1.062,40	1.091,56	2,74%	1.231,30	1.493,84	21,32%
Febrero	1.028,58	1.017,00	-1,13%	1.162,32	1.306,84	12,43%
Marzo	1.097,12	1.159,75	5,71%	1.201,36	1.304,28	8,57%
Abril	1.029,88	1.095,58	6,38%	959,38	1.090,52	13,67%
	4.217,98	4.363,88	3,46%	4.554,36	5.195,47	14,08%

Tabla 1.8. Comparación Enero a Abril de los años 2010 y 2011 del consumo de Gas Natural para los sectores Industria y C. Eléctricas.

El consumo de Gas Natural para el sector Industrial viene registrando un alza de 3,46% en el acumulado hasta Abril respecto del año pasado, mientras que en el caso del Gas destinado a las centrales eléctricas el aumento casi es de 15%. De mantenerse estas tendencias, es de esperar que, sin una política de abastecimiento de energía a largo plazo, en los próximos cinco (5) años se haga aún más notable la escasez de gas durante los meses de invierno y los cortes de energía eléctrica por alcanzarse el límite de abastecimiento posible durante los meses de verano.

2. HISTORIA DEL VAPOR EN LA INDUSTRIA Y APLICACIONES ACTUALES

2.1 INTRODUCCION

Durante el transcurso de la historia, el hombre¹² siempre trató de aprovechar los recursos de su entorno para hacer su quehacer cotidiano más llevadero y sencillo.

Tal como describen Smith y Hashemi en Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales:

“El hombre, los materiales y la tecnología han evolucionado en el transcurso del tiempo y continúan haciéndolo. El mundo actual es de cambios dinámicos (...). A través de la historia, el progreso ha dependido de las mejoras de los materiales con los que se trabaja (...).”

A continuación se desarrollan algunos hitos históricos relacionados con el vapor y su utilización en la industria, haciendo foco en los últimos 200 años ya que es allí donde se hicieron los mayores avances y los que mayores impactos poseen en la actividad industrial actual.

2.2 PRIMERA REVOLUCION INDUSTRIAL

Tuvo su origen en Inglaterra durante el siglo XVIII, y rápidamente se extendió a otros países del mundo. Esta revolución supuso un cambio en las técnicas y formas de organización del trabajo; también estuvo marcada por grandes avances tecnológicos que posibilitaron el aumento de la producción de bienes a niveles nunca antes vistos.

El gran desarrollo tecnológico pudo ser posible gracias a cambios sociales que tuvieron lugar:

1. Propiedad privada: cercamientos y registro de patentes en Gran Bretaña.
2. Libertades individuales: abolición de esclavitud en Estados Unidos y de servidumbre en Europa.

En los primeros 100 años de la primera revolución industrial (desde 1750), Gran Bretaña estuvo a la cabeza del desarrollo tecnológico y otras naciones le

¹² Hombre hace referencia a la especie humana, sin distinción de Sexo.

seguían. Pero esta tendencia fue poco a poco invirtiéndose y a comienzos de 1900 eran Estados Unidos y Alemania (entre otros países) los que estaban en la vanguardia tecnológica. En desarrollo de importantes universidades técnicas posibilitaron esta transformación, como ser el Massachusetts Institute of Technology (MIT) en Estados Unidos o Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) en Alemania.

2.3 LA MAQUINA DE VAPOR

La primera máquina de vapor fue la “Máquina de Fuego”; que era empleada para bombear agua desde las minas de carbón británicas. Este equipo se caracterizaba por no poseer mecanismos móviles y fue patentado en 1698. Fue T. Savery el primero que la construyó, en 1702.

Thomas Newcomen comenzó a estudiar el equipo de Savery y pudo realizar su propio diseño. Su ayudante, John Calley construyó en 1712 un nuevo equipo a partir de los planos y las especificaciones de su mentor. Newcomen utilizó el cilindro y émbolo propuestos por Denis Papin. Figura 2.9.

La utilización del émbolo resulta en un cambio conceptual, ya que se tenía una “verdadera” máquina para generar trabajo (en lugar del mencionado dispositivo que servía únicamente para bombear agua).

La máquina desarrollada por Newcomen tuvo gran éxito, y para 1729 ya se utilizaba en Suecia, Francia, Alemania, Austria, Bélgica y Hungría.



Figura 2.9. Máquina desarrollada por Newcomen¹³.

¹³ Fuente: www.kalipedia.com

La siguiente gran modificación de la máquina de vapor fue la propuesta por James Watt. Para su diseño, Watt aplicó el conocimiento descubierto por Joseph Black sobre el calor latente. El diseño de la máquina de vapor de Watt también fue originalmente para extraer agua de las minas de carbón de Gran Bretaña, las cuales se inundaban por el agua subterránea.

Watt se dedicó a estudiar el problema del rendimiento y economía de una máquina térmica. Para poder optimizar el diseño de la máquina de vapor, Watt necesitó información sobre:

- 1) calores específicos de los materiales.
- 2) propiedades del vapor (calor latente de vaporización y de condensación).

Como recién en 1780, Gay-Lussac y Laplace demostraron que el calor latente de vaporización es igual al de condensación, Watt realizó experiencias para determinar las propiedades antes mencionadas.

Watt determinó que solo una tercera parte del total del vapor generado era “aprovechado” (llenando el cilindro), siendo el rendimiento del equipo de 33%. También descubrió que se podía incrementar la eficiencia rediseñando la máquina. En 1769, patentó un recipiente independiente y separado para que se produzca la condensación del vapor (durante la descarga del cilindro) y una válvula que conecte el cilindro con el condensador.

El escrito que publicó se llamó:

“Nuevo método para reducir el consumo de vapor y combustible en las máquinas de fuego”

El nombre del escrito y el enfoque que le dio Watt a su investigación no hacen más que demostrar la importancia de la eficiencia energética desde el comienzo mismo de las máquinas de vapor y la producción de bienes tal como la conocemos hoy en día.

Con las modificaciones de Watt, se podía mantener el émbolo a la temperatura del vapor y aumentar así la eficiencia del equipo. También se redujo el consumo de agua. El diseño de dicha máquina se observa en la Figura 2.10.

Watt inventó el condensador; sin embargo de forma errónea se reconoce como el inventor de la máquina de vapor. Su aporte fue resolver una cuestión de eficiencia energética en un diseño pre existente, con importantes resultados e implicancias para la economía británica (posteriormente europea) de la época.

A pesar de los grandes avances, no estaba resuelto como eliminar:

- Agua de condensación de vapor dentro del cilindro.
- Agua de enfriamiento.
- Aire del condensador.

Watt también resolvió esta cuestión, utilizando una bomba de vacío que el mismo diseñó y construyó. No se detuvo allí, sino que fue introduciendo distintas mejoras que apuntaron a aumentar la eficiencia de su diseño de la máquina de vapor.

El desarrollo de la máquina a vapor y las posteriores modificaciones de Watt y otros Ingenieros de la época dieron paso a la creación de la Termodinámica como ciencia.

La palabra Termodinámica es la unión de dos términos griegos:

Therme (Calor) y dynamis (Fuerza)

Como afirman M. J. Moran & H. N. Shapiro en Fundamentos de Termodinámica Técnica:

“(...) el estudio formal de la Termodinámica empezó a comienzos del Siglo XIX a partir de las consideraciones sobre la potencia motriz del calor: la capacidad de los cuerpos calientes para producir trabajo. Hoy su alcance es mucho mayor (...).

La Termodinámica es tanto una rama de la Física como de la ciencia de la Ingeniería (...)”

El nacimiento de esta rama de la ciencia estuvo acompañado por un gran interés en estudiar el rendimiento de las máquinas de vapor por parte de empresarios e industriales de comienzos del Siglo XIX.

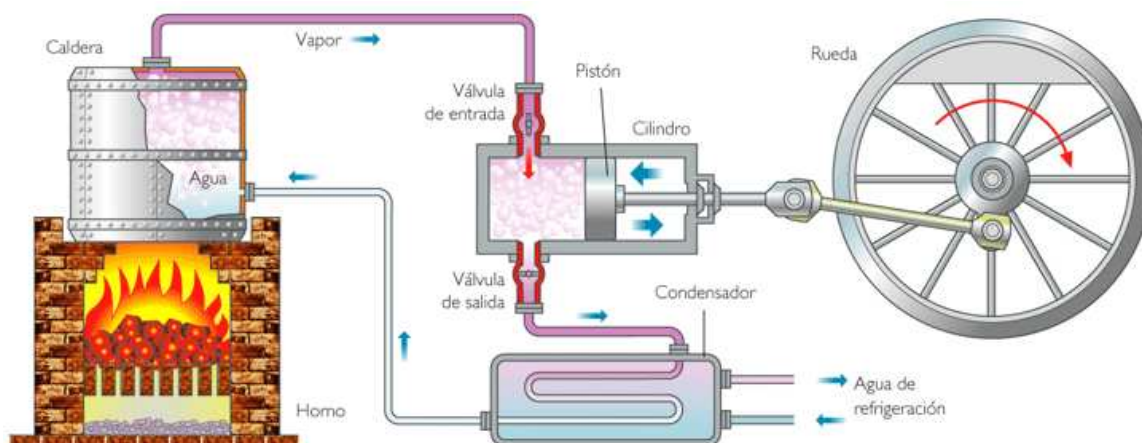


Figura 2.10. Esquema del diseño de la máquina de vapor de James Watt¹⁴

Funcionamiento conceptual de la máquina de vapor:

1. Se calienta agua en la caldera y se produce vapor. Este vapor va llenando el pistón, y como la válvula de salida está cerrada; el pistón se desplaza hacia la derecha haciendo mover la rueda.
2. Cuando el pistón alcanza el tope en el extremo derecho, se cierra la válvula de entrada y se abre la de salida. Como el vapor está almacenado a una presión mayor que la del condensador, sale por la válvula de salida moviendo así el pistón hacia la izquierda.
3. El vapor que salió del pistón circula a través de un condensador, donde cede energía y pasa al estado líquido.
4. El agua condensada retorna a la caldera, cerrando así el ciclo. El efecto final obtenido es el movimiento circular continuo de la rueda.

La apertura y cierre de las válvulas de forma sincronizada con el movimiento del pistón se efectuaba con mecanismos mecánicos.

2.4 VAPOR COMO FUENTE DE TEMPERATURA

Actualmente, el uso prioritario del vapor a escala industrial es como fuente de temperatura. El uso de vapor como fuente de potencia es utilizado en las centrales de generación de energía eléctrica. Si bien existen distintos tipos de centrales, la principal variación conceptual es sobre el combustible térmico utilizado. Mientras que en las centrales térmicas se utilizan combustibles de

¹⁴ Fuente: Kalipedia.

origen fósil (preferentemente Gas Natural); en las centrales nucleares se aprovecha el fenómeno de la fisión nuclear y se utilizan combustibles nucleares como el Uranio.

Las razones que llevan a que se utilice vapor, en lugar de agua caliente, en los procesos productivos están asociadas a las propiedades termodinámicas del fluido en ese estado:

1. El vapor permite transferir calor latente a temperatura constante (mientras el fluido pasa de estado gaseoso a líquido). De esta forma, la temperatura de la fuente caliente permanece constante y esto permite un mejor control de los procesos. Figura 2.11.

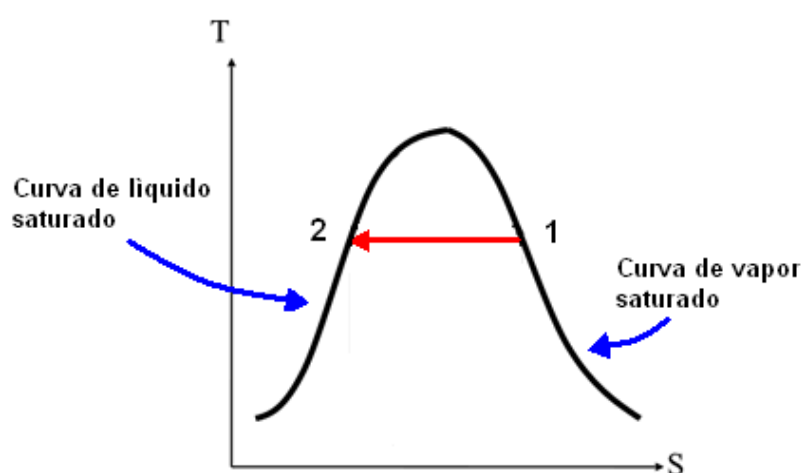


Figura 2.11. Diagrama Temperatura (T) – entropía (s) del agua.

La curva de la derecha es de vapor saturado (la última gota de agua se ha evaporado) mientras que la de la izquierda es de líquido saturado (todo el fluido está en estado líquido, no existiendo parte gaseosa). El calor latente es el que se obtiene al pasar del punto 1 al 2 (en el sentido indicado); se puede apreciar que la temperatura ha permanecido constante.

2. El vapor es más eficiente que el agua para transportar energía.
Figura 2.12.

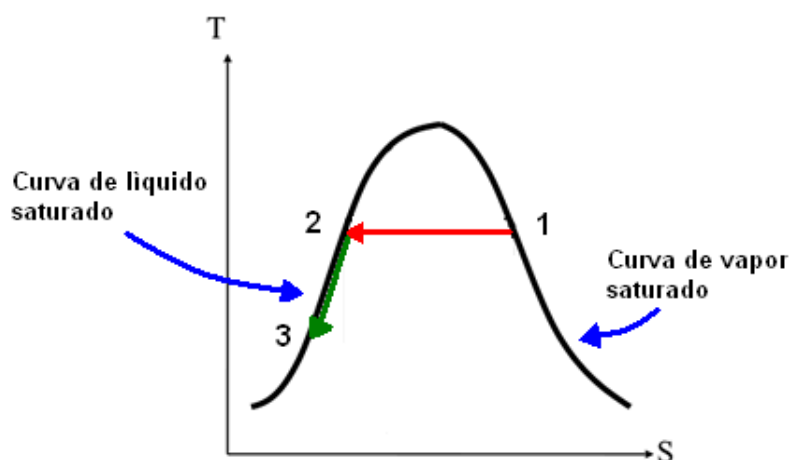


Figura 2.12. Diagrama Temperatura (T) – entropía (s) del agua.

Diagrama T-s del agua. La curva de la derecha es de vapor saturado (la última gota de agua se ha evaporado) mientras que la de la izquierda es de líquido saturado (todo el fluido está en estado líquido, no existiendo parte gaseosa). En la evolución 2 3 se obtendría el calor sensible, ya que como se observa hay variación de temperatura.

Esto se aprecia en el Ejemplo 1.1: si se desea calentar a presión ambiente 1 kg de agua desde 20 °C hasta 100 °C se le debe entregar 335,18 kJ. Esta energía se llama calor sensible, por tratarse de una transferencia de calor con variación de temperatura. Si se sigue calentando, el agua líquida comenzará a evaporar. Para que toda la masa de agua pase a estado gaseoso, se le deben entregar 2257 kJ. Esta energía se llama calor latente.

Si ahora se desea transferir la energía desde el fluido recién calentado a otro medio; en el primer caso se disponen de 335,18 kJ mientras que en el segundo 2257 kJ; es decir 573% más de energía.

2.5 EJEMPLO DE APLICACIONES TÍPICAS DEL VAPOR EN LA INDUSTRIA

2.5.1 Transferencia de calor a través de marmita encamisada.

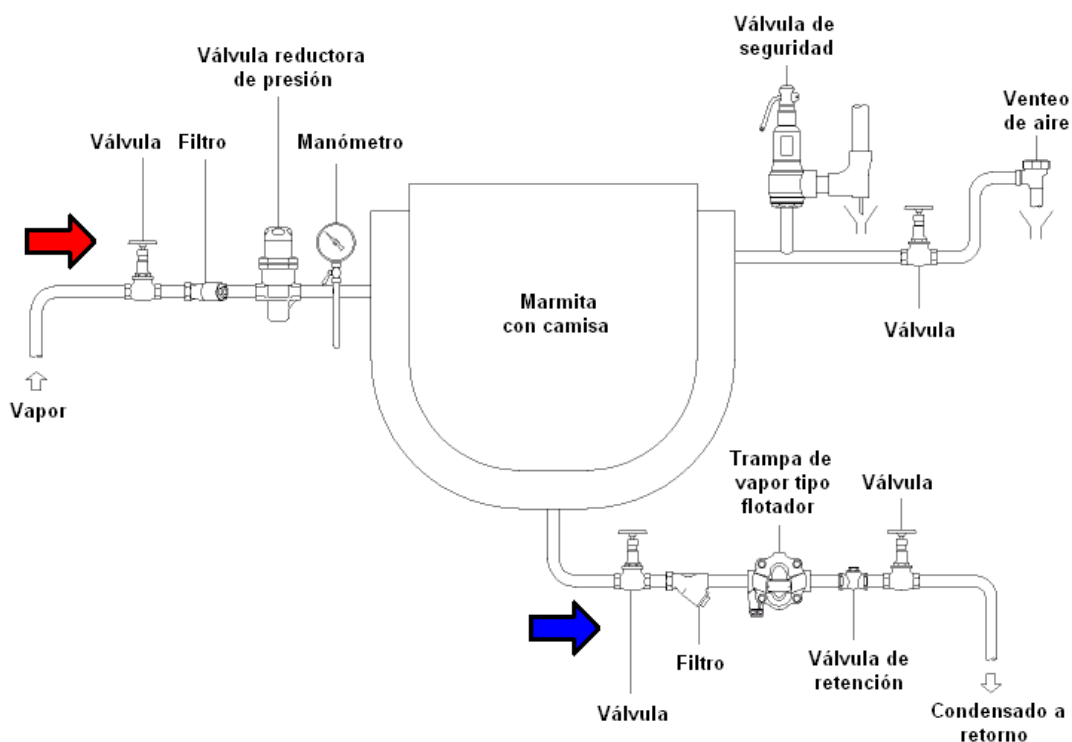


Figura 2.13. Esquema de una marmita encamisada para calefacción de producto y circuito complementario de purga.

En esta aplicación, que se puede ver esquemáticamente en la Figura 2.13., el vapor ingresa a través del “cuadro” superior izquierdo, siendo sus componentes:

- Válvula: permite aislar la instalación *aguas abajo* en caso de que se deban efectuar tareas de mantenimiento.
- Filtro: con el objetivo de retener partículas que se pudieran encontrar en el vapor.
- Válvula reductora de presión: cumple la función de reducir la presión del vapor para adecuarla de acuerdo a la aplicación. Es común que las industrias posean una única fuente de generación de vapor y por ende una única presión de generación, por lo que se deberán instalar dispositivos para adecuar la misma a cada uno de los usos. No utilizar la

presión adecuada atenta contra la eficiencia, ya que el calor latente disminuye al aumentar la presión.

- Manómetro: permite controlar la presión a la entrada de la marmita.

El vapor ingresa a la marmita (la cual se encuentra aislada con alguna membrana mineral u otro aislante de aplicación industrial) y ocupa todo el volumen entre la superficie exterior (que da a la aislación) y la superficie interior. Como se sabe, el calor fluye del cuerpo con mayor temperatura al de menor temperatura por lo que el vapor irá cediendo energía al fluido dentro de la marmita; una parte se perderá al exterior a pesar de la mencionada aislación. Como consecuencia de la pérdida de energía, parte del vapor pasa a estado líquido. A esta porción de vapor que a cambiado de estado se la conoce como “condensado”. Este condensado debe ser eliminado, para no reducir la superficie de contacto entre el vapor y la marmita; además sino el vapor cederá parte de energía al mismo. Para el purgado del condensado está el cuadro inferior.

Los dispositivos componentes del cuadro inferior son:

- Válvula: permite aislar la instalación aguas abajo en caso de que se deban efectuar tareas de mantenimiento.
- Filtro: con el objetivo de retener partículas que se pudieran encontrar en el vapor.
- Trampa de vapor: este dispositivo permite drenar el condensado y retener el vapor. En el diagrama se aprecia una Trampa con flotador.
- Válvula de retención: evita reflujos, que se pueden ocasionar por caídas de presión en la instalación.
- Válvula: permite aislar la instalación aguas abajo en caso de que se deban efectuar tareas de mantenimiento.

El condensado, una vez purgado de la instalación se introduce en el circuito de retorno de condensado para su re utilización.

2.5.2 Pre calentamiento de aire para secado de alimentos en cinta transportadora.

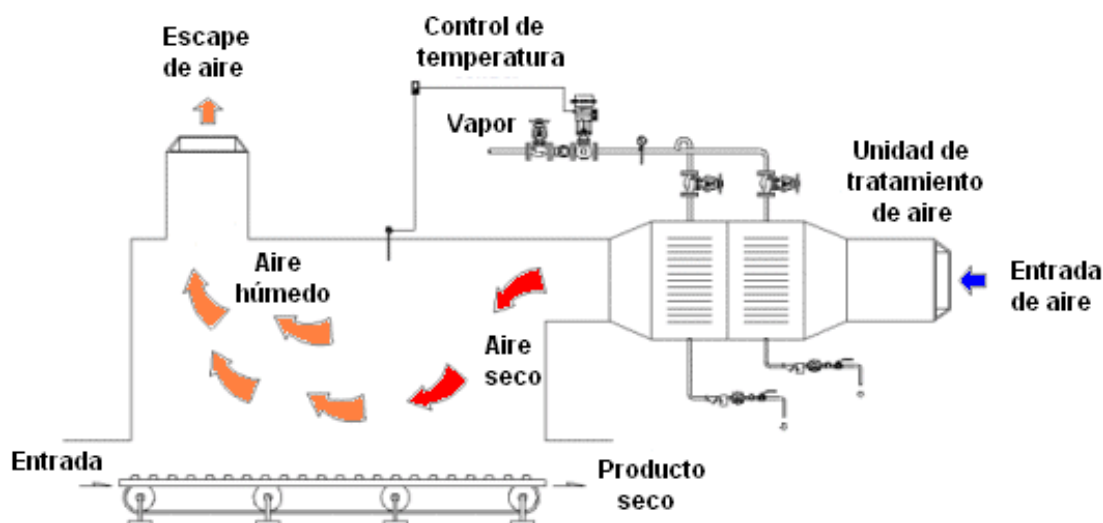


Figura 2.14. Esquema de un pre calentador de aire para secado de alimentos.

En esta aplicación, mostrada esquemáticamente en la Figura 2.14., el vapor transfiere energía al aire. El aire entra por la parte derecha, y pasa a través de una unidad de tratamiento de aire para adecuarlo a la utilización (en este caso alimenticia). Luego pasa por la unidad de intercambio de energía. Allí, el aire entra en contacto con una serpentina por la que circula vapor. Debido a que el vapor no tiene posibilidad de movimiento, no se puede hablar de transferencia por convección (que sería el caso si el vapor circulara continuamente) por lo que la transferencia de energía se produce por conducción y radiación. El diseño del pre calentador de aire será para maximizar el intercambio. En la parte inferior se puede observar el cuadro de purga de condensado, que fue comentado en el apartado anterior. Si se trata de una aplicación alimenticia, la temperatura del aire deberá ser controlada con mucha precisión ya que de lo contrario se puede llegar a inutilizar el lote de producción. Por ello, el control se efectúa con un sensor en la cámara de secado; la información es leída por un dispositivo de control de temperatura que permitirá o no el paso de vapor hacia el pre calentador.

Si bien aquí se comentaron dos aplicaciones puntuales a modo de ejemplo, la utilización del vapor en la industria se ha extendido notablemente y es en la actualidad, junto con la energía eléctrica, uno de los vectores energéticos más utilizados.

3. CIRCUITO DE VAPOR TIPICO

3.1 INTRODUCCION

Esquemáticamente, un circuito de vapor industrial típico se muestra en la Figura 3.15.

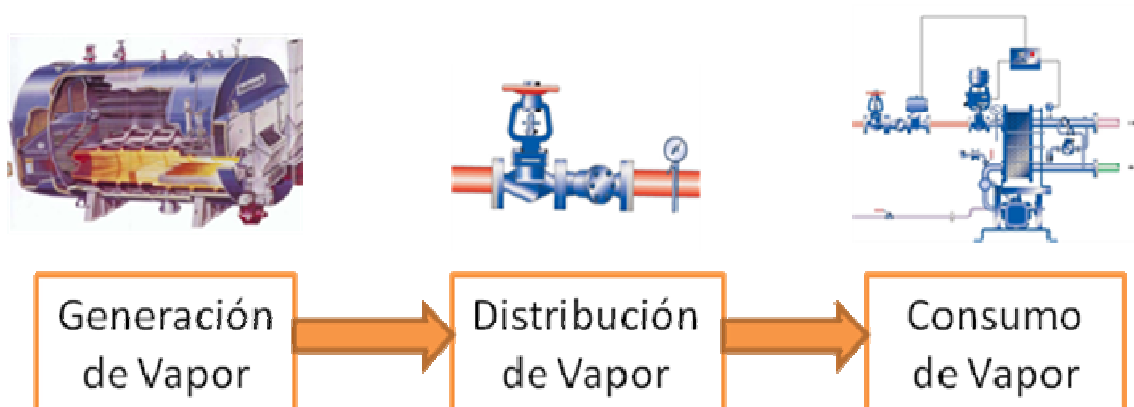


Figura 3.15. Circuito típico de vapor, sistema abierto (respecto al agua).

Existen tres (3) etapas diferenciadas en cualquier instalación:

- Generación de vapor: donde se utiliza una caldera para generar vapor.
- Distribución de vapor: el vapor debe circular desde el lugar de generación hasta los centros de consumo.
- Consumo de vapor: aquí la energía del vapor se transfiere a otro medio (sea por contacto, mezcla, etc.). El vapor que ha cedido su energía pasa a estado líquido y se purga de la instalación.

A continuación se tratan por separado cada una de las etapas.

3.2 GENERACION DE VAPOR

La generación de vapor se puede analizar desde la óptica de un proceso, tal como se muestra en la Figura 3.16.

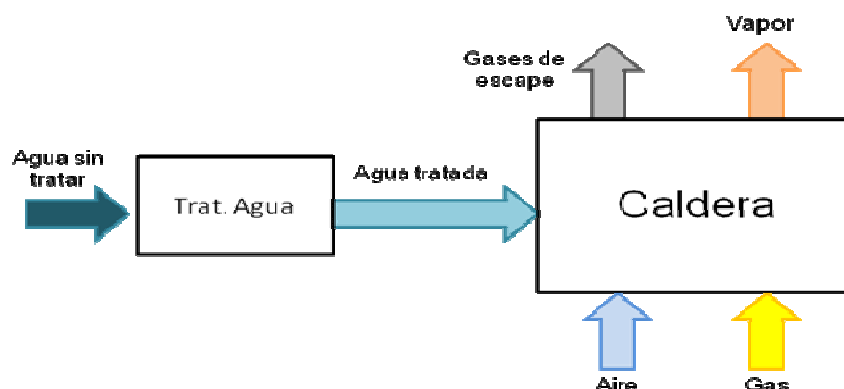


Figura 3.16. Generación de vapor, desde la óptica de un proceso.

El agua de ingreso a caldera es previamente tratada. Los objetivos del tratamiento del agua de ingreso a caldera son:

- Impedir la formación de incrustaciones en los circuitos de alimentación en las calderas.
- Controlar la formación de lodos; y otros cuerpos sólidos disueltos en la caldera.
- Evitar la corrosión de las tuberías.

Se debe tener presente que toda la instalación, salvo excepciones, están hechas con dispositivos y elementos metálicos y la posibilidad de corrosión de los mismos debe ser evitada.

En la caldera, además del agua, ingresan aire y gas. Existen para cada caldera una proporción óptima de ambos; que hará posible obtener el máximo rendimiento. Producida la combustión, se utiliza la energía contenida en los gases para obtener vapor a partir del agua. Existen diseños que optimizan una instalación, por mejor aprovechamiento de la energía de dichos gases.

3.2.1. Equipo generador de vapor

La caldera es el equipo que se utiliza para la generación de vapor. Una caldera es un recipiente especialmente diseñado, donde se quema algún combustible (en estado líquido, gaseoso o inclusive sólido) y se transfiere la energía calorífica de dicho combustible a un fluido líquido. En la mayoría de las aplicaciones se trata de agua; ya que como se comentó en el capítulo anterior el vapor de agua posee excelentes propiedades para ser utilizado en procesos productivos de diversa índole.

Una clasificación comúnmente adoptada para las calderas es según el tipo de funcionamiento:

- Calderas de circulación natural.
- Calderas de circulación forzada.

La diferencia fundamental está en la forma en que el vapor se separa del agua; mientras que en el primer tipo es por diferencia de densidades, en el segundo tipo toda la mezcla circula a través de la instalación impulsada por una bomba.

Por su importancia, la siguiente clasificación se introduce en forma de apartados.

3.2.1.1. Calderas humotubulares (o pirotubulares)

El agua que se convertirá en vapor está acumulada en un tanque (a la presión adecuada); y los gases de combustión circulan por el interior de tubos (los cuales están inmersos en esa masa de agua) para transferir así el calor al fluido. El tipo de caldera, dentro de las humotubulares, se definirá en función de la cantidad de “pasos” que se desean, es decir, cuantas veces los gases de combustión *recorrerán* el largo de la caldera para luego ser enviados a la atmósfera. Esto se deberá tener en cuenta en función de las necesidades de vapor y el tamaño del equipo. Un ejemplo de este tipo de caldera se muestra en la Figura 3.17.

Existen distintos tipos de calderas humotubulares, entre las que se mencionan¹⁵:

- Caldera Lancashire.
- Caldera económica.
- Caldera compacta.
- Caldera de llama reversible.

Las calderas humotubulares son armadas y ensambladas en las instalaciones de los fabricantes (junto con sus accesorios). Esto supone una limitación, ya que luego se deberá trasladar las mismas hasta el emplazamiento. Utilizar varias calderas, para alcanzar la producción necesaria, supone por un lado poder satisfacer una necesidad de caudal de vapor mediante este tipo de calderas; y por otro lado brinda mayor seguridad ya que en caso de falla de una de ellas se podrá continuar alimentando parte del proceso. Pero existen límites prácticos, a partir de los cuales son convenientes calderas de tipo acuotubulares, las cuales se comentarán en el próximo apartado.

Respecto de la limitación de presión en el diseño de calderas humotubulares, la normativa se refiere a la tensión sobre la circunferencia del cilindro que conforma la caldera. Esta tensión es directamente proporcional a la presión y diámetro de la caldera; e inversamente proporcional al espesor de la chapa con que está confeccionada la misma. A medida que aumenta el diámetro, se debe aumentar el espesor para que la caldera pueda soportar mayores presiones. Pero a partir de los 30 bar se hace complicado el manejo de dicha chapa, como así también su posterior traslado (tal como se comentó). Es por ello que este tipo de caldera no es utilizada para presiones superiores a la antes especificada.

Además, en la construcción de la caldera se suelda la chapa para confeccionar la circunferencia y la línea de soldadura constituirá una zona de fatiga. La curvatura de la caldera también es un parámetro importante, y deberá ser evaluado periódicamente por un experto en la materia.

¹⁵ Fuente: SpiraxSarco.

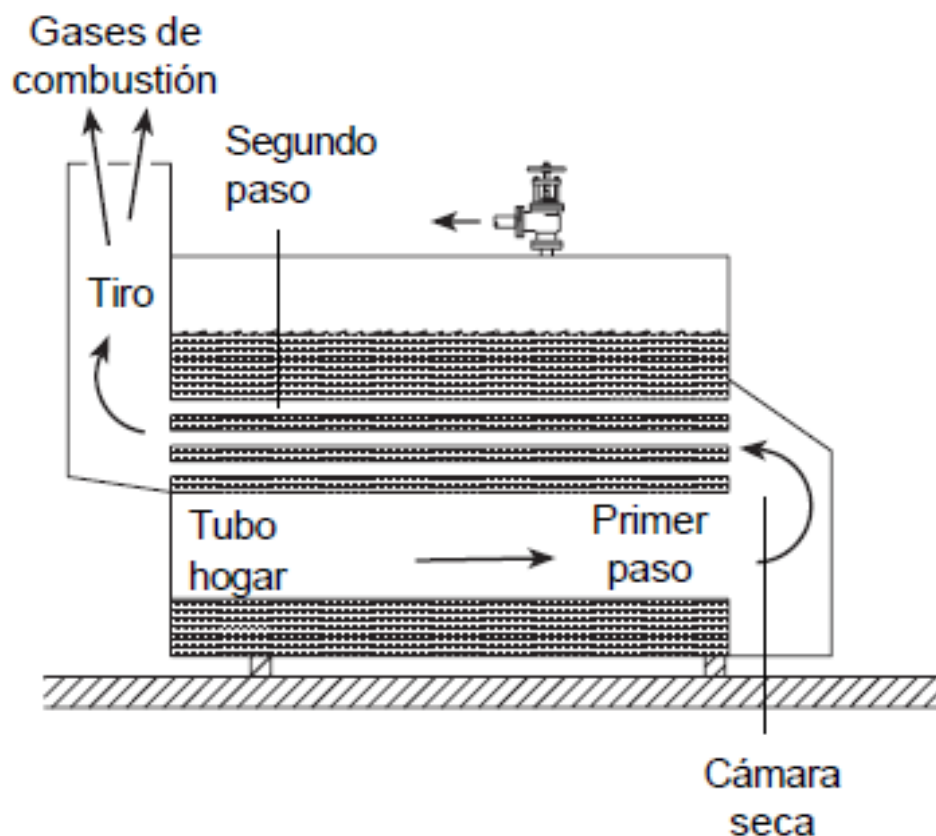


Figura 3.17. Caldera humotubular de dos pasos y fondo seco¹⁶.

