



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**AHORRO ENERGÉTICO EN SISTEMAS DE VAPOR, VENTILACIÓN Y AIRE
ACONDICIONADO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CIGARRILLOS**

Pedro Luis Godoy Gálvez

Asesorado por el Ing. Ronald Fernando Moreno González

Guatemala, octubre de 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**AHORRO ENERGÉTICO EN SISTEMAS DE VAPOR, VENTILACIÓN Y AIRE
ACONDICIONADO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CIGARRILLOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD E INGENIERÍA

POR:

PEDRO LUIS GODOY GÁLVEZ

ASESORADO POR EL ING. RONALD FERNANDO MORENO GONZÁLEZ
AL CONFERIRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2007

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÒ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Sydney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. Fernando José Álvarez Paz
EXAMINADORA	Inga. Claudia Lizeth Barrientos
EXAMINADORA	Inga. Lenny Virginia Gaitan Rivera
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

AHORRO ENERGÉTICO EN SISTEMAS DE VAPOR, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CIGARRILLOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, en marzo de 2006.

Pedro Luis Godoy Gálvez

Guatemala, Mayo 14 de 2007

Ingeniero:
José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR DE ESCUELA
MECANICA INDUSTRIAL
Facultad de Ingeniería
Universidad de san Carlos de Guatemala
Su despacho.

Señor Director

Me dirijo a usted para informarle que ha finalizado la etapa de asesoría del trabajo de graduación del estudiante PEDRO LUIS GODOY GALVEZ, con carné 99-10847, previo a obtener el título de Ingeniero Mecánico Industrial.

El trabajo en mención se titula: AHORRO ENERGETICO EN SISTEMAS DE VAPOR, VENTILACION Y AIRE ACONDICIONADO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CIGARRILLOS.

Después de haber revisado dicho trabajo, considero que este cumple con los objetivos propuestos en el protocolo aprobado por esta escuela y para lo efectos correspondientes, me suscribo de usted.

Atentamente



Ronald F. Moreno G.
Ingeniero Industrial
Colegiado 2552

Ing. Ronald Fernando Moreno González

Ingeniero Industrial

Colegiado No. 2552

ASESOR



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **AHORRO ENERGÉTICO EN SISTEMAS DE VAPOR, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CIGARRILLOS**, presentado por el estudiante universitario **Pedro Luis Godoy Gálvez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in red ink, appearing to read 'Byron Estuardo Ixpatá Reyes'.

Ing. Byron Estuardo Ixpatá Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, agosto del 2007.

/mgp

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **AHORRO ENERGÉTICO EN SISTEMAS DE VAPOR, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CIGARRILLOS**, presentado por el estudiante universitario **Pedro Luis Godoy Gálvez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela Mecánica Industrial



Guatemala, octubre de 2007.

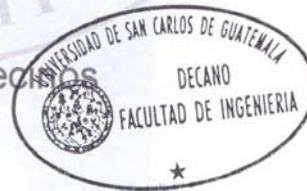
/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **AHORRO ENERGÉTICO EN SISTEMAS DE VAPOR, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO EN UNA EMPRESA PRODUCTORA DE CIGARRILLOS**, presentada por el estudiante universitario **Pedro Luis Godoy Gálvez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Reinos
Decano



Guatemala, Octubre de 2007

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por derramar sus bendiciones sobre mí y permitirme culminar esta meta, tan trascendental en mi vida
- Mis padres** Luis Ramón Godoy e Irma Rosidalia Gálvez de Godoy, a quienes les debo la vida, gracias por apoyarme, quererme y creer siempre en mí; este triunfo es de ustedes.
- Mi esposa** Karen Johana, por su amor, cariño y comprensión; gracias por apoyarme cuando mas lo necesité.
- Mi hijo** Luis Pedro, quien es mi mayor fuente de inspiración, te quiero mucho
- Mis hermanos** Cecilio Rafael y José Pablo. Por alentarme a seguir adelante, y apoyarme siempre, los quiero.
- Mi familia** En especial a mis abuelos y tíos, por brindarme en todo momento su cariño y apoyo a lo largo de todo el camino hacia este momento tan importante en mi vida.
- Mis amigos** En especial Luis Fernando Pineda, por los momentos compartidos en las aulas de nuestra universidad y a todos los que de una u otra forma siempre estuvieron pendientes de mí, muchas gracias.
- Asesor** Ingeniero Ronald Fernando Moreno González, por guiarme en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VII
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1 Energía	1
1.1.1 Tipos de energía	2
1.1.1.1 Energía eólica	2
1.1.1.2 Energía geotérmica	3
1.1.1.3 Energía hidráulica	5
1.1.1.4 Energía eléctrica	6
1.2 Formas de generación de energía	7
1.2.1 Generadores	7
1.3 Aspectos importantes para la eficiencia de la energía	10
1.3.1 1ra. Ley de la termodinámica (conservación de energía)	11
1.3.2 2da. Ley de la termodinámica (calidad de la energía)	11
1.4 Usos del vapor, ventilación y aire acondicionado en procesos Industriales	12
1.4.1 Calderas	12
1.4.1.1 Circulación de la caldera	13
1.4.1.2 Funcionamiento de las calderas	14
1.4.1.3 Tipos de calderas	15

1.4.1.4	Cuidado de las calderas	19
1.4.2	Ventiladores	22
1.4.2.1	Principios de la ventilación en general	24
1.4.2.2	Cálculo del caudal de extracción	25
1.4.3	Compresores	26
1.4.3.1	Clasificación de los compresores	27
1.4.3.1.1	De desplazamiento positivo (flujo intermitente)	28
1.4.3.1.2	De desplazamiento no positivo (flujo continuo)	30
1.5	Ahorro de energía en el sector industrial	32
1.5.1	Control de potencia	32
1.5.2	Instalación de dispositivos eléctricos modernos	33

2. ESTUDIO Y DIAGNÓSTICO SOBRE EL AHORRO DE ENERGIA EN PROCESOS INDUSTRIALES. 35

2.1	Descripción de la problemática	35
2.1.1	Impactos en la industria	36
2.2	Análisis de las causas que afectan el ahorro de energía	37
2.3	Consumos de energía	38
2.3.1	Tabulación de consumos	39
2.4	Comparación y análisis de gráficas	39
2.5	Factores que intervienen en el consumo excesivo de energía Eléctrica	43

3. SISTEMAS DE VAPOR, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	45
3.1 Sistemas de vapor	45
3.1.1 Vapor	48
3.1.2 Tamaño de las tuberías de vapor	49
3.1.3 Compresión mecánica del vapor	52
3.1.3.1 Turbocompresión	53
3.1.3.2 Motocompresión	54
3.1.4 Trampas de vapor	54
3.1.4.1 Termostáticas	56
3.1.4.2 Termodinámicas	58
3.1.4.3 Mecánicas	59
3.1.4.4 De impulso	60
3.1.5 Mantenimiento de las trampas de vapor	61
3.1.5.1 Finalidad de las trampas de vapor	61
3.1.5.2 Funciones de las trampas de vapor	62
3.1.6 Eliminación de las fugas de vapor	63
3.1.7 Combustibles	63
3.1.7.1 Bunker	65
3.1.7.2 Diesel	65
3.1.7.3 Gas (propano)	66
3.2 Sistemas de ventilación	66
3.2.1 Ventiladores	67
3.2.1.1 Ventilador centrífugo	67
3.2.1.2 Ventilador axial	68
3.2.2 Selección de los ventiladores	69
3.2.2.1 Ventiladores de aletas curvadas hacia atrás	70
3.2.2.2 Ventiladores de aletas curvadas hacia delante	71
3.2.2.3 Ventiladores axiales con aletas de guía	72

3.2.3	Principios de flujo de aire	73
3.2.3.1	Presión estática	75
3.2.3.2	Presión dinámica	75
3.2.4	Leyes de los ventiladores	76
3.2.5	Sistemas de distribución y manejo de aire	83
3.2.6	Calculo de la ventilación para edificios industriales	85
3.3	Sistemas de aire acondicionado	90
3.3.1	Sistema completo	91
3.3.2	Sistema de acondicionamiento de aire y de distribución	92
3.3.3	Sistemas que utilizan solo aire	93
3.3.4	Sistemas mixtos aire-agua	94
3.3.5	Calculo de un sistema de aire acondicionado	95
4.	IMPLEMENTACIÓN DE PLANES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA	97
4.1	Capacitación	97
4.1.1	Importancia de la capacitación	97
4.1.2	Objetivos de la capacitación	98
4.1.3	Tipos de capacitación	99
4.1.3.1	Teórica	99
4.1.3.2	Práctica	99
4.2	Implementación de rutinas de mantenimiento	100
4.2.1	Sistemas de vapor	100
4.2.1.1	Caldera	101
4.2.2	Sistemas de ventilación	102
4.2.2.1	Ventiladores	102
4.2.3	Sistemas de aire acondicionado	104
4.2.3.1	Compresores	105
4.3	Fichas de control del consumo de energía	110
4.4	Implementación de un plan de acción para el ahorro de energía	111

5. MEJORA CONTÍNUA, FORMAS DE AHORRO DE ENERGÍA	113
5.1 Mantenimiento	113
5.1.1 Mantenimiento preventivo	114
5.1.2 Mantenimiento correctivo	116
5.1.3 Mantenimiento proactivo	116
5.2 Energía eléctrica	118
5.2.1 Aplicaciones de la energía eléctrica	119
5.2.2 Formas de medir la energía eléctrica	119
5.2.3 Control de corrientes parasitas	120
5.2.4 Mejoramiento del factor de potencia	121
5.3 Aprovechamiento del retorno del condensado	122
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	125
BIBLIOGRAFÍA	127
ANEXOS	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Energía eólica	3
2	Energía geotérmica	4
3	Energía hidráulica	6
4	Generador	10
5	Caldera acuatubular	16
6	Caldera pirotubular	18
7	Caldera tubular	19
8	Proceso de admisión y expansión de aire	26
9	Compresor de paletas deslizantes	28
10	Compresor de pistón líquido	28
11	Compresor de lóbulo recto	28
12	Compresor de tornillo rotativo	30
13	Compresor centrífugo	31
14	Compresor axial	31
15	Compresor de flujo mixto	32
16	Diagrama de causa y efecto de factores que afectan el ahorro de energía	37
17	Gráfico de comparación de consumos de energía entre el año 2005 y 2006	40
18	Sistema por orificios de aireación	46

19	Sistemas de vaporización	47
20	Sistemas de vacío	48
21	Turbocompresion del vapor	52
22	Motocompresion del vapor	54
23	Trampa de vapor termostática	57
24	Trampa de vapor termodinámica	58
25	Trampa de vapor mecánica	59
26	Trampa de vapor de impulso	60
27	Ventilador centrifugo	68
28	Ventilador axial	69
29	Ventilador con aletas curvadas hacia atrás	71
30	Ventilador con aletas curvadas hacia adelante	72
31	Ventilador con aletas guías	73
32	Distribución de aire	84
33	Bodega de empaque	88
34	Sistema completo de aire acondicionado	92

TABLAS

I	Ventilación mínima requerida por el número de personas	22
II	Renovaciones de aire por hora	25
III	Consumos de energía durante los años 2005 y 2006	39
IV	Comparación de consumos de energía entre los años 2005 y 2006	40
V	Ahorro de energía entre los años 2005 y 2006	41
VI	Flujo de vapor en tuberías por la fórmula de babcock	51
VII	Unidades de medida utilizadas en las leyes de los ventiladores	77
VIII	Coeficientes de aire de entrada de la ventana	86