3.2.1.2 Calderas acuotubulares

En este tipo de caldera, el agua circula dentro de tubos; siendo los gases de combustión los que circulan por el exterior de los mismos para realizar la transferencia de calor. Pueden utilizarse para presiones mayores que cualquier otro tipo (salvo construcciones particulares); Pueden de 30 bar o más; y para grandes caudales de generación de vapor. Establecer un valor de referencia sería arbitrario, pero existen calderas que alcanzan los 60 bar y 50 toneladas/hora de vapor¹⁷.

Este tipo de calderas trabajan con el principio de circulación del agua; fenómeno que se produce como consecuencia de la variación de la densidad del agua en función de su temperatura.

¹⁶ Fuente: SpiraxSarco.

¹⁷ Destilerías.

Las calderas acuotubulares poseen la ventaja que puede construirse por partes y trasladarse hasta el lugar de emplazamiento; para luego ser ensamblada.

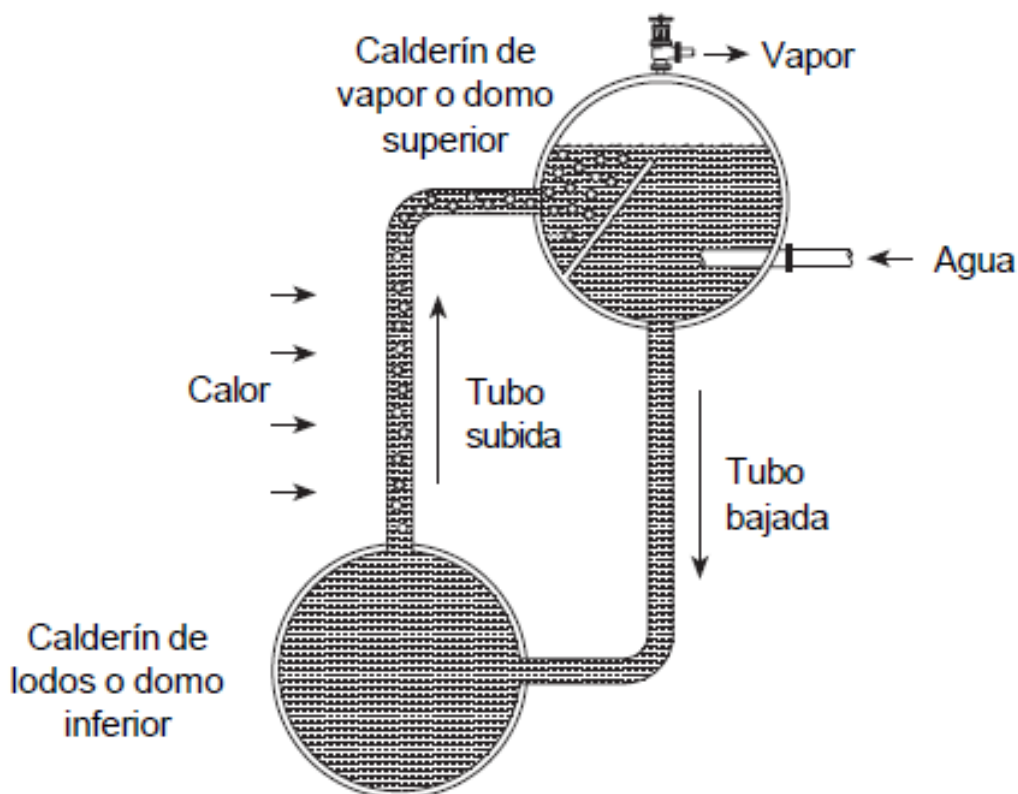


Figura 3.18. Esquema de caldera acuotubular¹⁸.

La Figura 3.18 permite entender el principio de funcionamiento de este tipo de caldera. El agua a temperatura ambiente es introducida en el *domo superior*, por la parte superior derecha. Como se puede observar, el ingreso se produce por debajo del nivel medio del depósito, para evitar contaminar el vapor que comienza a circular hacia los procesos. El agua que ingresa desciende por el *tubo de bajada* ya que posee mayor densidad (la densidad del agua es inversamente proporcional a su temperatura).

A medida que se transfiere calor al fluido, su densidad va disminuyendo y entonces se produce una circulación ya que la columna de agua fría “empuja” la columna de agua caliente y vapor (la energía suministrada es tal que se

¹⁸ Fuente: SpiraxSarco.

logra el cambio de estado). En el *domo superior* se produce la separación entre el agua y el vapor.

A medida que aumenta la presión, disminuye la diferencia de densidades por lo que para mantener el rendimiento debe aumentar la distancia entre los domos. He de aquí que existan calderas acuotubulares que deben ser montadas sobre la estructura de un edificio.

Existen distintos tipos de configuraciones para las calderas acuotubulares, entre las que se puede mencionar:

- Calderas tipo D
- Calderas tipo A.
- Calderas tipo O.

El nombre corresponde a como se disponen los tubos que conectan ambos calderines. Esquemáticamente se presentan en la Figura 3.19.

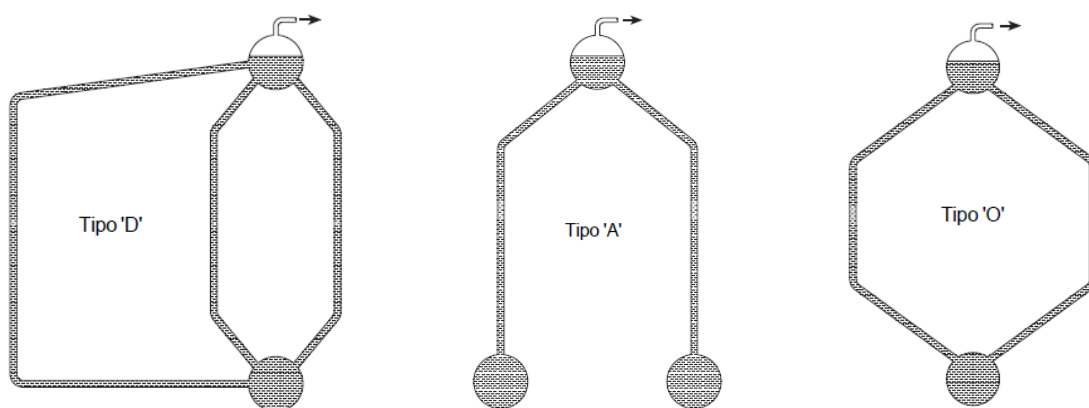


Figura 3.19. Tipos de caldera acuotubulares “D”, “A” y “O”.

3.3 DISTRIBUCION DE VAPOR

El vapor generado debe ser transportado hacia los centros de consumo; esto se hace con la instalación de distribución, normalmente por tuberías. Se entiende por tubería a todo el sistema; el cual está integrado por:

- Caños.
- Uniones.
- Válvulas.
- Tapones (cuando correspondan).
- Conexiones para cambio de dirección.
- Aislación.

Debido a que en una industria pueden encontrarse gran cantidad de cañerías, es que se ha creado una normativa que establece el color fundamental con el que deben pintarse (ya sea el caño o la aislación que lo envuelve) a fin de orientar al personal. En Argentina, la norma utilizada es la IRAM 2407.

Las cañerías deberán identificarse contengan o no sustancias que puedan presentar riesgos de cualquier tipo. Los rótulos utilizados están conformados por:

- Color fundamental: identifica el tipo de fluido como ser agua, aire, vapor de agua, etc.
- Franjas de color: estas bandas especifican el tipo de fluido y, lo más importante, su riesgo. Generalmente el color naranja es el más utilizado.
- Vector (o flecha): indica el sentido de circulación del fluido.
- Rótulo: nombre del fluido o, en su defecto, un número que lo identifique.

Para las cañerías por las que circula vapor, el color fundamental es el Naranja.



Figura 3.20. Detalle de identificación de cañería para circulación de vapor.

Para instalaciones de gran tamaño (en longitud y diámetro) la norma permite que se reemplace el pintado total por franjas, respetando la codificación establecida.

Dichas franjas se deben pintar a una distancia máxima de seis (6) metros entre sí en tramos rectos; a cada lado de las válvulas, conexiones, cambios de dirección y junto a los pisos, techos o paredes que atraviese la instalación. La distancia entre los mencionados componentes y la franja debe ser de diez (10) centímetros. Esto se puede apreciar en la Figura 3.20.

Respecto al condensado, se debe tener presente que se trata de agua caliente. El color fundamental es Verde, con franjas naranjas (Figura 3.21).



Figura 3.21. Detalle del vector, rótulo, color fundamental y franja. Se puede apreciar que se han invertido los colores.

La circulación de vapor en cualquier circuito se produce como consecuencia de la condensación de dicho vapor, lo que provoca una caída de presión; y bien es sabido que un fluido se mueve de un punto de mayor presión a uno de menor presión.

En una instalación pueden existir una o más cañerías principales, las cuales transportarán el vapor hacia los centros de consumo desde la unidad generadora. A su vez, existirán derivaciones para hacer llegar el vapor a las aplicaciones puntuales.

Cuando arranca el proceso, el vapor que comienza a circular por la instalación cederá calor al aire (que rodea la cañería). Esto provocará la condensación de parte del vapor. Este fenómeno, que ocurre principalmente en la puesta en marcha de los procesos, se conoce como “carga de puesta en marcha”.

Luego se tendrá la “carga de funcionamiento”, que corresponde al caudal de vapor que es necesario para satisfacer los procesos productivos y otras aplicaciones. El condensado será arrastrado por el vapor hacia los puntos de menor energía potencial (altura), es en esos puntos bajos donde debe purgarse de la instalación.

Dado que vapor es menos denso que el condensado, la forma en la que se deben realizar las derivaciones es por la parte superior; ya que si se hiciera por la parte lateral o inferior (peor caso); el vapor transportaría parte del condensado y a los equipos llegará vapor más húmedo que el correspondiente. Esto se aprecia en la Figura 3.22.

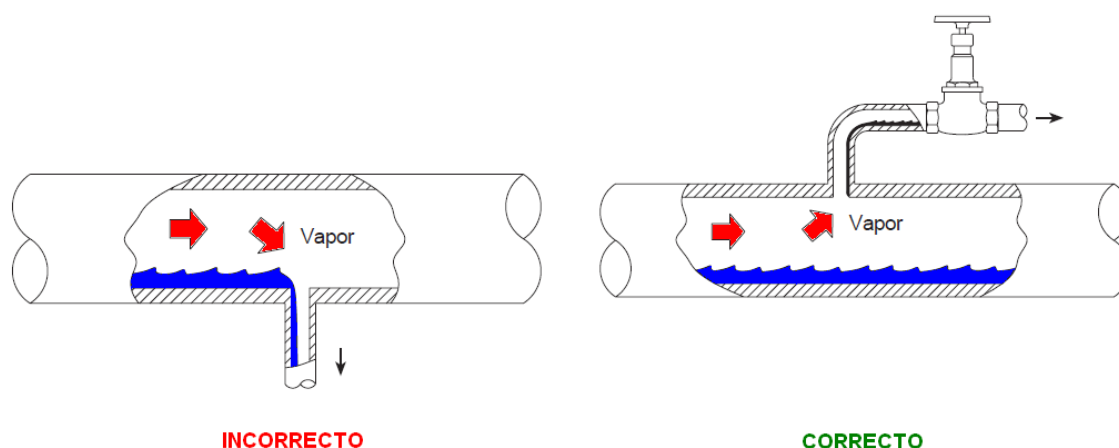


Figura 3.22. Conexión de derivaciones, forma incorrecta y correcta.

En el caso de que se trate de terrenos ascendentes, o para largas distancias, será recomendable realizar un esquema de tuberías tipo *serrucho*, como se muestra en la Figura 3.23. Esto permitirá drenar el condensado de forma correcta, minimizando la cantidad de gotas que llegan a los equipos.

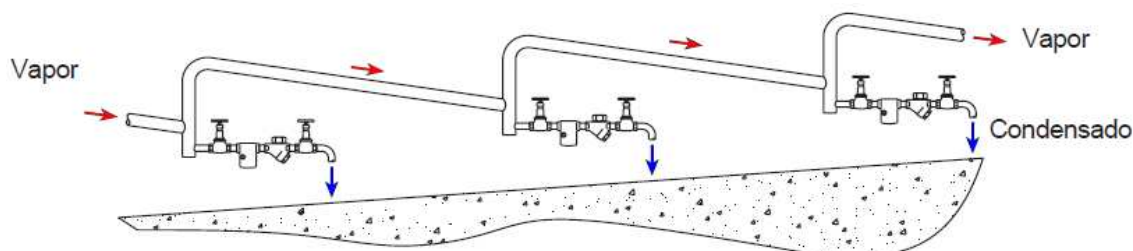


Figura 3.23. Derivaciones de vapor en terreno ascendente y para largas distancias de tuberías.

3.3.1 Presión de trabajo

Esta presión está determinada por el equipo (centro de consumo) que requiere mayor presión. También se debe tener presente que la presión de generación, al llegar a los centros de consumo, habrá disminuido como consecuencia de:

- Pérdidas por fricción en la circulación a través de las tuberías.
- Condensación por pérdidas de calor. Esta pérdida existirá aunque las tuberías se encuentren aisladas, ya que de acuerdo a la aplicación puede ocurrir que no resulte rentable aislar los dispositivos de la línea y además porque ninguna aislación es perfecta.

También se debe tener presente que el volumen específico del vapor disminuye con la presión. Esto quiere decir que si el vapor se genera a una presión mayor a la requerida y se distribuye a esa presión, el tamaño de las tuberías será menor (cualquier sea el caudal). Esto se evidencia en la Tabla 3.9.

Presión	$v \text{ (m}^3/\text{kg)}$
1	1,694
3	0,606
5	0,375
7	0,273
10	0,194
15	0,132

Tabla 3.9. Volumen específico en función de la presión¹⁹.

En la Figura 3.24 se puede apreciar el decaimiento exponencial del volumen específico con el aumento de la presión.

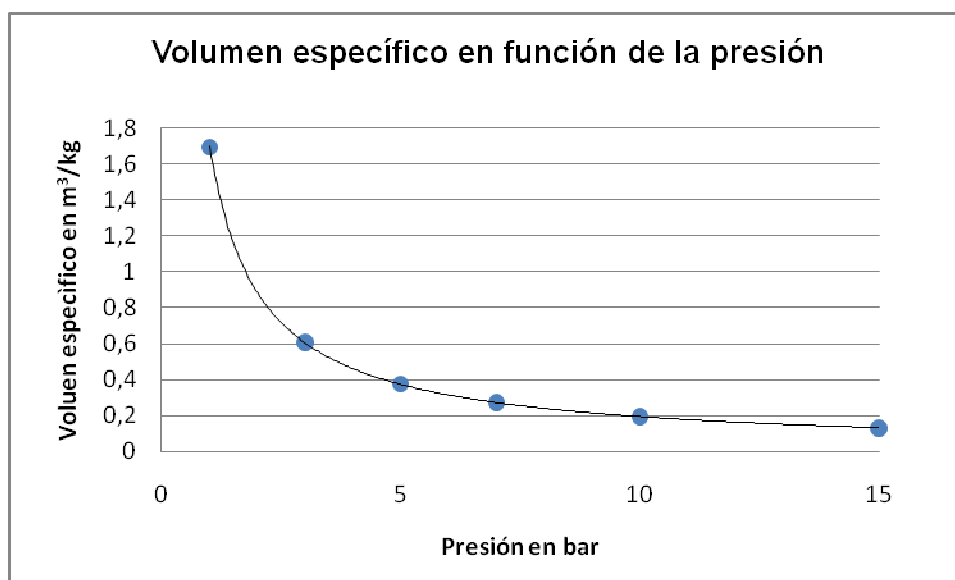


Figura 3.24. Volumen específico del vapor saturado en función de la presión.

Las ventajas de generar y distribuir vapor a una presión elevada son:

- Menor diámetro de tuberías. Además de la menor inversión que esto provoca, existirán menores pérdidas de calor por ser menor la superficie de intercambio.

¹⁹ Datos extraídos del libro Fundamentos de Termodinámica Técnica.

- Menor inversión en la instalación. No solo en los materiales, sino también en su traslado y manipulación en la planta.
- Menor inversión en aislamiento. Al existir una menor superficie de intercambio, será menor la cantidad de material aislante necesario como también de accesorios y horas hombre para la colocación.
- Vapor más seco en los puntos de aplicación. Si los centros de consumo necesitan vapor a menor presión que la de generación (cosa habitual), al realizar la reducción de presión se presentará el fenómeno de “revaporización”; por lo que aumentará la fracción de vapor seco tal como se indicó.

Como se indicó en el último ítem, la presión con la que se alimenta a cada centro de consumo debe ser acorde a sus necesidades; si la generación es realizada a una presión mayor se deberá realizar una reducción de la presión.

Esto resulta un hecho fundamental, ya que el calor latente (energía de vaporización) disminuye con la presión (hasta anularse en el punto crítico), por lo que alimentar un proceso con una presión mayor que la necesaria significará un menor rendimiento en el proceso de intercambio de calor. Esto afectará negativamente en los ciclos de producción, restando productividad al proceso.

Presión (bar)	h_{fg}^{20}
1	2.258,0
2	2.201,9
3	2.163,8
4	2.133,8
5	2.108,5
6	2.086,3
7	2.066,3
8	2.048,0
9	2.031,1
10	2.015,3

Tabla 3.10. Entalpía de vaporización en función de la presión.

Si se grafican los puntos de la Tabla 3.10 y se establece una línea de tendencia de exponencial (es la que mejor se ajusta, evaluado esto con el coeficiente de correlación), se podrá visualizar como disminuye la entalpía de vaporización al aumentar la presión. Esto se muestra en la Figura 3.25.

²⁰ h_{fg} : entalpía de vaporización.

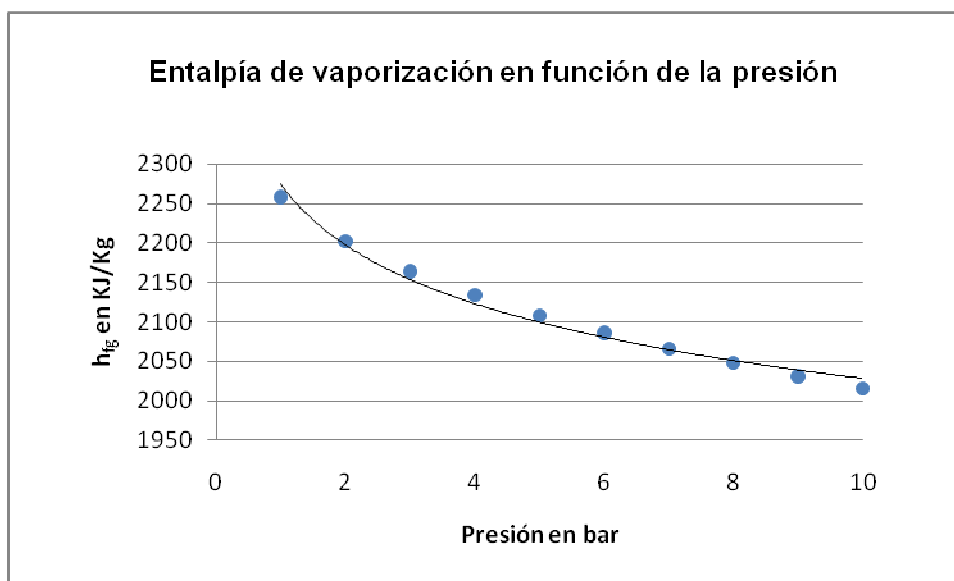


Figura 3.25. Entalpía de vaporización en función de la presión.

3.3.2 Reducción de presión

Para lograr reducir la presión y ajustarla a las necesidades particulares de cada proceso o centro de consumo, se debe tomar realizar un cuadro como el que se muestra en la Figura 3.26.

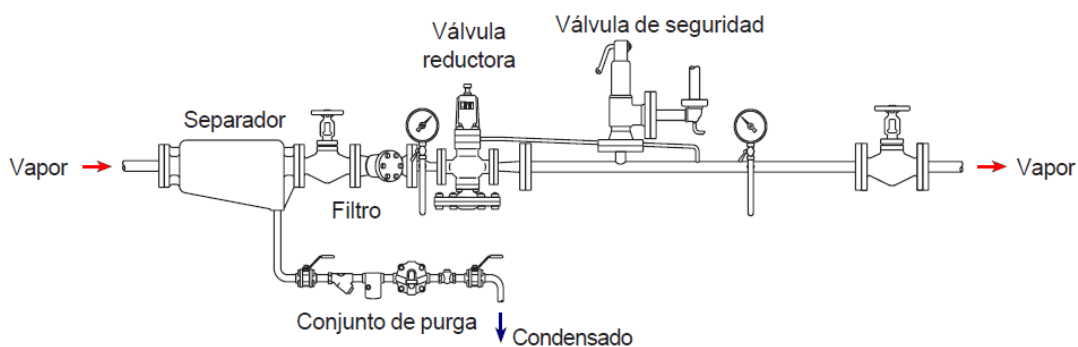


Figura 3.26. Estación reductora de presión²¹.

²¹ Fuente: SpiraxSarco.

En la Figura 3.27., se puede visualizar un cuadro real, donde se aprecian además las aislaciones y la correcta codificación de las mismas (naranja en el caso por tratarse de una tubería para circulación de vapor).



Figura 3.27. Estación reductora de presión en planta industrial.

El separador se utiliza para eliminar las gotas de agua que pudieran viajar con el Vapor. Un esquema del mismo se muestra en la Figura 3.28.

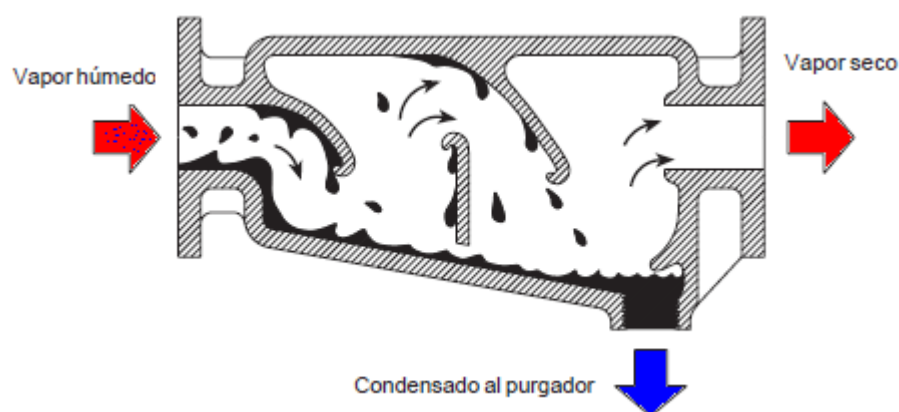


Figura 3.28. Diagrama esquemático de funcionamiento de un separador²².

²² Fuente: SpiraxSarco.

A la salida del mismo hay una estación de purga; cuyo objetivo es drenar el condensado (Figura 3.29).

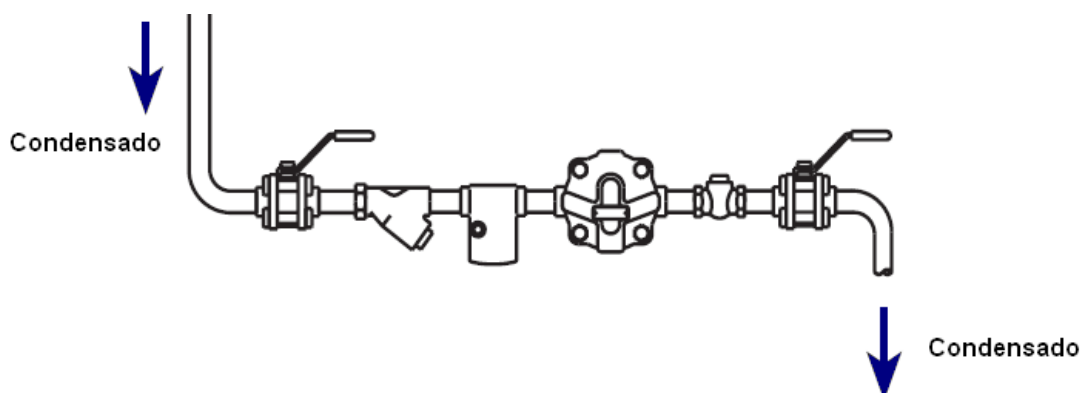


Figura 3.29. Detalle de estación de purga de condensado²³.

Luego hay una válvula, para poder aislar la instalación ante eventuales trabajos de mantenimiento.

A continuación hay un filtro, para impedir el paso de partículas (Figura 3.30).

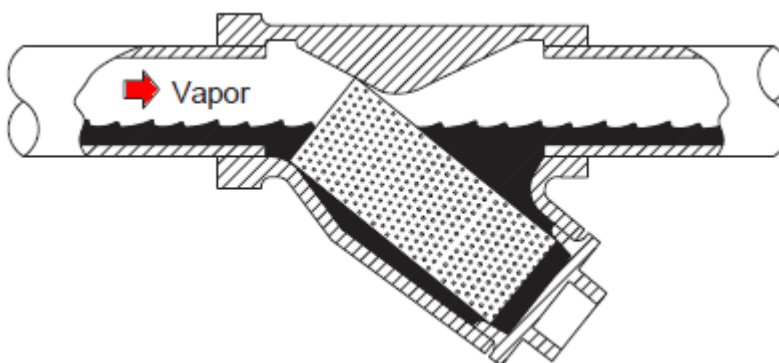


Figura 3.30. Detalle de Filtro en línea de distribución de vapor²⁴.

²³ Fuente: SpiraxSarco.

²⁴ Fuente: SpiraxSarco.

Finalmente está la válvula reductora de presión, detalle en Figura 3.31.



Figura 3.31. Estación reductora de presión, detalle de válvula reductora.

Existen principalmente dos tipos de válvulas reductoras de presión:

- De acción directa.
- Con piloto. Utilizadas principalmente para caudales máxicos importantes, y cuando el control debe ser muy preciso.

También se debe incluir en la estación una válvula de seguridad, en caso de que se produzca una falla en la válvula reductora de presión. A ambos lados del equipo reductor se disponen sendos manómetros, para poder medir la presión aguas arriba y aguas abajo del mismo.

3.3.3 Dimensionamiento de tuberías

Se han hecho importantes investigaciones para dimensionar correctamente las tuberías. Los dos métodos principales de dimensionamiento de cañerías son:

- Por velocidad del fluido.
- Por caída de presión.

Sobredimensionar las tuberías implica tener que realizar una mayor inversión que la necesaria, lo que restará competitividad a la empresa ya que dispondrá de menos fondos para invertir en otras cuestiones y procesos de optimización.

Esto se podría calificar como las pérdidas por *planta oculta*, ya que no se logran identificar sin el debido análisis. Además, como ya se ha mencionado, por existir una mayor superficie serán mayores las pérdidas de calor y se formará mas cantidad de condensado.

Como referencia, una instalación con tuberías de 80 mm de diámetros costó 44% más que una de 50 mm (diámetro que debería haberse utilizado); mientras que las pérdidas (a pesar de que la tubería había sido aislada) resultaron ser 21% mayores como consecuencia del sobredimensionamiento²⁵.

En el caso de subdimensionar las tuberías, la velocidad de vapor y por ende caída de presión serán mayores (las pérdidas son proporcionales a la velocidad de circulación); generando una presión menor a la necesaria. El aumento de velocidad implicará mayor probabilidad de *golpes de ariete*, riesgos de erosión de la parte interna de la cañería y ruidos.

El golpe de ariete se produce cuando el vapor condensado, en lugar de ser purgado del sistema, es arrastrado por el vapor y se detiene al *chocar* contra algún componente del sistema (Figura 3.32). Este choque se da principalmente cuando existen cambios de dirección o válvulas en el recorrido del vapor. El inconveniente principal se da cuando las pequeñas gotas que pudieran existir en la tubería de circulación de vapor se van acumulando hasta conformar una masa de agua considerable; esta masa viaja a la velocidad del vapor. Dado que la energía cinética es proporcional al cuadrado de la velocidad, los efectos en el choque de esta masa no son nada despreciable debido a que dicha energía se transforma en un golpe de presión contra el obstáculo (un codo en “L”, por ejemplo).

²⁵ Fuente: SpiraxSarco.

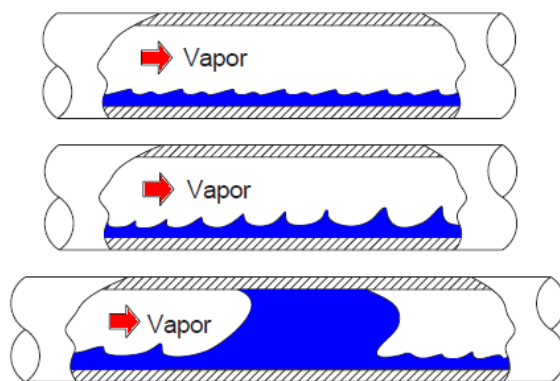


Figura 3.32. Detalle de formación de masa de agua, que provoca el efecto de golpe de ariete.

Volviendo a las tuberías, el estándar mas utilizado es el de la API²⁶. En el mismo, las tuberías se clasifican de acuerdo al espesor de la pared, denominado Schedule.

Estos Schedule se relacionan con la presión de la tubería, y se muestran en la Tabla 3.10.

Schedule API
5
10
20
30
40
60
80
100
120
140
160

Tabla 3.10. Listado de Schedule API.

También existe una norma europea referida a las tuberías y su dimensionamiento, DIN. Para cada tamaño de tubería, de acuerdo al Schedule que se prefiera (o deba) utilizar se tendrá un diámetro interior particular.

²⁶ API: American Petroleum Institute.

Estas normas son utilizadas por los fabricantes de todos los dispositivos que pudieran utilizarse en la línea; y resultó en un proceso de estandarización que permitió ahorrar costos y mejorar la gestión de los stocks de mantenimiento.

Así mismo, con cualquiera de los métodos utilizados para dimensionar las tuberías se obtendrá un valor *teórico*, luego se deberá consultar una tabla respecto de los diámetros estándares para la norma a utilizar (Schedule o DIN, por ejemplo) y entonces se definirá el tamaño de la instalación.

3.3.4 Purga de condensado

Debe existir una línea de purga de condensado ya que sino se restará eficiencia a la instalación. Además, la purga del agua permitirá evitar el efecto del golpe de ariete, que se manifiesta principalmente en los puntos bajos de la instalación porque es allí donde se puede acumular la masa de agua.

El elemento principal de toda estación de purga es la *trampa de vapor*.

Una trampa de vapor es válvula automática, cuya finalidad es la descarga de condensado pero sin que escape vapor. También cumple la función de eliminar aire de la línea. La cantidad de condensado a purgar variará de acuerdo a la aplicación. Existen distintos tipos de trampas, que se comentan a continuación.

3.3.4.1 Trampa de vapor Termostática

Funciona con variaciones de temperatura. Cuando el vapor cede calor se produce el cambio de estado y disminuye su temperatura. Esta trampa posiciona la válvula de escape respecto al asiento de acuerdo a la temperatura; para permitir así descargar únicamente condensado.