IX	Mantenimiento preventivo para un compresor a tres meses de servicio o 2,000 horas de trabajo	106
X	Mantenimiento preventivo para un compresor a seis meses de servicio seis o 4,000 horas de trabajo	107
XI	Mantenimiento preventivo para un compresor a nueve meses de servicio o 6,000 horas de servicio	108
XII	Mantenimiento preventivo para un compresor a doce meses de servicio o 8,000 horas de trabajo	109
XIII	Ficha de control de consumos de energía	110
XIV	Plan de acción para el ahorro de energía	111
XV	Ganancia instantánea de calor por transmisión directa y difusión o radiación solar para ventanas no sombreadas de vidrio común	129
XVI	Ganancia instantánea de calor por convección y radiación para ventanas no sombreadas de vidrio común	130
XVII	Factores de Conversión utilizados	130

GLOSARIO

Btu	Forma de medir la cantidad de calor, cuyo valor de conversión equivale a 251.99 calorías.
Bridas	Son accesorios para conectar tuberías con equipos (bombas, intercambiadores de calor, calderas, tanques, etc.) o accesorios (codos, válvulas, etc.).
Condensado	Es un estado de agregación de la materia que se da en ciertos materiales a muy bajas temperaturas.
Cogeneración	Producción asociada de energía eléctrica y calor en una planta termoeléctrica, para su utilización industrial.
Combustión	Proceso de oxidación rápida de una sustancia, acompañado de un aumento de calor y frecuentemente de luz.
Convección	Transporte de calor en un fluido a través del movimiento del propio fluido.
Densidad	Masa de un cuerpo por unidad de volumen
Difusión	Flujo de energía o materia desde una zona de mayor concentración a otra de menor concentración, tendente a producir una distribución homogénea

Energía cinética

La energía cinética, es la energía que posee un objeto debido al movimiento que realiza. La energía cinética depende de la masa y de la velocidad del objeto según la ecuación:

$$E = (1/2) mv^2$$

donde m es la masa del objeto y v^2 la velocidad del mismo elevada al cuadrado

Energía potencial

Energía potencial, es la energía almacenada que posee un sistema como resultado de las posiciones relativas de sus componentes.

Para proporcionar energía potencial a un sistema es necesario realizar un trabajo, de hecho, la cantidad de energía potencial que posee un sistema es igual al trabajo realizado sobre el sistema.

Entalpía

Cantidad de energía de un sistema termodinámico que éste puede intercambiar con su entorno.

Entropía

Función de estado que mide el desorden de un sistema físico o químico, y por tanto su proximidad al equilibrio térmico.

Golpe de ariete

Es el principal causante de averías en tuberías e instalaciones hidráulicas, se origina por una sobrepresión que se desplaza por la tubería.

HVAC	Calefacción, ventilación y aire acondicionado.
Lubricación	Las funciones básicas de un lubricante son: reducción de la fricción, disipación del calor y dispersión de los contaminantes. El diseño de un lubricante para realizar estas funciones es una tarea compleja que involucra un cuidadoso balance de propiedades, tanto del aceite de base como de los aditivos.
Joules	Unidad en el sistema internacional para medir la energía.
Proceso Adiabático	Proceso en el cual el sistema no intercambia calor con su entorno.
Viscosidad	Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza.
Voltaje	Cantidad de voltios que actúan en un aparato o sistema eléctrico.

RESUMEN

El ahorro de energía, se define como la correcta utilización de los recursos energéticos, esto independientemente del proceso en donde se utilicen, promoviendo de esta forma que el uso de la energía sea el más eficiente, elevando de esta forma la eficiencia y capacidad productiva dentro de la empresa.

Actualmente, contar con un plan de ahorro de energía en sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado, busca elevar los niveles de producción y calidad en productos y servicios, a un bajo costo y con eficiencia, esto con el propósito de sobrevivir en un mundo de cambios y competencia dentro del sector industrial.

Dentro de los procesos industriales, ya sean de manufactura o de servicio no son la excepción la utilización de planes de ahorro de energía, pues además que se cumplan con los requerimientos de producción, calidad y eficiencia, se hace necesario contar con los mismos para tener un proceso eficiente. Es por ello que se implementaron medidas, que permitan reducir los consumos de energía para la elaboración de cigarrillos.

Se ha llevado a cabo un estudio sobre la problemática del uso excesivo de energía, las causas que lo provocan, todo esto por medio de la toma de lecturas de consumos de energía de los diferentes sistemas, antes y después para establecer las mejoras alcanzadas, las cuales serán representadas por medio de gráfica de barras.

Se analizan las formas adecuadas para una buena utilización del vapor, comenzando por un análisis del tamaño que deben tener las tuberías que conducen el mismo, de la misma forma se establecieron los diferentes tipos de ventiladores que existen, así como la aplicación de los mismos dentro de la industria. De igual forma determinaron los mecanismos que harán que la utilización del aire acondicionado sea la adecuada, teniendo el área de trabajo lo más agradable posible para un buen desempeño de las labores.

Se establecen procedimientos, los cuales conducen a una buena utilización de la energía, como la creación e implementación de rutinas de mantenimiento de los equipos, programas de capacitación, lo cual se verá reflejado en una vida útil más larga de los mismos.

Una eficiente utilización de la energía en los sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado, es uno de los aspectos importantes a tomar en cuenta, esto con respecto al impacto que el uso eficiente de energía tendría en nuestro ambiente, ya que es algo de gran consideración en la actualidad.

OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar, desarrollar e implantar mediante un estudio técnico el “Ahorro energético en sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado”

ESPECÍFICOS

1. Establecer los factores que conducen a un ahorro energético en la utilización de los sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado.
2. Ejecutar medidas correctivas para aumentar el rendimiento productivo por la utilización de la energía eléctrica.
3. Dar a conocer programas de conservación de energía en los sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado, los cuales optimizan la utilización de la misma.
4. Servir de referencia para las industrias que estén interesadas en la implementación de programas de conservación de energía.
5. Considerar a través de un estudio técnico los factores que hacen que el consumo de energía se eleve por la realización de un proceso determinado.
6. Establecer por medio de un análisis de comparación de gráficas los beneficios alcanzados por la utilización de los programas de ahorro energético.

INTRODUCCIÓN

Es necesario tomar en cuenta que vivimos actualmente en un mundo de mayores demandas, y como consecuencia de ello los recursos energéticos se escasean, por lo cual es necesaria la implementación de medidas que nos lleven al ahorro de todo lo que es energía.

El uso y manejo adecuado de los recursos energéticos que se utilizan para cumplir con un propósito determinado, que bien puede ser la obtención de un producto, realización de un proceso, o utilización de sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado, es uno de los pilares principales para lograr grandes economías por la utilización de la energía.

Con la implementación de programas de conservación de energía se pretende obtener el máximo rendimiento de cada unidad de combustible y de cada Kilovatio/hora de energía eléctrica utilizada. Hoy en día el uso de la electricidad se ha venido diversificando gracias al desarrollo de nuevas tecnologías como lo es la automatización de los proceso de producción, por ello es importante lograr un ahorro en la utilización de la misma.

La energía eléctrica es sin duda uno de los recursos más importantes dentro de cualquier proceso productivo, puesto que ésta es uno de los pilares fundamentales por la diversidad de aplicaciones que se pueden obtener con la utilización de la misma y por ello la importancia de lograr que el consumo sea el necesario y adecuado para así evitar pérdidas y de esta forma lograr un proceso bastante eficiente.

Dentro de los sistemas estudiados en el presente trabajo se encuentra los sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado, sistemas en los cuales se puede lograr un ahorro energético considerable, esto si se ponen en práctica planes de acción de conservación de energía con un seguimiento riguroso y metas de progreso.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1 Energía

La energía es la capacidad de hacer trabajo y transferir calor. La materia posee energía como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. La energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética, mientras que la relacionada con la posición es la energía potencial.

La energía es sin duda uno de los recursos más importantes dentro de cualquier proceso productivo, puesto que ésta es uno de los pilares fundamentales por la diversidad de aplicaciones que se pueden obtener con la utilización de la misma, como lo es en la producción de cigarrillos.

La energía se manifiesta en varias formas, entre ellas la energía eólica, geotérmica, hidráulica, eléctrica, mecánica. Todas las formas de energía pueden convertirse en otras formas mediante los procesos adecuados. En el proceso de transformación puede perderse o ganarse una forma de energía, pero la suma total permanece constante.

Todas las formas de energía tienden a transformarse en calor, que es la forma más degradada de la energía. En los dispositivos mecánicos la energía no empleada para realizar trabajo útil se disipa como calor de rozamiento. Estudios realizados llevaron como conclusión que aunque la energía puede transformarse no se puede crear ni destruir, este concepto conocido como principio de conservación de la energía, constituye uno de los principios básicos de la mecánica clásica.

1.1.1 Tipos de energía

La energía como se mencionaba anteriormente se puede obtener de diferentes tipos y formas, dependiendo de la aplicación que necesitemos de la misma, es muy útil en procesos de producción, como lo es en la caso de la producción de cigarrillos.

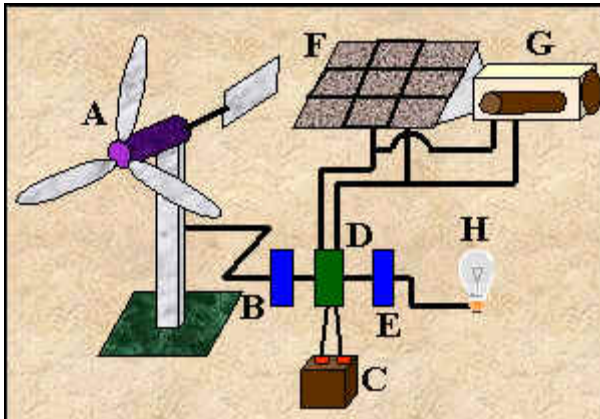
Dentro de la gran variedad de tipos de energía que existen se encuentra la energía eléctrica, mecánica, hidráulica etc., tipos de energía que tienen una gran importancia dentro de cualquier proceso productivo como se descubrirá más adelante.

1.1.1.1 Energía eólica

Energía producida por el viento. Esta es la primera utilización de la capacidad energética del viento, una de las características esenciales de la energía eólica es su discontinuidad, efectivamente el viento cambia de intensidad y de dirección de manera impredecible.

Actualmente, cuando se necesita energía eólica, y el viento no sopla, es necesario utilizar acumuladores para producir electricidad durante un tiempo. Otra característica de la energía producida por el viento es su infinita disponibilidad en función lineal a la superficie expuesta a su incidencia.

Figura 1. Energía eólica



Fuente: Enciclopedia en carta 2006.

1.1.1.2 Energía geotérmica

Energía relacionada con el calor interior de la tierra. Su aplicación práctica principal es la localización de yacimientos naturales de agua caliente, fuente de la energía geotérmica, para su uso en generación de energía eléctrica, en calefacción o en procesos de secado industrial.

El calor se produce entre la corteza y el manto superior de la Tierra, sobre todo por desintegración de elementos radiactivos. Esta energía geotérmica se transfiere a la superficie por difusión, por movimientos de convección en el magma (roca fundida) y por circulación de agua en las profundidades. Sus manifestaciones hidrotérmicas superficiales son, entre otras, los manantiales calientes, los géiseres y las fumarolas.