1. De expansión líquida, Figura 3.33.

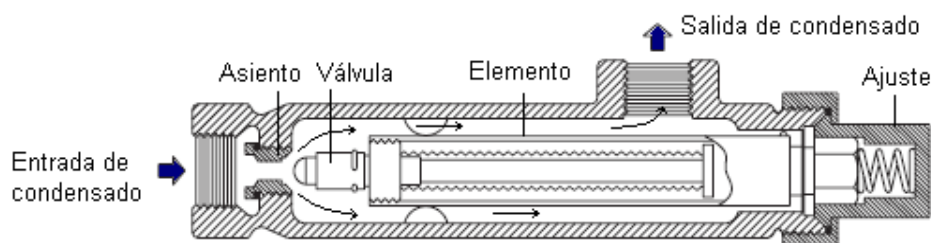


Figura 3.33. Esquema de una trampa de vapor termostática de expansión.

El elemento relleno de aceite se expande cuando es calentado por el vapor; esto produce un movimiento lineal hacia la izquierda de la válvula que apoyará sobre el asiento impidiendo así que no se escape vapor. Se puede controlar la temperatura de purga con el ajuste que se observa a la derecha.

Esta trampa es apta para eliminación de aire y condensado en la puesta en marcha de los procesos productivos.

2. De presión equilibrada, Figura 3.34.



Figura 3.34. Esquemas de funcionamiento de trampa de vapor termostática de presión equilibrada.

El funcionamiento se basa en el principio de expansión del volumen de un fluido por su paso de estado líquido a gaseoso (como consecuencia del aporte de energía).

El punto de ebullición de este líquido (generalmente alcoholes) es inferior al del agua. En las condiciones de arranque, la válvula está abierta y permite la descarga de aire. A medida que circula condensado, aumenta la temperatura del líquido y se evapora, aumentando así su volumen. Dado que, como se mencionó, el punto de ebullición es menor que el del agua la evaporación total será cuando todavía circula condensado (el cual vendrá “precalentado” por el vapor que lo empuja).

Parte del condensado quedará alojado en la trampa, y lentamente perderá temperatura. Cuando se alcance una temperatura baja, el líquido (alcoholes) se habrá enfriado permitiendo la descarga de condensado (ya que se redujo su volumen y por ende la válvula se abre). Este ciclo se repite.

3. Bimetálica, Figuras 3.35 y 3.36.



Figura 3.35. Bimetal y su deformación frente al calor.

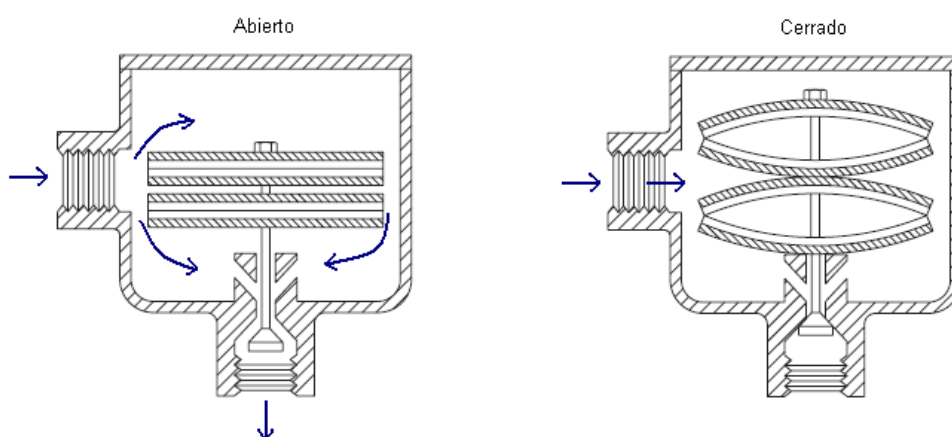


Figura 3.36. Esquemas de funcionamiento de trampa de vapor termostática bimetálica.

Se compone de dos placas metálicas diferentes, formando un solo elemento que se deforma como muestra la Figura 3.35 cuando se calienta.

En este caso, la temperatura de purga será fija (predeterminada).

La utilización de dos pares de bimetálicos resultó una optimización del diseño original de este tipo de trampa; ya que originalmente solo disponía de uno.

3.3.4.2 Trampa de vapor Mecánica

Este tipo de trampa se basa en la diferencia de densidades entre el vapor y el condensado. Existen principalmente dos tipos:

1. **Boya cerrada:** la boya se eleva, pivoteando en un punto fijo, en presencia de condensado y abre la válvula de escape. Figura 3.37.

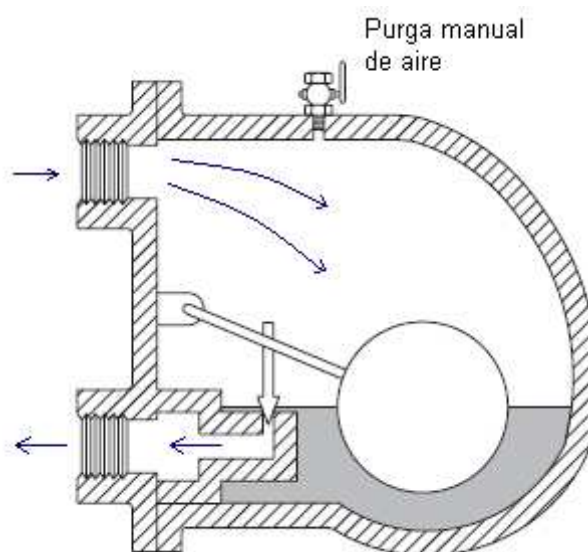


Figura 3.37. Esquemas de funcionamiento de trampa de vapor mecánica de boya cerrada.

Como se comentó, el principio de funcionamiento es la diferencia de densidad entre el vapor de agua y el condensado. Esto se muestra en la Tabla 3.11.

	Presión (bar)	T° (°C)	Vol. Específico (m ³ /kg)	Densidad (kg/m ³)
Líquido saturado	1	99,63	1,043	0,96
Vapor saturado	1	99,63	1,694	0,59

Tabla 3.11. Diferencia de densidad del agua de acuerdo a su estado.

El condensado que llega por la parte superior se acumula en el fondo y hace subir a la boya. Al subir, el brazo de la boya también se eleva y como tiene solidario una válvula; la misma se levantará del asiento y permitirá la salida del condensado.

Para asegurar que solo se purgue vapor (en condiciones normales de funcionamiento), debe haber una cantidad mínima para que el mecanismo funcione. Para el purgado de aire algunos tipos de trampas de boya cerrada poseen una cápsula de presión equilibrada incorporada. Nuevamente esto significa una optimización del diseño original.

2. Cubeta invertida: la cubeta flota en presencia de vapor y es allí cuando cierra la válvula para evitar pérdidas; mientras que en presencia de condensado la cubeta no se elevará y permitirá así el purgado. Figura 3.38.

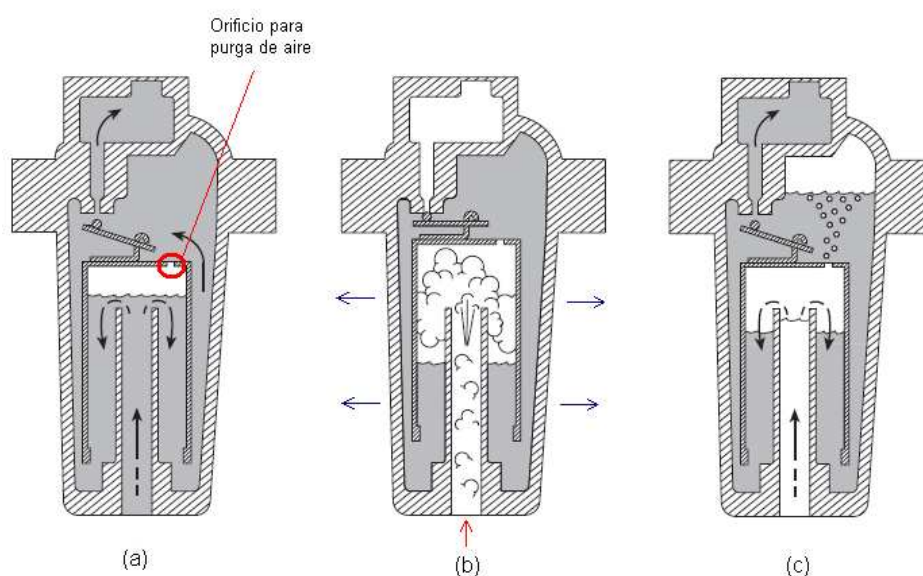


Figura 3.38. Esquemas de funcionamiento de trampa de vapor mecánica de cubeta invertida.

(a): la cubeta cuelga y la válvula está separada del asiento. El condensado que ingresa por la parte inferior llena el cuerpo y sale por la salida de vaciado. El orificio de purga de aire es para eliminar de la instalación el aire que pudiera existir.

(b): ingresa vapor por la parte inferior y la cubeta flota, se eleva y cierra la válvula.

(c): la válvula permanece apoyada sobre el asiento hasta que el vapor se haya condensado o haya salido a la parte superior por el orificio de venteo.

3.3.4.3 Trampa de vapor Termodinámica

Basan su funcionamiento en el fenómeno de re vaporizado; que consiste en la formación de vapor por descarga de condensado a una presión menor que la de almacenamiento. El funcionamiento esquemático se observa en la Figura 3.39.

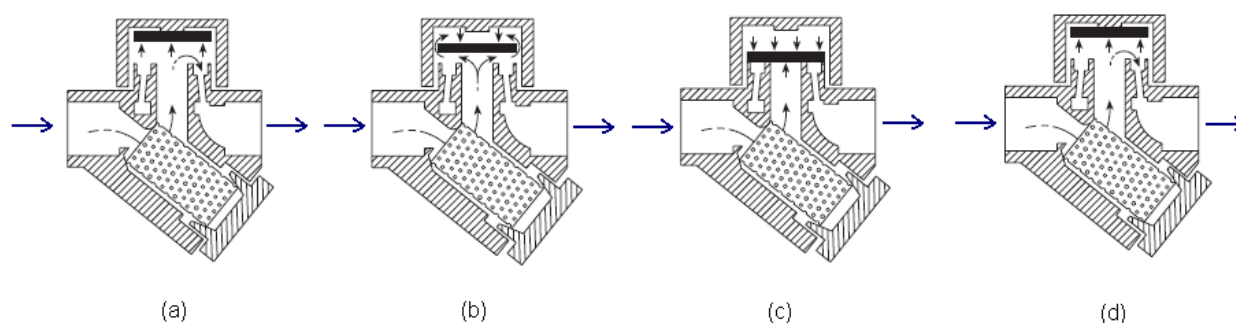


Figura 3.39. Esquemas de funcionamiento de trampa de vapor termodinámica.

(a): en la puesta en marcha, la presión eleva el disco y el condensado y aire se descargan.

(b): al circular condensado caliente en la cámara debajo del disco disminuye la presión, lo que acerca el disco al asiento.

(c): en la cámara sobre el disco se produce re vaporizado, aumentando la presión y empujando el disco sobre el asiento.

(d): el re vaporizado se condensa y drena y el disco se eleva. Esta condensación solo será posible si a través de la línea circula condensado, en caso contrario la temperatura del vapor mantendrá las condiciones.

3.3.4.4 Cuadro de purga de condensado

En el Capítulo 2 se comentó como funciona un cuadro de purga de condensado. La finalidad de incluirlo en dicha sección es que resulta más sencillo de entender si se explica con un ejemplo en lugar de hacerlo de forma aislada. En caso de que sea necesario, se recomienda ir a la Sección 2.5.1, página 24.

Se destaca que cada tipo de trampa de vapor está diseñada para una aplicación en particular, y se deberá consultar con un experto a fin de que el equipo seleccionado sea el óptimo en cada caso.

Respecto a la ubicación de las trampas, éstas deberán instalarse en los puntos más bajos de la instalación; ya que de esta forma el condensado se desplazara por acción de la gravedad. Se aprecia en la Figura 3.40.

La consideración antes mencionada resulta especialmente importante cuando se realiza una parada de planta, ya que el vapor contenido en el sistema de distribución irá parcialmente condensándose y buscará el punto más bajo del sistema (como se mencionó, por acción de la gravedad) para evacuar.



Figura 3.40. Detalle de cuadro de purga de vapor en el punto más bajo de la instalación. En la parte superior se aprecia una marmita de procesos. También se puede apreciar la codificación de las tuberías conforme a la norma antes mencionada.

Además de que la estación de purga debe estar en la posición más baja del circuito, se debe tener presente la posible acumulación de condensado en la línea y por ello se debe disponer de un *pozo de goteo*. Figura 3.41.

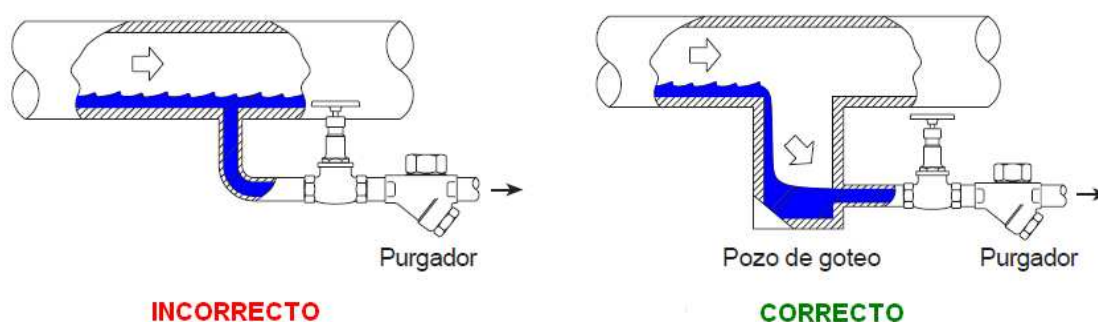


Figura 3.41. Detalle de purga de vapor con y sin pozo de goteo.

En el caso que existan derivaciones, el drenaje debe hacerse como se muestra en las Figuras 3.42 y 3.43.

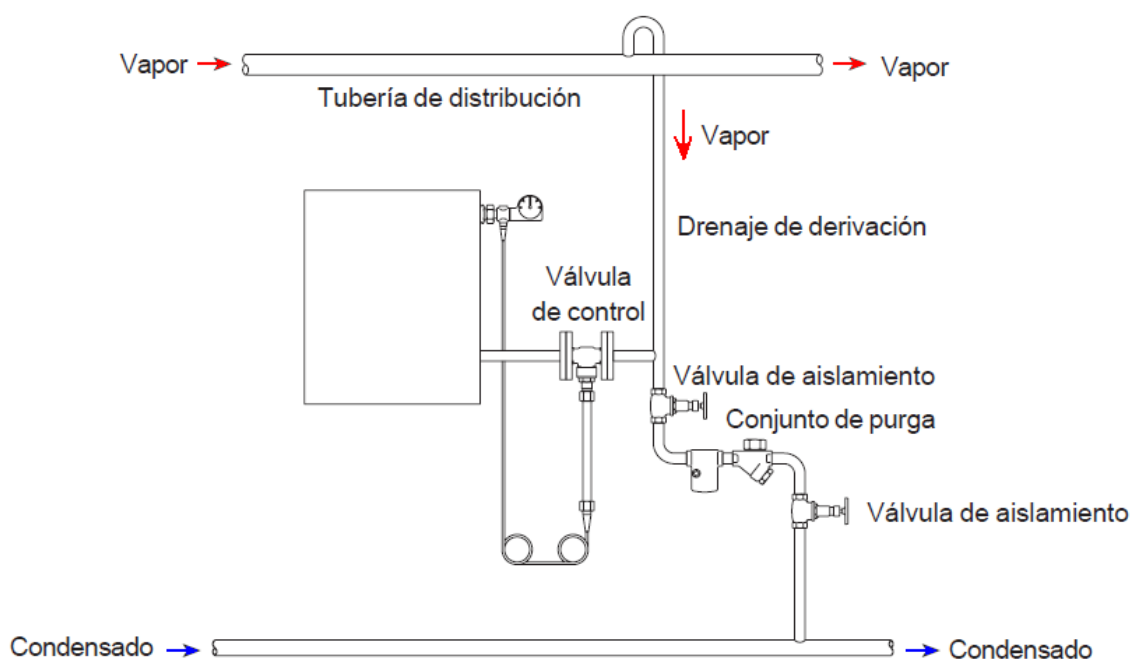


Figura 3.42. Diagrama de purga de condensado en el caso de una derivación de vapor.

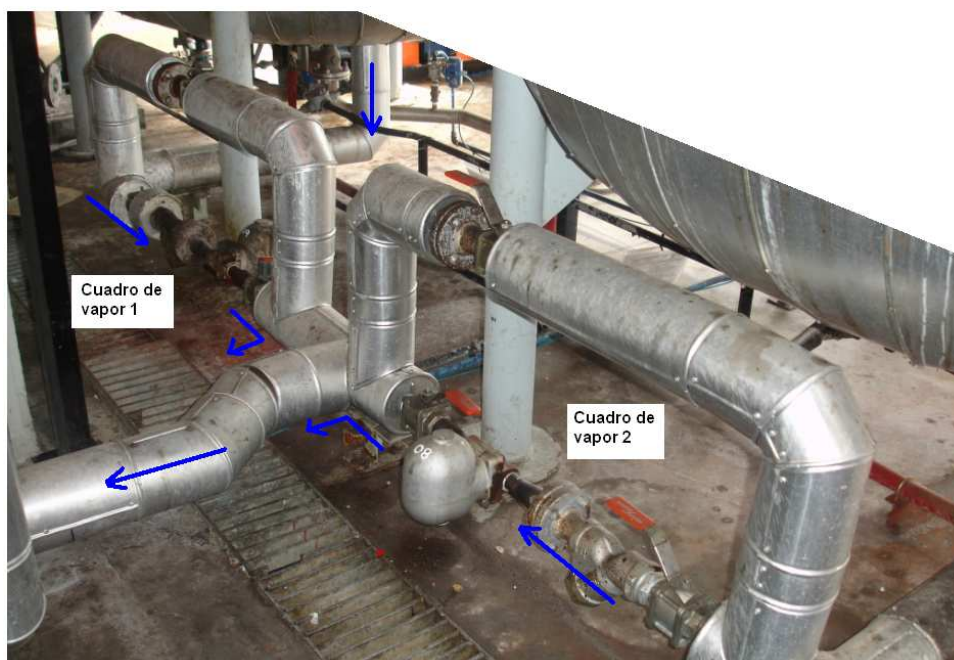


Figura 3.43 Detalle de una instalación de purga real. Se puede ver como hay dos cuadros de vapor, asociados cada uno de ellos a una marmitta. Los cuadros se encuentran en la parte mas baja del circuito, y aunque no logra apreciarse el caño que sale hacia la izquierda (donde convergen los caudales de ambos cuadros) posee una leve inclinación en el sentido del flujo.

3.4 CONSUMO DE VAPOR

El vapor que ha sido trasladado hacia los centros de consumo cederá su energía ya sea a través de una marmitta encamisada u otro método a un fluido. Esquemáticamente, esto se observa en la Figura 3.44.

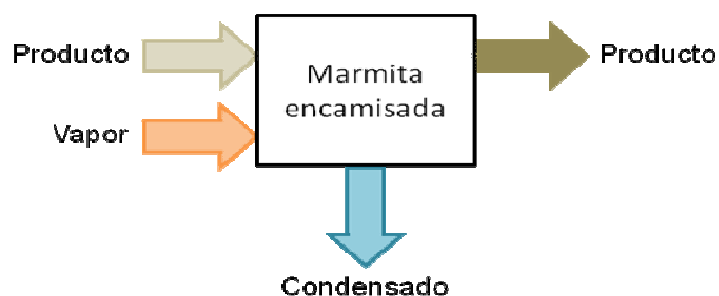


Figura 3.44. Consumo de vapor, desde la óptica de un proceso.

En la Sección 2.5.1, página 24 se comentaron dos posibles aplicaciones del vapor en la industria como fuente de temperatura.

Esquemáticamente, una instalación puede mostrarse como la Figura 3.45.

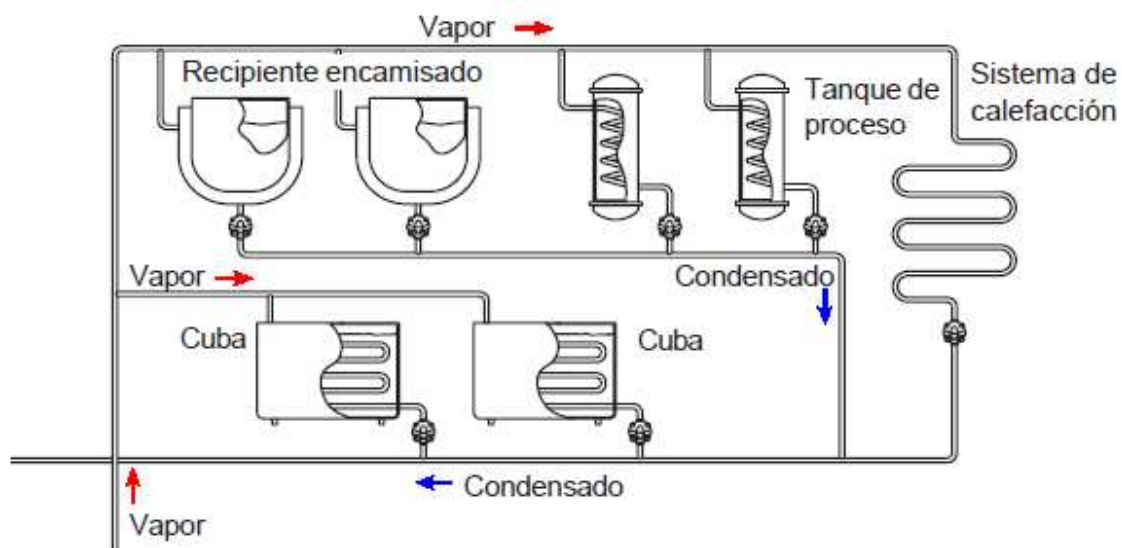


Figura 3.45. Esquema de utilización de vapor como fuente de temperatura. Incluye retorno de condensado purgado.

Como se puede apreciar en la figura superior, independientemente del tipo de aplicación, siempre debe existir el sistema de purga de condensado. En muchas industrias, este condensado no es reutilizado sino que se descarta a los desagües. Dado que la normativa limita la temperatura a la que se puede descargar un fluido, el condensado deberá pasar antes por una cámara de enfriamiento.

4. INDICADORES AMBIENTALES Y ENERGÉTICOS

4.1 INTRODUCCIÓN

La principal función de los indicadores, de cualquier tipo, es la comunicación de información. Los indicadores tienen, idealmente, la capacidad de simplificar una realidad compleja. No son simplemente medidas cuantitativas, sino que su objetivo es proporcionar un entendimiento mas profundo sobre los principales problemas a nivel energético y ambiental de una planta industrial; ilustrando una realidad compleja de forma simple.

Cada indicador expresa distintos aspectos relacionados con el consumo energético; y cuando estos se combinan con indicadores de medio ambiente se tiene una perspectiva no solo del consumo energético (y de fluidos en general) sino también el impacto que dicho consumo tiene sobre el medio ambiente. Además, poseer indicadores ambientales permite entender como impactan las operaciones de la empresa en el medio ambiente.

Una herramienta comúnmente utilizada en el campo de la ingeniería, para la gestión de indicadores es el *Tablero de comando*.

El *Tablero de comando* es un sistema de gestión, compuesto por una serie de indicadores; sirve para traducir las estrategias de la organización y poder controlar su evolución en el tiempo.

Tradicionalmente, un tablero de comando está orientado a cuatro áreas claves:

1. Finanzas
2. Clientes
3. Procesos Internos
4. Formación y crecimiento

Este sistema de gestión se desarrolló e implementó en las cuatro áreas mencionadas porque los mayores costos de la empresa estaban asociados a ellas (de forma directa o indirecta).

La importancia relativa de los indicadores de cada una de las áreas por sobre el total depende del tipo de empresa y principalmente de su estructura; no se

tendrán los mismos indicadores en una empresa manufacturera que en una empresa de servicios informáticos.

El objetivo de realizar mediciones respecto a parámetros definidos como claves, para conformar los indicadores, es poder estudiar su evolución en el tiempo y, frente a un desvío del valor objetivo (o rango aceptable), se pondrá en marcha un sistema para tomar las acciones pertinentes en pos de restablecer el valor del parámetro.

El valor objetivo o rango puede definirse a partir de implicancias legales, de competitividad o por objetivos propios de la empresa.

Los indicadores deben ofrecer información:

- Orientada a objetivos.

No deben incluirse datos por el simple hecho de que se poseen, sino que la información debe servir como punto de partida para establecer estrategias que lleven a cumplir objetivos, en este caso de eficiencia energética, que luego se reflejen en los indicadores.

- Relevante.

De acuerdo al nivel de la organización, se tendrá un indicador distinto. La información debe ser acorde al alcance de quien la verá, y debe serle útil para tomar decisiones en pos de optimizar los procesos.

- Confiable.

Si los datos no son correctos, las decisiones que se tomarán no serán las adecuadas. La incorporación de sistemas electrónicos de medición resulta una buena opción para minimizar la probabilidad de errores, pero siempre deberá existir una persona que sepa interpretar dichos datos.

- Integrada.

La ventaja principal de utilizar un tablero de control, de cualquier tipo, es que permite ver una serie de indicadores en forma integral. Esto resulta útil para entender la relación entre distintas variables o vislumbrar como impactará una decisión en el conjunto de todos los indicadores. Utilizando tableros de control

informáticos; y conociendo las ecuaciones fundamentales que vinculan las variables y procesos se podrá entonces simular una situación hipotética respecto del consumo energético.

4.2 INDICADORES AMBIENTALES

Los indicadores de este tipo se encuentran con mayor frecuencia en la industria, en contraposición a indicadores energéticos.

Estos indicadores tienen por objetivo proporcionar información sobre los fenómenos mas relevantes y críticos para la calidad ambiental.

De acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente español:

“Un indicador ambiental es una variable que ha sido socialmente dotada de un significado añadido derivado de su propia configuración científica, con el fin de reflejar de forma sintética una preocupación social con respecto al medio ambiente e insertarla coherentemente en el proceso de toma de decisiones”.

Cuando se trata de una industria, el proceso de toma de decisiones deberá equilibrar los objetivos de cada área pero en última instancia se buscará minimizar los costos, sin perder de vista aspectos sociales y ambientales.

Existen diversos marcos de referencia para la elaboración de un sistema de indicadores ambientales, desarrollados principalmente por entidades públicas de Estados Unidos, Europa o Japón.

Los de mayor difusión internacional son los basados en el *marco causal*, ya que estudian las relaciones causa – efecto.

Respecto a estos indicadores, su importancia radica en que cada vez más las empresas toman un papel activo en la protección del medio ambiente.

La relación que poseen los indicadores ambientales de una organización con esto es que, a partir de observar los indicadores y compararlos, se tomarán acciones que permitirán, en última instancia, disminuir el impacto ambiental que la empresa tiene en su entorno.

La toma de iniciativas y acciones, para las empresas en Argentina de origen extranjero, está relacionada con las políticas que toman las casas matrices.

Estas políticas se apalancan en la normativa de las naciones de origen de las empresas.

Dichas casas matrices no se conforman con que solo algunas sedes cumplan la legislación, sino que proponen que todas las filiales del mundo lo hagan ya que entienden que esto mejora la competitividad de la organización.

La mejora en la competitividad será el resultado de la optimización energética, que brindará una importante fuente de ahorro de costos.

En caso de empresas totalmente nacionales, sean Pymes o no, el desarrollo de una gestión energética orientada hacia la eficiencia energética está retrasado respecto de las compañías globales (en la mayoría de los casos). El INTI²⁷ ha desarrollado una estructura en torno a la eficiencia energética y la optimización de las instalaciones industriales en general, como lo demuestra la publicación de una serie de boletines semanales relacionados con estas cuestiones.

4.3 INDICADORES ENERGETICOS

Respecto a los indicadores energéticos, su importancia radica en que los costos de la energía cada vez son más importantes dentro de la estructura de costos de la organización.

La evolución de los precios de la energía a futuro es creciente, tanto del Gas Natural como de la energía Eléctrica. En Argentina, además de la tendencia creciente de los mismos se da el caso de que los costos energéticos están muy por debajo del promedio para el resto de Latinoamérica. Por esto, es de esperarse que los mismos sigan aumentando en el futuro.

Tradicionalmente, la asignación de dichos costos se evalúa según se trate del sector de producción o no.

- Producción.

Para esta área, los costos asociados a la energía se computan como GGF: gastos generales de fabricación; y se utilizan para obtener el denominado Costo de Venta del producto (que además contiene la Mano de Obra y las Materias Primas). Según exista o no una componente fija de los mismos, se

²⁷ Instituto Nacional de Tecnología Industrial.

tendrán los GGFV (gastos generales de fabricación variables) o GGFF (gastos generales de fabricación fijos).

- Otras áreas como ser Administración, Finanzas, etc.

En estos casos, los costos asociados a la energía se computarán como gastos de energía. Eventualmente existirá un rubro llamado Energía eléctrica, Gas Natural, Agua, entre otros.

Debido a que, como se mencionó, los costos energéticos cada vez poseen mayor peso relativo en la estructura de costos de la empresa es que se debe realizar una gestión en torno al consumo de energía de las plantas industriales y dependencias de todo tipo de las empresas; ya que a partir de medir se pueden encontrar oportunidades de mejora.

Para poder realizar el análisis de los indicadores, se debe poseer un sistema de medición; y está comprobado que el mero hecho de incorporarlo proporciona un ahorro energético entre el 5% y 7 %²⁸. La razón de esto es que todos los involucrados en los procesos (cuyo consumo energético ha comenzado a ser monitoreado), tomarán una actitud proactiva referida al ahorro energético ya que se sentirán, de alguna forma, controlados. En esta última cuestión entran en juego efectos psicológicos que escapan al alcance de este trabajo.

4.4 LA MEDICION COMO PUNTO DE PARTIDA PARA LA ELABORACION DE INDICADORES

Es importante destacar que la implementación de un sistema de monitoreo, necesario para luego desarrollar indicadores energéticos y ambientales, no representa un gasto para la organización; sino que se trata en realidad de una inversión.

La diferencia principal entre un gasto y una inversión es que esta última permitirá obtener, en un período de tiempo, un saldo económico positivo²⁹.

²⁸ Fuente: Gobierno de Japón.

²⁹ Siempre que se trate de una buena inversión, sustentada en un análisis serio y profesional.

La confusión se presenta ya que en muchas industrias solamente existen indicadores ambientales (referidos a la emisión de gases, residuos, agua, etc.) a partir de los cuales no hay oportunidades de ahorro concretas; o si existen indicadores energéticos no hay desarrollada una estructura para poder canalizar la información en estrategias que permitan obtener ahorros concretos.

La incorporación de un sistema de medición, principalmente del circuito de vapor de una planta industrial, será tratado en los apartados referidos a propuestas de mejora.

5. ASPECTOS DE SEGURIDAD EN INSTALACIONES DE VAPOR

5.1 INTRODUCCION

Como se comentó en el capítulo 3, una instalación de vapor se puede subdividir en tres (3) partes a saber:

- Generación de vapor.
- Distribución de vapor.
- Consumo de vapor.

Respecto a la legislación, se tomará como referencia el OPDS: Organismo Provincial para el desarrollo Sostenible, de la Provincia de Buenos Aires y el código de edificación de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Debido a que la legislación trata como un conjunto las partes antes mencionadas de una instalación de vapor, se continúa con dicha categorización.

5.2 OPERACIÓN EN SECTOR CALDERAS

Los principales riesgos para cualquier operario o persona que pudiera estar en el lugar físico donde se encuentra la caldera son los siguientes:

- Explosión.
- Quemaduras.
- Caídas en altura.
- Atrapamiento.
- Golpes.

5.2.1 Explosión.

Los riesgos de explosión se puede clasificar en³⁰:

- Explosión física por rotura de partes a presión: este tipo de explosión se produce por la vaporización instantánea y brusca expansión del agua contenida en la caldera.
- Explosión química en el hogar: producida por la combustión instantánea.

Las explosiones se pueden producir porque se trabaja a una presión mayor que la de diseño; por falta de agua en la caldera o por disminución del espesor de las partes sometidas a presión como consecuencia de la erosión.

Para minimizar las probabilidades de ocurrencia de una explosión, se deberá cumplir la normativa respecto a habilitación, operación y mantenimiento de equipos sometidos a presión a fin de poder detectar de forma preventiva cualquier situación que pudiera afectar la seguridad de la instalación.

5.2.2 Quemaduras.

La habilidad, experiencia y capacitación brindarán al operario de la caldera (foguista) los conocimientos para evitar quemaduras. Esta claro que ante una explosión (tratada en el apartado 5.2.1) existen grandes probabilidades que si hay una persona en el recinto esta sufra, como mínimo, quemaduras.

Para minimizar la posibilidad de que el personal sufra quemaduras, se debe por un lado indicar de forma clara aquellas áreas que puede transitar un individuo ajeno al sector (cosa frecuente en las plantas industriales).

Así mismo, se deben aislar todas las cañerías por las que circula vapor (esto brinda además ventajas económicas ya que se minimiza la pérdida de energía a través de las paredes de los tubos) y realizar su correcta identificación, cumpliendo con la normativa que fue comentada en el capítulo 3. Además, se deben disponer carteles que ayuden a las personas sin formación técnica a leer la mencionada codificación.

³⁰ Fuente: Mutual de Seguridad en Operaciones con Calderas.

Por si ocurriera un incidente, se debe llevar un libro de registros para poder luego proceder a la investigación que identifique la causa raíz; y en el caso de que se trate de un accidente, se deberá poseer un procedimiento para atender a la o las personas con los primeros auxilios y contactarse con el servicio de emergencias médicas, el cual deberá estar contratado conforme a la legislación al respecto.

5.2.3 Caídas.

La señalización y capacitación es la mejor herramienta para prevenir caídas. Las caídas pueden implicar para el que la sufre, desde un golpe con hematoma hasta la muerte.

Se debe procurar que todas las superficies sean lisas pero con rugosidad suficiente a fin de que no exista peligro de resbalarse. En el caso de cambios de nivel, los mismos deben estar debidamente identificados.

En cuanto a escaleras, estas deberán estar pintadas conforme a la normativa de seguridad y correctamente diseñadas (distancia entre escalones, etc.).

5.2.4 Atrapamiento.

En el caso de calderas, esto puede ocurrir al realizar trabajos de inspección dentro de la misma. Para evitar un atrapamiento, debe existir un procedimiento de seguridad y personal de seguridad que realice un monitoreo constante de la operación; con el correspondiente certificado de comienzo y finalización de la tarea.

En el caso de marmitas de procesos u otros equipos donde exista esta posibilidad, se deberá realizar nuevamente un procedimiento y deberá existir un monitor que vele por la correcta aplicación de las normas de seguridad.

5.2.5 Golpes.

Esto puede suceder en cualquier parte de la instalación; y las formas de minimizarlo es con un diseño correcto de las instalaciones (en lo que a altura y disposición de caños y tuberías se refiere) y posterior señalización.

5.2.6 Elementos de Seguridad para el personal.

A todo el personal que circule por la instalación de vapor (entiéndase por esto desde la unidad generadora hasta los equipos de consumo), se le debe entregar los elementos de protección personal correspondientes de acuerdo a la legislación vigente.

5.3 NORMATIVA

Respecto a la Provincia de Buenos Aires, la primer promulgación referida a dispositivos generadores de vapor fue la Ley 3891 de Noviembre de 1926 *Manejo, Cuidado de Calderas, Compresores y Generadores de Gas y Vapor*.

5.3.1 Instalaciones térmicas.

Para instalaciones térmicas, se toma como referencia el reglamento de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires: *Reglamento sobre Instalaciones térmicas y Ventilación mecánica*. Este es un documento complementario del Código de Edificación N° III (ver Anexo I).

5.3.2 Habilitación de la caldera (aparato sometido a presión).

Una planta industrial, por contar con una caldera (aparato sometido a presión); deberá realizar la inscripción y habilitación del mismo ante el organismo pertinente (ver Anexo II). Dicha inscripción tiene por finalidad el seguimiento y control de las condiciones de trabajo de dicho equipo. La falta de habilitación ocasionará la clausura inmediata de las operaciones, con la consiguiente pérdida de producción.

El registro habilitante se realiza una única vez, y luego se debe renovar anualmente.

La normativa aplicada, para el caso de la Provincia de Buenos Aires es la siguiente:

- Ley 11.459 (ver Anexo III). Esta Ley fue reglamentada por el decreto N° 1741/96.
- Decreto 3598/96, Resolución 231/96 (ver Anexo IV).
- Resolución 1126/07, modificatoria de la resolución 231/96 (ver Anexo V).

5.3.3 Prueba hidráulica de la caldera y equipos sometidos a presión.

De forma anual, se le realizará una prueba hidráulica a la caldera y cualquier equipo sometido a presión. Esta prueba consiste en llevar la presión de la misma hasta un nivel cercano al de diseño, y luego definir la presión de trabajo.

La prueba será realizada por personal acreditado (generalmente las empresas fabricantes de calderas o que se dedican a su mantenimiento poseen los permisos); y se deberá tramitar el correspondiente certificado ante el OPDS (para el caso de plantas industriales radicadas en la Provincia de Buenos Aires).

5.3.4 Carnet de Foguista (ver Anexo VI).

Por foguista se entiende a cualquier técnico que vaya a encargarse de la operación de la caldera. Es recomendable que se trate de profesionales con experiencia en el manejo de estas instalaciones, en particular que posean buen manejo de crisis ya que en el momento en que se presente una situación de riesgo en el sector de generación de vapor; la rapidez de las acciones puede ser determinante.

Cada foguista deberá poseer un carnet habilitante, el cual se obtendrá luego de rendir un examen habilitante. Esto asegura que solamente personas con los conocimientos requeridos puedan encargarse de los equipos generadores de vapor.

6. PROPUESTAS DE MEJORA Y OPTIMIZACION

6.1 INTRODUCCION

Al estudiar las instalaciones de vapor desde el punto de vista de la eficiencia y la optimización energética, se puede concluir que existen empresas que desde hace más de 100 años estudian los fenómenos termodinámicos, mecánicos y físicos involucrados en pos de optimizar todos los equipos y elementos que componen una instalación de vapor, desde la calderas y sus respectivas válvulas de seguridad hasta las bombas para retorno de condensado.

Frente a esto, el aporte principal de este trabajo será, por un lado, enumerar soluciones preexistentes demostrando la ventaja de su aplicación; y también desarrollar algunas propuestas que tienen por objetivo la aplicación de herramientas y técnicas de la Ingeniería Industrial en el campo de las instalaciones de vapor.

6.2 INSTALACION DE RETORNO DE CONDENSADO

El hecho de no reutilizar el *condensado* resulta una gran ineficiencia para el sistema; ya que al comienzo del proceso esa masa de agua fue tratada y por lo general la temperatura de la misma es superior a los 95 °C (ya que si el salto térmico fuese demasiado grande, el rendimiento de la transferencia de calor sería muy bajo).

Si bien el condensado no posee suficiente energía para ser utilizado en el proceso productivo, resulta que de ser introducido nuevamente en la caldera, se tendrá que aportar menor energía que si se tratara de agua a temperatura ambiente (o temperatura a la que se extrae el agua).

Entonces, una optimización de la instalación de vapor se muestra a continuación en la Figura 6.46.

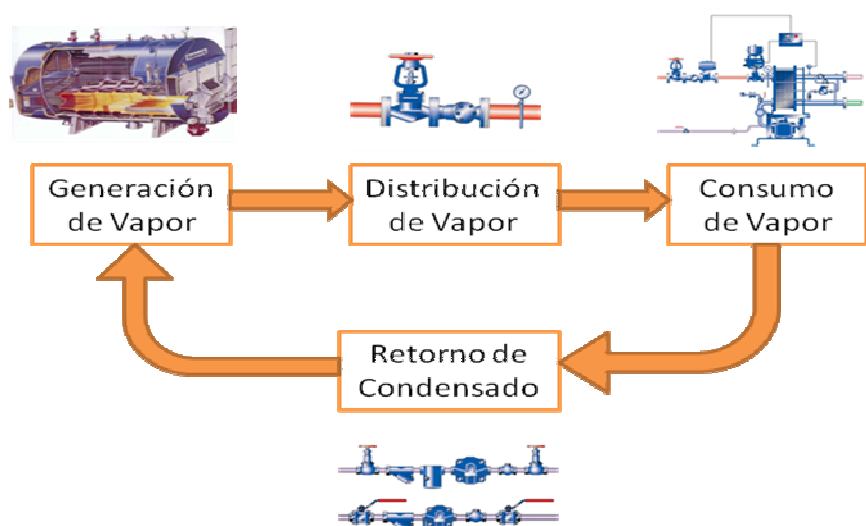


Figura 6.46.

Dicho condensado puede ser introducido directamente a la caldera, aunque es recomendable que exista un tanque de almacenamiento para poder absorber variaciones de volumen de agua.

Además, en la práctica parte del fluido se pierde, ya sea por ineficiencias del sistema como por aplicaciones específicas por lo que se debe tener la posibilidad de incorporar nuevamente agua al sistema. Esquemáticamente, se puede observar en la Figura 6.47.

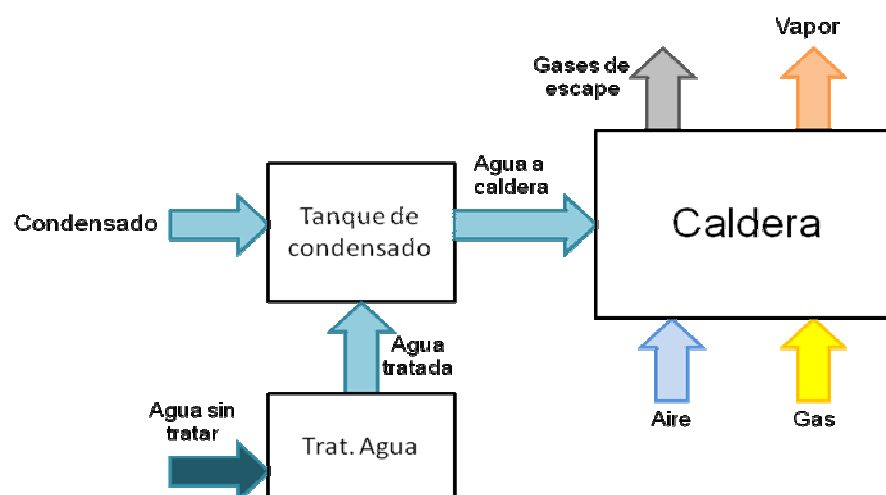


Figura 6.47. Esquema de instalación con Tanque de condensado.

Los beneficios de instalar una línea de retorno de condensado son inmediatos. Como referencia, se toma el caso de una industria de consumo masivo quien logro reducir su consumo de gas en 48,7% de un año a otro por el simple hecho de comenzar a recuperar el condensado, y lograda esta mejora con un nivel creciente de producción.

No resulta posible realizar un análisis para evaluar este tipo de proyecto ya que la inversión dependerá de las necesidades de la instalación y la generación de vapor; pero el período de retorno es menor a los dos años, utilizando como tiempo de análisis cinco años³¹.

El ahorro energético potencial, al instalar un circuito de retorno de condensado, dependerá en muchos casos del tipo de planta industrial. El promedio de incremento de la eficiencia, como consecuencia de la instalación del circuito de retorno de condensado es entre 5 y 10%³².

6.2.1 Proyecto de instalación para retorno de condensado.

Un proyecto para tomar la decisión o no de recuperar el condensado debe tener en cuenta, económicamente hablando, dos aspectos fundamentales:

- Inversión.

Contempla no solo las tuberías sino también la mano de obra, las modificaciones edilicias necesarias, los permisos, la aislación de las tuberías, la codificación de tuberías, las bombas y otros dispositivos para impulsar el condensado y, en caso de no existir, el tanque para su acumulación. Se incluyen también todas las erogaciones de capital necesarias para desde que se busca información hasta que la instalación está apta para funcionar; como así también el mantenimiento año a año.

- Ahorro generado

El mismo podrá ser mensurado en la disminución del consumo de Gas (o combustible utilizado en la caldera) y ergo menor gasto de dicho combustible. Estimar el ahorro es una de las tareas mas complejas, ya que si bien existen características comunes a todas las instalaciones; cada una poseerá singularidades que deberán ser tenidas en cuenta.

³¹ Fuente: SpiraxSarco, Loop.

³² Fuente: Gas Natural – Fenosa.

Se recomienda que, en caso de no existir personal con la experiencia necesaria dentro de la propia organización, se contrate en primera instancia los servicios de un consultor o empresa dedicada a realizar auditorías.

Un plus adicional es que dicha empresa también se dedique a la instalación de la propuesta; ya que en este caso se asegura que la instalación se realice por personal experimentado y con la mayor de las seriedades.

Un mal análisis puede dar indicaciones erróneas respecto del tiempo de retorno de la inversión. Se destaca que si bien los plazos pueden ser extensos (superiores a cinco años); la instalación de una línea de retorno de condensado siempre debe llevarse a cabo ya que representa una medida de eficiencia comprobada.

6.3 MEDICION DEL CONSUMO DE VAPOR Y ESTABLECER CENTROS DE CONSUMO

6.3.1 Introducción.

Una estación típica de medición de caudal se muestra en la Figura 6.48.

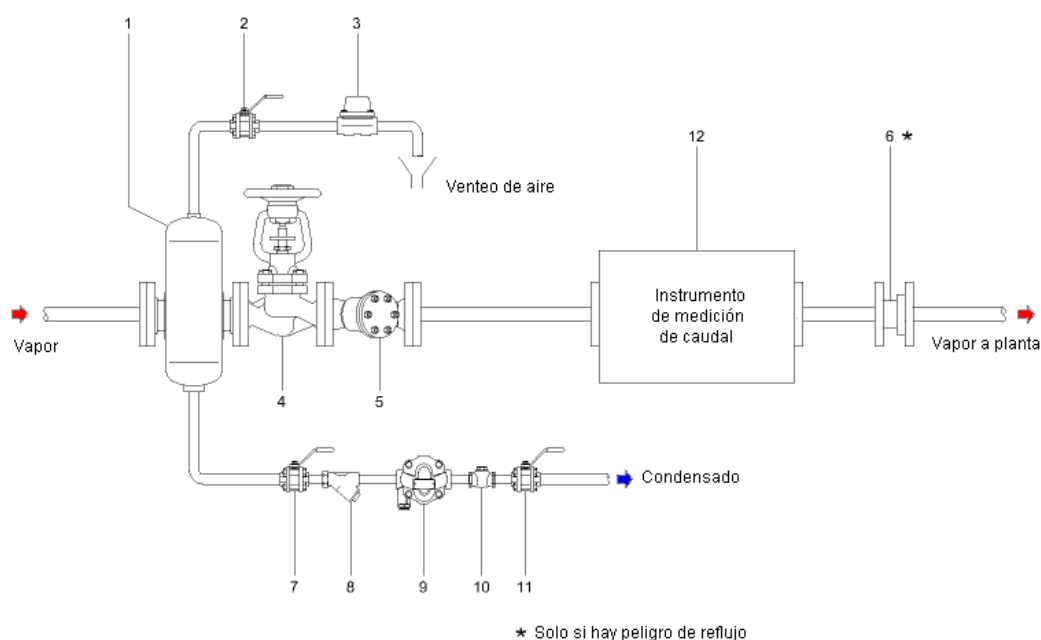


Figura 6.48. Estación típica de medición de caudal de vapor³³.

³³ Fuente: SpiraxSarco.

La conexión entre el instrumento de medición y las tuberías es mediante bridas.

Las referencias de dicha Figura son las siguientes:

1. Separador: protege la instalación de vapor húmedo.
2. Válvula: para aislar la instalación de eliminación de aire para mantenimiento.
3. Purgador de aire: para eliminar el aire de la línea.
4. Válvula: para aislar la instalación de vapor para mantenimiento.
5. Filtro: para evitar el paso de partículas, que pueden afectar el buen funcionamiento del dispositivo medidor.
6. Válvula: para evitar reflujo.
- 7 a 11. Conjunto de purga de condensado (ya comentado).
12. Equipo de medición de caudal.

6.3.2 Equipos de medición para caudal de vapor.

Los medidores más utilizados en la industria son el de *Presión Diferencial* (Figura 6.49) y el *Vortex*. (Figura 6.50).

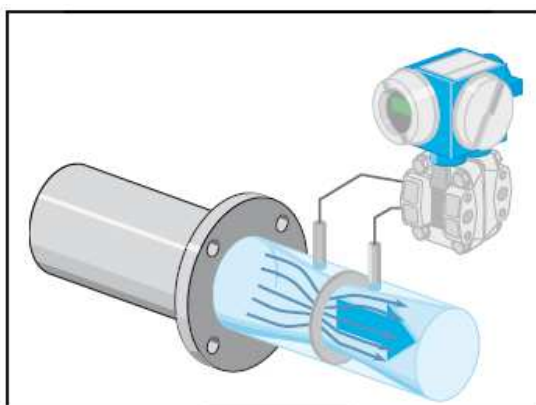


Figura 6.49. Esquema de dispositivo de medición de *Presión Diferencial*³⁴.

³⁴ Fuente: Endress+Hauser.

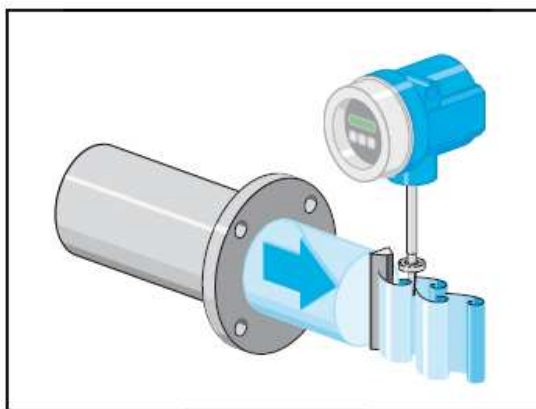


Figura 6.50. Esquema de dispositivo de medición tipo *Vortex*³⁵

6.3.3 Medición por *presión diferencial*.

Estos dispositivos están basados en la caída de presión que genera un elemento principal (placa de orificio, tobera, Venturi tubo o tubo Pitot) cuando se los coloca en una tubería por donde circula un flujo de vapor.

La ecuación que rige el fenómeno antes descrito se llama *ecuación de Bernoulli*. La misma establece que, despreciando las pérdidas por fricción en la tubería:

$$\text{Energía cinética} + \text{energía potencial} + \text{energía de presión} = \text{cte.} \quad (6.3)$$

La ecuación 6.3 también se puede escribir como se muestra a continuación:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 \quad (6.4)$$

Las referencias de la ecuación 6.4 son las siguientes:

³⁵ Fuente: Endress+Hauser.

- p_1 y p_2 son la presión en dos puntos de la instalación por la que circula el flujo másico (en Pascales).
- ρ es la densidad del vapor, el cual dependerá de la temperatura (en kg/m^3).
- g es la constante gravitacional, se toma $9,81 \text{ m/s}^2$.
- v_1 y v_2 corresponde a la velocidad del fluido en los dos puntos de medición.
- h_1 y h_2 altura de los dos puntos donde se mide la presión; respecto a un nivel de referencia "0".

En el caso del vapor, por ser un fluido compresible, la densidad puede variar. Sin embargo, si la longitud de la tubería es corta (2 metros); o si la variación de presión es baja; el cambio de densidad puede despreciarse³⁶.

6.3.3.1 Placa de orificio.

Es un dispositivo de medición de presión diferencial, y se comenta por ser de gran aplicación en la industria en general. Esquemáticamente se ve en la Figura 6.51.

Dado que existe una relación entre la caída de presión y el flujo de vapor, se puede determinar este último midiendo dicha caída de presión.

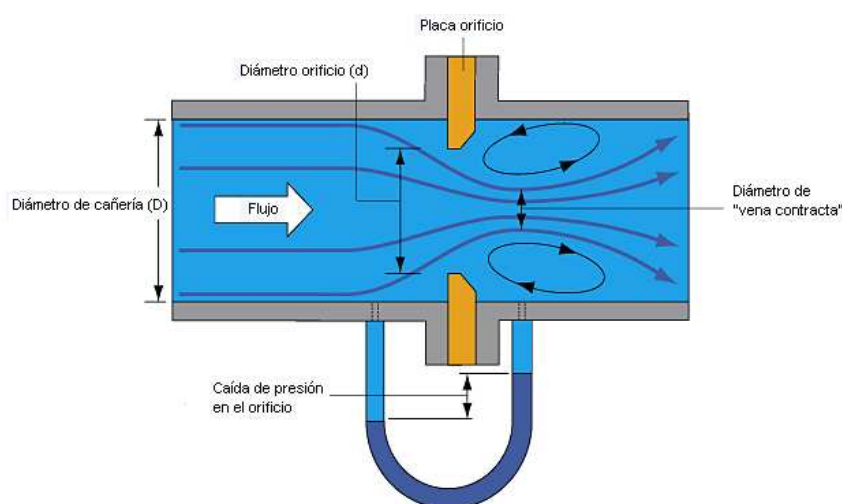


Figura 6.51. Esquema de placa orificio para medición de caudal de vapor³⁷.

³⁶ Fuente: SpiraxSarco

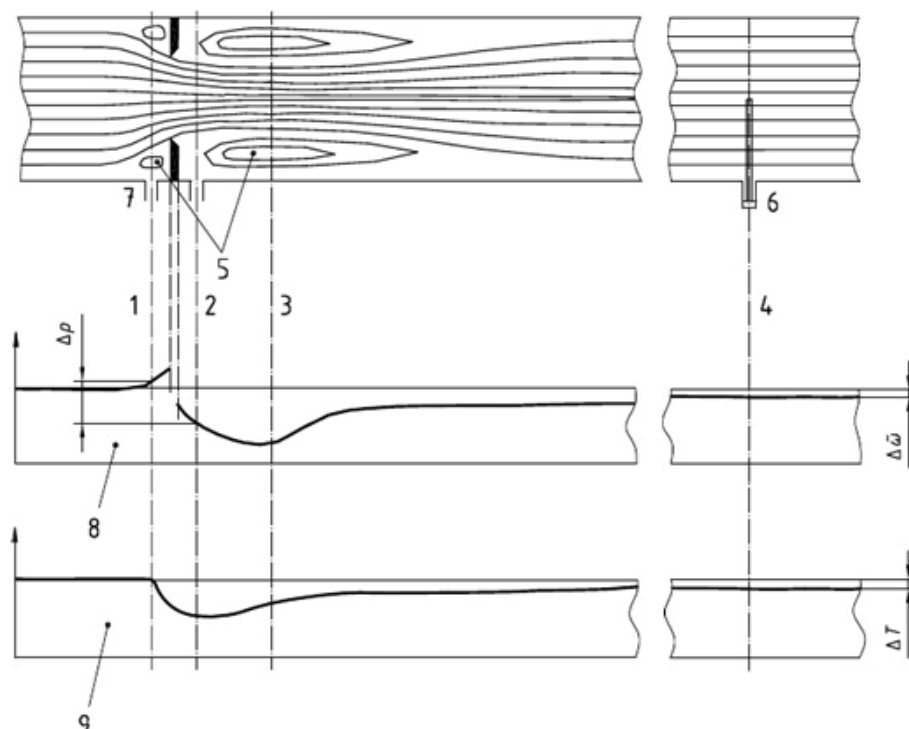


Figura 6.52. Distribución aproximada del flujo, la presión y la temperatura en un sistema de medición con placa orificio³⁸.

En la Figura 6.52 se puede observar la distribución del flujo, presión y temperatura en una tubería que posee un sistema de medición basado en una placa orificio. Las referencias de dicha Figura son:

1. Plano aguas arriba de la placa orificio.
2. Plano aguas abajo de la placa orificio.
3. Plano de la “vena contracta” (zona de máxima velocidad).
4. Plano de sonda de medición de temperatura.
5. Zona de turbulencias, flujos secundarios.
6. Termómetro.
7. Puntos de medición de presión.
8. Distribución de la presión a lo largo de la tubería.
9. Distribución de la temperatura a lo largo de la tubería.

³⁷ Fuente: SpiraxSarco.

³⁸ Fuente: Norma ISO 5167 – 2003, Parte II.

La ecuación fundamental que aplica a este dispositivo es

$$v = \sqrt{2g\Delta p} \quad (6.5)$$

La diferencia de presión en la ecuación 6.5 (Δp); se debe expresar en metros.

Conociendo la caída de presión en la placa orificio, se puede conocer la velocidad del fluido. Como el objetivo es medir el flujo másico de vapor, se debe utilizar la siguiente ecuación.

$$Q_{\text{vapor}} = \text{Área}_d * v \quad (6.6)$$

Reemplazando la ecuación 6.5 en la 6.6 se obtiene la siguiente:

$$Q_{\text{vapor}} = \text{Área}_d * \sqrt{2g\Delta p} \quad (6.7)$$

La ecuación 6.7 es de carácter teórica y brinda una buena aproximación del caudal másico de vapor, pero se la debe afectar por dos coeficientes a saber:

- C_v : coeficiente de velocidad. La velocidad real es menor que la teórica producto de las pérdidas debidas a la fricción.
- C_c : coeficiente de contracción. El área por la que circula el fluido es menor a la del orificio debido a los remolinos que se crean aguas debajo de la placa. El diámetro que se debe tomar es el indicado en la figura anterior como “vena contracta”.

Ambos coeficientes se han estudiado de forma empírica, y se ha determinado un coeficiente que integra los efectos de ambos:

- C : coeficiente de descarga para la instalación. Este coeficiente es adimensional³⁹.

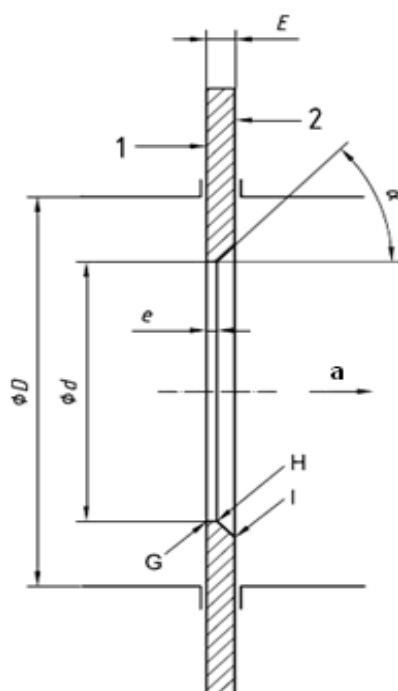
³⁹ Coeficiente adimensional: no posee unidades.

La ecuación para determinar el caudal másico de vapor queda como se muestra a continuación:

$$Q_{\text{vapor}} = C * \text{Área}_d * \sqrt{2g\Delta p} \quad (6.8)$$

Toda la información referida a la determinación del coeficiente C, que aparece en la ecuación 6.8, está resumida en la norma ISO 5167 – 2003: *Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular-cross section conduits running full*.

La mencionada Norma ISO define además la forma y dimensiones que debe poseer una placa orificio para ser considerada estándar. La Figura 6.53 muestra el esquema de dicha norma.



1. Superficie "aguas arriba".
2. Superficie "aguas abajo".
- a. Dirección del flujo.

Figura 6.53. Esquema de una placa orificio estándar, conforme Norma ISO.

Las principales especificaciones referidas a las dimensiones de la placa orificio, tomando como referencia la Figura 6.53, se introducen a continuación.

- E y e

El espesor e deberá estar comprendido entre $0,005d$ y $0,02D$.

La diferencia entre mediciones del parámetro e no puede ser mayor a $0,001D$.

El espesor E deberá estar comprendido entre e y $0,05D$.

Cuando $50 \text{ mm} \leq D \leq 64 \text{ mm}$, un valor de E de 3,2 mm es aceptable.

Si $D \geq 200 \text{ mm}$, la diferencia entre mediciones del parámetro E en cualquier punto de la placa no puede ser mayor a $0,001D$. Si $D < 200 \text{ mm}$, la diferencia no deberá ser mayor a 0,2 mm.

- Bordes G , H e I .

El borde G no podrán tener rebabas ni restos en la conformación.

Si $d \geq 25 \text{ mm}$, los requerimientos de G pueden ser evaluados mediante inspección visual (controlando que el agujero no refleje luz cuando se observa con el ojo desnudo).

Si $d < 25 \text{ mm}$, la inspección visual no es suficiente.

En cualquier caso, si existen dudas se deberán realizar la medición correspondiente.

El borde G deberá ser cuadrado; esto es válido cuando el ángulo entre el orificio del agujero y la cara "aguas arriba" es $90^\circ \pm 3^\circ$.

Los requerimientos de calidad para H e I son menos estrictos que para G , por la posición en la que se encuentran respecto del flujo. Pequeños defectos son aceptables.

- Diámetro del orificio d .

El diámetro d deberá ser en todos los casos mayor o igual a 12,5 mm. La relación d/D (conocida como β) debe ser mayor o igual a 0,10 o menor o igual a 0,75.

El valor de d debe ser considerado como mínimo como el promedio de cuatro mediciones del orificio, separadas ángulos iguales entre sí. Se debe tener cuidado de que la medición no comprometa el tamaño del orificio.

El orificio debe ser cilíndrico. Ninguna medición respecto del diámetro debe ser mayor a 0,05% del promedio.

Ahora bien, conocer las ecuaciones y principios físicos asociados a una placa orificio es a fines de que los involucrados en la medición de vapor posean un conocimiento profundo de la teoría involucrada.

Las empresas de referencia mundial en sistemas de medición de vapor disponen de soluciones integradas que *traducen*, mediante circuitos electrónicos y lazos de control, la señal obtenida de la medición para que pueda ser leída en una interfaz gráfica.

6.3.4 Medición por fenómeno *Vortex*.

Estos dispositivos están basados en los vórtices que se forman aguas abajo cuando un flujo, en este caso de vapor, es interrumpido por un obstáculo. La frecuencia de generación (también se conoce como desprendimiento) de los vórtices resulta proporcional a la velocidad media de circulación del fluido y, por lo tanto, al caudal volumétrico.

Los obstáculos sólidos de los caudalímetros tipo Vortex varían según el fabricante.

El número de Strouhal, científico que en 1878 estudió el fenómeno de los vórtices con cables tensados y corrientes de aire, describe la relación entre la frecuencia de desprendimiento de vórtices, la velocidad del fluido y el diámetro del cuerpo sólido.

Una vez que el vórtice tiene a desprenderse del cuerpo (ya que el flujo avanza), se produce una caída de presión. En caso de mensurar dicha caída de presión, es posible (aplicando lo visto referido a la ecuación de Bernoulli), determinar el caudal de vapor.

Este tipo de dispositivos de medición fue tratado como un ítem aparte ya que el principio en el cual se genera la caída de presión (que es en última instancia la magnitud a medir) es muy distinto que en el caso de un equipo de medición por presión diferencial

Tanto los medidores por presión diferencial como los vortex no poseen partes móviles; por lo tanto los requerimientos de mantenimiento son nulos. Los equipos de medición por presión diferencial son los mas extendidos, y poseen un gran nivel de aceptación en todo el mundo y en todo tipo de industrias.

6.3.5 Sistemas integrados de medición

Una solución integral, en forma esquemática, es muestra en la Figura 6.53.



Figura 6.54. Proceso de conversión para visualización de datos.

La medición tendrá como objetivo disponer de información respecto al caudal másico de vapor. Como se comentó, la placa orificio basa su principio de funcionamiento en la caída de presión cuando circula un fluido (vapor) a través de ella. La señal física debe convertirse a una señal eléctrica (4 – 20 mA) y luego en una señal digital. El objetivo es finalmente que una PC utilice dicha información para realizar los cálculos correspondientes, a fin de que se visualice en una pantalla únicamente el caudal. Si fuera necesario, también se podría visualizar cualquier otra magnitud asociada a la medición.

La incorporación de un lazo de control permitirá, mediante un sistema integrado, la apertura o cierre de válvulas de forma automática en función del valor de algún parámetro.

La incorporación de esta clase de automatismos también contribuye a la eficiencia energética de la instalación de vapor, ya que el consumo de dicho fluido estará asociado a la necesidad de los procesos y centros de consumo de forma precisa.

Además, esta incorporación permite disminuir la probabilidad de errores humanos.

Por otro lado, estos equipos sistemas de control requieren de personal calificado para su mantenimiento, operación y reparación y esto debe ser

tenido en cuenta a la hora de analizar un proyecto de incorporación de estos mecanismos.

En la Figura 6.55 se muestra una aplicación real del proceso mostrado anteriormente.