Los primeros fueron usados desde la antigüedad con propósitos terapéuticos y recreativos. El vapor producido por líquidos calientes naturales en sistemas geotérmicos es una alternativa al que se obtiene en plantas de energía por quemado de materia fósil, por fisión nuclear o por otros medios.

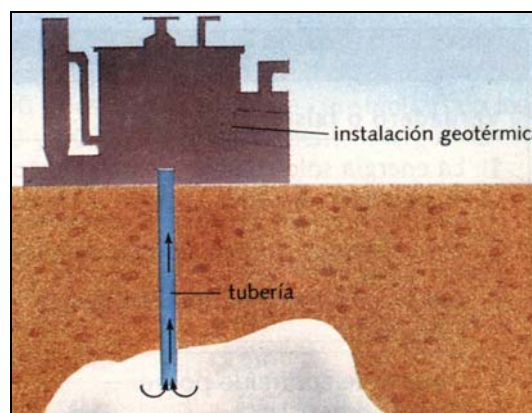
Las perforaciones modernas en los sistemas geotérmicos alcanzan reservas de agua y de vapor, calentados por magma más profundo, que se encuentran hasta los 3,000 mts bajo el nivel del mar.

El vapor se purifica en la boca del pozo antes de ser transportado en tubos grandes y aislados hasta las turbinas. La energía geotérmica se desarrolló para su aprovechamiento como energía eléctrica, donde la producción continúa en la actualidad, los fluidos geotérmicos se usan también como calefacción.

En la actualidad, se está probando una técnica nueva consistente en perforar rocas secas y calientes situadas bajo sistemas volcánicos en reposo para luego introducir agua superficial que regresa como vapor muy enfriado.

La energía geotérmica tiene un gran potencial: se calcula, basándose en todos los sistemas hidrotérmicos conocidos con temperaturas superiores a los 150 °C.

Figura 2. Energía geotérmica



Fuente: Enciclopedia en carta 2006.

1.1.1.3 Energía hidráulica

Energía que se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. La hidroelectricidad es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua. Su desarrollo requiere construir pantanos, presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad.

Todo ello implica la inversión de grandes sumas de recursos, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos, aunque el coste de mantenimiento de una central térmica, debido al combustible, sea más caro que el de una central hidroeléctrica. Sin embargo, el peso de las consideraciones medioambientales centra la atención en estas fuentes de energía renovables.

La energía hidráulica ayudó al crecimiento de las nuevas ciudades industriales, ya que la utilización adecuada de la misma contribuyó a la construcción de canales, que proporcionaron carbón a bajo precio. Las presas y los canales eran necesarios para la instalación de ruedas hidráulicas sucesivas cuando el desnivel era mayor de cinco metros.

Figura 3. Energía hidráulica



Fuente: Enciclopedia en carta 2006.

1.1.1.4 Energía eléctrica

La energía eléctrica es la que mas se emplea para el desarrollo de cualquier nación. La posibilidad de explotar distintos tipos de fuentes de energía como corrientes de ríos, combustoleo, gas, uranio, carbón, la fuerza de los mares y vientos, géiser, etc, de sitios alejados de los centros de consumo, hace posible que la energía eléctrica se transmita a grandes distancias, lo que resulta relativamente económico, ya que es necesaria en la gran mayoría de procesos de producción.

Cuando se habla de energía eléctrica, se refiere a un concepto asociado al tiempo y a la potencia nominal de una determinada carga eléctrica, así asociamos que, entre más tiempo un equipo este operando, más energía estará consumiendo, de ahí la necesidad de apagar los equipos que estén encendidos ociosamente. La unidad de medida de la energía eléctrica es el kilovatio-hora o kWh. El medidor de energía, almacena el valor acumulado de toda la energía consumida durante el ciclo de lectura.

Investigaciones realizadas sobre la interacción de los conductores de corriente eléctrica con el campo electromagnético posibilitaron la creación de generadores eléctricos, que transforman la energía mecánica del movimiento giratorio en energía eléctrica, lo que formó la base de un sistema eléctrico de potencia.

1.2 Formas de generación de energía

La energía la podemos obtener de varias formas dependiendo de la aplicación que deseemos de la misma, uno de los dispositivos mas utilizados en la industria para la obtención de la energía son los *generadores* debido a las características que estos poseen.

1.2.1 Generadores

Son un grupo de aparatos que se utilizan para convertir la energía mecánica en eléctrica, o a la inversa, a través de medios electromagnéticos. A una máquina que convierte la energía mecánica en eléctrica se le denomina generador, alternador o dínamo, y a una máquina que convierte la energía eléctrica en mecánica se le denomina motor.

Dos principios físicos relacionados entre sí sirven de base al funcionamiento de los generadores y de los motores. El primero es el principio de la inducción.

Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de un circuito de conducción fijo cuya intensidad puede variar, se establece o se induce una corriente en el conductor.

El segundo principio, se da si una corriente pasa a través de un conductor dentro de un campo magnético, éste ejerce una fuerza mecánica sobre el conductor.

La máquina dinamoeléctrica más sencilla es la dinamo de disco desarrollada por Faraday, que consiste en un disco de cobre que se monta de tal forma que la parte del disco que se encuentra entre el centro y el borde que este situado entre los polos de un imán de herradura. Cuando el disco gira, se induce una corriente entre el centro del disco y su borde debido a la acción del campo del imán.

El disco puede fabricarse para funcionar como un motor mediante la aplicación de un voltaje entre el borde y el centro del disco, lo que hace que el disco gire gracias a la fuerza producida por la reacción magnética. El campo magnético de un imán permanente es lo suficientemente fuerte como para hacer funcionar un motor. Por ello, los electroimanes se emplean en máquinas grandes.

Tanto los motores como los generadores tienen dos unidades básicas: el campo magnético, que es el electroimán con sus bobinas, y la *armadura*, que es la estructura que sostiene los conductores que cortan el campo magnético y transporta la corriente inducida en un generador, o la corriente de excitación en el caso del motor. La armadura es por lo general un núcleo de hierro dulce laminado, alrededor del cual se enrollan en bobinas los cables conductores.

Otro aspecto importante a tomar en cuenta para la generación de energía, y en este caso en especial para la generación de la energía eléctrica es la cogeneración de energía. Los sistemas de cogeneración reciclan la energía perdida en el proceso primario de generación (en este caso, una turbina de gas) en un proceso secundario. La energía restante se emplea en este caso en forma de vapor directamente en las cercanías de la central, lo que aumenta aún más la eficiencia global del sistema.

El rendimiento en la generación de electricidad depende en última instancia de las leyes de la termodinámica. Al incrementar la temperatura de entrada en el ciclo de las turbinas de gas mediante la introducción de nuevos materiales y técnicas de diseño, el rendimiento de las últimas turbinas se ha incrementado en un 42%.

Si el gas caliente de salida se usa para aumentar el vapor a fin de alimentar una turbina de vapor, se forma un ciclo llamado combinado, con un rendimiento generalizado de la conversión del calor en electricidad de cerca del 60%.

Las plantas de ciclo combinado que funcionan con gas están sustituyendo con rapidez a las de carbón y petróleo en todo el mundo. Un incentivo para su construcción es el menor impacto medioambiental y la reducción de la emisión de dióxido de carbono que suponen.

Un modo aún más eficaz de utilizar la energía de combustibles fósiles primarios es la construcción de sistemas de cogeneración o de energía y calor combinados (ecc). En este caso, el calor de salida de la turbina de gas o vapor e incluso de los motores diesel se emplea para alimentar los generadores de electricidad y suministrar vapor y calor a los distintos elementos de la fábrica.

Estos sistemas tienen un rendimiento global en el uso de la energía de más del 80%. Son muchas las circunstancias comerciales en las que los sistemas de energía y calor combinados (ecc), son ideales para obtener el equilibrio electricidad/calor de los dispositivos dentro del sistema, y su instalación supone un adelanto en costos y ahorro de energía.

Figura 4. Generador



Fuente: Enciclopedia en carta 2006.

1.3 Aspectos importantes para la eficiencia de la energía

La eficiencia de la energía se puede lograr siempre y cuando se haga el uso adecuado de la misma, lo cual se vera reflejado en una disminución de los costos por la utilización de la misma. Las leyes de la termodinámica estudian precisamente esto, la eficiencia de la energía, desde el punto de vista de conservación y calidad de la energía.

1.3.1 Primera ley de la termodinámica, conservación de energía

Con la primera ley de la termodinámica tenemos una definición precisa del calor, el cual es otro de los conceptos importantes a tomar en cuenta para la generación de la energía

Este primer principio de la termodinámica es una ley de conservación de la energía, la cual afirma que, “la energía no puede crearse ni destruirse si no solo transformarse” por lo que la cantidad de energía transferida a un sistema en forma de calor más la cantidad de energía transferida en forma de trabajo sobre el sistema debe ser igual al aumento de la energía interna del sistema.

El calor y el trabajo son mecanismos por los que los sistemas intercambian energía entre sí. En cualquier máquina, hace falta cierta cantidad de energía para producir trabajo; es imposible que una máquina realice trabajo sin necesidad de energía.

1.3.2 Segunda ley de la termodinámica, calidad de la energía

La segunda ley de la termodinámica da una definición precisa de la entropía. La entropía se define como la medida de lo próximo que se halla un sistema en equilibrio; también se puede considerar como una medida del desorden térmico del sistema.

La segunda ley trata de las restricciones que existen al utilizar la energía en diferentes procesos, en este caso, en la producción de cigarrillos. Se puede demostrar que el segundo principio implica que, si no se realiza trabajo, es imposible transferir calor desde una región de temperatura más baja a una región de temperatura más alta.

1.4 Usos del vapor, ventilación y aire acondicionado en procesos industriales

Dentro de los factores importantes a tomar en cuenta para el ahorro energético, se encuentran los relacionados con la utilización de vapor, ventilación y aire acondicionado dentro de cualquier proceso productivo. Cada uno de estos tiene una gran gama de aplicaciones dentro de un edificio industrial, el vapor como parte del proceso de producción, para esterilizar, para humectar, etc.,

La ventilación en su caso la podemos utilizar para la regulación de las condiciones ambientales dentro del área de trabajo, y con el aire acondicionado tenemos teóricamente un conjunto de equipos que proporcionan aire y mantienen el control de la temperatura, humedad y pureza en todo momento y con independencia de las condiciones climáticas.

1.4.1 Calderas

Se conoce como caldera de vapor a aquella unidad en la cual se puede cambiar el estado del fluido de trabajo (agua) de líquido a vapor de agua, en un proceso a presión constante y controlada, mediante la transferencia de calor de un combustible que es quemado en una cámara conocida como "hogar". En algunos casos se puede llevar hasta un estado de vapor sobrecalentado.

Estas pueden ser eléctricas, a gasóleo o combustible diesel, a gas natural, gas butano, Las calderas se componen de un compartimiento donde se consume el combustible y otro donde el agua se convierte en vapor.

La clasificación de las calderas se da principalmente por tres aspectos que son:

- a. La presión a la que pueden operar
- b. Su capacidad de producción de vapor
- c. El tipo de combustible que utiliza para su combustión

1.1.4.1 Circulación de la caldera

Se requiere una circulación adecuada de los insumos necesarios en la sección de generación de vapor de la caldera para evitar el sobrecalentamiento de las superficies donde se efectúan la transmisión de calor, y este puede lograrse en forma natural por las fuerzas gravitatorias, la circulación natural se produce por la diferencia en las densidades del agua en los tubos en donde baja el agua fría o no muy caliente y la mezcla de vapor y agua en los tubos calentadores generadores de vapor.