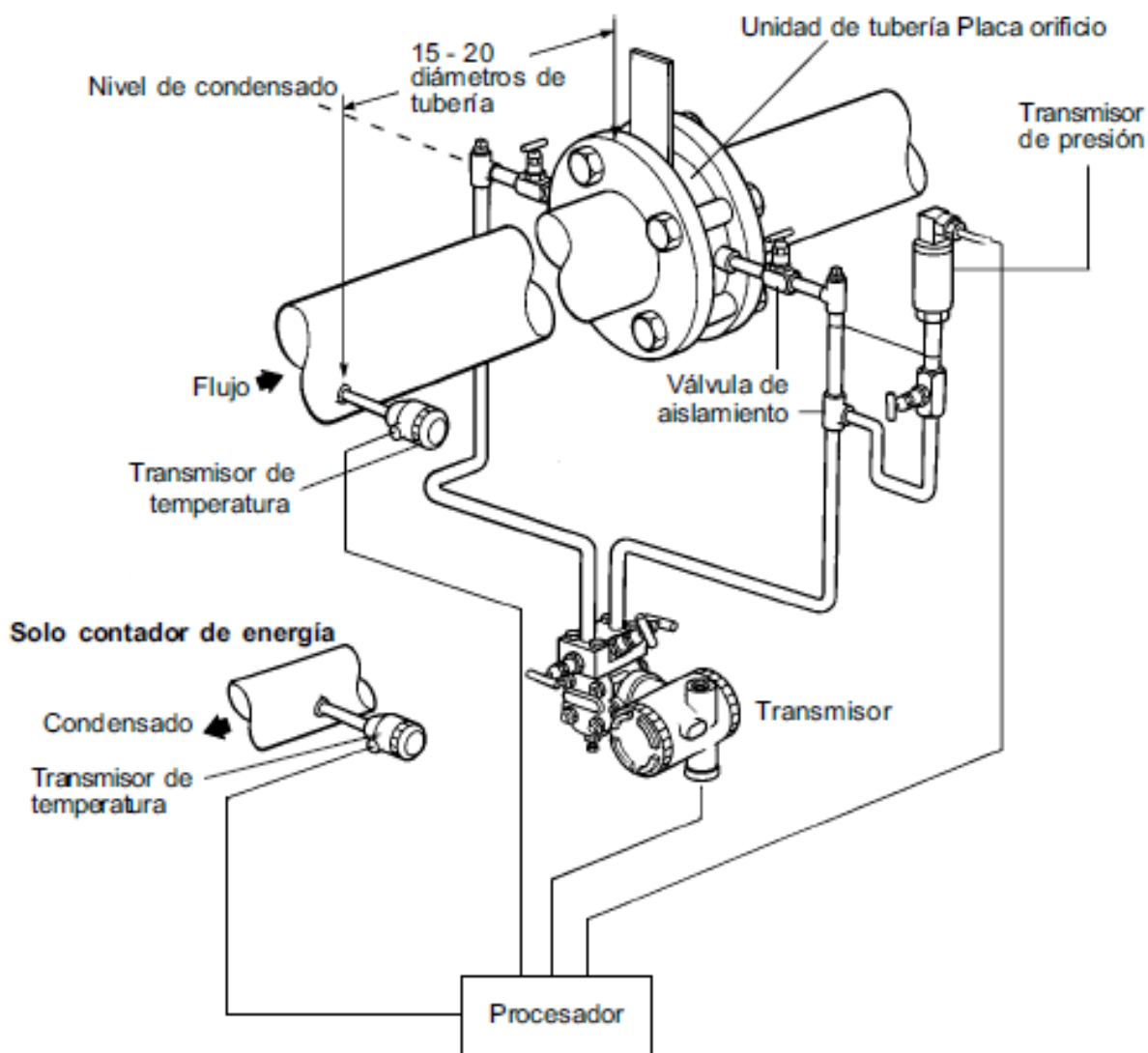


Figura 6.55. Instalación para medición de caudal de vapor con placa orificio⁴⁰.

⁴⁰ Fuente: SpiraxSarco.

6.3.6 Segmentar a la planta industrial en centros de consumo de vapor.

Por centro de consumo se entiende una sección de la planta industrial (o empresa) que consume de forma habitual (ya sea diaria, mensual, etc.) vapor. Esta aclaración se hace porque generalmente los sectores no productivos utilizan el vapor durante los meses de invierno para calefacción; y también resulta útil medir dicho consumo de vapor.

El hecho de identificar y segmentar los centros de consumo resulta de vital importancia en el área de producción, si existen varias líneas productivas o áreas de procesos que consumen vapor porque permitirá conocer la eficiencia (referida al consumo de vapor) de cada una de ellas.

En primera instancia, se debe instalar un dispositivo de medición de caudal de vapor en la generación de vapor; a fin de conocer el caudal total generado.

En el caso de que se trate de un sistema con retorno de condensado, la medición del caudal generado por la caldera permitirá conocer la eficiencia de la instalación de vapor en su conjunto (no de la caldera).

Como se comentó anteriormente, las calderas requieren un sistema de tratamiento de agua para adecuar la misma a los requerimientos del equipo generador (y de la instalación de vapor). Dado que estos equipos utilizan resinas; y el recambio de las mismas está asociado al volumen de agua tratada, la mayoría de los equipos de tratamiento de agua para caldera disponen de un dispositivo de medición del caudal de agua que tratan.

Si toda el agua tratada, que ingresa a la caldera, retornase luego como condensado (se desprecian las pérdidas en la caldera de caudal por resultar insignificantes en comparación al resto); el caudalímetro asociado al volumen de agua tratada no debería variar. Esto es una situación ideal.

Sin embargo; en la mayoría de las industrias esto no es así. Ahora, si el agua que se debe adicionar (para contrarrestar las pérdidas de la instalación) es mucha o poca solo se podrá saber conociendo además cuanto fue el vapor producido, para tener idea de las pérdidas en la instalación.

Dado que en la caldera se produce un intercambio térmico, y despreciando las pérdidas de caudal en la misma (que se pueden dar al realizar las purgas de superficie y fondo), el caudal de agua que ingresa debe ser igual al caudal de vapor generado. Esto se refleja en la ecuación 6.9. Por ello en el párrafo anterior se habló de agua a adicionar para contrarrestar las pérdidas de vapor en la instalación.

$$Q_2 = Q'_2 \quad (6.9)$$

El esquema para realizar un balance de masas, a fin de conocer el rendimiento de la instalación, se muestra en la Figura 6.56.

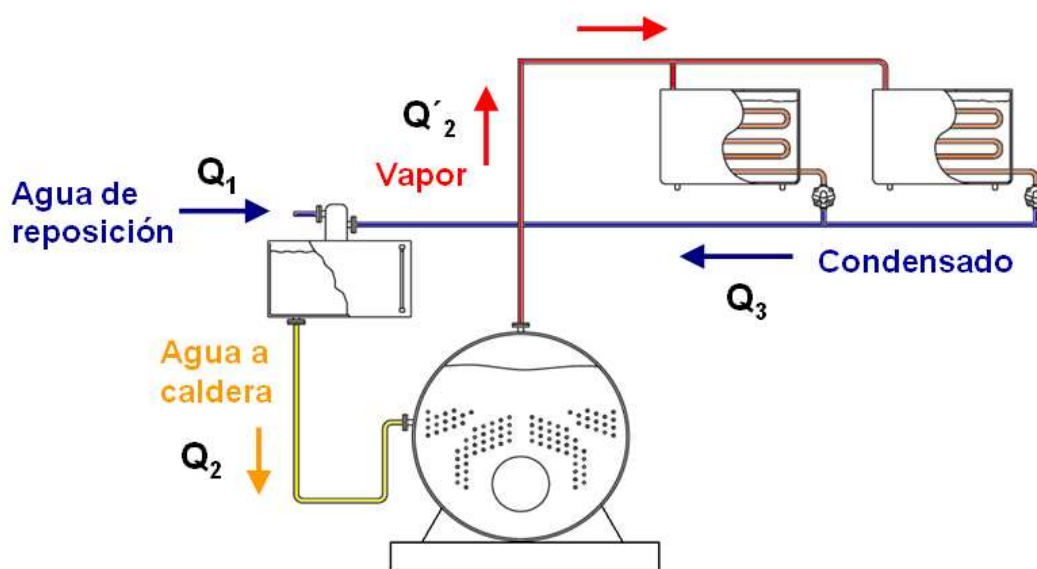


Figura 6.56. Esquema simplificado de una instalación de vapor.

El Balance de masas completo se muestra en la ecuación 6.10.

$$Q_1 + Q_3 - Q_2 = 0 \quad (6.10)$$

La incógnita en este caso es Q_3 .

Si Q_1 se mide (habitual en la industria), y aquí se propone realizar la medición de Q'_2 ; y como $Q_2 = Q'_2$; entonces se podrá conocer el caudal de retorno de condensado Q_3 .

El rendimiento de la instalación de vapor en su conjunto se puede determinar con la ecuación 6.11.

$$\text{Rend. instalación de vapor} = Q_3 / Q_2 \quad (6.11)$$

Si bien parece redundante, el mismo jamás podrá ser mayor a la unidad; en tal caso o se han hecho mal las mediciones o se han invertido numerador y denominador.

Conocido este indicador, se deberá proceder a analizar el proceso productivo para comprender donde se pierde masa de vapor.

La razón de esto es que existen procesos que implican la aplicación de un flujo de vapor directo en alguna aplicación puntual; con la consecuente pérdida de masa y en este caso no se trata de una ineficiencia. Pero si sucederá que, por conocer cual es la masa total que se utiliza, se puedan investigar mejoras tecnológicas que permitan realizar el mismo proceso pero con un menor consumo de vapor (ergo energético).

En otros casos, no existe una aplicación puntual que justifique la pérdida de caudal másico. Serán estos donde existen posibilidades de optimización; ya que las mencionadas pérdidas se dan como consecuencia de:

- Problemas en la instalación: como ser tuberías pinchadas, trampas de vapor defectuosas, etc. Ejemplo en Figura 6.57.



Figura 6.57. Ejemplo de pérdida en una conexión de tipo brida. Se aprecia el vapor que sale del orificio.

- Procedimientos incorrectos: muchas veces el personal no posee los conocimientos para poner en marcha el proceso, desde la óptica de la instalación de vapor. Esto lleva a consumos excesivos y pérdidas de caudal, tanto de condensado como de vapor.

Cada instalación (ergo planta industrial) poseerá un rendimiento de la instalación de vapor característica, como consecuencia de su configuración (de tuberías y distribución de procesos). Por esto, la utilidad de conocer dicho rendimiento estará en establecerlo como un parámetro y sostener su cálculo en el tiempo.

Se deja claro que en ningún caso se debe comprometer la productividad (medida esta en relación a las unidades finales producidas) por buscarse la optimización energética; sino que se debe buscar cumplir con todos los objetivos tradicionales de las organizaciones adicionando objetivos de eficiencia energética; ya que lograr estos últimos contribuirá a que aumente la competitividad de la empresa en su conjunto.

En una segunda instancia se debería disponer de un equipo de medición de caudal de vapor en cada una de las aplicaciones donde se utilice, sean del tipo que sean.

El balance de masa se podrá ampliar utilizando todas las mediciones realizadas y se conocerá con mayor detalle donde se ubican las pérdidas que contribuyen a la ineficiencia de la instalación, y a un mayor costo en la generación de vapor. Esto permitirá establecer criterios para la optimización.

6.3.7 Costeo ABC.

Pero conocer con detalle el consumo de vapor por sector posee además una utilidad en la asignación de los costos.

Tradicionalmente, para el sector productivo el costo de energía se asigna tomando como base de prorrateo el nivel de producción (para cada línea productiva). Para el caso de sectores como Administración, Finanzas, etc. se prorratea sin base científica, generalmente utilizando alguna base que permita dividir el gasto.

El hecho de poseer la información de consumo en detalle, para cada sector, permitirá utilizar dicha información para asignar costos. Se tendrá entonces lo que se conoce como *drivers de prorrateo de gastos generales de fabricación*, en este caso referidos al consumo de vapor, con base científica. Poseer dicha

información permitirá realizar el llamado costeo ABC: costeo basado en actividades.

El costo de vapor total será dividido entre todas las áreas o sectores que consumen dicho fluido; y se asignará proporcionalmente al consumo. Esto es sumamente ventajoso debido a que el consumo de vapor, para las áreas no productivas, fluctúa a lo largo del año presentando una marcada estacionalidad en los meses invernales (el vapor en estos sectores es utilizado principalmente para calefacción).

Respecto al proceso productivo, conocer en detalle el consumo de vapor por línea productiva (o utilizando alguna otra agrupación que tenga fundamento lógico y utilidad práctica para tomar decisiones) permitirá conocer cuan eficiente es cada una de ellas; y este conocimiento es el que se deberá utilizar para el prorrateo del costo de vapor.

En la Tabla 6.12 se observa un ejemplo de esto.

	% Producción	% Consumo
Línea Productiva 1	14	15
Línea Productiva 2	43	30
Línea Productiva 3	25	30
Línea Productiva 4	18	25

Tabla 6.12. Ejemplo de diferencia entre nivel de producción y de consumo de vapor para cuatro sectores dentro de producción.

En la Tabla 6.12 se puede observar que, asignar el costo relacionado con la generación de vapor a cada Línea Productiva en base al nivel de producción sería una acción equivocada, ya que por ejemplo a pesar de que la Línea Productiva 2 posee casi el 45% del nivel de producción total; el consumo de vapor para dicha Línea Productiva es menor a un tercio (1/3) del total.

Los Gastos Generales de Fabricación componen, junto a la Mano de Obra y al costo de Materia Prima el Costo de Venta. Conocer este con precisión resulta clave para que la organización pueda delinear sus estrategias corporativas a mediano y largo plazo.

6.4 INCORPORAR INDICADORES ENERGÉTICOS

6.4.1 Introducción.

Incorporar indicadores de energía responde a la necesidad de poder mensurar los beneficios obtenidos de todas las acciones de optimización; ya que de esta forma es posible contrastar lo declarado en los proyecto contra lo que realmente ocurre. También será útil para conocer la situación a nivel de consumo energético de la empresa, antes y después de dichas acciones.

Debido a los costos crecientes de la energía, el monitoreo de parámetros relacionados con el consumo energético es necesario para poder llevar un control sobre los costos y gastos relacionados con este. Este punto pone en evidencia aún mayor la necesidad de realizar el análisis ABC para determinar como asignar el costo de generación de vapor (y otros vectores energéticos) a cada centro de consumo.

6.4.2 Indicadores energéticos relacionados con el consumo de vapor.

Los indicadores que se recomienda incorporar y realizar un seguimiento son los siguientes:

1. kg de Vapor (o toneladas de vapor) totales y por centros de consumo.
2. kg de Vapor / kg de Producto.
3. m³ de gas.
4. kg CO₂.
5. Rend. instalación de vapor.

6.4.2.1 kg de Vapor.

Este indicador resulta necesario por todo lo comentado anteriormente. Resumiendo, se deben incorporar dispositivos de medición. Un esquema/cronograma sobre la introducción secuencial de sistemas de

medición e indicadores energéticos en una empresa, para lo que a kg de Vapor se refiere, se muestra en la Figura 6.58.



Figura 6.58. Esquema de introducción de dispositivos de medición e indicador de consumo de vapor en una empresa.

En una primera etapa, tal como se comentó anteriormente, se debe medir el consumo de generación de vapor.

En una segunda etapa, resulta menester segmentar el consumo de vapor entre la parte productiva y no productiva de la organización.

Debido a que el sector productivo será responsable de la mayor proporción de consumo, en una tercera etapa resulta conveniente segmentar el consumo para conformar indicadores de cada línea de producción. Esto servirá además para realizar el mencionado costeo ABC.

Finalmente, y opcionalmente, se podrá conformar un indicador de consumo de vapor para cada sector no productivo. Esto se justificará en función del consumo que este grupo tenga en su conjunto, y el potencial de ahorro.

6.4.2.2 kg de Vapor/kg de Producto.

Como se comentó, el mayor consumo de vapor es para el área de producción y resulta lógico pensar que un nivel creciente de producción (ergo mayor cantidad de producto final) implique mayor consumo de vapor.

Por ello, se recomienda vincular el consumo de vapor con la producción; ya que este indicador dará una medida de cuan eficiente es la instalación en relación a lo producido.

Un nivel creciente de consumo de vapor podría no significar mayores ineficiencias en el sistema de vapor, sino un nivel creciente de producción. Y de la comparación de este indicador a lo largo del tiempo, se podría concluir que a pesar del aumento del consumo de gas la empresa se ha vuelto mas eficiente en lo que a la instalación de vapor se refiere.

Lograr disminuir el consumo de vapor con un nivel creciente de producción implica una revisión mayor y a un nivel mas profundo de la instalación de vapor pero sobre todo, de los procedimientos utilizados en todos los equipos que consumen este fluido.

6.4.2.3 m³ de gas.

Se hace hincapié en el consumo de gas porque la mayoría de las calderas de tipo industrial utilizan este combustibles. Resulta el indicador más sencillo de incorporar, ya que la información de consumo es suministrada por la compañía de gas, en la boleta.

Esta información puede ser utilizada para establecer el rendimiento de la caldera.

6.4.2.4 kg CO₂.

Este es un indicador tanto ambiental como energético ya que, como se verá mas adelante, para su determinación se debe partir del consumo de gas.

El CO₂ es uno de los principales gases de contaminación industrial, gran responsable del efecto invernadero cuya consecuencia es el cambio climático. Dado que este es un problema ambiental global, es decir que sin importar

quien sea el causante afecta a todo el mundo, las empresas deben tomar precauciones a la hora de diseñar sus procesos productivos para minimizar dichas emisiones. Se analiza el CO₂ por ser el gas más representativo, pero en realidad son muchos los componentes gaseosos que impactan sobre el ambiente.

Como la generación de vapor está basada en el consumo de gas natural toda optimización de una instalación impactará en dicho consumo y por ende también en las emisiones.

El cálculo que se debe realizar para poder convertir el consumo de gas en Kg CO₂ implica el uso de constantes⁴¹, ya que las propiedades del gas natural no son uniformes ni invariables.

A continuación se introducen todas las constantes (y las unidades) que son necesarias.

$$36.000 \text{ BTU/m}^3$$

BTU⁴²: unidad térmica británica, de gran aplicación en el campo energético especialmente en lo referido al gas natural.

$$1055,05585 \text{ Joule/BTU}$$

$$0,0000503 \text{ gCO}_2/\text{Joule}$$

Como punto de partida, tal como se dijo, se necesita la información provista por la compañía de gas referida al consumo de m³ de gas por período (se saca por diferencia ya que en la factura se indica el acumulado).

Debido a la magnitud de los valores, es común hablar de KgCO₂ en lugar de gCO₂. Para ello se debe dividir el valor de gCO₂ por mil (1000).

⁴¹ Fuente: www.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas y www.crisisenergetica.org.

⁴² BTU: es la cantidad de calor necesaria para aumentar en 1 grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua en su máxima densidad (aproximadamente 39° F). Un millón de BTU equivale a 27,8 m³ de gas.

A modo de ejemplo, se toma el caso de una industria manufacturera grande (más de 500 empleados), que utiliza vapor para calefacción de procesos y oficinas. Los resultados se puede observar en las Tablas 6.12 y 6.13.

	m ³ Gas natural
Consumo mensual	136.080

Tabla 6.12. Consumo mensual de Gas natural, en m³.

Aplicando los coeficientes antes explicados:

BTU	4.894.964.029,00
Joules	5,16*10 ¹²
g CO ₂	259.772.359,80
Kg CO ₂	259.772,36

Tabla 6.13. Aplicación de coeficientes para cálculo de kg CO₂.

6.4.2.5 Rendimiento de la instalación de vapor.

Del rendimiento de una instalación de vapor se comentó en la sección 6.3.6, y se propone incorporarlo al cuadro de indicadores de la empresa referidos a la energía y específicamente, a la instalación de vapor.

6.4.3 Otros indicadores energéticos.

Debido a la importancia que posee en todas las industrias, supervisar el consumo de energía eléctrica en pos de su optimización también contribuirá a la competitividad de la organización. Por ello, resulta indispensable aplicar todas las técnicas, políticas y estrategias aquí comentadas sobre establecer centros de consumo no solo para el vapor, sino también para la energía

eléctrica.. Así mismo, el costeo ABC resulta una técnica indispensable a aplicar ya que las bases de prorrato de los gastos de energía eléctrica tampoco suelen ser científicas.

Se recomienda incorporar los indicadores:

- KWh y KWh/ kg de Producto.

6.5 MODIFICAR LA ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACION

6.5.1 Introducción.

A pesar de que cada empresa posee una estructura única, una estructura tradicional (para lo que al área de planta se refiere), se muestra en la Figura 6.59.

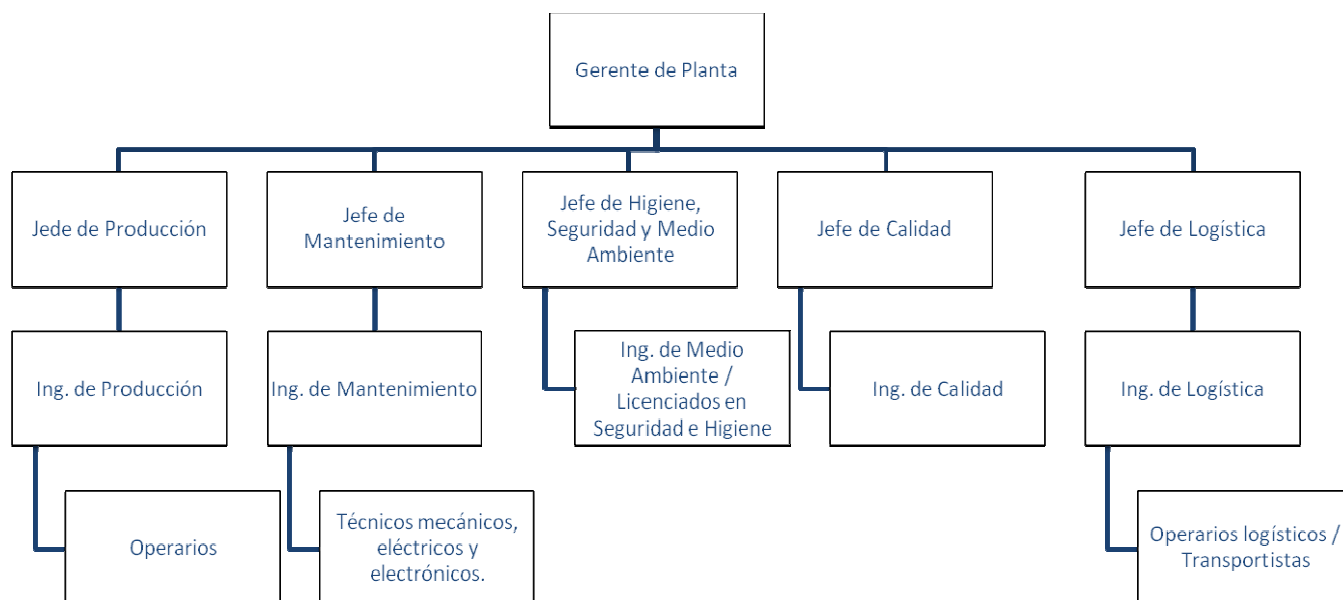


Figura 6.59. Estructura organizacional para el área de producción

De acuerdo al tamaño de la organización, podrá existir así mismo un área de Ingeniería y Servicios a Planta como una gerencia aparte. También podría darse el caso de que algunas de las jefaturas arriba definidas sean gerencias autónomas. Lo importante es que en ese caso, aumentaría en un nivel la organización, introduciendo la figura de Director de Planta u Operaciones.

Los costos energéticos representan una importante porción de los Gastos Generales de Fabricación de cualquier industria, tal como se viene comentando en este Capítulo 6.

Además, en lo que a energía se refiere (sea electricidad o gas) están directamente relacionados con el volumen de producción por lo que el monitoreo y gestión de la energía y las instalaciones implicadas debe ser una actividad cotidiana por parte de las empresas. Ahora bien, ningún ciclo de mejora continua u otra estrategia orientada a la optimización puede llevarse a cabo sin la estructura o los recursos, ya que en esos casos se malgastarán otros.

6.5.2 Propuesta.

Por todo lo antes comentado, se propone incorporar en las estructuras organizacionales un responsable explícito de energía y eficiencia energética; quién a su vez debería tener recursos humanos y económicos a su disposición. La estructura con la mencionada modificación queda como se muestra en la Figura 6.60.

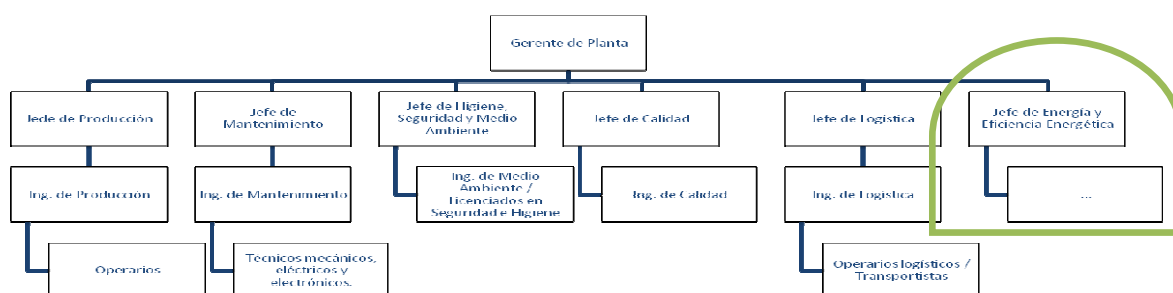


Figura 6.60. Estructura organizacional modificada.

El detalle de la nueva parte de la estructura se aprecia en la Figura 6.61.

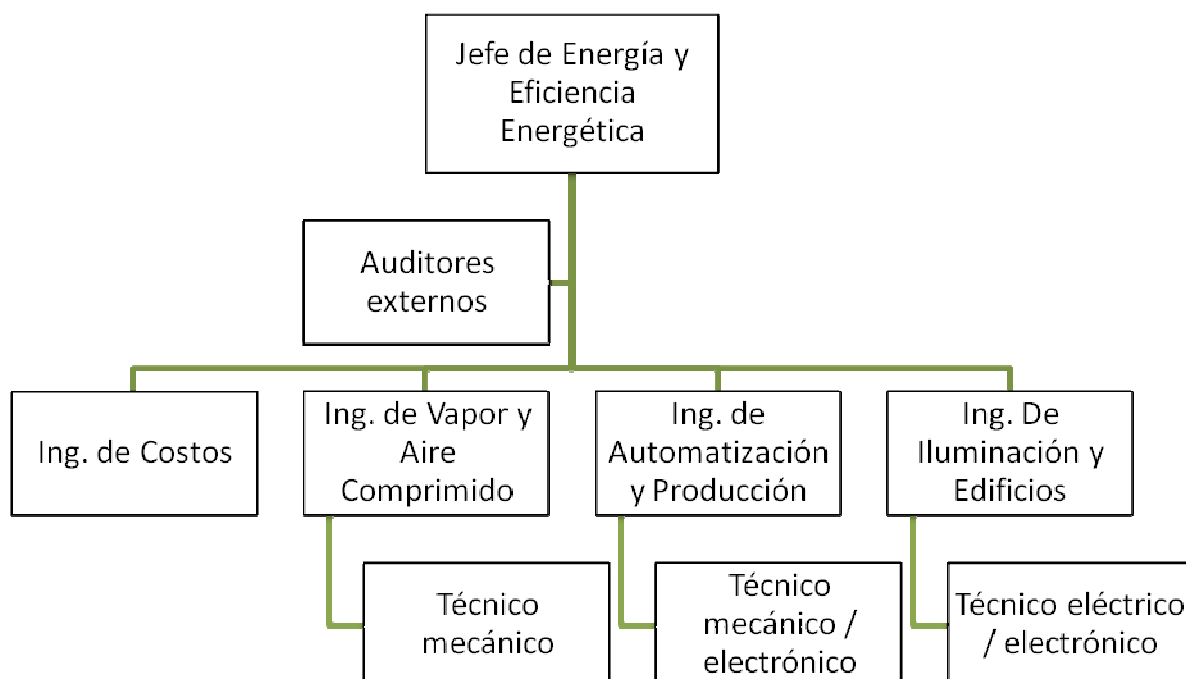


Figura 6.61. Detalle de Jefatura de Energía y Eficiencia Energética.

La agrupación responde a optimizar los conocimientos y experiencia potencial de cada rol.

Responsabilidades:

- Jefe de Energía y E. E.: deberá gestionar el equipo de trabajo, buscar y llevar a cabo proyectos de eficiencia energética y demostrar por medio de indicadores los resultados obtenidos.
- Ing. de Costos: controlar financieramente y económicamente los proyectos que se lleven a cabo dentro del área. Así mismo, será responsable por la elaboración de pliegos para adquisición de repuestos y el control del pago a proveedores.
- Ing. de Vapor y Aire Comprimido: controlar y mantener (desde un punto de vista energético) las instalaciones de vapor y aire comprimido de la planta. Podrá tener a cargo técnicos mecánicos para llevar a cabo las tareas.

- Ing. de Automatización y Producción: controlar y mantener las instalaciones de producción y automatismos. Abarcas los circuitos hidráulicos y neumáticos (de existir). Podrá tener a cargo técnicos mecánicos y / o electrónicos para llevar a cabo las tareas.
- Ing. de Iluminación y Edificios: controlar el consumo para iluminación y en otras áreas de la empresa (como ser administración, gerencia, etc.). Podrá tener a cargo técnicos eléctricos y / o electrónicos para llevar a cabo las tareas.

Algunas empresas, las de primer nivel tanto nacional como internacional, han incorporado la jefatura o hasta gerencia de energía, por lo que esto demuestra que la modificación de la estructura puede llevarse a cabo en pos de optimizar el consumo energético y los gastos que se derivan. Como ejemplo se tiene a la refinería de YPF o Peugeot-Citroen.

6.5.3 Relación con otras áreas.

Para evitar superposiciones que provoquen interferencias, se deberá:

1. Establecer claramente roles y límites de cada área.
2. Implementar una estrategia y forma de trabajo que haga que todas las jefaturas (en este caso) vean la conveniencia de trabajar en conjunto y especialmente con la recién incorporada.

Hoy en día, en caso de que existan acciones por parte de las empresas referidas a la eficiencia energética, al no existir un responsable explícito son las demás jefaturas las que deben llevar a cabo dichas tareas, muchas veces no de forma óptima.

La incorporación de esta jefatura permitirá que las otras se enfoquen y concentren en sus actividades, de forma que toda la organización ganará en eficiencia.

Las dos jefaturas donde mayor impacto se observará son:

Jefatura de Mantenimiento: se podrá concentrar en las actividades de mantenimiento correctivo y preventivo. El análisis que realice el área de

energía brindará información constante para ajustar las frecuencias y los períodos de los trabajos preventivos.

Jefatura de Higiene, Seguridad y Medio Ambiente: se podrá concentrar en las acciones de referidas a seguridad e higiene de la planta. Esto es de vital importancia ya que detrás de un incidente o accidente laboral hay importantes cuestiones económicas y de costos. Esta jefatura se verá beneficiada por las acciones que el sector de energía lleve a cabo, ya que de existir indicadores ambientales estos reflejarán las mejoras.

Por otro lado, las acciones del sector de energía, al ayudar a optimizar los recursos de mantenimiento, impactarán sobre los tiempos de producción. También debe tenerse presente que, tanto los departamentos de Costos como Finanzas dentro de las organizaciones se verán beneficiadas ya que la optimización energética implica además un ahorro económico.

El departamento de Marketing puede utilizar la preocupación de la empresa respecto al tema energético para transmitirlo a los consumidores, creando así una imagen de marca distinta respecto de la competencia.

Finalmente, el departamento de Recursos Humanos y Comunicación podrá apalancarse en las estrategias de ahorro energético llevadas a cabo en la planta para promover el ahorro en otros sectores, lo que traerá como beneficio un mayor ahorro económico.

Se crea una relación win-win dentro de jefaturas de la organización, lo que genera beneficios para todas las partes.

Para finalizar con esta propuesta, el hecho de crear esta nueva área organizativa puede generar también ventajas para la empresa no solo respecto a los competidores del mercado local, sino también respecto a otras subsidiarias de la misma empresa, asegurando así la permanencia de la fábrica local y los puestos de trabajo (implicación de gran importancia social que no es menor).