Las calderas que tienen circulación forzada combinada con circulación auxiliar utilizan domos similares a los que se usan en las de circulación natural, en las calderas de cualquier tipo, ya sea de circulación natural o forzada, es esencial que siempre se mantengas mojadas las superficies interiores con agua o con una mezcla de vapor y agua, para evitar el sobrecalentamiento de las superficies absorbedoras de calor.

Las calderas de flujo forzado y un sólo paso deben unirse con una velocidad mínima específica, generalmente este tipo representa la cuarta o tercera etapa parte del flujo a plena carga, Las unidades combinadas de circulación forzada o de un sólo paso con flujos de recirculación en las paredes del horno pueden obtener velocidades satisfactorias del agua durante el arranque y a bajas condiciones de carga.

1.4.1.2 Funcionamiento de las calderas

Las calderas se diseñan para condiciones de operación específicas, esto permite a los fabricantes garantizar su funcionamiento. En forma general el fabricante garantiza tanto la eficiencia como la temperatura de salida del vapor dentro de un intervalo de operación determinado.

Cuando las partes componentes de un equipo, como hornos, pulverizadores, quemadores y calentadores de aire, son suministrados por diferentes fabricas, el funcionamiento de cada una de las partes esta garantizado por el respectivo productor.

Para establecer el balance de calor, de la energía que entra al sistema, se considera la última absorción de calor o pérdida térmica. El calor de alimentación esta dado por la cantidad de fuego disponible en una hora, el valor calorífico del combustible y cualquiera otra cantidad de calor que alimenta al sistema.

El calor necesario para precalentar el aire de combustión se obtiene de un calentador integrado a la caldera.

Las principales pérdidas térmicas se deben al calor sensible que escapa junto con los gases; a las de calor latente asociadas con la evaporación de la humedad presente en el combustible y con la forma de vapor de agua como resultado de la combustión del hidrogeno en el combustible, pueden realizarse pruebas de componentes de las calderas, considerándolos como unidades separadas, como el, el sobrecalentador y el econonizador o calentador de aire.

1.4.1.3 Tipos de calderas

Existen diferentes tipos de calderas que de acuerdo a sus dimensiones y usos se tienen que ensamblar específicamente en el área de trabajo donde serán utilizadas, ya que estas son difíciles de trasladar de un lugar hacia otro, lo cual repercutiría en tiempo y costos por la realización del mismo.

Dentro de las calderas más comunes para usos industriales debido a su capacidad de producción de vapor tenemos las siguientes:

- a. Acuatubulares
- b. Piro-tubulares
- c. Tubulares

a. Calderas acuatubulares: las calderas acuatubulares (el agua está dentro de los tubos) eran usadas en centrales eléctricas y otras instalaciones industriales, logrando con un menor diámetro y dimensiones totales una presión de trabajo mayor, para accionar las máquinas a vapor de principios de siglo.

En estas calderas, los tubos longitudinales interiores se emplean para aumentar la superficie de calefacción, y están inclinados para que el vapor a mayor temperatura al salir por la parte más alta, provoque un ingreso natural del agua más fría por la parte más baja. Originalmente estaban diseñadas para quemar combustible sólido.

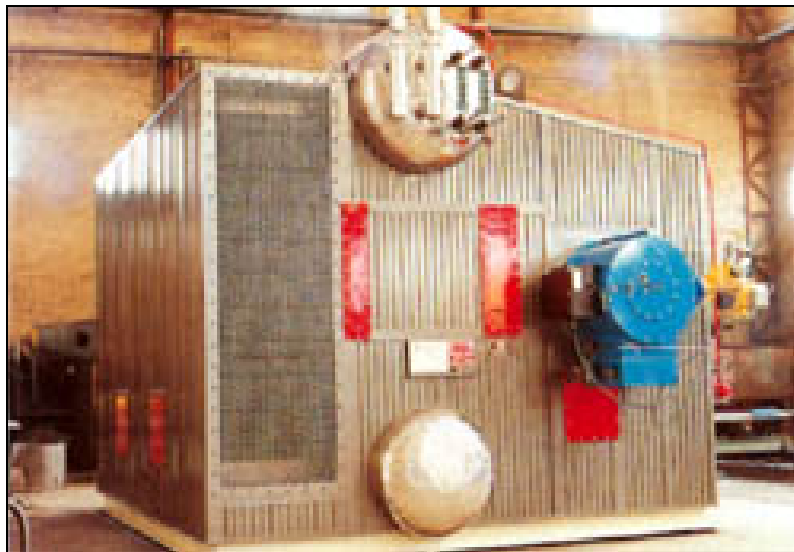
La producción del vapor de agua depende de la relación que exista entre dos de las características fundamentales del estado gaseoso, que son la presión y la temperatura.

A cualquier temperatura, por baja que esta sea, se puede vaporizar agua, con tal que se disminuya convenientemente la presión a que se encuentre sometido dicho líquido.

En general los tubos son la parte principal de la caldera, y dos o tres accesorios llamados “colectores”, en donde se ubican las válvulas de seguridad, termómetros, tomas de vapor, entrada de agua, etc.

Este tipo de caldera tiene una capacidad de producción de vapor que va desde 120kg/h hasta 8000kg/h, regularmente trabajan con presiones de 150kg/cm² y el tipo de combustible que utilizan es el bunker. Capacidad máxima de producción de vapor 1000ton/h.

Figura 5. Caldera acuotubular



Fuente: Introducción a la termodinámica. Smith J.M

b. Calderas pirotubulares: las calderas de vapor pirotubular, están construidas especialmente para aprovechamiento de gases de recuperación, este tipo de calderas presenta una gran variedad de características dentro de las cuales se pueden mencionar las siguientes:

1. El cuerpo de caldera, está formado por un cuerpo cilíndrico de disposición horizontal, incorpora interiormente un paquete multitubular de transmisión de calor y una cámara superior de formación y acumulación de vapor.
2. La circulación de gases se realiza desde una cámara frontal dotada de brida de adaptación, hasta la zona posterior donde termina su recorrido en otra cámara de salida de humos.

El acceso al cuerpo, se realiza mediante puertas atornilladas y abisagradas en la cámara frontal y posterior de entrada y salida de gases, equipadas con bridas de conexión.

En las calderas pirotubulares la presión de trabajo normalmente no excede de los 20kg/cm^2 , su producción de vapor máxima se encuentra alrededor de 25ton/h .

Figura 6. Caldera pirotubular



Fuente: Introducción a la termodinámica. Smith J.M

c. Calderas Tubulares: en las calderas tubulares el agua recorre unos tubos calentados por gases de la combustión y el vapor se acumula en un tambor. Esta disposición aprovecha el calor de convección de los gases y el calor radiante del fuego y las paredes de la caldera. La amplia aplicación de la caldera tubular se hizo posible gracias a los adelantos obtenidos, tales como las aleaciones de acero de alta temperatura y las técnicas modernas de soldadura, que convirtieron la caldera tubular en el modelo de las grandes calderas.

Las modernas calderas tubulares pueden operar a presiones de 23.13 psi y generar más de 4.000 toneladas de vapor por hora. Dado que la temperatura de combustión puede superar los 1.650 °C, el flujo de agua se controla mediante circulación simple o forzada. Con la utilización de los llamados supercalentadores, las calderas modernas pueden alcanzar un 90% de rendimiento del combustible.

Los precalentadores calientan el aire que entra con los gases de la combustión que se descargan al conjunto; los precalentadores de agua utilizan los gases de los conductos para calentar el agua antes de introducirla en la caldera, el control de las corrientes y el tratamiento químico del agua para evitar la deposición de óxidos y la corrosión también contribuyen a la eficiencia del funcionamiento.

Las dimensiones de este tipo de calderas suelen ser de 2m X 4 ½ m con una capacidad de unos 10,000 lb/h de vapor, Siendo sus presiones de trabajo entre 150-250 psi.

Figura 7. Caldera tubular



Fuente: Introducción a la termodinámica. Smith J.M

1.4.1.4 Cuidado de las calderas

El equipo usado después de las grandes reparaciones o cambios y las unidades nuevas requieren, antes de su puesta en marcha, algunos preparativos, que comprenden los siguientes aspectos: remoción del material que pueda encontrarse en el interior de las partes sujetas a presión; pruebas hidrostáticas e inspección de fugas; remoción de grasas y de otros depósitos en las partes sujetas a presión dentro del generador de vapor.

Este proceso es una práctica general para reducir las concentraciones químicas hasta alcanzar un nivel satisfactorio, en el cual la operación puede realizarse. Esto se logra por medio de purgas y reposiciones, las cuales se hacen con agua tratada.

En operación normal, también se marcan las especificaciones requeridas para el agua de alimentación y las condiciones que debe tener el agua de la caldera, las temperaturas de diseño del vapor y del metal de la caldera, la limpieza que debe mantener en los conductos del gas y paredes absorbentes de calor. La inspección y mantenimiento debe llevarse a cabo cuando la unidad se pone fuera de servicio. Todos los puntos anotados durante la inspección deben agregarse a la lista de detalles por corregir.

El personal operativo dentro de área de calderas enfrenta graves riesgos que ponen en peligro su salud mientras permanece en dicha área. Dentro de estos se encuentran los siguientes:

- Vapores y emisiones de compuestos volátiles en laboratorios y zonas de limpieza de equipos.
- Gases provenientes de las emisiones de calderas e incineradores.
- Material particulado como hollín, generado por unidades de generación de vapor (calderas).

Es indispensable contar dentro del área de calderas, con un plan de seguridad industrial que minimice los riesgos anteriormente mencionados, dentro de las medidas a tomar en cuenta se encuentran las siguientes:

- Aislar equipos ruidosos: calderas.
- Extraer localmente los vapores y olores.
- Instalar defensas y suspensiones contra golpes o vibraciones.
- Adaptar equipos e instrumental a las necesidades de los trabajadores.
- Instalación de sistemas de advertencia y alarma
- Dotación de equipo de protección, monitoreo y seguimiento de uso.

Deberán existir normas y políticas que el personal encargado de la operación debe tomar en cuenta mientras desarrolla sus actividades laborales en ese lugar. Como las siguientes.

- Restringir el acceso a personal ajeno al operativo.
- Orden y aseo.
- Colocar letreros de peligro e instrucciones de trabajo.
- Utilizar equipo de protección como mascarillas, audífonos para aislar los ruidos y guantes de cuero para proteger las manos del contacto con tuberías o elementos calientes.
- Utilizar indumentaria como overoles, para protección de la piel contra salpicaduras de líquidos o gases calientes.

La seguridad industrial juega un papel importante dentro de cualquier area de la empresa debido a que nos da como resultado tener el menor número de accidentes asi como una mejor operación.

1.4.2 Ventiladores

El consumo de energía para el proceso de ventilación es otro de los factores que influyen en lo que respecta al ahorro de energía, ya que esta tiene diversas aplicaciones como por ejemplo en las áreas en donde trabajan las personas ya que estos deben ventilarse para reponer oxígeno, diluir la concentración de dióxido de carbono, así como de vapor de agua, y eliminar los olores desagradables. Suele haber circulación de aire o ventilación a través de los espacios o vacíos en las paredes del edificio.

Los sistemas de ventilación dentro de la fábrica deben eliminar los contaminantes que puedan transportar el aire de la zona de trabajo. Casi todos los procesos generan gases residuales y vapores que deben extraerse del entorno de trabajo con efectividad y en ocasiones contando con un presupuesto ajustado.

Se considera que para mantener un área de trabajo ventilada se debe de tener un caudal de aire mínimo, el cual se mide en metros cúbicos por hora y por persona. A continuación se presentan los casos más comunes del caudal necesario según el número de personas que se encuentran en el área de trabajo:

Tabla I. Ventilación mínima requerida por el número de personas

Cantidad de Personas	Espacio en metros cúbicos por persona	Caudal de aire necesario en metros cúbicos por hora y por persona
1	3	12
2	6	15
3	9	21
4	12	29
5	15	43

Fuente: Ingeniería de plantas Ing. Sergio Torres

Para conseguir esta ventilación es necesario utilizar dispositivos mecánicos tales como:

- a. Calentadores
- b. Filtros
- c. Controladores de humedad
- d. Dispositivos de refrigeración

Esto para aumentar el flujo de aire, tal y como se calculará en el capítulo No. 3, página 85.

Los dispositivos de ventilación más sencillos y más utilizados dentro de las instalaciones, son ventiladores instalados para extraer el aire viciado del edificio y favorecer la entrada de aire fresco. Los sistemas de ventilación pueden combinarse con calentadores, filtros, controladores de humedad y dispositivos de refrigeración. Muchos sistemas incorporan intercambiadores de calor. Estos sistemas aprovechan el aire extraído para calentar o enfriar el aire nuevo; así aumentan la eficacia del sistema y reducen la cantidad de energía necesaria para su funcionamiento.

Es sabido que el aire en movimiento crea un efecto refrescante que puede ser expresado en función de la disminución de la temperatura del aire, el cual daría el mismo efecto refrescante en aire tranquilo.

Un punto delicado radica en la ventilación de grandes áreas de trabajo. En efecto, si se aplica una tasa de renovación incluso elevada, se tiene la impresión de hacer intervenir caudales enormes que deberían dar resultados positivos; sin embargo si hacemos el cálculo de la velocidad de circulación del aire por la sección de la nave, la velocidad es del orden de mts/ sg. Una velocidad óptima en el área de trabajo sería 0.3 a 0.7 mts/ sg.

1.4.2.1 Principios de la ventilación general

La concepción de una instalación de ventilación general mecánica contiene una gran parte de intuición, sin embargo se pueden enumerar los siguientes principios:

- a. Asegurarse previamente de que la solución por ventilación natural localizada es técnicamente imposible.
- b. Tener en cuenta que puede aplicarse a contaminantes de baja toxicidad, de rápida difusión, pequeños flujos de emisión y siempre que el personal laboral está alejado de los focos emisores.
- c. Forzar un flujo general de las zonas limpias a las zonas contaminadas.
- d. Intentar hacer pasar el máximo de aire por las zonas contaminadas.
- e. Evitar las zonas de flujo muerto.
- f. Compensar las salidas de aire por las correspondientes entradas de aire.
- g. Evitar corrientes de aire.
- h. Utilizar los movimientos naturales de los contaminantes, es especial de las zonas calientes en su efecto ascensional.
- i. Utilizar preferentemente una instalación con introducción y extracciones mecánicas.
- j. Utilizar extracción mecánica y entrada natural.
- k. No se debe considerar una instalación de ventilación general para resolver problemas con material articulado debido a que éste presenta dificultades de difusión.

1.4.2.2 Cálculo del caudal de extracción

La dificultad reside en la evaluación del índice de renovaciones por hora. En este campo es arriesgado dar normas precisas, dado que hay muchos factores que intervienen. El caudal de extracción se debe calcular en función de las renovaciones por hora. Estas renovaciones dependen a la naturaleza o destino de los locales. A modo de ejemplo se muestra la siguiente tabla:

Tabla II. Renovaciones de aire por hora.

Tipo de Local	Renovaciones de aire por hora
Taller	3 – 4
Bodegas	3 – 4
Fundiciones	6 – 10
Hospitales	6 – 8
Laboratorios	6 – 12
Sala de calderas	2 – 3
Oficinas	3 – 4
Salas de conferencias	3 - 4

Fuente: Ingeniería de plantas. Ing. Sergio Torres

Es recomendable partir de seis renovaciones de aire por hora como mínimo para calcular el caudal de extracción, ya que éstas aseguran la eliminación de las poluciones provocadas por las personas.

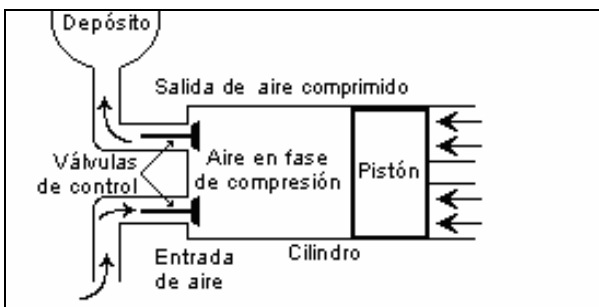
1.4.3 Compresores

Los compresores también son llamados bombas de aire, estos son una máquina que disminuye el volumen de una determinada cantidad de aire y aumenta su presión por procedimientos mecánicos. El aire comprimido posee una gran energía potencial, ya que si eliminamos la presión exterior, se expandiría rápidamente.

El control de esta fuerza expansiva proporciona la fuerza motriz de muchas máquinas y herramientas, como martillos neumáticos, taladradoras, limpiadoras de chorro de arena y pistolas de pintura.

En general existen varios tipos de compresores dentro de los cuales se pueden mencionar a los alternativos y rotatorios. Los compresores alternativos o de desplazamiento, se utilizan para generar presiones altas mediante un cilindro y un pistón. Cuando el pistón se mueve hacia un lado, el aire entra al cilindro por la válvula de admisión; cuando se mueve en sentido contrario, el aire se comprime y pasa a un depósito por un conducto muy fino.

Figura 8. Proceso de admisión y expansión de aire.



Fuente: Enciclopedia Encarta

Los compresores rotatorios, producen presiones medias y bajas. Están compuestos por un dispositivo de forma circular acompañado de aspas que giran en el interior de un recinto circular cerrado. El aire se introduce por el centro de la rueda y es acelerado por la fuerza centrífuga que produce el giro de las palas.

La energía del aire en movimiento se transforma en un aumento de presión en el difusor y el aire comprimido pasa al depósito por un conducto fino.

El aire, al comprimirlo, también se calienta. Las moléculas de aire chocan con más frecuencia unas con otras si están más apretadas, y la energía producida por estas colisiones se manifiesta en forma de calor. Para evitar este calentamiento hay que enfriar el aire con agua o aire frío antes de llevarlo al depósito.

La producción de aire comprimido a alta presión sigue varias etapas de compresión las cuales son la de admisión, compresión y descarga; en cada cilindro se va comprimiendo más el aire y se enfría entre etapa y etapa.

1.4.3.1 Clasificación de los compresores

Para producir aire a bajas presiones, inferiores a 38.5PSI, se utilizan generalmente ventiladores, por encima de este valor se utilizan varios tipos de compresores, los cuales pueden clasificarse de la siguiente forma.

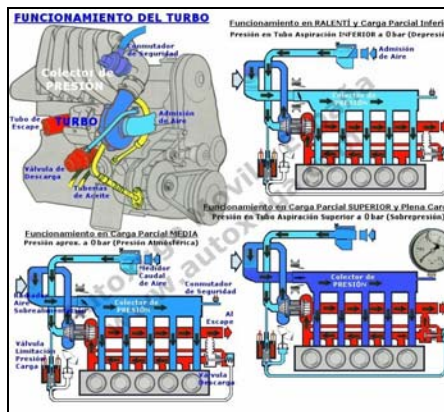
- a. Desplazamiento positivo o flujo intermitente
- b. Desplazamiento no positivo o flujo continuo

1.4.3.1.1 De desplazamiento positivo, flujo intermitente

Son aquellos en los cuales los volúmenes sucesivos de aire son confinados dentro de un espacio cerrado y elevados a una mayor presión. Estos a su vez se dividen en rotativos y reciprocantes. Los rotativos se subdividen de la siguiente manera:

a. **Compresores de paletas deslizantes:** son maquinas rotativas en las cuales paletas axiales se deslizan radialmente en un rotor excéntrico montado en una carcasa cilíndrica. El aire atrapado entre las paletas es comprimido y desplazado.

Figura 9. Compresor de paletas deslizantes



Fuente: Instalaciones Mecánicas. Ing Ávila

b. **Compresores de pistón líquido:** son maquinas rotativas en las cuales agua u otro líquido hace las veces de pistón para comprimir y desplazar el gas que se maneja.

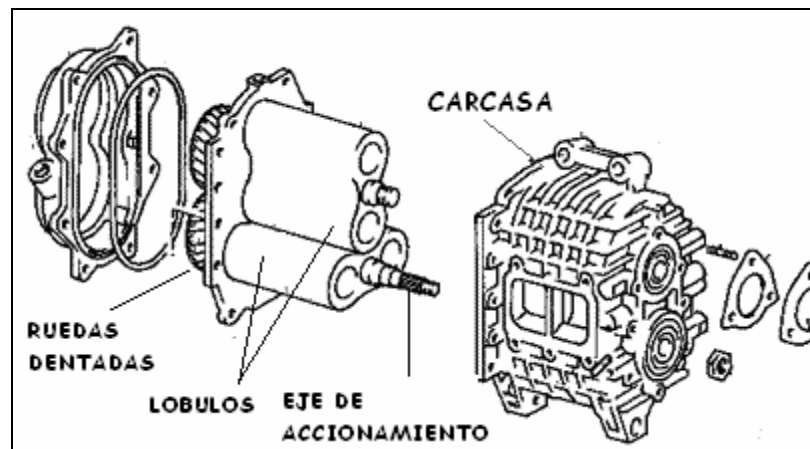
Figura 10. Compresor de pistón líquido



Fuente: Instalaciones Mecánicas. Ing Ávila

c. Compresores de lóbulo recto: en este tipos de compresores dos impulsores rotativos de lóbulos rectos encajados atrapan el aire y lo trasladan desde la admisión hasta la descarga. En estos no hay compresión interna; el aumento de presión se debe al contraflujo.

Figura 11. Compresor de lóbulo recto



Fuente: Instalaciones Mecánicas. Ing Ávila

- d. **Compresores de tornillo rotativo:** en este tipo de compresores dos rotores de forma helicoidal encajados entre si, comprimen y desplazan el aire.

Figura 12. Compresor de tornillo rotativo



Fuente: Instalaciones Mecánicas. Ing Ávila

1.4.3.1.2 De desplazamiento no positivo (flujo continuo)

Los compresores de desplazamiento positivo se dividen en dinámicos y eyectores, dentro de los cuales los dinámicos se subdividen de la siguiente forma:

- a. **Compresores centrífugos:** en este tipo de compresores uno o más impulsores aceleran el aire, la energía cinética adquirida se transforma en presión en un difusor corriente abajo, en este tipo de compresores el flujo es radial.

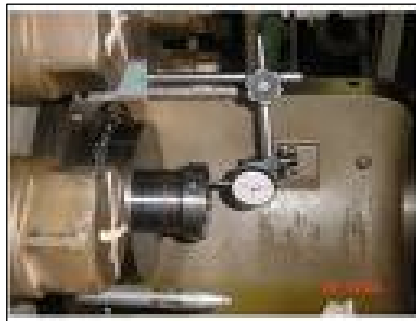
Figura 13. Compresor centrifugo



Fuente: Instalaciones Mecánicas. Ing Ávila

b. Compresores axiales: son maquinas en las cuales el aire se acelera y desacelera por la acción conjunta de paletas móviles montadas sobre un rotor y paletas fijas montadas sobre un estator, en este tipo de compresores el flujo principal es de forma axial.