A pesar de que realizar un cambio organizaciones no es proceso fácil, el disparador de esta propuesta es la necesidad de crear un área que sea responsable por la optimización energética y no simplemente justificar una nueva jefatura.

6.5.4 Gestión del cambio organizacional.

La incorporación de una nueva jefatura dentro de una organización ya establecida no es un proceso simple, ya que habrá que lidiar con la resistencia al cambio. Sin embargo, y tal como se dijo, algunas empresas ya han desarrollado esta modificación con gran éxito.

Para facilitar el cambio, se deberá encarar un proceso de traspaso de una organización *en chimenea* (muy común en occidente), ya que en esta los intereses de cada área prevalecen por sobre los de la empresa. Se deben priorizar los intereses de la organización, sin olvidar los propios de cada área. En pos de esto, se deben crear estructuras matriciales, con departamentos transversales.

La acción de Recursos Humanos, además de la selección del personal acorde al puesto será la de crear un *entorno psicológico positivo*, para poder llevar adelante el proceso de cambio. Esto consiste básicamente en demostrar las ventajas de la incorporación de la nueva posición, y creando un espacio para que aquellas personas que tengan dudas respecto de su necesidad puedan expresarse y satisfacer sus inquietudes. Siempre existirán detractores del cambio, pero estos serán los menos.

De los posibles *disparadores* del cambio, en el caso de incorporar esta nueva jefatura para contribuir a la optimización energética son aplicables dos:

- Exigencias del medio ambiente: el cambio climático es una realidad y se deben tomar acciones para frenarlo. La optimización energética es una solución rentable en el corto plazo.
- Insatisfacción con la situación presente, energéticamente hablando: en la mayoría de las industrias no existen planes de optimización energética; lo que da lugar a grandes posibilidades de mejora.

6.5.4.1 El rol de la gerencia.

El proceso de cambio solo podrá llevarse a cabo si existe un liderazgo efectivo por parte de los altos mandos; para ello se deberá tener el compromiso de todas las jefaturas y gerencias “tradicionales” para aceptar esta nueva parte de la organización o la formalización de una parte que era llevada a cabo de manera informal.

Definido el liderazgo, se podrá establecer una visión de los planes de acción y finalmente el proceso de cambio.

Los planes de acción deberán estar aprobados por todos los afectados por el cambio, y tener bien definidos los siguientes ítems:

- Objetivos
- Acciones
- Tiempos y fechas
- Responsables

A pesar de la indelegable responsabilidad de los altos mandos en el proceso de incorporar la nueva jefatura, debe existir una retroalimentación desde el personal. Esto creará un círculo virtuoso para que el proceso pueda ser llevado a cabo y exista una aceptación por parte de toda la organización.

Esquemáticamente, el proceso se muestra en la Figura 6.62.

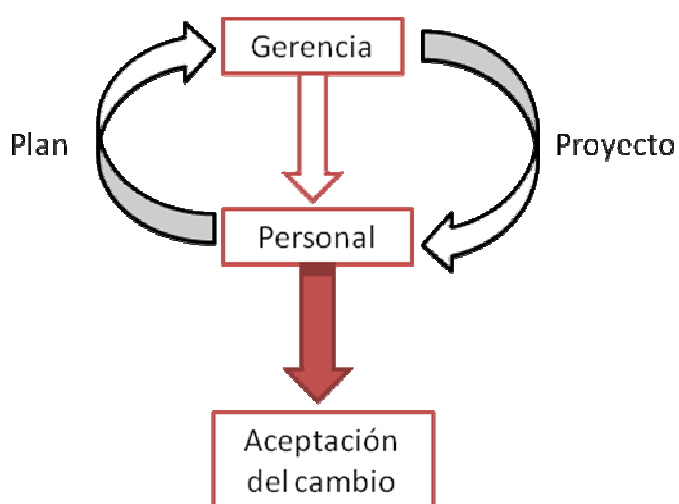


Figura 6.62. Esquema de generación de un cambio en la organización.

La gerencia debe comunicar de forma temprana el proyecto al personal, para que este contribuya en la elaboración de los planes de acción y se genera así una mejor aceptación del cambio que se va a producir.

La optimización energética, esta ampliamente demostrado, contribuye a reducir los costos y mejorar la competitividad de las empresas por ello la creación de esta jefatura puede ser una alternativa frente a una reducción de personal; ya que en el mediano plazo se vislumbrarán resultados que justificarán dicha incorporación.

6.5.5 Oferta académica para cubrir el rol de Jefe de Energía y Eficiencia Energética.

Respecto de la oferta académica actual para cubrir el rol de Jefe de Eficiencia Energética, únicamente la Universidad de San Martín posee una carrera de grado orientada a la Energía: Ingeniería en Energía.

A continuación se listan las materias de la carrera de Ing. en Energía que son específicas y no están incluidas en un plan de Ing. Industrial tradicional

Cuarto cuatrimestre:

Energía y Medio Ambiente I

Quinto cuatrimestre:

Química orgánica

Séptimo cuatrimestre:

Energía y Medio Ambiente II

Producción, transporte y distribución de combustibles

Energía Nuclear

Octavo cuatrimestre:

Ahorro, eficiencia y uso racional de la energía

Producción, transporte y distribución de energía eléctrica

Política y Gestión Energética

Planeamiento y Organización de los Servicios Energéticos

Noveno cuatrimestre:

Marcos regulatorios y Legislación energética

Evaluación de Impacto Ambiental

Producción de Energía por fuentes no Convencionales

Décimo cuatrimestre:

Práctica Profesional Supervisada

Proyecto final integrador

Si se observa el plan de estudios de dicha carrera, se pueden observar grandes similitudes con el plan de Ing. Industrial del ITBA, por lo que se concluye que se podría incorporar una especialización enfocada en la energía y la eficiencia energética dentro de esta carrera.

6.5.5.1 Plan de materias de la especialización en Energía y Eficiencia Energética dentro de la carrera de Ingeniería Industrial.

Carreras electivas obligatorias para la especialización en Energía y Eficiencia Energética:

- Energía y Medio Ambiente.
- Producción, transporte y distribución de combustibles.
- Producción, transporte y distribución de energía eléctrica.
- Política y Gestión Energética.
- Planeamiento y Organización de los Servicios Energéticos.
- Evaluación de Impacto Ambiental.
- Producción de Energía por fuentes no Convencionales.

Seminarios de actualización tecnológica (SAT`s) a cursar para acceder a la especialización:

- Marcos regulatorios y Legislación energética.
- Energía Nuclear.
- Ahorro, eficiencia y uso racional de la energía.

Si bien figuran dos (2) materias más que las electivas que se cursan en la carrera de Ing. Industrial del ITBA, esto se compensa con la realización de tres (3) Seminarios menos. Finalmente, el Proyecto final de Ingeniería Industrial deberá estar orientado al tema energético.

Se puede llegar a pensar que la creación de una carrera o especialización de este tipo puede traer consecuencias negativas por existir una superposición de conocimientos con otras carreras como Ing. Ambiental o Mecánica (por nombrar algunas), pero esto debe entenderse como una ventaja competitiva ya que existirá un mayor entendimiento entre profesionales dentro de las empresas.

En el ITBA ya existe una focalización dentro de la carrera de Ing. Industrial, hecho que potencia y permite pensar que la propuesta de crear la mencionada focalización en Energía y Eficiencia Energética puede llevarse adelante.

Así mismo, por el resto de materias que se dictan en el Instituto es posible encontrar docentes para satisfacer todas las necesidades de conocimientos y experiencia asociadas a la incorporación de esta nueva especialización.

6.6 DETERMINACION DEL COSTO DE GENERACION DE VAPOR

6.6.1 Introducción.

El costo de la generación de vapor es un parámetro que se debe tener para poder realizar el análisis de cualquier proyecto de mejora y optimización energética; ya que todo análisis está basado en comparar la inversión a realizar y compararla contra los ahorros potenciales; teniendo en cuenta el valor tiempo del dinero.

Se puede hablar del costo por tonelada de vapor o kg de Vapor; todo depende de la magnitud.

6.6.2 Ítems a considerar para determinar el costo de generación del vapor.

El cálculo del costo de la tonelada de vapor no esta compuesto únicamente por le costo de Gas, sino que además debe incluir los siguientes ítems:

1. Sueldo de Foguistas y demás personal de caldera.

Si el/los Foguistas y otro personal realizan además otras tareas, se deberá buscar una forma de separar las horas de trabajo para asignar los costos únicamente relacionados con la instalación de vapor. Ahora bien, dado que el

Foguista debe estar de todas formas por normativa; se puede despreciar esto e incluir el total. El sueldo no es el que percibe/en el/los individuo/os; sino el que representa para la empresa.

2. Gastos Mantenimiento de la Caldeas, inspecciones, etc.

Incluye las inspecciones de seguridad que deben realizarse periódicamente para cumplir con la legislación, tareas de limpieza, etc.

3. Consumo de agua.

Dado que se conoce el costo total de agua (proveído este por la empresa que presta el servicio); y como se conoce el caudal de agua de reposición en la caldera (ya que como se comentó los equipos de tratamiento de agua, por lo general poseen un caudalímetro), se puede saber el costo del agua utilizada para la caldera.

4. Resinas para el tratamiento de agua a caldera.

El agua tratada que ingresa a caldera utiliza resinas u otros compuestos químicos, los cuales también deben contabilizarse para determinar el costo.

5. Mantenimiento de equipos de tratamiento de agua.

Incluir también todos los costos asociados a mantener los equipos de tratamiento de agua, incluidas las visitas de técnicos especializados y todos los costos asociados a dichas visitas (hospedaje, comida, traslado, etc.).

6. Consumo eléctrico.

Se debe incluir el costo de energía eléctrica asociado al movimiento del agua de alimentación a calderas, y demás equipos que resulten necesarios para la gestión de la generación de vapor.

7. Otras erogaciones.

Incluir todas aquellas erogaciones que sean necesarias para el funcionamiento de la instalación.

6.6.3 Metodología.

Se debe descartar toda información anterior a 2002 ya que la crisis que se produjo en Argentina hizo cambiar las condiciones macroeconómicas.

Se recomienda tomar datos de todos los ítems antes descriptos de un año calendario; y con esta información establecer un costo de la tonelada de vapor promedio (se promedian los doce valores mensuales); ya que si existe estacionalidad muy marcada en el consumo el resultado estaría distorsionado si se toma únicamente un período del año (como ser un trimestre o bimestre, por citar un ejemplo).

Todos los ítems descriptos en la sección 6.6.2 deben considerarse de forma anual. Resulta valioso realizar la comparación entre años; ya que así se podrá evaluar la tendencia del costo de generación de vapor a futuro (estimando la evolución de los ítems que lo componen).

Realizar este cálculo permitirá también conocer como impactan los ítems en el costo total (que porcentaje representa cada uno); poder definir así criterios y planes de acción que prioricen los centros de mayor consumo.

Una aclaración importante es referida a como comparar el posible ahorro de costos (producto de un ahorro en el consumo de vapor) contra las inversiones a realizar. Si durante el año la empresa sufre cortes de Gas, todos los costos asociados a suplir este gas con otro combustible o las pérdidas de producción derivadas de esto (valorizadas) deberán ser tenidas en cuenta.

6.7 INCORPORAR EQUIPOS PARA ELIMINACION DE AIRE DE LAS LINEAS DE DISTRIBUCION DE VAPOR

La importancia de eliminar aire es que este fluido posee buenas propiedades aislantes, y su presencia en la línea hace que disminuya la eficiencia de la transferencia de calor. El aire también debe ser eliminado porque este aire ocupa volumen que podría ocupar vapor. Para explicar esto desde un punto de vista termodinámico, se deben tener presente:

- Modelo de Dalton: cada componente de una mezcla se comporta como un gas ideal que ocupará el solo todo el volumen V a la temperatura T . De este modelo se llega a la ecuación 6.12.

$$p_i / p = y_i \quad (6.12)$$

Donde y_i es la fracción molar.

- Modelo de Amagat: cada componente de la mezcla se comporta como un gas ideal que existe a la presión p y la temperatura T de la mezcla. De este modelo se llega a la ecuación 6.13.

$$v_i / v = y_i \quad (6.13)$$

Donde y_i es la fracción molar

Relacionando ambas ecuación, se obtiene la ecuación 6.14.

$$p_i / p = v_i / v \quad (6.14)$$

De esta ecuación se concluye que en una mezcla ideal de gases, cada componente contribuye a la presión en la misma proporción que contribuye al volumen. Entonces, si se tiene una mezcla a 2 bar, con un 25% de volumen ocupado por aire; la presión absoluta del vapor será en realidad de 1,5 bar.

Las temperaturas de agua saturada (líquido vapor), a ambas presiones son:

- Vapor sin aire – 4 bar: 143,6 °C
- Vapor con 25% de aire – 3 bar: 133,6 °C

Se concluye así que la presencia de aire en la instalación reduce la temperatura para el intercambio de calor. Esto implicará que el proceso no se llevará a cabo como debería ser, en este caso por una menor temperatura que la de diseño. Por ello, para optimizar no solo el funcionamiento de las trampas de vapor sino de toda la instalación se deben incorporar equipos para eliminar el aire.

6.8 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE TRAMPAS DE VAPOR

Cuando se comentaron usos típicos del vapor en la industria, se hizo referencia a varios elementos que componen las líneas. Uno de esos elementos son las trampas de vapor.

Si bien todos los elementos de la línea deben monitorearse y mantener de acuerdo a un esquema preventivo, las trampas de vapor son de vital importancia ya que la experiencia indica que sin un plan de mantenimiento preventivo el rendimiento y funcionalidad de estos equipos disminuye rápidamente, haciendo que la instalación sea menos eficiente.

6.8.1. Falla de trampas de vapor.

El fallo de una trampa de vapor resultará una ineficiencia en el sistema tanto si es en modo abierto como en modo cerrado.

- Modo abierto: se produce una falla en la trampa de vapor que hace que no solo descargue condensado sino también vapor. Al ocurrir esto, la caldera comenzará a trabajar más para producir el vapor que se está desperdiciando, reduciendo así el rendimiento del sistema.
- Modo cerrado: la trampa deja de descargar. Esta falla es igualmente ineficiente para el sistema, ya que la transferencia de calor no se realizará como debe ser y nuevamente el rendimiento caerá. Ocasionará además ciclos de producción más largo que el estándar en procesos tipo batch o menor productividad en procesos continuos.

6.8.2. Necesidades energéticas de trampas de vapor.

Por tratarse de elementos mecánicos, se puede pensar que las trampas de vapor en si son elementos de disipación de calor y por ende pérdida de rendimiento de la instalación.

En caso de que la temperatura del vapor lo justifique, se podrán incorporar aislaciones térmicas desmontables en todos los componentes de la línea incluidos las trampas.

En el caso de temperaturas relativamente bajas, como ser 179, 9 °C para una presión de 10 bar (vapor saturado); la incorporación de dichas aislaciones puede no resultar económicamente viable en el sentido de que el retorno de la inversión se hará a muy largos plazos.

Pero sin embargo, las necesidades energéticas de las trampas resultarán insignificantes en comparación a los caudales de vapor producidos.

Realizar estos cálculos es un estudio complejo, pero a modo de referencia se introducirá uno publicado por la empresa SpiraxSarco realizado para trampas de ½" y presiones de vapor a 5 bar⁴³.

En las Tablas 6.14 y 6.15 se pueden ver las necesidades energéticas de trampas de vapor (TV), en kg de vapor/hora.

- Sin descarga.

	A través de la TV	Sin descarga desde la TV	Total
Termostáticas	0,50	0,50	1,00
Boya	0,00	1,40	1,40
Cubeta invertida	0,50	1,20	1,70
Termodinámica	0,50	0,25	0,75

Tabla 6.14. Necesidades energéticas de trampas de vapor *sin descarga*.

- Con descarga normal.

	Descarga normal desde la TV	Total
Termostáticas	0,50	0,50
Boya	1,40	1,40
Cubeta invertida	1,20	1,20
Termodinámica	0,25	0,25

Tabla 6.15. Necesidades energéticas de trampas de vapor *con descarga*.

⁴³ Estudio realizado conforme a Estándar Internacional ISO 7841 (1988) y Estándar Europeo CEN 27841 (1991) para determinación de pérdidas de vapor en una trampa de vapor automática.

En el caso de una instalación tipo de consumo masivo, donde el vapor es utilizado para un proceso químico, se tendrán las siguientes condiciones:

- Número de trampas tipo boya: 15 (de ½")
- Número de trampas tipo termodinámico: 12 (de ½")
- Presión de trabajo: 5 bar.
- Generación de vapor: 10.000 kg/hora continuo (24 hs/día, 350 días año).

En la situación más desfavorable, sin descarga, las necesidades energéticas del parque de trampas de vapor sería las indicadas en la Tabla 6.16.

	Núm. Trampas	Necesidad total (kg vapor/hora)
Boya	15	21
Termodinámica	12	9

Tabla 6.16. Necesidades de vapor para trampas de vapor.

Considerando la generación de vapor, el consumo de vapor destinado a satisfacer las necesidades energéticas de las trampas será el que se muestra en las Tablas 6.17 y 6.18.

Consumo para nec. energética total	30 kg vapor/hora
Generación	10.000 kg vapor/hora

Tabla 6.17. Comparación entre consumo energético de trampas y generación de vapor.

% Consumo para necesidad energética TV / Generación	0,30%
--	-------

Tabla 6.18. Consumo energético de las trampas comparado con la generación.

Solo el 0,3% de la generación total de vapor será destinado para satisfacer las necesidades energéticas de las trampas de vapor. Si se considera una instalación con pérdidas totales de 30% (lo que equivale a un rendimiento de 70%); el consumo destinado a la necesidad de la trampa de vapor solo representa el 1% de las pérdidas totales.

Dado que esta es una aplicación puntual, para que el análisis sea más útil y tenga mayor aplicación se analizará que el caso de que la misma instalación tuviera un parque de trampas de vapor cinco (5) veces más grandes, cosa que se refleja en las Tablas 6.19 y 6.20.

	Núm. Trampas	Necesidad total (kg vapor/hora)
Boya	75	105
Termodinámica	60	45

Tabla 6.19. Necesidades de vapor para trampas de vapor.

Consumo para nec. energética total	150 kg vapor/hora
Generación	10.000 kg vapor/hora

Tabla 6.20. Comparación entre consumo energético de trampas y generación de vapor.

% Consumo para necesidad energética TV / Generación	1,50%
--	-------

Tabla 6.21. Consumo energético de las trampas comparado con la generación.

En este caso, el consumo para las necesidades energéticas de las trampas de vapor en la condiciones de mayor consumo (sin descarga) es apenas el 1,50% de la generación total.

Este análisis resulta conservador porque no se consideró la posibilidad de que en algún porcentaje del tiempo las trampas estén descargando, cosa que se hizo a propósito para enfatizar el poco peso de este consumo sobre el total.

De aquí se concluye que el consumo energético que precisan las trampas de vapor para su funcionamiento no tendrá impacto alguno sobre la eficiencia de la instalación.

6.8.3 Plan preventivo de Trampas de vapor.

Para comenzar a desarrollar un plan preventivo de trampas de vapor se debe utilizar toda la información que se posee respecto a las frecuencias de rotura de estos equipos. La situación más desfavorable es cuando no existe información alguna; no solo de estas frecuencias sino de la cantidad y tipo de trampas de vapor que hay en el parque de la planta.

Por ello se recomienda realizar un recorrida para hacer un registro detallado del parque de trampas; las ventajas de hacer esto que se tendrá información sobre cada trampa de vapor. Con esta información se podrán analizar la conveniencia o no de estandarizar marcas y/o modelos (siempre que sea posible); a fin de mejorar la gestión del stock de estos repuestos.

La planilla recomendada para el registro de la información, una vez hecho el recorrido, se muestra en la Figura 6.63.

Plan de Eficiencia energética: relevamiento de Trampas de Vapor										
Sector	Ubicación	# Trampa	Tipo	Marca	Modelo	Conexión	Presión diferencial máxima	Temp. Máxima	Máxima presión de operación	Foto

Figura 6.63. Detalle de planilla para registro de información referida al parque de trampas de vapor.

A continuación se describen y explican cada uno de los ítems que componen dicha planilla.

- Sector: detalla en que sector de la planta se ubica la trampa de vapor. Esto ahorrará tiempo a la hora de realizar trabajos de mantenimiento correctivo y preventivo ya que evitará inconvenientes en la localización. Ejemplo: Sector: Usina.
- Ubicación: es una breve descripción de la ubicación precisa de la trampa. Ejemplo: debajo de la paila 4.
- # Trampa: numerar las trampas permite una rápida referencia a cada una de ellas, además de que tener contabilizada la cantidad será necesario para el análisis de pérdidas. Se recomienda numeración arábica consecutiva. Ver Figura 6.64.
- Tipo: tipo de trampa (de acuerdo al principio de funcionamiento). Ejemplo: termodinámica.
- Marca: sin hacer referencia a una marca específica, este dato es necesario para realizar el pedido en caso de necesitar un repuesto. Se recomienda establecer un acuerdo a largo plazo con un proveedor único de los dispositivos de la línea de vapor, para poder establecer mejores acuerdos comerciales.
- Modelo de trampa: para la rápida identificación de la trampa. Variará de acuerdo a la marca; ya que cada fabricante posee su propia codificación.
- Conexión: tipo de conexión de la trampa en la instalación de vapor.
- Presión diferencial máxima: este es un parámetro de diseño, que se determina de acuerdo a las necesidades de la instalación más un factor de seguridad.
- Temperatura máxima: ídem presión diferencial pero con la temperatura.

- Máxima presión de operación: parámetro de diseño, se determina de acuerdo a las necesidades de la instalación más un factor de seguridad.
- Foto: una fotografía de la trampa.



Figura 6.64. Trampa de vapor, con detalle de la numeración.

De existir esta planilla, se podrá reducir a unos minutos el tiempo empleado en la compra de los repuestos. Cabe destacar que la información de la planilla es la mínima que requerirá el proveedor de trampas de vapor. También se recomienda incluir *in situ* una tarjeta que resuma la información de cada trampa, como se muestra en la Figura 6.65.

Sector:	num
Ubicación:	
Tipo:	
Marca:	
Modelo:	
Conexión:	
Fecha	
Instalación:	
Presión diferencial máxima	BAR
Temperatura máxima	°C
Máxima presión de operación	BAR

Figura 6.65. Detalle de tarjeta de identificación de trampas de vapor.

Hecho esto, se deberá hacer un seguimiento del funcionamiento de las trampas de vapor a fin de determinar cuales funcionan correctamente y cuales no. Esto se hace utilizando técnicas de:

- Termografía.
- Ultrasonido.

A medida que se realicen estos estudios, de forma periódica y por personal capacitado, se irá ganando en información fundamental para confeccionar el mencionado plan.

La información fundamental que se debe poseer es la frecuencia de inspección y sobre todo, la frecuencia de cambio de las trampas. Algunas trampas pueden ser reparadas en los talleres de Mantenimiento de las plantas industriales.

Para que el plan de mantenimiento preventivo disponga de utilidad, el objetivo de conocer las frecuencias de cambio es poder cruzar esta información con las paradas de planta programadas; a fin de aprovechar al máximo estos tiempos. Se deberá tener en planta un stock de cada tipo de trampa de vapor; y realizar el cambio en los momentos programados. Luego, esa trampa que se retiró se estudiará y determinará si requiere reparación o debe descartarse. En caso de ponerse en condiciones, pasará a conformar el stock de trampas pero con la salvedad que debe tenerse presente que se trata de una trampa *usada*.

Muchas empresas que comercializan trampas de vapor disponen de información respecto a la durabilidad de las trampas, para un rango de condiciones de funcionamiento.

6.9 Metodología para el análisis de pérdidas en instalaciones.

En la mayoría de los casos, puede presentarse una rotura en alguna parte de la instalación. Las causas de esto son diversas. Esta fisura ocasionará que parte del vapor se pierda, restándole así rendimiento a la instalación. Resulta útil poder mensurar dicha pérdida, aunque sea por unidad horaria.

Se adopta como hipótesis, para aplicar el desarrollo que se muestra a continuación, que el orificio por el que sale vapor es perfectamente circular.

Entonces, para estimar el caudal de vapor que se pierde por el mal funcionamiento de la trampa se hará utilizando la ecuación 6.15; de Napier⁴⁴:

$$\text{Caudal másico de vapor} = 51,43 \cdot \text{Área}_{\text{orificio}} \cdot \text{Presión}_{\text{vapor}} \quad (6.15)$$

Las unidades de los términos que intervienen en la ecuación 6.15 se puede observar en la Tabla 6.22.

Parámetro	Unidades
Constante	$\frac{\text{lb}_m}{\text{lb} \cdot \text{h}}$
Área	in^2
Presión	$\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$
Caudal másico de vapor	$\frac{\text{lb}_m}{\text{h}}$

Tabla 6.22. Unidades de la ecuación de Napier.

Esta ecuación tiene validez cuando se trata de vapor saturado.

Aceptando como válida la ecuación; se deberá establecer una metodología para poder estimar que porcentaje del tiempo están en uso las trampas de vapor. Respecto a la determinación de las trampas de vapor que están funcionando de forma incorrecta, el mejor método es el visual; esto quiere decir realizar una inspección ordenada del parque de trampas de vapor; cuidando de que al momento de realizarlo los circuitos de vapor estén funcionando ya que de lo contrario no se obtendrá información confiable. Para transformar las libras másicas/hora en kg/hora (unidad del Sistema Internacional); se debe multiplicar el resultado por 0,453 kg/lb.

⁴⁴ Esta ecuación y su aplicación en el ámbito de la optimización energética han sido extraídas de informes presentados por la Agencia de Energía de Estados Unidos – División Eficiencia Energética y Energías Renovables.

6.10 Aplicación de herramientas de la ingeniería industrial para el análisis de instalaciones de vapor

6.10.1 Gestión de stock de trampas de vapor y otros componentes de las líneas de distribución de vapor y retorno de condensado.

En la gestión de stock se definen los repuesto tipo A, B o C; siendo A los que representan el mayor porcentaje de capital inmovilizado y C el menor. Un set de trampas de vapor podrá ubicarse en la categoría B o C; y el costo relativo respecto a una instalación de vapor (con o sin el equipo generador) resulta bastante inferior.

Dado que un mecánico o técnico especializado puede realizar el reemplazo de la trampa en 2 o 3 horas; dependiendo de la ubicación y tamaño de la misma; se recomienda tener en planta stock de cada una de las trampas de vapor (tipos). Es aquí donde la estandarización antes mencionada resultará clave; ya que si *todas* las trampas fueran distintas no resulta práctico tener en stock un parque igual al instalado.

No resultan aplicables las fórmulas de lote óptimo porque no se puede hablar de una demanda de trampas de vapor a lo largo del tiempo, pero si se puede concluir que el tiempo de parada de un proceso o línea productiva por el faltante de un reemplazo representa una pérdida mucho mayor que el capital inmovilizado en stock para las trampas.

Lo mismo sucede con los demás componentes de las líneas, como ser filtros y válvulas. Nuevamente, la estandarización logrará disminuir el capital inmovilizado.

Se debe disponer de un control del stock, de forma que cuando se deba reemplazar una trampa (sea por mantenimiento preventivo o, en el peor caso, correctivo) se active automáticamente un mecanismo para obtener el reemplazo. La utilización de las tarjetas antes mencionadas ayuda en este sentido, ya que al comprador se le puede acercar la misma indicándole que se debe gestionar la compra de esta trampa. Mientras mas información se disponga para realizar la misma, más rápida y sencilla será la comunicación entre la empresa proveedora y la planta.

6.10.2 Ciclo de mejora continua para el seguimiento de los indicadores.

Establecidos los dispositivos de medición, y elaborados los indicadores energéticos se debe proceder a usar dicha información para optimizar la instalación de vapor; a fin de aumentar la eficiencia de la misma y minimizar los costos asociados a la generación.

Un mecanismo útil de aplicar es el ciclo de mejora continua de Shewhart⁴⁵, el cual se muestra en la Figura 6.66.

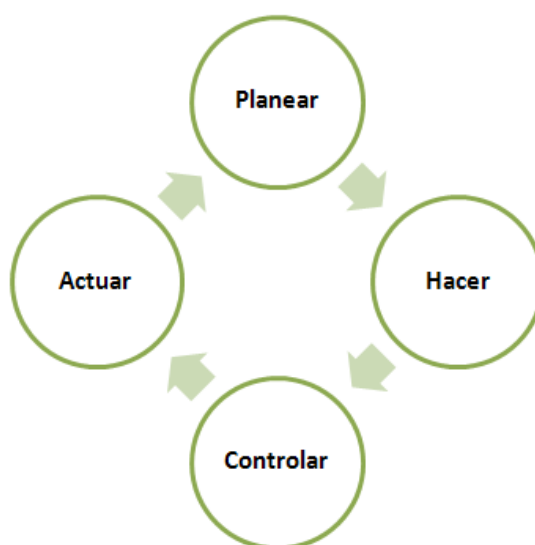


Figura 6.66. Ciclo de Shewhart, también conocido como de mejora continua.

Observada la necesidad de tomar acciones para optimizar la instalación, se debe realizar un plan.

Este plan debe ser tanto a nivel estratégico como operativo; estableciendo fechas, responsables, objetivos y metas.

Luego se debe llevar a cabo este plan, que consiste en transformarlo en acciones concretas. Será posible que se necesite capacitar personal para materializar el plan; este último aspecto no debe perderse de vista ya que sino los resultados no serán los esperados.

⁴⁵ Deming fue quien popularizó este ciclo, pero el autor arriba mencionado es quién lo desarrolló.

Una vez que el plan se materializó, se debe controlar el funcionamiento. Para ello se deben utilizar los sistemas de medición que la empresa posea. En caso de que existan discrepancias con el plan original se actúa para corregir esta desviación.

Cabe destacar que si bien a priori el ciclo parece sencillo; llevarlo a la práctica es una tarea sumamente difícil ya que muchas veces se deben balancear objetivos opuestos.

Con este ciclo se debería lograr cumplir con los estándares definidos por la organización, los cuales se reflejaran en el tablero de control.

6.10.3 Establecer procedimientos para manejo de las instalaciones de vapor – gestión del conocimiento.

En muchas plantas industriales, los procedimientos para la utilización de la instalación de vapor son tácitos. Esto quiere decir que no están documentados; y muchas veces el personal encargado de la operación no ha sido formalmente capacitado.

Un procedimiento se puede definir como una secuencia de pasos, debidamente ordenados, que permiten llevar adelante una operación en el área de procesos cuyo objetivo final es poder utilizar el vapor para un uso industrial. Este, además de definir los métodos establece los tiempos y aspectos de seguridad que deben tenerse en cuenta (sumamente importantes cuando se trata de instalaciones de vapor). Dichos procedimientos deben estar debidamente documentados, y en caso de existir algún sistema integrado de gestión deberán estar incorporados al mismo.

Pero la utilidad de estos procedimientos radica en que los operarios los incorporen y respeten; ya que de no hacerlo se pierde trazabilidad en la búsqueda y solución de fallas.

Por ello, también se debe crear un procedimiento para divulgar, enseñar y finalmente evaluar (en forma periódica) a los operarios en pos de asegurar que los procedimientos referidos a la utilización de las instalaciones de vapor son seguidos.

Para la confección de dichos procedimientos, deberán participar tanto los departamentos de Ingeniería (en caso de existir) como así también el de Mantenimiento.

Una herramienta útil a utilizar en este caso son las llamadas LUP: lecciones de un punto. Se trata de herramientas gráficas que tienen por objetivo divulgar

conocimiento desde los operarios más experimentados hacia los legos. Se recomienda que sean desarrolladas a mano alzada; ya que de esta forma se acelera el proceso de creación. Tanto el tamaño como la ubicación deben estar definidos por quienes las utilizarán a posteriori; y se debe crear un registro de capacitación ya que la lección será enseñada por los técnicos expertos (sean de la compañía o no). Un ejemplo de una LUP se puede apreciar en la Figura 6.67.

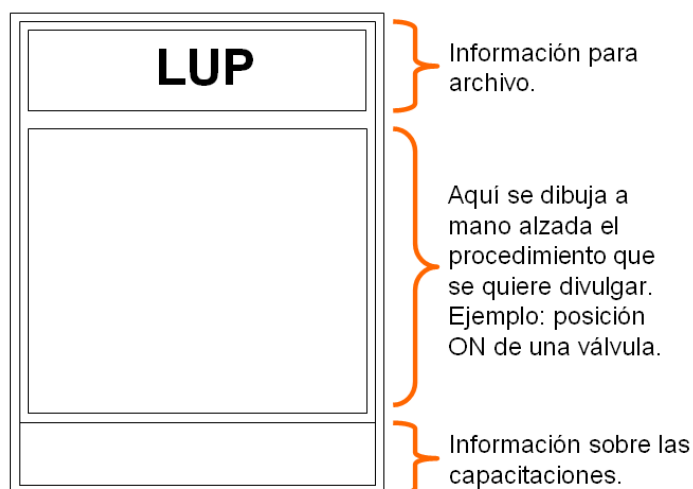


Figura 6.67. Ejemplo esquemático de LUP.

En el encabezado de una LUP, se debe incluir información referida a la lección en sí, como ser:

- Área de la empresa donde se debe aplicar.
- Numero de LUP (para control).
- Quién la desarrolló.
- Que manuales se utilizaron para su confección.
- Otros que sean competentes.

En el cuerpo principal, como se comentó, debe ir un dibujo a mano alzada que, de forma esquemática, muestre lo que se quiere comunicar.

En la parte inferior, debe figurar la información referida a las capacitaciones:

- Quién dictó la capacitación.
- Quién recibió la capacitación.
- Fecha.
- Firma

Las LUP no deben tomarse como mero trabajo administrativo, sino que son un documento vivo que, en caso de elaborarse correctamente, poseen gran utilidad práctica. Dicha utilidad se pone en mayor evidencia cuando se debe capacitar a personal nuevo; ya que de esta forma no se depende únicamente de la experiencia de los operarios más antiguos. Esto último se suele conocer como gestión del conocimiento.

Respecto a la evaluación de los operarios, el procedimiento puede llevarse a cabo tal como muestra la Figura 6.68.

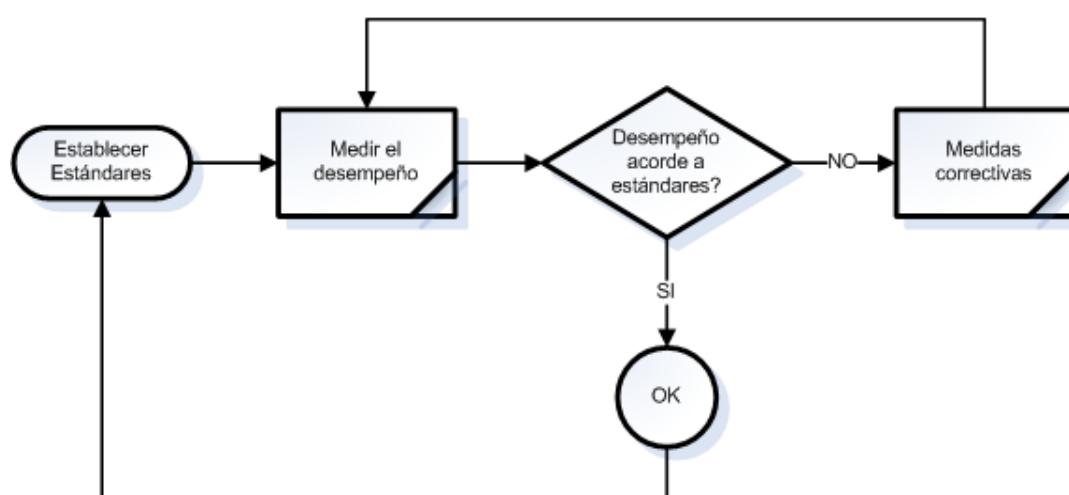


Figura 6.68. Procedimiento de evaluación.

En primera instancia se deben establecer los mínimos estándares que se le solicitarán al operario. A continuación; se medirá el desempeño con una evaluación. Dicha evaluación no debe ser un mero trámite, sino que realmente tiene que poseer la finalidad de medir el desempeño del operario. Desde ya que la misma debe abarcar tanto aspectos prácticos como teóricos; es por ello que también se recomienda realizar módulos de simulación para que los operarios puedan rendir.

Se debe evaluar la conveniencia económica de que lo antes descripto sea realizado por personal de la empresa o se convoque a especialistas externos.

En caso de que el desempeño del operario no cumpla con los estándares, se le comunicará de forma personal (para evitar afectar su moral y autoestima); y se tomarán las medidas necesarias para que pueda aprender aquellas cuestiones en las que falló. Resulta fundamental que se vuelva a realizar la instancia de evaluación; ya que esto tendrá un efecto psicológico positivo porque el operario habrá podido superar un estándar.

Primero se deben establecer los estándares. Puede ocurrir que al realizar las mediciones, estas estén totalmente desbalanceadas respecto de los estándares previamente definidos pero esta situación ocurrirá cuando se trate de proyectos “nuevos”; ya que de caso contrario existirán personas dentro de la organización que podrán servir de guía para establecer dichos estándares. En el caso que el estándar este bien definido, se lo comparara con la medición y en caso de que existan diferencias significativas, se tomarán las medidas correctivas necesarias para lograr cumplir con dicho estándar. Este proceso no es estático ni se debe realizar una vez, ya que una vez alcanzado el objetivo se deberán revisar los estándares a fin de proponer un nuevo objetivo.

6.10.4 Análisis de Pareto de los centros de consumo de vapor.

En análisis de Pareto establece una metodología que permite identificar aquellos centros de consumo de vapor que representan el mayor costo, para proceder a desarrollar oportunidades de mejora.

El principio establece que el 20% de los centros de consumo serán responsables del 80%. Por eso también se lo conoce como principio 80-20.

Para clarificar se introduce el siguiente ejemplo:

Una planta industrial posee medición segmentada del consumo de vapor (promedio anual); y los sectores y el consumo de cada sector son los que se observan en la Tabla 6.23.

Sector	Consumo (kg Vapor/año)	% Total
Producción 1	34352	25,44%
Producción 2	37168	27,52%
Producción 3	9852	7,29%
Producción 4	25980	19,24%
Administración	5368	3,97%
Marketing	5879	4,35%
Finanzas	6582	4,87%
Otros	9875	7,31%
Total	135056	100,00%

Tabla 6.23. Consumo de vapor por sector.

Este análisis se basa en que las posibilidades de mejoras suelen ser mayores en aquellos sectores que son responsables del mayor % de consumo; y en que el impacto de una reducción de, por ejemplo, 5% en un sector que consume el 30% resulta mucho mayor en el total que la misma reducción porcentual (5%) pero en un centro que consume el 2% del total. En el caso del ejemplo, 3 sectores (el 37,5% del total) son responsables de casi el 73% del consumo. Esto se resume en la Tabla 6.24.

Producción 1	25,44%
Producción 2	27,52%
Producción 4	19,24%
Total	72,19%

Tabla 6.24. Sectores que, en sumatoria, consumen casi el 73% del total.

Ahora se han identificado las 3 áreas claves sobre las que se deben realizar procesos de mejora para reducir el consumo.

Esta metodología es aplicable a los centros de consumo de todas las fuentes de energía de la empresa.

Una forma de visualizar esto es mediante un gráfico, para lo cual primero se debe calcular el porcentaje de consumo acumulado, en orden individual decreciente como muestra la Tabla 6.25.

Sector	% Consumo	% Acumulado
Producción 1	27,52%	27,52%
Producción 2	25,44%	52,96%
Producción 4	19,24%	72,19%
Otros	7,31%	79,50%
Producción 3	7,29%	86,80%
Finanzas	4,87%	91,67%
Marketing	4,35%	96,03%
Administración	3,97%	100,00%

Tabla 6.25. Acumulado de consumo de vapor.

Si se grafica la información de la Tabla 6.25, respecto de los acumulados, se obtiene un resultado como el de la Figura 6.69.

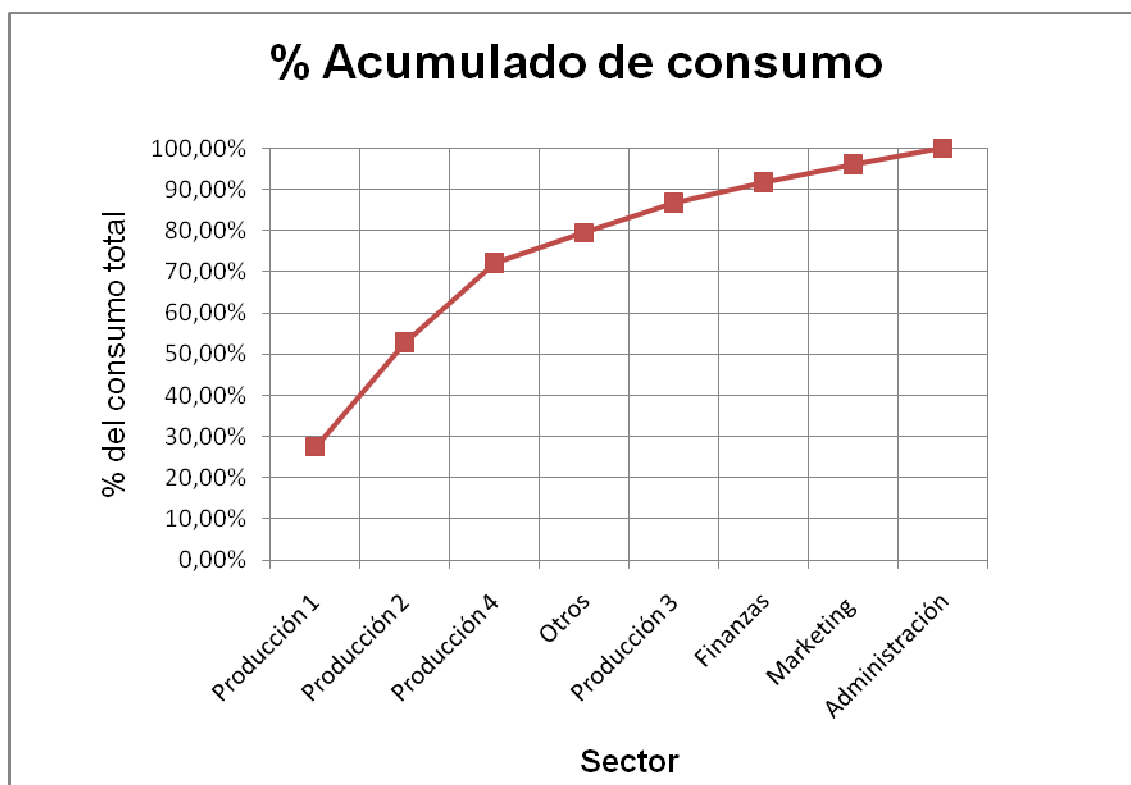


Figura 6.69. Gráfico de consumos acumulados.

En este caso también es posible identificar centro de consumo tipo A, B o C (como se comentó respecto al stock de trampas de vapor en la sección 6.3.8). Esto se observa en la Figura 6.70.

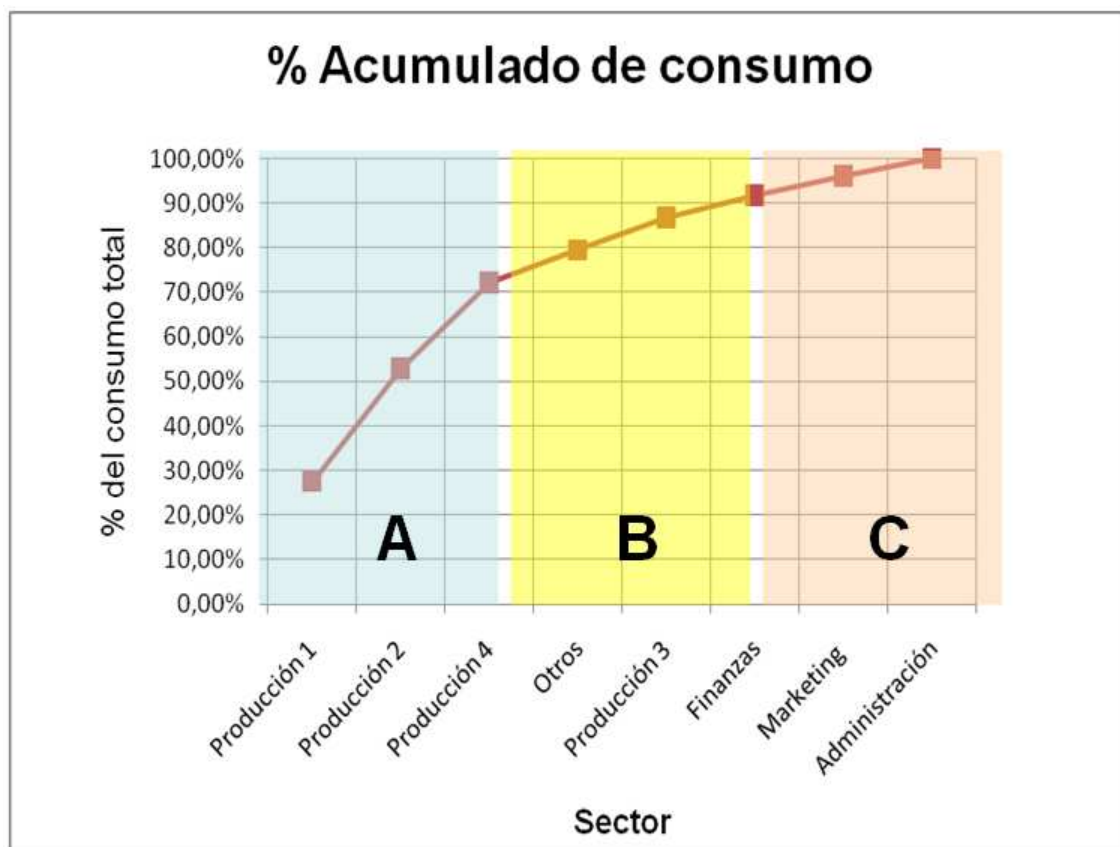


Figura 6.70. Análisis A, B y C para los sectores que consumen vapor.

Como se puede observar en la Figura 6.70, los sectores tipo A son aquellos que en su conjunto representan el mayor consumo (y por consiguiente costo). No resulta casual que en el ejemplo se haya decidido que sean sectores productivos, ya que esto suele ocurrir en la realidad.

7. CONCLUSIONES

En forma de conclusión, se muestra en la Tabla 6.26. algunas medidas de eficiencia en instalaciones de vapor; destacando el ahorro potencial que dichas medidas tienen⁴⁶.

Medida	Incremento potencial de la eficiencia
Mantenimiento de caldera	1 % – 2 %
Retorno de condensado	5 % – 10 %
Reducción de fugas de vapor	3 % – 5 %
Mantenimiento de trampas de vapor	10 % – 15 %
Aislación térmica de tuberías	5 % – 10 %
Tratamiento de agua a caldera	10 % – 12 %

Tabla 6.26. Medidas de eficiencia e incremento potencial de las misma.

Pero las medidas indicadas en la Tabla 6.26, u otras, no podrán llevarse a cabo con los resultados esperados sin el convencimiento de la alta gerencia de las bondades de optimizar energéticamente la instalación de vapor.

La optimización de instalaciones de vapor debe ser encarada como una cuestión estratégica para las organizaciones, ya que de ella se derivan importantes ahorros de costos y mejora de la competitividad.

Además, la situación energética de Argentina hace que sea necesario tomar acciones inmediatas, tanto del gobierno (en lo que a inversión se refiere) como de las empresas y usuarios para optimizar el consumo energético.

Si las empresas de Argentina, los profesionales y las universidades (en conjunto con el gobierno) establecen una política de eficiencia energética a largo plazo; el país ganará en competitividad no solo en la región sino en el mundo y además se crearán importantes oportunidades de negocios.

Finalmente, se destaca una frase presentada en el WEC: World Energy Council.

“La Eficiencia Energética es la mejor fuente de energía”

⁴⁶ Fuente: Gas Natural – Fenosa.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Energy Management Handbook. Steve Doty y Wayne C. Turner. 2010.
Séptima edición – Estados Unidos – The Fairmont Press, Inc.
838 páginas.
ISBN – 10: 0-88173-609-0 (alk. paper)
ISBN – 13: 978-1-4200-8870-0 (alk. paper)
2. La enciclopedia del estudiante Tomo 2: Historia Universal.
1ra Edición – Buenos Aires – Santillana 2006.
317 páginas.
ISBN Obra Completa: 950-46-1589-9
ISBN Tomo 2: 950-46-1591-0
3. Compendio de Vapor y Máquinas Térmicas. Ing. Molanes, Claudio Alejandro. 2009.
1ra Edición – Buenos Aires – El autor.
664 páginas.
ISBN: 978-987-05-7277-0
4. Fundamento de la ciencia e ingeniería de materiales. Smith, William F. & Hashemi, Javad. 1986a, 1990b, 1993c, 2004d.
Traducido de la cuarta edición de Foundations of Materials Science and Engineering – The McGraw-Hill Companies, Inc.
1036 páginas.
ISBN: 970-10-5638-8
5. Enciclopedia Digital Kalipedia.com
Un producto de Grupo PRISA
© Prisa Digital S.L.- Gran Vía, 32 - 28013 Madrid (España)

6. Biblioteca Digital Bibliotècnica – La Biblioteca digital de la UPC

© Universitat Politècnica de Catalunya.

7. Fundamentos de termodinámica técnica. Michael J. Moran & Howard N. Shapiro.

Traducido de la 4ta edición original de Fundamentals of Engineering Thermodynamics.

© Edición en español: Editorial Reverté, S.A., 2004.

ISBN: 84-291-4313-0

8. Enciclopedia Libre Universal en Español, alojada en un servidor cortesía de la Universidad de Sevilla. Proyecto para desarrollar a través de Internet una enciclopedia tal y como la propuso Richard Stallman en Enciclopedia Universal y Recursos de Enseñanza Libres (original en inglés).

http://enciclopedia.us.es/index.php/Enciclopedia_Libre_Universal_en_Espa%C3%B1ol.

9. Apunte de la cátedra Calidad del ITBA.

9. ANEXOS

9.1 ANEXO I, DOCUMENTO COMPLEMENTARIO DEL CODIGO DE EDIFICACION N°II DE LA CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES, REGLAMENTO SOBRE INSTALACIONES TERMICAS Y VENTILACION MECANICA.

Este documento puede descargarse de la página www.buenosaires.gob.ar

A continuación se listan los capítulos e incisos.

CAPITULO 1. ASPECTOS GENERALES.

III.1

III.1.1. Ámbito de aplicación.

III.1. 2. Glosario.

III.1.3. Normas complementarias.

III.1.4. Mantenimiento de las condiciones de seguridad y funcionamiento.

Contratación de un seguro de responsabilidad civil frente a terceros.

III.1.5. Locales para calderas y otros dispositivos térmicos.

CAPÍTULO 2. INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE EN CIRCUITO ABIERTO PARA EL CONSUMO.

III.2

III.2.1. . Alcance. Potencia.

III.2.2 Ubicación de los calentadores de agua.

III.2.3 Excepciones.

III.2.4 Carteles indicadores.

III.2.5 Matafuegos.

III.2.6 Presiones y temperaturas de trabajo.

III.2.7 Aislación Térmica.

III.2.8 Accesorios y elementos de seguridad.

III.2.9 Prueba hidráulica de calentadores de agua.

III.2.10 Documentos necesarios para tramitar permisos de instalación de calentadores de agua.

CAPÍTULO 3. INSTALACIONES TÉRMICAS CON CALDERAS DE AGUA CALIENTE.

III.3.

III.3.1. Alcance.

III.3.2. Ubicación de las calderas de agua caliente.

III.3.3. Excepciones.

III.3.4. Carteles indicadores.

III.3.5. Matafuegos.

III.3.6. Presiones y temperaturas de trabajo.

III.3.7. Aislación Térmica.

III.3.8. Accesorios y elementos de seguridad.

III.3.9. Cañerías para conducción de agua caliente.

III.3.10. Vaso o tanque de expansión y cañería de seguridad.

III.3.11. Prueba hidráulica de calderas de agua caliente.

III.3.12 Documentos necesarios para tramitar permisos de instalaciones de agua caliente.

III.3.13 Eximisión permiso habilitación.

CAPITULO 4. INSTALACIONES TÉRMICAS CON CALDERAS DE VAPOR DE AGUA DE BAJA PRESIÓN.

III.4

III.4.1. Alcance.

III.4.2. Ubicación de los generadores de vapor a baja presión.

- III.4.3. Excepciones.
- III.4.4. Carteles indicadores.
- III.4.5. Matafuegos.
- III.4.6. Presiones de trabajo.
- III.4.7. Aislación Térmica.
- III.4.8. Accesorios y elementos de seguridad.
- III.4.9. Cañerías para conducción de vapor.
- III.4.10. Prueba hidráulica de generadores de vapor.
- III.4.11. Documentos necesarios para tramitar permisos de instalaciones de vapor de baja presión.
- III.4.12. Eximisión permiso habilitación.

CAPÍTULO 5. INSTALACIONES TÉRMICAS CON CALDERAS DE VAPOR DE AGUA DE ALTA PRESIÓN.

- III.5.
- III.5.1. Alcance.
- III.5.2. Generadores de vapor de agua.
- III.5.3. Clasificación de los generadores de vapor de agua.
- III.5.4. Ubicación de los generadores de vapor de agua de primera categoría.
- III.5.5. Ubicación de los generadores de vapor de agua de segunda categoría.
- III.5.6. Ubicación de los generadores de vapor de agua de tercera categoría.
- III.5.7. Ubicación de los generadores de vapor de agua de tercera categoría con menos de 5 m² de superficie de calefacción.
- III.5.8. Locales para generadores de vapor de agua de alta presión.
- III.5.9. Antigüedad de los generadores de vapor de agua que se instalen, reinstalen o usen.
- III.5.10. Presión de trabajo.
- III.5.11. Materiales.

III.5.12. Aislación Térmica.

III.5.13. Accesorios y elementos de seguridad.

III.5.14. Ensayos de resistencia.

III.5.15. Inspecciones o verificaciones periódicas.

III.5.16. Tuberías de conducción de vapor.

III.5.17 Artefactos que reciben y utilizan vapor.

III.5.18. Transmisión de calor.

III.5.19. Siniestros.

III.5.20. Foguistas.

III.5.21. Documentación necesaria para tramitar habilitaciones de instalaciones de vapor de alta presión.

III.5.22. Registro de Fabricantes de Generadores de Vapor de Agua.

III.5.23. Grabado sobre el cuerpo de la caldera.

III.5.24. Eximisión permiso habilitación.

CAPÍTULO 6. VENTILACIÓN MECÁNICA.

III.6

III.6.1. Prescripciones generales sobre ventilación mecánica.

III.6.2. Prescripciones particulares sobre ventilación mecánica.

CAPÍTULO 7. INSTALACIONES TÉRMICAS PRODUCTORAS DE AIRE CALIENTE MEDIANTE COMBUSTION.

III.7.

III.7.1. Calefacción por aire caliente producido mediante aparatos que queman combustible.

III.7.2 Excepciones.

APÉNDICE GLOSARIO.

9.2 ANEXO II, HABILITACION DE APARATOS SOMETIDOS A PRESION

9.2.1 Requisitos para habilitación de aparatos sometidos a presión⁴⁷.

Presentar ante el Organismo Provincial para el Desarrollo Sostenible:

- Nota de Solicitud haciendo referencia al expediente de habilitación (si realiza inspección periódica)
- Contratación de tareas visada por el Colegio de Ingenieros
- Acreditación de Personería
- Solicitud de Fecha de ensayo (presentada con 30 días de anticipación)
- Declaración Jurada SPA N° 529/98
- Formulario A Original
- Formulario F Original
- Acta de Verificación Original
- Memoria de Cálculo visada por el Colegio de Ingenieros
- Original del Plano en film con detalles del equipo
- Copia del plano original visada por el Colegio de Ingenieros
- Copia del pago de la matrícula
- Sellado Banco Provincia \$5
- Soporte Informático

Aclaraciones: Se conformará un expediente o alcance del mismo, una vez confeccionado es girado al área de Aparatos Sometidos a Presión para su intervención. Al momento de la presentación se valida la información suministrada en el soporte informático, de cuyo proceso puede producirse el rechazo de la documentación o la aceptación de la misma.

⁴⁷ Fuente: OPDS, organismo provincial para el desarrollo sostenible.

9.3 ANEXO III, LEY 11.459.

Esta ley puede visualizarse en el sitio:

http://www.gob.gba.gov.ar/dijl/DIJL_buscaid.php?var=245

Por su importancia, se introduce a continuación el Artículo N°3.

ARTÍCULO 3°: *Todos los establecimientos industriales deberán contar con el pertinente Certificado de Aptitud Ambiental como requisito obligatorio indispensable para que las autoridades municipales puedan conceder, en uso de sus atribuciones legales, las correspondientes habilitaciones industriales.*

El Certificado de Aptitud Ambiental será otorgado por la Autoridad de Aplicación, en los casos de establecimientos calificados de tercera categoría según el artículo 15°, mientras que para los que se an calificados de primera y segunda categoría será otorgado por el propio Municipio.

A continuación se listan los capítulos que componen dicha Ley y el tema que abarcan.

CAPÍTULO II: TRÁMITE Y EXPEDICIÓN DE CERTIFICADOS

CAPÍTULO III: CLASIFICACIÓN DE LAS INDUSTRIAS

CAPÍTULO IV: SANCIONES

CAPÍTULO V: DE LOS RECURSOS

CAPÍTULO VI: AUTORIDAD DE APLICACIÓN

CAPÍTULO VII: DISPOSICIONES COMPLEMENTARIAS

9.4 ANEXO IV, RESOLUCION N° 231/96

Este documento puede consultarse en el sitio web del OPDS:

<http://www.opds.gba.gov.ar/index.php/leyes/ver/122>

9.5. ANEXO V, RESOLUCION 1126/07; MODIFICATORIA DE LA 231/96

VISTO la Resolución N° 231/96 y las facultades conferidas a la Secretaría de Política Ambiental por la Ley N° 13.175, y

CONSIDERANDO:

Que conforme la Resolución N° 231/96 se procedió a la regulación de la actividad de los aparatos sometidos a presión con fuego, sin fuego y equipos sometidos a esfuerzos combinados, de recipientes e instalaciones para cloro líquido; recipientes y cilindros para contener gases comprimidos, licuados y disueltos; equipos y recipientes importados; recipientes e instalaciones para líquidos refrigerantes; válvulas y dispositivos;

Que en tal sentido por la citada Resolución se crearon los distintos registros de habilitación para profesionales de la Ingeniería con incumbencia en la materia de aparatos sometidos a presión, de establecimientos autorizados para el control, reparación y calibrado de los dispositivos de seguridad y alivio, y para profesionales de la Ingeniería con incumbencias en la materia de ensayos de extensión de vida útil en aparatos sometidos a presión, lo que permite un riguroso control y fiscalización;

Que conforme los avances de la tecnología resulta necesario proceder a reformar la actual normativa regulatoria de este Organismo, a efectos de receptar tales avances y propender a una mejor prestación de la actividad;

Que ha dictaminado en sentido favorable al dictado del acto a fojas 51/52 la Asesoría General de Gobierno;

Que de acuerdo con lo actuado y en ejercicio de las facultades conferidas por el artículo 32 de la Ley N° 13.175 corresponde dictar el pertinente acto administrativo;

Por ello,

LA SECRETARIA DE POLÍTICA AMBIENTAL

RESUELVE

Artículo 1°. Modificar el Artículo 1° de la Resolución N° 231/ 96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 1°.** A los fines previstos en el inciso I) del artículo 77 del Decreto N° 1741/96 reglamentario de la Ley N° 11.459, se consideran aparatos a presión todos aquellos recipientes que se encuentren sometidos a presión interna y reúnan cualquiera de las siguientes características:

- a) Con fuego: Volumen mínimo 200 litros y/o presión de trabajo manométrica mínima 0,5 kg / cm².
- b) Sin fuego: Volumen mínimo 80 litros y/o presión de trabajo manométrica mínima 3,00 kg / cm².
- c) En los equipos sometidos a esfuerzos combinados (dinámicos, flexotorsión, etc.) los límites serán: el volumen mínimo 80 litros y/o presión de trabajo manométrica 1,00 kg / cm².”.

Artículo 2°. Modificar el Artículo 9° de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 9°.** Cuando se gestione directamente por el usuario la habilitación de un recipiente a presión que carezca de registro habilitante, se procederá de la siguiente forma:

- 1) Si el aparato es de origen nacional y usado, deberá presentar un cálculo resistente completo según normas internacionales (ASME, DIN, ISO, etc.), que servirá para determinar la presión máxima de trabajo; además presentará un plano original, en tela o film poliéster, y dos copias con las características y detalles del equipo a presión y su ubicación en la planta industrial. Esta documentación deberá estar firmada por un profesional de la Ingeniería habilitado a tal efecto.
- 2) Si el aparato es de origen importado y nuevo, y se prevé que seguirán importando, deberá dar cumplimiento a lo que establece el Artículo 3° y 76°. En el caso de tratarse de una importación circunstancial se deberá proceder tal como se indica en el punto 1.
- 3) Si el aparato es importado y usado además de la documentación exigida en el punto 1 de este artículo, el profesional actuante deberá realizar todos los ensayos de verificación como si fuesen de extensión de vida útil, de acuerdo a lo estipulado en el Apéndice 2, que forma parte integrante de la presente Resolución.”

Artículo 3º. Modificar el Artículo 11 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 11.** Todos los recipientes alcanzados por la presente Resolución serán sometidos a los ensayos no destructivos y controles de los elementos de seguridad que forman parte de su instalación, en los plazos y condiciones que se pautan en el Apéndice 1, que forma parte integrante de la presente Resolución. Estos ensayos periódicos serán llevados a cabo por profesionales de la Ingeniería habilitados a tal fin.

Sin desmedro de los plazos establecidos en el Apéndice antes mencionado, la Autoridad de Aplicación podrá autorizar modificaciones de las fechas de vencimiento de los registros de los aparatos sometidos a presión, a efectos de que las fechas de las inspecciones coincidan con las previstas en los cronogramas de paradas programadas de planta. En estos casos, los establecimientos deberán solicitar expresamente a la Autoridad de Aplicación las modificaciones de las fechas antedichas, acompañando el informe que justifique técnicamente la solicitud planteada, suscripto por un profesional de la ingeniería habilitado por esta Autoridad, y presentar sus cronogramas, detallando las inspecciones a realizar, con una anticipación no menor a sesenta (60) días corridos de la ejecución de las tareas o de las fechas originales de vencimiento de registros previstas en el Apéndice 1, lo que sea anterior. El cronograma se considerará aprobado por la Autoridad de Aplicación si dentro de los 20 días corridos de recibido, no comunicara por medio fehaciente observaciones al mismo. Una vez aprobado el cronograma, los registros se considerarán vigentes hasta esa nueva fecha. En caso de producirse modificaciones a los cronogramas, las mismas deberán ser comunicadas dentro de los cinco (5) días hábiles de efectuadas, por medio fehaciente, a esta Autoridad.”

Artículo 4º. Modificar el Artículo 14 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 14.** Todos los aparatos sometidos a presión alcanzados por las disposiciones contenidas en la presente que hayan cumplido treinta (30) años corridos, contados de la fecha de fabricación según conste en la placa de identificación, hayan sido o no utilizados, o no cuenten con sus respectivas placas originales de identificación aplicadas por sus fabricantes, o que a juicio de la autoridad de aplicación, se considere necesario para continuar en funcionamiento, comercializarse, instalarse o reinstalarse, deben ser sometidos, por y a cargo de sus propietarios, a los ensayos técnicos de extensión de vida útil, de acuerdo a lo pautado en el Apéndice 2.”

Artículo 5º. Modificar el Artículo 18 de la Resolución N° 231/96 el que quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 18.** Los generadores de vapor se dividirán de acuerdo a su concepción tecnológica en manuales (A) y automáticos (B), y deberán ser atendidos por personas físicas denominadas “foguitas”.

Los identificados como A (manuales) serán atendidos en carácter permanente por un foguista, quien deberá revistar como tal para esa exclusiva finalidad, debiendo estar habilitado por la Autoridad de Aplicación, luego de rendir un examen de competencia ante personal técnico del área específica.

El foguista podrá operar hasta dos generadores de vapor al mismo tiempo, siempre y cuando se encuentren en el mismo local y con los elementos de control de ambos generadores a la vista.

Los que se encuadren en la categoría B (automáticos) serán atendidos por personal habilitado por la Autoridad de Aplicación, pudiendo cumplir con otras tareas y no estar permanentemente en el lugar que se encuentre emplazado dicho generador, con la condición de poder percibir las alarmas que estos aparatos poseen y con fácil y rápido acceso a este lugar.