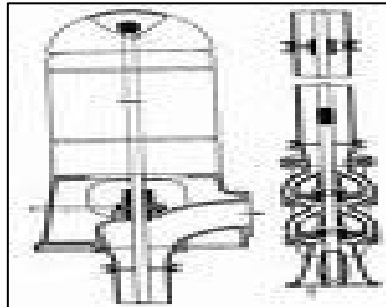
Figura 14. Compresor axial



Fuente: Instalaciones Mecánicas. Ing Ávila

c. Compresores de flujo mixto: son maquinas con un impulsor que combina características de los tipos de compresores centrífugo y axial.

Figura 15. Compresor de flujo mixto



Fuente: Instalaciones Mecánicas. Ing Ávila

1.5 Ahorro de energía eléctrica en el sector industrial

La energía eléctrica es uno de los recursos más importantes dentro de cualquier proceso de producción, dicho ahorro lo podemos conseguir mediante el uso de sistemas avanzados para el control del factor potencia, la instalación de motores eléctricos modernos, y la instalación de equipos de iluminación de alta eficacia, entre otros.

Dentro de cualquier proceso de producción se puede lograr un ahorro de energía eléctrica, siempre y cuando se cuente con un plan de acción que nos ayude a reducir los consumos de la misma, con lo cual nuestro proceso será más eficiente lo que nos conducirá a menores costos de fabricación.

1.5.1 Control de potencia

En el sector industrial y dentro de los procesos de producción, el factor de potencia representa uno de los aspectos a tomar en cuenta, ya que el mismo nos puede generar un notable ahorro de energía. El factor de potencia de una corriente alterna, se puede definir como la relación entre la potencia activa (Kw) y la potencia aparente (KVA).

Factor de potencia Kw/KVA

El factor de potencia viene determinado por el tipo de cargas conectadas al suministro eléctrico. Estas pueden ser de naturaleza:

- Resistiva
- Inductiva
- Capacitiva

Las cargas industriales por su naturaleza eléctrica son de carácter reactivo a causa de la presencia principalmente de equipos de refrigeración, motores, este carácter reactivo obliga que junto al consumo de potencia activa (KW) se sume el de una potencia llamada reactiva (KVAR), las cuales en su conjunto determinan el comportamiento operacional de dichos equipos y motores.

Esta potencia reactiva ha sido tradicionalmente suministrada por las empresas de electricidad, aunque puede ser suministrada por las propias industrias. Al ser suministradas por las empresas de electricidad deberá ser producida y transportada por las redes, ocasionando necesidades de inversión en capacidades mayores de los equipos y redes de transmisión y distribución. Todas estas cargas industriales necesitan de corrientes reactivas para su operación.

1.5.5 Instalación de dispositivos eléctricos modernos

Dentro de las instalaciones que se llevan a cabo en una empresa, es importante que se utilicen dispositivos eléctricos modernos, estos funcionarán de una forma más eficiente, y con el menor consumo de energía.

En la industria la mayoría de la energía consumida es debido a la operación de motores eléctricos. Disminuir el monto de la factura eléctrica por este concepto significa vigilar el trabajo eficiente de los motores eléctricos mediante recomendaciones de ahorro energético o, la instalación de motores modernos de alta eficiencia, unido a una buena instalación eléctrica y mecánica, al uso de sistemas de control, la optimización de la carga y un correcto dimensionamiento de la máquina eléctrica.

La iluminación es otro de los recursos que más se utilizan dentro de una empresa y esta podría representar entre el 10% y 15% de la energía total consumida. De lo anterior la importancia de disponer de dispositivos eléctricos modernos para iluminar las áreas de trabajo, tales como:

- a. Lámparas fluorescentes
- b. Balastos electrónicos
- c. Difusores y reflectores de alta eficiencia

2. ESTUDIO Y DIAGNÓSTICO SOBRE EL AHORRO DE ENERGÍA EN PROCESOS INDUSTRIALES.

2.1 Descripción de la problemática

La conservación y uso eficiente de la energía es importante para lograr economías dentro de cualquier proceso industrial, esta energía representa el principal insumo que mueve al mundo industrial; sin ella, las empresas se detendrían y las economías enteras entrarían en crisis, por eso es vital saber administrarla.

Según la Comisión Nacional de Energía (CNE), en Guatemala el 53% de la energía eléctrica producida es consumida por los sectores comerciales e industriales, el buen uso de la energía, permite a las empresas ser cada vez más competitivas, lo cual se ve reflejado en la calidad de los productos producidos.

Por lo tanto, el ahorro de energía es sin duda una de las alternativas más viables para reducir costos de operación y mejorar los niveles de competitividad dentro del mundo industrial. Más adelante (ver punto 2.2, pagina 36), se mencionan las causas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía en las empresas, lo cual se ve reflejado en los altos costos de operación.

2.1.1 Impactos en la industria

Para la industria, el compromiso de establecer políticas que mejoren los niveles de consumo de energía se ha vuelto vital, ya que la mala utilización de la misma tiene incidencia en el funcionar de la empresa elevando de esta forma los costos de operación para cumplir con un proceso determinado, como lo es en este caso en particular para la producción de cigarrillos.

Las industrias necesitan adoptar medidas y procesos que garanticen que el consumo de la energía para la elaboración de un bien o servicio sea el menor posible. Todo esto se puede lograr administrando los recursos energéticos disponibles.

El consumo eficiente de la energía se está convirtiendo en el eje principal de competitividad de la actividad industrial, esto por los costos, recursos y muchos otros factores que esto involucra

Los impactos que se pueden presentar en la industria por una mala utilización de la energía pueden ser tomados desde varios puntos de vista, como por ejemplo incremento de los costos de operación, por lo que es importante crear un plan de acción bien elaborado que conduzca el funcionar de la industria de buena forma produciendo con el menor esfuerzo, con los menores costos y sobre todo con la mejor calidad.

Para elaborar el plan de acción se toman en cuenta varias etapas, dentro de las cuales podemos mencionar análisis de las causas que ocasionan el incremento de la energía en todas las áreas, hecho esto se plantean las posibles soluciones para que la utilización de la energía dentro del proceso sea la optima.

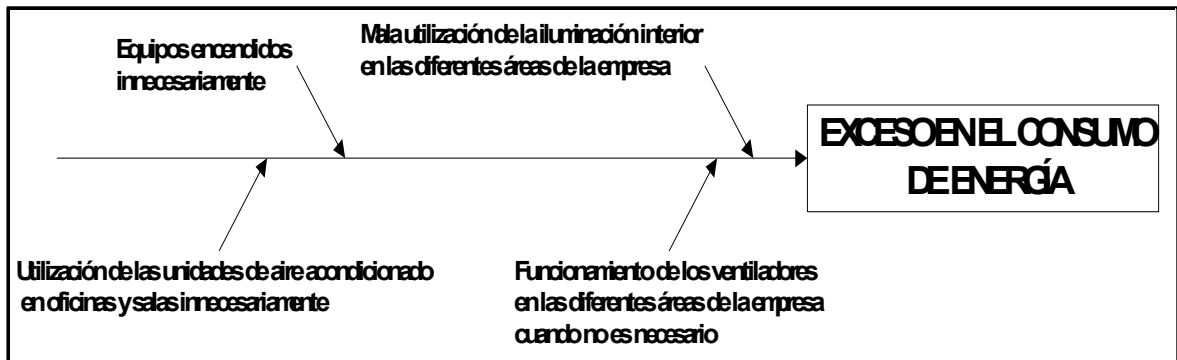
2.2 Análisis de las causas que afectan el ahorro de energía

Con un estudio sobre el ahorro energético, se pretende precisamente lograr una disminución notoria en la utilización de la misma en los procesos de producción.

Se pretende que los consumos de energía disminuyan en comparación a lo que se consume en la actualidad, todo esto por medio de la implementación de mejoras mencionadas en plan de acción (ver capítulo No.4 pagina 108), que nos den como resultado el ahorro energético en la utilización de los sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado.

Para que se puedan alcanzar las mejoras deseadas se tiene que hacer un análisis de las causas que afectan el ahorro de la energía, las cuales serán analizadas por medio de un diagrama causa y efecto

Figura 16. Diagrama de Causa y Efecto de factores que afectan el ahorro de energía



Fuente: Autor de trabajo de Graduación

2.3 Consumos de energía

La energía es uno de los recursos más importantes dentro de cualquier proceso de producción, puesto que sin la utilización de la misma sería casi imposible la obtención de productos y/o servicios.

Los consumos de energía dentro de los procesos de producción muchas veces son sumamente elevados, tanto por exigencias del proceso así como por su mala utilización, y es por ello la importancia de la implementación de planes de acción de ahorro energético que nos conduzca a economías notorias.

Existen varios tipos de energía, así como combustibles que ayudan para la generación de la misma, dentro de los combustibles más utilizados dentro de la industria están el bunker y el diesel los cuales son útiles para la obtención de energía.

Tanto el bunker como el diesel contribuyen notablemente dentro de cualquier proceso productivo, y es por ello que se estudian los consumos de los mismos, de cómo estos cambian notoriamente entre un mes y otro, de cómo los consumos podrían disminuir gracias a la puesta en marcha de un plan de acción de energía.

Los consumos de energía se pueden obtener gracias a la utilización de aparatos que nos ayudan a medir la misma tales como:

- Galvanómetros
- Vatímetros
- Manómetros
- Amperímetros

2.3.1 Tabulación de consumos

Se han tomado los consumos de energía en diferentes periodos, esto con el propósito de poder hacer una clara comparación de los resultados obtenidos con la implementación del plan de acción para el ahorro de energía.

Tabla III. Consumos de energía durante los años 2005 y 2006

MES	2005			2006		
	BUNKER	DIESEL	E. ELECTRICA	BUNKER	DIESEL	E. ELECTRICA
	Litros	Litros	Kwh.	Litros	Litros	Kwh.
Enero	18,510.45		145,570	24,404.24		158,200.00
Febrero	27,895.39	234.67	248,252.11	21,898.93	242.24	158,331.60
Marzo	26,500.41		228,272.11	19,195.36	238.46	159,697.00
Abril	21,087.86		201,172.11	23,791.43		183,654.80
Mayo	18,892.50	881.91	245,392.11	27,161.88		197,836.80
Junio	21,502.41	1,264.19	225,692.11	17,284.84		164,806.00
Julio	25,298.49	26.5	256,452.11	21,729.76		160,802.60
Agosto	18,059.86	2,032.55	220,312.11	17,672.07		172,390.40
Septiembre	21,455.27	261.17	222,692.11	26,398.92	507.19	163,390.00
Octubre	23,719.34		221,400.00	20,565.15		147,760.90
Noviembre	31,055.02	2,736.56	196,020.00	27,544.54		180,112.10
Diciembre	12,832.95	223.32	176,993.33	19,321.52		165,960.00

Fuente: Autor de Trabajo de graduación

2.4 Comparación y análisis de gráficas

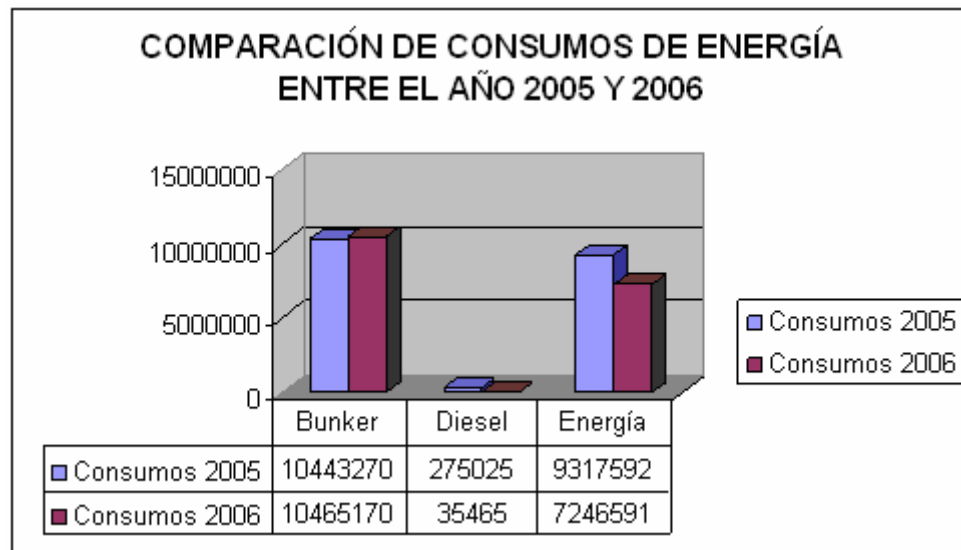
Los consumos totales de energía que se muestran a continuación están expresados en mega joules (MJ), que es la unidad en el sistema internacional para medir la energía. Los factores de conversión que se utilizan para obtener los totales de energía de cada uno de los combustibles los podemos ver en la tabla XII ubicada en los anexos.

Tabla IV. Comparación de consumos de energía entre los años 2005 y 2006

	2005	2006	DIFERENCIA MJ
Nombre del Combustible	MJ	MJ	
Bunker	10,443,270	10,465,170	
Diesel	275,025	35,465	
Energía Eléctrica	9,317,592	7,246,591	
Total (Mega Joules)	20,035,887	17,747,226	2,288,661

Fuente: Autor de trabajo de graduación

Figura 17. Gráfico de comparación de consumos de energía entre el año 2005 y 2006



Fuente: Autor de trabajo de graduación

Como se mencionó, el uso y manejo adecuado de la energía es importante para el control de los recursos energéticos que se utilizan para cumplir con un propósito determinado, que bien puede ser la obtención de un producto, realización de un proceso, o utilización de sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado.

Lo que se pretende con un programa de conservación de energía es lograr el mejor rendimiento de cada unidad de combustible y de cada Kilovatio/hora de energía eléctrica, consumidos. Los resultados que se pueden llegar a obtener con la elaboración de un plan de acción pueden ser satisfactorios, ya que la comparación de las gráficas muestra que se ha logrado una notable reducción en el consumo de energía entre un año y otro, lo cual conduce a tener un proceso más eficiente y productivo.

El Plan de acción para el ahorro de energía (Tabla XIV Pág. 111), contribuirá a la mejora de la competitividad, a la incorporación a los procesos productivos de equipos tecnológicamente más avanzados que posibilitan un mejor posicionamiento de la empresa dentro del mercado.

Se ha logrado que para el año 2006 el consumo de energía fuera menor en comparación al del año 2005, tal y como se muestra a continuación haciendo la comparación de mega joules consumidos en cada año respectivamente, lo cual se ha logrado implementando cada una de las medidas del plan de acción en su respectiva área de aplicación. En la tabla XIV ubicada en la página 111 se describe un plan de acción para el consumo de energía.

Tabla V Ahorro de energía entre el año 2005 y 2006

AÑO	MEGA JOULES
2005	20,035,887
2006	17,747,226
DIFERENCIA	2,288,661

Fuente: Autor del trabajo de graduación

Los resultados obtenidos muestran que si se puede lograr el objetivo, que consiste en la reducción en el consumo de energía ya que en la comparación de los dos años se han ahorrado 2, 288,660.10 Mega Joules durante el año 2006. El costo de un kwh aplicado a empresas es de Q 0.9721 y realizando la conversión a términos monetarios del ahorro de energía obtenido se obtiene:

$$\mathbf{2, 288,661 MJ = 635,738.91 Kwh. = Q 618,001.79}$$

El propósito es seguir creando e implementando planes de acción que mejoren las condiciones, así como los consumos de energía independientemente del proceso de producción en donde se utilice, que dentro de las políticas de la empresa u organización este siempre la mejora continua como parte del plan de acción para poder producir con los menores costos, la mejor calidad y con la mayor producción.

Se debe de llegar a tener una mayor eficiencia energética, para poder lograr los objetivos de producción, esto empleando la menor cantidad de energía posible, en este sentido, con la implementación de planes de acción de ahorro energético también permite mitigar el impacto negativo sobre el medio ambiente y obtener beneficios económicos para la empresa.

2.5 Factores que intervienen en el consumo excesivo de energía eléctrica

Dentro de los variados tipos de energía disponibles para su utilización, la eléctrica representa y es considerada el principal insumo que mueve al mundo industrializado, imprescindible elemento, sin ella las empresas pararían y las economías entrarían en crisis, camino a colapsar.

Por eso es medida inteligente saberla administrar, para poder obtener procesos de producción empleando la menor cantidad de energía posible.

El uso correcto de la energía eléctrica, permite a las empresas participar dentro de un mundo que tiende a la competitividad, en una economía que tiende hacia los retos de la globalización. Por lo tanto, para reducir los costos de operación el ahorro de energía es una alternativa factible, pues, además viene a mejorar los niveles de participación dentro del campo industrial.

Este trabajo presenta los factores más comunes que causan el mal aprovechamiento de la energía eléctrica dentro de los cuales tenemos:

- a. Mala administración de la demanda.
- b. Si la calidad de la energía no es la deseada.
- c. Cuando las instalaciones eléctricas no están hechas de manera correcta.
- d. Si el cableado no es del tamaño apropiado para transportar a la energía eléctrica.
- e. Cuando la capacidad de los transformadores que se tienen dentro de la empresa no es la correcta.
- f. Factor de potencia fuera de los límites permitidos los cuales tienen que oscilar entre 0.9 y 1 para su buen aprovechamiento.

Estos se podrian minimizar utilizando dispositivos que nos controlen la demanda de energia en cada una de las areas de la empresa. Dentro de las medidas a tomar estarian:

- a. Instalacion de capacitores de 2.5 en la salida de la energia
- b. Utilizacion de motores electricos modernos
- c. Instalacion de medidores de energia electrica en areas especificas
- d. Reemplazar todo equipo que se encuentre sobredimensionado

Es importante que las economias sean alcanzadas haciendo el uso adecuado de los recursos con que se cuentan dentro de la empresa, esto para lograr una economia notable que nos conduzca a ser cada vez mas competitivos dentro del sector industrial.

3. SISTEMAS DE VAPOR, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

3.1 Sistemas de vapor

Los sistemas de vapor son aquellos por los cuales circula vapor por las cañerías en lugar de agua caliente. Estos sistemas de vapor son muy utilizados en el mundo de la industria, para el funcionamiento de estos sistemas, el vapor se condensa y transmite su calor latente. Se Pueden utilizar sistemas de una y dos tuberías para poder hacer circular el vapor y devolver a la caldera el agua formada por la condensación.

Existen tres tipos principales de sistemas de vapor:

- a. Por orificios de aireación
- b. Por vaporización
- c. Sistemas de vacío

Los sistemas por orificios de aireación de una tubería se basan en que la fuerza de gravedad obliga al vapor condensado en el radiador a bajar a la caldera por la misma tubería por la cual sube el vapor a los radiadores. Es el sistema de instalación más barato, pero los conductos deben ser lo bastante anchos como para albergar el vapor y recoger el condensado. Los orificios de los radiadores permiten la salida del aire una vez calentado por el vapor durante la fase de encendido.

Figura 18. Sistema por orificios de aireación



Fuente: Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y diseño Mcquiston, Parker, Spittler.

Los sistemas de vaporización son sistemas que trabajan con dos tuberías en los que el vapor se introduce por una válvula de admisión, y el aire y el condensado se liberan por un purgador de vapor, el agua vuelve a la caldera, y el aire se descarga a través de un orificio central situado en la base o, en grandes instalaciones, por respiraderos en cada zona que se debe calentar.

Si el sistema tiene juntas de poco calibre el aire retorna al sistema en cantidades mínimas, por lo que se requiere muy poca presión para propulsar el vapor. Estos sistemas requieren de una instalación más costosa que los de una tubería, pero resultan más económicos porque pueden trabajar con mucho menos combustible.

Figura 19 . Sistemas de vaporización



Fuente: Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y diseño Mcquiston, Parker, Spitler.

Los sistemas de vacío se parecen a los de vaporización, estos constan de una válvula de entrada y un purgador de vapor, pero incorporan una bomba de vacío en la tubería de retorno a la caldera. Esta bomba mantiene un vacío parcial en el sistema para que el vapor, el aire y el condensado circulen con mayor facilidad. El vapor condensado y el aire se envían a un punto central en el que el primero se bombea a la caldera y el aire se expelle a la atmósfera.

Figura 20. Sistemas de vacío



Fuente: Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y diseño Mcquiston, Parker, Spitler.

3.1.1 Vapor

El vapor es muy útil en la mayoría de procesos industriales ya que por sus características se pueden obtener varias aplicaciones del mismo, tales como esterilizar, humectar, etc. El vapor es una sustancia en estado gaseoso, y a menudo los términos de vapor y gas son intercambiables, aunque en la práctica se emplea la palabra vapor para referirse al de una sustancia que normalmente se encuentra en estado líquido.

Cuando se confina el vapor emitido por una sustancia a cualquier temperatura, se ejerce una presión conocida como presión de vapor. Si se aumenta la temperatura de la sustancia, entonces la presión de vapor se eleva, como resultado de una mayor evaporación. Cuando un líquido se calienta hasta la temperatura en la que la presión de vapor se hace igual a la presión total que existe sobre el líquido, se produce la ebullición.

En el punto de ebullición, al que corresponde una única presión para cada temperatura, el vapor en equilibrio con el líquido se conoce como vapor saturado. El vapor a una temperatura superior al punto de ebullición se denomina vapor sobrecalentado, y se condensa parcialmente si se disminuye la temperatura a presión constante, si el punto de ebullición se encuentra intermedio entre el vapor saturado y el sobrecalentado además de que se tengan presiones y temperaturas normales se denomina vapor seco.

3.1.2 Tamaño de las tuberías de vapor

El tamaño de las tuberías de vapor, es uno de los factores importantes a tomar en cuenta para tener un notable ahorro de energía en la conducción del vapor hacia el proceso de producción o hacia el dispositivo que requiere de su utilización.

Cualquier fluido, agua, aire o vapor, al ser transportado por las tuberías es retrasado por dos causas:

- a. Fricción con la superficie del tubo en los tramos rectos
- b. Turbulencias en vueltas y pasos restringidos

Un buen diseño en el sistema de tuberías de distribución de vapor, dará como resultado un suministro uniforme en las diferentes salidas con un mínimo de ruido además de eliminar por dispositivos apropiados los gases incondensables y el condensado sin provocar pérdidas de presión.

En todo sistema de tuberías de distribución de vapor se debe balancear el suministro del mismo de tal manera que todas las demandas para los aparatos reciban la cantidad debida. El sistema y sus extracciones deben de trabajar satisfactoriamente tanto para condiciones de carga máxima como de carga parcial.