La cantidad mínima de foguistas habilitados con que debe contar el establecimiento, estará dada por la cantidad de turnos que se cumplan, más uno como reemplazante. Esta habilitación podrá ser retirada si se detectaran faltas graves en el cumplimiento de la función específica, pudiendo ser sancionado con inhabilitación temporaria o definitiva.

El carnet habilitante será otorgado por la Autoridad de Aplicación como de única categoría, limitado por el tipo de caldera y la superficie de calefacción. Este carnet podrá ser actualizado por el foguista, rindiendo un nuevo examen a fin de superar algunas de estas limitaciones.

La Autoridad de Aplicación deberá expedir un programa de examen a efectos de evaluar a los postulantes, el que tendrá que estar actualizado de acuerdo a los avances técnicos que se vayan operando en la construcción y funcionamiento de estos aparatos.

El profesional actuante o la autoridad competente determinarán la concepción tecnológica del generador de vapor; y para ser considerado de accionamiento automático deberá cumplir con todos los ítems que están establecidos por el artículo 108 del Título VIII "Válvulas y Dispositivos".

Los elementos de control y seguridad obligatorios en todo generador de vapor , deberán interconectarse de acuerdo a su función, contando con sistemas de enclavamiento y alarmas (sonoras o lumínicas) que se accionarán en el caso de un funcionamiento defectuoso; estos sistemas funcionarán como mínimo cuando en el generador se produzca: muy bajo nivel de agua, deficiencia o ausencia de prebarrido de gases por parte del ventilador, falta de llama, sobrepresión de vapor, falta de presión de aire de combustión, baja presión de combustible, aumento de la temperatura de gases de salida por sobre el valor prefijado.

En las salas de calderas deben contar con protecciones y alarmas sobre detección automática de fugas de combustibles gaseosos y detectores de monóxido de carbono producto de mala combustión, estos dispositivos deben estar entrelazados con una central de alarmas que determine de manera sónica o lumínica el suceso.

El profesional actuante certificará que estos dispositivos y lazos de control sean los adecuados técnicamente para brindar un funcionamiento seguro de estos aparatos.”

Artículo 6°. Modificar el Artículo 19 de la Resolución N° 231/ 96 el que quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 19.** Los establecimientos poseedores de generadores de vapor deberán llevar un libro de seguimiento foliado, en el que se asentarán todos los controles realizados, reparaciones solicitadas y/o realizadas, y todas las anomalías detectadas con indicación de la fecha respectiva. Este libro será revisado periódicamente por el encargado de mantenimiento y por el encargado del Servicio de Higiene y Seguridad en el Trabajo, debiendo ser firmados por ambos.

Este libro deberá estar rubricado por el Área de Aparatos Sometidos a Presión y mostrará en la primer hoja las características del generador de vapor según la información que surja de la placa de identificación del recipiente, la sala y demás datos requeridos en el formulario detallado en el Apéndice 3, que forma parte integrante de la presente Resolución.”

Artículo 7°. Modificar el Artículo 24 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 24.** Todo fabricante de generadores de vapor de cualquier categoría deberá someter dichos aparatos o equipos a los tratamientos térmicos de alivio de tensiones según su norma de fabricación y adjuntar a la documentación a presentar ante la Autoridad de Aplicación el correspondiente gráfico termográfico que certifique dicha tarea indicando fecha y hora de inicio y fecha y hora de finalización del tratamiento. En aquellos casos que el profesional actuante lo considere innecesario deberá presentar una nota con la fundamentación técnica y aguardar la respuesta de la Autoridad de Aplicación antes de comenzar con la fabricación.”

Artículo 8°. Modificar el Artículo 33 de la Resolución N° 231/ 96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 33.** A los fines de la presente reglamentación se agrupan bajo la denominación de "Recipientes a Presión sin Fuego":

a) Los recipientes a presión (con excepción de las calderas) para contener vapor, agua caliente, gases o aire a presión obtenidos de una fuente externa o por la aplicación indirecta de calor.

b) Los recipientes sometidos a presión calentados con vapor, incluyendo a todo recipiente hermético, vasijas o pailas abiertas que tengan una camisa, o doble pared con circulación o acumulación de vapor, usados para cocinar, y/o destilar, y/o secar, y/o evaporar, y/o tratamiento, etc.

c) Los tanques de agua sometidos a presión que puedan ser utilizados para calentar agua por medio de vapor, serpentinas de vapor u otro fluido y los que se destinan para almacenar agua fría para dispersarla mediante presión.

d) Los tanques de aire sometidos a presión, o de aire comprimido que se emplean como tanques primarios o secundarios en un ciclo ordinario de compresión de aire o directamente por compresores.

e) Los tanques de los equipos de los sistemas de refrigeración incluyendo los recipientes bajo presión.

d) Todos los tipos de cilindros secadores presurizados con vapor.

f) Todo otro equipo que cumpla con lo pautado anteriormente en los artículos definitorios de aparatos sometidos a presión, y que a juicio de la Autoridad de Aplicación corresponda su habilitación.”.

Artículo 9º. Modificar el Artículo 34 de la Resolución N°231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 34.** Todos los aparatos sometidos a presión sin fuego deberán cumplir con lo siguiente:

1) Serán diseñados de modo tal que resistan las presiones máximas a que estarán expuestos los circuitos en operación.

2) Se construirán con materiales adecuados de acuerdo con normas o códigos como IRAM, ASME, DIN, o cualquier otra reconocida internacionalmente, que reduzcan al mínimo los riesgos de pérdida de espesores o debilitamiento por corrosión, desgaste o electrólisis.

3) Para el dimensionamiento de estos equipos se tendrá en cuenta el desgaste de las envolturas y tapas por corrosión, erosión o electrólisis.

4) Llevarán placa de identificación en la que deberá constar como mínimo: nombre del fabricante, número y año de fabricación, presión máxima admisible de trabajo y diseño, presión de prueba, número de serie, volumen en litros, norma constructiva.

5) Los recipientes a presión instalados en plantas Petroquímicas o utilizados en la industria petrolera deberán cumplir con las normas del código API 510.”.

Artículo 10. Modificar el Artículo 82 de la Resolución N°231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 82.** En las cañerías de todas las instalaciones de productos refrigerantes (gases o líquidos) se deberán colocar

válvulas de bloqueo, manuales o automáticas, de acceso y funcionamiento rápido, que logren independizar secciones en caso de producirse fugas por rotura.”.

Artículo 11. Modificar el Artículo 83 de la Resolución N°231/9 6 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 83.** En las instalaciones que operan con refrigerantes se deberá realizar el mantenimiento necesario para prevenir todo tipo de pérdidas que afecten al ambiente.”.

Artículo 12. Modificar el Artículo 84 de la Resolución N°231/9 6 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 84.** Los recipientes que almacenen productos refrigerantes no se ubicarán en áreas donde se realicen tareas de producción. Los mismos deberán guardarse en lugares destinados especialmente a tal fin.”

Artículo 13. Modificar el Artículo 85 de la Resolución N°231/9 6 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 85.** Los locales de los establecimientos donde se encuentren instalados los recipientes o equipos que contengan refrigerantes se ajustarán a las siguientes disposiciones:

- a) Estará prohibido el acceso a toda persona ajena al mismo.
- b) Se implementarán sistemas mecánicos permanentes de ventilación, cuya salida no deberá estar cerca de una aspiración de aire.
- c) No se permitirá la instalación de dos o más tanques, uno sobre otro, en un piso de una construcción.
- d) Se dispondrá de equipos y elementos de seguridad para la protección personal (incluyendo equipos de respiración autónoma). Los mismos estarán ubicados en lugares visibles y de fácil acceso, y serán revisados periódicamente; además deberán estar señalados con carteles bien visibles.
- e) Se instalarán lluvias de seguridad y lavaojos.”.

Artículo 14. Modificar el Artículo 86 de la Resolución N°231/9 6 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 86.** Toda instalación destinada a producir frío, que utilice productos refrigerantes, deberá ser atendida en carácter permanente por un operador con capacitación especial en instalaciones de refrigeración. Dicha capacitación queda bajo responsabilidad de la empresa. La dependencia específica elaborará los programas correspondientes y evaluará a los postulantes.

Artículo 15. Modificar el Artículo 88 de la Resolución N°231/9 6 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 88.** La habilitación de los equipos que contienen amoníaco se otorgará una vez acreditado el resultado positivo de una prueba hidráulica a 1,5 veces la presión de trabajo. Luego cada 8 años,

se procederá a retirar totalmente la aislación, realizándose un estudio exhaustivo por ultrasonido; en el caso de detectarse con los cálculos de verificación, falencias o anomalías en el equipo que hagan dudar de su seguridad o se deban realizar reparaciones, se procederá además a efectuar un ensayo de prueba hidráulica a la presión de diseño. Posteriormente se repondrá la aislación. A partir de su habilitación, anualmente se hará una verificación de espesores por ultrasonido en puntos fijos.”

Artículo 16. Modificar el Artículo 89 de la Resolución N°231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 89.** En los recipientes que contienen productos refrigerantes, amoníaco, freón, etc. anualmente se realizará un control ultrasónico de espesores, reponiéndose posteriormente la barrera de vapor.”.

Artículo 17. Modificar el Artículo 90 de la Resolución N°231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 90.** En las cañerías que transportan amoníaco se realizará un control de aislación y corrosión con la frecuencia y la forma que se establezca por disposición complementaria. La disposición complementaria será emitida por el Área Aparatos Sometidos a Presión y se incorporará a la reglamentación vigente.”.

Artículo 18. Modificar el Artículo 92° de la Resolución N° 231 /96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 92.** Las instalaciones de gases refrigerantes deberán poseer los elementos de seguridad que se establecen como mínimo a continuación:

- a) Instrumentos de medición de presiones, calibrados e identificados con los valores normales de funcionamiento.
- b) Detectores automáticos de fugas de gases en los recintos de la planta y en áreas de peligro - cuidando la relación de detección / área volumétrica a controlar -,que deberán enviar la señal a una central de alarmas instalada fuera del lugar y que sea capaz de determinar por métodos sónicos y/o lumínicos la perfecta identificación del lugar donde se produce el evento.
- c) Válvulas de comando automáticas o a distancia para accionamiento rápido en caso de fuga del fluido refrigerante.
- d) Válvulas de alivio en las líneas de refrigerantes con líquido para evitar el bloqueo de las mismas.

En aquellos casos que el profesional considere innecesario alguno de estos elementos por contar con otros que los suplan con ventaja, deberá presentar una nota con la fundamentación técnica y aguardar la respuesta de la Autoridad de Aplicación.

El profesional que realice la habilitación de estos recipientes refrigerantes, deberá adjuntar a la documentación a presentar ante la Autoridad de Aplicación un croquis donde detalle ubicación de recipientes, de detectores, de alarmas, de elementos de protección personal, lugares de acceso y de salida.”.

Artículo 19. Modificar el Artículo 103 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 103.** Cada generador de vapor deberá estar provisto de dos aparatos indicadores de nivel de agua en comunicación directa con el interior, de funcionamiento independiente uno del otro y colocados a la vista .Uno de ellos deberá tener un tubo de cristal de cuarzo de modo tal que pueda limpiarse fácilmente o cambiarse y tenga la protección necesaria que no impida la visión de agua y evite la proyección de fragmentos de cristal en caso de rotura. Para el caso de calderas de alta presión este sistema del visor puede ser reemplazado por otro de tecnología superior y que cumpla la misma función.

Los indicadores de nivel pueden tener un cuerpo único siempre que éste tenga comunicación directa con el generador.

En los generadores de vapor modelo vertical de mucha altura, el tubo de cristal deberá ser completado con otro dispositivo que ofrezca a la vista una señal exacta del nivel de agua.

Como medida de seguridad adicional los generadores de vapor deberán tener instalado un sistema de medición de temperatura de gases que permita un anclaje del quemador y de las bombas de alimentación de agua, en caso de superar una temperatura prefijada.”

Artículo 20. Modificar el Artículo 106 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 106.** Todo generador de vapor estará provisto de su válvula de retención de funcionamiento automático, colocada en la cañería de alimentación, lo más cerca posible del generador y en esta misma cañería debe estar colocado un manómetro.

La válvula para tomar muestras de agua del interior de la caldera deberá estar provista de un sistema de refrigeración a efectos de que la misma se encuentre a una temperatura tal que no resulte peligrosa para su manipuleo.

Los productos químicos que se agreguen al interior de la caldera deberán ser agregados a través de bombas dosificadoras no estando permitido el sistema de agregado por otros métodos.

La calidad mínima requerida del agua a emplear está referida en el anexo 3 y la misma se basa en estándares internacionales (C.E.E) a efectos de no comprometer los ecosistemas.”

Artículo 21. Modificar el Artículo 108 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 108.** Los generadores de vapor para ser considerados automáticos además de las especificaciones exigidas en los artículos precedentes, deberán contar con los siguientes dispositivos de seguridad: doble control automático de nivel de agua, purga de superficie automática con medidor de característica visual por medio de un monitor “on line” que permita conocer el total de sólidos disueltos (T.D.S), con datos expresados en p.p.m.(partes por millón del total de sólidos disueltos), purga de fondo automática no estando permitidas las que lleven válvula solenoide como válvula principal, además deben dirigirse los líquidos evacuados a una cámara de recepción de pozo enfriador, presóstato de corte de seguridad por sobrepresión regulado no más allá del 5% del presóstato de alta, detector de llama, seguridad por bajo nivel (bujía de seguridad, electrodo capacitivo o electrodo resistivo), sistema automático de prebarrido de gases.

En caso de que un generador de vapor no posea alguno de estos dispositivos, el o los que los reemplacen deberán poseer un mayor grado de seguridad y automatismo, debiendo el profesional actuante determinar otros accionamientos, los que deberán ser presentados con la memoria técnica y estar fundamentados.

En aquellos casos que el profesional considere innecesario alguno de estos elementos, deberá presentar una nota con la fundamentación técnica y aguardar la respuesta de la Autoridad de Aplicación.”

Artículo 22. Modificar el Artículo 109 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 109.** Los elementos de control y seguridad detallados en el artículo precedente, o cualquier otro que no figure pero que por su funcionamiento dote al generador de vapor de mayor seguridad operativa, deberán interconectarse de acuerdo a su función, contando con sistemas de enclavamiento y alarmas (sonoras y lumínicas) que se accionarán en el caso de funcionamiento defectuoso. Estos sistemas funcionarán, como mínimo, cuando en el generador haya: bajo nivel de agua, deficiencia o ausencia de prebarrido, falta de llama, sobrepresión de vapor, falta de presión de aire combustión, alta y baja presión de combustible , alta temperatura en los gases de salida de chimenea. La autoridad de Aplicación podrá exigir elementos de control y seguridad adicionales.”

Artículo 23. Modificar el Artículo 110 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 110.** Los recipientes a presión sin fuego contarán como mínimo con los siguientes elementos de seguridad:

a) Un manómetro con escala graduada en kilogramos por centímetro cuadrado, extendida como máximo hasta el doble de la presión del trabajo, con una

marca en dicha presión y conectado directamente con el circuito sometido a presión.

b) Una válvula de seguridad a resorte.

c) Un elemento de seguridad de corte automático que accione por sobrepresión, en el equipo generador de presión.

d) Una purga de fondo de características automáticas y que derive los barros de extracción a una cámara de recolección donde se almacenará agua, barros, aceites, etc.

e) Disco de ruptura, para proteger las válvulas de seguridad, cuando las características del sistema así lo justifiquen.”

Artículo 24. Modificar el Artículo 113 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 113.** Crear los siguientes registros, cuya organización y funcionamiento estarán a cargo de la Autoridad de Aplicación:

1) Registro de Profesionales de la Ingeniería Matriculados, con incumbencias en la materia de aparatos sometidos a presión, de ensayos de extensión de vida útil y para el control, reparación y calibrado de los dispositivos de seguridad y alivio.

Este Registro constará de dos niveles:

a) Nivel A: para habilitaciones, renovaciones y ensayos periódicos, reparaciones, controles y calibrado de dispositivos de seguridad.

b) Nivel B: para las capacidades del Nivel A más ensayos de extensión de vida útil.

2) Registro de Establecimientos Autorizados para el control, reparación y calibrado de los dispositivos de seguridad y alivio.”

Artículo 25. Modificar el Artículo 114 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 114.** Derogar la Resolución N° 129/97 y toda norma que expresa o imp lícitamente se oponga a la presente.”

Artículo 26. Modificar el Artículo 115 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera: “**Artículo 115.** Los Apéndices 1, 2 y 3 pasan a formar parte integrante de la presente Resolución.”

Artículo 27. Modificar el Apéndice 1 de la Resolución N° 231/96 el cual quedará redactado de la siguiente manera:

APÉNDICE 1

1. REQUISITOS PARA LA INSCRIPCIÓN DE PROFESIONALES. Define la documentación que deben presentar los interesados en inscribirse en el registro de profesionales creado en el Artículo 113, inciso 1).

2. REQUISITOS DE EQUIPAMIENTO. Define para cada tipo de Nivel (A o B) los mínimos equipos necesarios.

3. METODOLOGÍA DE TRABAJO. Define el método para realizar las inspecciones.

4. INSPECCIÓN DE LOS RECIPIENTES SOMETIDOS A PRESIÓN. Define pautas para la inspección de recipientes sometidos a presión, sus instalaciones y cañerías.

ESQUEMA DE INSPECCIÓN DE RECIPIENTES SOMETIDOS A PRESIÓN

EQUIPO	ENSAYO	PERIODICIDAD	OBSERVACIONES
Generadores de vapor	Prueba Hidráulica a la presión de diseño o apertura de la primera válvula de seguridad o Emisión acústica	Anual	Presentación de acta, memoria e informe.
	Medición de espesores.	Anual	
	Control del funcionamiento de los elementos de seguridad, sus enclavamientos y accionamientos.	Semestral	
Recipientes para contener amoníaco	Control de espesores.	Anual	Presentación de acta, memoria técnica e informe.
	Control de funcionamiento de los elementos de seguridad.	Anual	
Recipientes para contener cloro	Prueba Hidráulica o emisión acústica a la presión de diseño o de apertura de la primera válvula de seguridad.	Quinquenal	Presentación de acta, memoria técnica e informe.

	Control de espesores. Control visual.	Anual Semestral	
Recipientes criogénicos	Prueba Hidráulica o emisión acústica Prueba de estanqueidad o de condición de vacío. Vacío no menor de 0,60 mlbar Medición de espesores.	Cuando se fabrique o realice una reparación con desarme. Quinquenal Anual	Presentación de acta, memoria técnica e informe anual.
Tanques para contener anhídrido carbónico	Prueba Hidráulica o emisión acústica Control de espesores.	Decenal Decenal	Presentación de acta, memoria técnica e informe.
Cilindros de continuas y cilindros en general calefaccionados con vapor	Prueba Hidráulica o emisión acústica Control de espesores.	Quinquenal o cuando se desmonte para reparación Anual	Presentación de acta, memoria técnica e informe.

Nota: El ensayo de emisión acústica es opcional y su reiteración estará sujeta al informe técnico correspondiente.

APÉNDICE 2

DE LOS ESTABLECIMIENTOS AUTORIZADOS PARA EL CONTROL REPARACIÓN Y CALIBRADO DE LOS DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y ALIVIO

1) Los establecimientos dedicados al control, reparación y calibrado de los dispositivos de seguridad y alivio deberán contar con un profesional matriculado, con título habilitante, el que ejercerá la dirección técnica, con responsabilidad total de las tareas que se lleven a cabo en dicho establecimiento.

2) Define el equipamiento mínimo con que deben contar los establecimientos autorizados para la reparación y calibrado de dispositivos de seguridad y alivio.

3) La Autoridad de Aplicación antes de inscribir este tipo de establecimientos, por medio de la dependencia específica inspeccionará al mismo, para verificar si cumple con el instrumental para desarrollar las tareas de acuerdo a las normas o códigos existentes en la materia.

4) Define pautas para la presentación técnica y administrativa.

ENSAYOS DE EXTENSIÓN DE VIDA ÚTIL EN APARATOS A PRESIÓN

ESTUDIOS TÉCNICOS QUE SE LLEVARÁN A CABO

1. METODOLOGÍA

Se dividirá en dos categorías a saber:

Categoría 1: Aparatos a presión con fuego

Categoría 2: Aparatos a presión sin fuego

De acuerdo a estas categorías se aplicarán las siguientes metodologías:

Categoría 1:

1.1) Estudio de toda la documentación existente, ya sea la que dio origen a la habilitación, como la de fabricación que incluya materiales empleados, normas de construcción, etc. y la de operación y/o reparación.

1.2) Retiro total de la aislación y acondicionamiento adecuado del generador de vapor a fin de permitir la inspección visual en todas sus partes. Se deberá cumplimentar lo exigido en el artículo 9 - Sección V del Código ASME - referido a pruebas no-destructivas. El objeto de la inspección visual será detectar la presencia de los efectos del servicio al que ha estado sometido, tales como:

- Distorsión de superficies o partes constitutivas del generador. Estado de la roblonadura o soldaduras y juntas en el caso de que las posea,

- Acumulación de cenizas, depósitos vitrificados, daños en refractarios, barro, incrustaciones, etc.
- Corrosión generalizada y/o localizada
- Erosión de superficies
- Agrietamientos
- Indicios de pérdidas (lagrimeado)
- Sobrecalentamientos
- Otros

La presencia de alguna de estas anomalías, permitirá definir al personal actuante los métodos y técnicas necesarias, para la evaluación del daño presente, y así diagnosticar el real estado del generador.

1.3) Espesometría según código ASME. El objeto de la misma no solo es evaluar la intensidad de la pérdida de espesores de pared metálica, en partes sometidas a presión por mecanismos de corrosión y erosión, sino definir el espesor mínimo de pared para el recálculo de la presión de trabajo.

1.4) Determinación de la resistencia mecánica del material y del apartamiento de su estado estructural original a través de métodos de dureza y réplicas metalográficas.

1.5) Ensayo de rendimiento térmico, con la toma de muestra de todos los parámetros que permitan llevar a cabo este tipo de ensayo, fundamentalmente la determinación de monóxido de carbono, lo que permitirá evaluar el impacto ambiental que producirá el funcionamiento de dicho generador a vapor.

1.6) Recálculo de la presión de trabajo y cálculo de verificación de las válvulas de seguridad incluyendo la capacidad de evacuación.

1.7) Prueba hidráulica de estanqueidad a 1,2 veces la nueva presión de trabajo definida en el recálculo.

1.8) Radiografiado por spot de soldaduras en todos los cruces, si no se tienen suficientes antecedentes radiográficos del equipo.

Cuando realizada la inspección visual, tal como se especifica en 1.2, surja la necesidad de realizar estudios y/o ensayos específicos y por ello se requiera la intervención de especialistas en el tema, el profesional actuante deberá, en el caso de no ser nivel II, otorgado por la ENREA, INTI u otro organismo que determine la Autoridad de Aplicación, en ensayos no destructivos para cada método o norma a utilizar, contratar los servicios de un profesional especialista, quien deberá tener por lo menos el nivel II, otorgado por la ENREA, INTI u otro

Organismo que determine la Autoridad de Aplicación, en ensayos no destructivos para cada método o norma a utilizar.

1.9) Análisis de radiación térmica mediante termografía o termómetro infrarrojo compacto de alta resolución, con la finalidad de detectar zonas sobrecalentadas como causas potenciales de falla y acotar los tipos de estudios y análisis a realizar con mayor rigurosidad en esas zonas delimitadas.

1.10) Estudio de partículas magnéticas o tintas penetrantes para la detección de grietas superficiales con estimación de profundidad en zonas comprometidas.

1.11) Inspección visual interna siempre que se tenga acceso y sea posible, en caso contrario se debe recurrir a la boroscopia por fibra óptica para la observación de los lugares inaccesibles.

1.12) Para aquellas calderas que no sean acuotubulares durante la prueba hidráulica se realizará el ensayo de extensimetría eléctrica debiendo explicitarse el lugar de colocación de las obleas en la presentación previa.

1.13) Análisis químico de materiales acumulado sobre superficies o fondos por la combustión y por la formación de incrustaciones del lado agua.

1.14) Siempre que técnicamente se considere necesario se deberá retirar una muestra de tubo o de otro material metálico de otra parte del generador de vapor para realizar ensayos químicos.

1.15) Cálculo de verificación y de capacidad de evacuación de las válvulas de seguridad, debiéndose independientemente cumplir con lo pautado en lo que hace al control, reparación y regulación.

Categoría 2:

2.1) El criterio a seguir será el mismo que para la categoría anterior referente a los puntos 1.1 , 1.3 (el retiro de la aislación en caso de tenerla), 1.6, 1.7, 1.9 (en caso de operar a temperatura superior a 80 C°), 1.10, 1.11 (siempre que las dimensiones del equipo y los accesos lo justifiquen), 1.12, 1.14 y 1.15

Radiografiado por spot de soldaduras en todos los cruces, si no se tienen suficientes antecedentes radiográficos del equipo.

Cuando realizada la inspección visual, tal como se especifica en 1.2, surja la necesidad de realizar estudios y/o ensayos específicos y por ello se requiera la intervención de especialistas en el tema, el profesional actuante deberá, en el caso de no ser nivel II, otorgado por la ENREA, INTI u otro organismo que determine la Autoridad de Aplicación, en ensayos no destructivos para cada

método o norma a utilizar, contratar los servicios de un profesional especialista, quien deberá tener por lo menos el nivel II, otorgado por la ENREA, INTI u otro Organismo que determine la Autoridad de Aplicación, en ensayos no destructivos para cada método o norma a utilizar

2.2) Determinación de la resistencia mecánica del material y del apartamiento de su estado estructural original a través del método de dureza. Para aquellos equipos que estén expuestos a temperaturas superiores a los 200 C° deberán efectuar además los ensayos de réplicas metalográficas.

2. PLAN DE TRABAJO

a) Presentar cronograma de tareas, ante la Autoridad de Aplicación, donde se estimarán las fechas en la que se efectuarán cada uno de los ensayos descriptos en los puntos anteriores; este cronograma se presentará con una antelación mínima de quince días, debiendo firmarse por el profesional actuante y el titular del establecimiento o apoderado legal.

b) En un plazo no mayor de sesenta días a partir de la realización de los estudios, deberá presentarse, ante la Autoridad de Aplicación, la documentación técnica que corresponda; también correrá por cuenta del profesional u organismo actuante, el envío de una nota cuando se de por terminada la tarea física "in situ", la que debe estar conformada por el propietario.

c) La documentación técnica a la que se alude en el punto anterior y que será presentada ante la dependencia específica de la Autoridad de Aplicación, deberá contener:

1) Detalle del aparato a presión con todos sus antecedentes

2) Detalle de los trabajos y evaluaciones técnica efectuadas

3) En el caso de tener que efectuarse reparaciones, se deberán indicar las causas que originaron dichas reparaciones.

4) Informe firmado por el profesional a cargo de la reparación detallando los trabajos efectuados, técnicas empleadas, materiales empleados, etc., ensayos posteriores a la reparación, resultados y su evaluación.

5) Confección de planos de detalles, si correspondiere, de la reparación o modificación, también se actualizará la memoria de cálculo si fuere necesario.

d) Finalizado dicho trabajo se presentarán las conclusiones técnicas a que se arribó, con las recomendaciones efectuadas que podrán ser:

1) Recomendaciones aplicables y obligatorias

2) Recomendaciones aconsejables pero no obligatorias

e) Informe final donde se deje constancia del tiempo solicitado y fundamentado para la extensión de vida útil, adjuntándose al mismo, el programa de controles necesarios para que el mismo tenga validez, plazos en los que deberán realizarse estos controles, como así también ensayos periódicos solicitados. En este informe se hará constar todo otro dato de interés que a juicio del profesional sirva para el seguro funcionamiento de estos aparatos. El profesional u organismo actuante, resultará responsable de los datos consignados en el informe, siempre y cuando el propietario cumplimente sin excepción todo lo solicitado.

f) El propietario podrá contratar a otro profesional u organismo para los trabajos de seguimiento, compartiendo con el mismo las responsabilidades inherentes."

g) Todo el instrumental de medición y control que utilicen los profesionales a partir de la vigencia de esta Resolución deberá encontrarse validado y certificado por organismos oficiales tales como INTI. Se entregará copia de esta validación con la documentación, si este requisito no es cumplimentado, será motivo de rechazo de toda la documentación."

Artículo 29. Crear el Apéndice 3 el que quedará redactado de la siguiente manera:

APÉNDICE 3

a) Se llevará un libro rubricado y foliado en orden correlativo de tapa dura donde la primer hoja indicará los datos de la caldera y la sala según la siguiente planilla:

Empresa			N° CUIT:		
Domicilio					
Localidad					
Código Postal					
Teléfono					
Fax					
E mail					
Página Web					
Cantidad de calderas en la sala					
N° interno					

Acutubular / Humotubular	Marca	(si tiene)	Modelo	(si tiene)	Categoría	(1º , 2º o 3º)
Año de fabricación	Presión Trabajo	(en bar)	P. Prueba	(en bar)	P. Diseño	(en bar)
Superficie de calefacción	Producción	(en Kg/hora)	Costuras	(Rob/soldad)	Pasos	(1,2,3,o 4)
Diámetro envolvente	Cantidad Tubos	(en números)	D. de tubos	(en milímetros)	L. Envolvente	(en milímetros)
Diámetro Domos	Superior	(en milímetros)	Inferior	(en milímetros)	D. Tubos agua	(en milímetros)
Sistema de alimentación	Cant. de bombas	(en números)	Otros	(especificar)		
Sistema Tratamiento de agua	Especificar	(productos químicos, ablandamiento, desmineralización, otros)				
Recuperación de condensado	(Si/No)		% estimado	(porcentual)	Temperatura	(°C)
Válvulas de seguridad	Modelo		Cantidad	(en números)	Diam.Conexión	(en pulgadas)

Válvula de purga de fondo	Manual		Automática	(en números)	Diam.Conexión	(en pulgadas)
Válvula de purga superficie	Manual		Automática	(en números)	Diam.Conexión	(en pulgadas)
Válvula de retención	Diam.Conexión	(en pulgadas)				
Presóstatos	Baja	(Si/No)	Alta	(Si/No)	Seguridad	(Si/No)
Manómetros	Diámetro	(en pulgadas)	Cantidad	(en números)		
Detector de llama	(Si/No)		Prebarrido	(Si/No)	Medidor tº gases	(Si/No)
Alarmas por	Bajo nivel agua	(Si/No)	Alta Presión	(Si/No)	Otros	(especificar)
Combustible utilizado	Sólido	(Si/No)	Líquido	(Si/No)	Gaseoso	(Si/No)
Foguistas Habilitados	Cantidad	(en números)	Categoría	(Manual/Auto)		
Seguridad en la sala de calderas						
Matafuegos	Tipo		Cantidad	(en números)	Capacidad	(En Kg)

Carga de fuego estimada	(especificar)					
Otro sistema de lucha c/fuego	(especificar)					
Detectores fuga de combustible	Tipo	(gaseoso / líquido)	Alarma	(única/central)		
Detector de Monóxido de carbono	(Sí/No)		Alarma	(única/central)		
Observaciones	Agregar cualquier detalle que se considere de interés para la caldera y para la sala de calderas					
Profesional Responsable			Matricula SPS en ASP			

b) Al momento de presentar el libro foliado para su rúbrica se deben adjuntar 2 planillas idénticas a la primer hoja por cada caldera instalada.

c) Define características **mínimas** que debe cumplir el agua de alimentación para aplicar en calderas.

d) Define características **máximas** que debe cumplir el agua en el interior de la caldera.

9.6 ANEXO VI, DOCUMENTACION REQUERIDA PARA OBTENER EL CARNET DE FOGUISTA

9.6.1 Documentación requerida para el trámite.

1. Certificado de trabajo.
2. Una fotografía tipo carnets 3 x 3.
3. Un sellado del Banco Provincia de Buenos Aires por \$5.
4. Rendir un examen de aptitud de conocimientos que se puede rendir en fábrica o en sede de 12 y 53, torre II, piso 14 de La Plata.
5. Para que el examen sea tomado en fabrica se deberá presentar una nota formulario modelo 7.
6. Para retirar el carnets se deberá abonar 40 pesos cada foguista si el examen fue rendido en sede y 100 pesos cada uno si fue rendido en fábrica.