Las leyes que gobiernan el flujo de vapor seco o sobrecalentado son muy similares a las que se aplican para el flujo de gases pero con algunas diferencias como que el vapor no es 100% seco y que la humedad que tenga se mueve con el vapor, como también puede suceder que el vapor circule en una dirección mientras que el condensado fluye en dirección contraria.

La selección adecuada de las tuberías de conducción es sumamente importante para evitar las pérdidas de presión, para lo cual a continuación se muestra una tabla, la cual nos da el flujo de vapor que se debe de transportar de acuerdo a la longitud de la tubería.

Tabla VI. Flujo de vapor en tuberías por la formula babcock

Tamaño nominal del tubo (plg)	Longitud del tubo (pies)	Col. 1 $87\sqrt{P/100}$	Col. 2 $\sqrt{D^3/1+3.6/D}$	Col. 3 \sqrt{d}	Col. 4 $\sqrt{100/L}$	Presión manométrica del vapor (lb/plg ²)	Perdidas de presión (onzas/plg ²)
1	20	1.088	0.536	0.187	2.240	-1	0.25
1 ¼	40	1.538	1.178	0.190	1.580	-0.5	0.50
1 ½	60	2.175	1.828	0.193	1.290	0.0	1
2	80	3.076	3.710	0.200	1.120	1	2
2 ½	100	3.767	6.109	0.205	1.000	2	3
3	120	4.350	11.183	0.210	0.912	3	4
3 ½	140	4.803	16.705	0.221	0.841	5	5
4	160	5.328	23.631	0.246	0.793	10	6
4 ½	180	5.755	32.134	0.269	0.741	15	7
5	200	6.152	43.719	0.289	0.710	20	8
6	250	6.878	71.762	0.325	0.632	30	10
7	300	7.534	106.278	0.357	0.578	40	12
8	350	8.138	149.382	0.387	0.538	50	14
9	400	8.700	201.833	0.414	0.500	60	16
10	450	9.727	272.592	0.451	0.477	75	20
12	500	10.655	437.503	0.506	0.447	100	24
14	600	11.509	566.693	0.556	0.407	125	28
16	700	12.304	816.872	0.602	0.378	150	32
.....	800	13.756	.....	0.644	0.354	175	40
.....	900	15.069	.....	0.685	0.333	200	48
.....	1000	19.454	.....	.....	0.316	.....	80
.....	1200	27.512	.....	.....	0.289	.....	160
.....	1500	38.908	.....	.....	0.258	.....	320
.....	2000	47.652	.....	.....	0.224	.....	480

FUENTE: Jennings Burguass H. Aire Acondicionado y Refrigeración. México: Compañía Editorial Continental, S.A.

Las libras de vapor que pueden pasar a través de un tramo recto de tubo a ciertas condiciones son:

$$W = \text{columna 1} \times \text{columna 2} \times \text{columna 3} \times \text{columna 4.}$$

En donde cada columna mencionada dentro de la fórmula se encuentra situada en la tabla VI.

Si se calculan las libras de vapor que pasan a través de un tubo de 4 pulgadas de diámetro y 160 pies de longitud, por medio de la fórmula de Babcock y la utilización de la Tabla VI. Dadas las medidas y las condiciones los valores de cada una de las columnas serían los siguientes:

Columna 1 = 5.328

Columna 2 = 23.631

Columna 3 = 0.246

Columna 4 = 0.793

$$W = (5.328) (23.631) (0.246) (0.793) = \mathbf{24.56 \text{ libras de vapor por hora}}$$

Por lo que en un tubo de 4 pulgadas de diámetro y 160 pies de longitud pueden transportarse 24.56 libras de vapor por hora.

3.1.3 Compresión mecánica del vapor

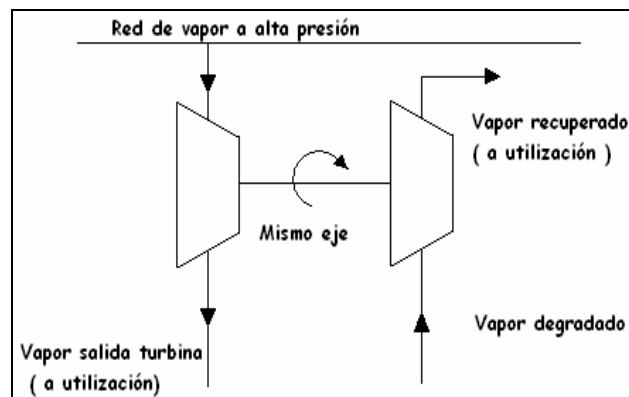
La compresión mecánica del vapor es una técnica basada en el principio de la bomba de calor. El vapor obtenido en cualquier proceso industrial a baja temperatura y que no es utilizable, es recomprimido y luego condensado de manera que se puede aprovechar el calor cedido en esa condensación.

A pesar que el consumo energético específico que se obtiene por tonelada de agua evaporada es mayor que en una instalación convencional, el volumen necesario de vapor para evaporar una masa de agua determinada es mucho menor, de tal manera que en conjunto se consiguen notables ahorros de energía.

3.1.3.1 Turbocompresión

En la turbocompresión el compresor es accionado por una turbina de vapor. Se supone que la expansión en la turbina y la compresión en el compresor son aproximadamente adiabáticas con lo que, salvo rendimientos mecánicos, la entalpía total perdida en la turbina se incorpora a la entalpía del vapor cuya calidad se mejora.

Figura No 21. Turbocompresion del vapor

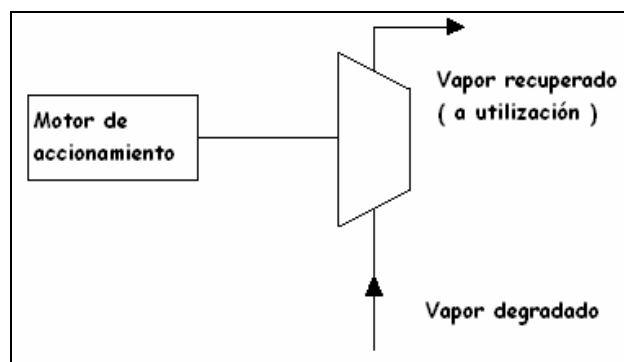


Fuente: Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y diseño Mcquiston, Parker, Spitler.

3.1.3.2 Motocompresión

En el caso de la motocompresion el compresor es accionado por un motor eléctrico o de combustión, según el siguiente esquema:

Figura 22. Motocompresion del vapor



Fuente: Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y diseño Mcquiston, Parker, Spitler.

3.1.4 Trampas de vapor

Las trampas de vapor se pueden considerar como un drenaje de todos los condensados que resultan del enfriamiento del vapor, el cual además contiene aire. La función primordial de la trampa de vapor es drenar dichos condensados de una forma automática y segura.

Es recomendable que las trampas estén colocadas al final de cada tramo de tubo recto o en donde se producen giros en la trayectoria de la tubería. El principio de operación de las trampas de vapor esta basado en el incremento de la velocidad del flujo y la diferencia de temperatura entre las cámaras internas divididas por el disco.

La trampa se mantendrá abierta siempre y cuando se mantenga el condensado frío fluyendo, ya que este corre a menor velocidad que el vapor. Cuando el vapor llega a los orificios de entrada, la velocidad del flujo se incrementa y el disco es jalado hacia su asiento cerrándose totalmente al incrementarse la presión de la cámara.

Cuando la presión de la cámara cae debido a la pérdida de la temperatura por radiación al exterior de la trampa, o bien por la presencia de condensado más frío, el disco se despega del asiento al ser levantado por el condensado que fluye por su ranura inferior.

La temperatura dentro de la cámara determina si la trampa permanece cerrada o abierta, las trampas de vapor no se recomiendan en lugares expuestos a lluvias, frío o calor excesivo porque su funcionamiento óptimo esta a expensas de estas condiciones.

Las plantas industriales usan vapor para llevar a cabo muchas funciones importantes. A medida que el vapor pasa a través de las diferentes partes del sistema de la planta y lleva a cabo estas funciones, algo del vapor se condensa. Si los componentes o líneas del sistema se dejan llenar por el condensado, la operación del sistema se volvería menos eficiente y ocurrirían daños al equipo y a la tubería. Para impedir estos problemas se utilizan las trampas de vapor las cuales dejan salir el condensado mientras retienen el vapor necesario.

A medida que el vapor se mueve a través del sistema de vapor de la planta y líneas de vapor, este pierde parte de su calor. Esta pérdida de calor puede reducirse, en parte, aislando los tubos que conducen el vapor, pero aun el mejor de los aislamientos no es un cien por ciento efectivo en impedir la pérdida de calor.

Existen diferentes tipos de trampas de vapor cada una de ellas con funciones específicas, desde el punto de vista de control, una trampa de vapor es un sistema bien compacto de bajo costo cuya función es liberar el condensado de las tuberías para evitar el escape de vapor.

En una trampa de vapor es importante que esta haga la diferencia entre vapor y condensado, para esto existen tres maneras principales, la densidad es una de estas, el nivelador de agua y la baja temperatura del condensado que esta fuera de contacto directo con el vapor.

Dentro de la gran variedad de trampas de vapor, se estudiarán las más utilizadas dentro de nuestro proceso de producción siendo estas las siguientes:

3.1.4.1 Termostáticas

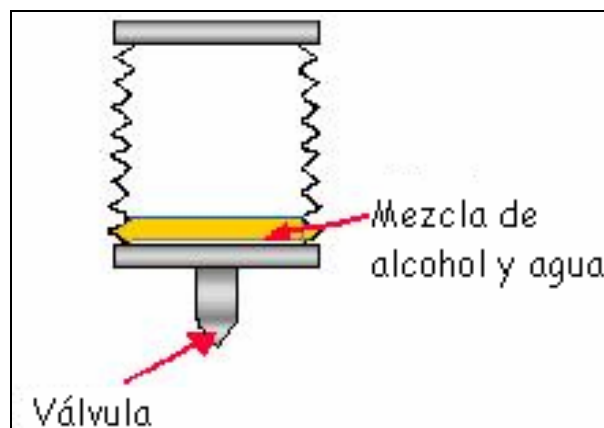
La principal característica de este tipo de trampas es que responden a cambios de temperatura y de esta forma distinguen bien entre vapor y gases no condensables mas fríos. Elimina rápidamente el aire del sistema, especialmente un arranque en frío y puede ser instalada en varias posiciones. La mayoría de estas trampas funcionan con un elemento bimetálico o un fuelle en forma de capsula, llena de un liquido vaporizante.

La instalación de estas trampas requiere un tubo recolector de condensado, en donde se puede enfriar para obtener la diferencia de temperatura, mediante la cual funciona el elemento termostático.

Las trampas termostáticas responden lentamente a condiciones cambiantes, lo cual es usualmente mal entendido. No es el elemento sensible al calor el que hace que sea de lenta respuesta, más bien es la energía calorífica en el condensado dentro de la trampa la que se disipa lentamente, lo que causa la prolongación del tiempo de respuesta.

La trampa termostática se abre y cierra por medio de una fuerza desarrollada por un activador sensible a la temperatura. La temperatura controlada puede ser constante o puede variar dependiendo de las condiciones del sistema de vapor.

Figura 23. Trampa de vapor termostática



Fuente: Uso eficiente del vapor en procesos

3.1.4.2 Termodinámicas

Estas trampas funcionan en base a principios termodinámicos y de dinámica de fluidos. Al igual que las trampas mecánicas, las trampas termodinámicas son detectoras de fase; pueden diferenciar entre líquido y agua, pero no entre vapor, aire y gases no condensables.

En este tipo de trampa es una gran ventaja la caída alta de presión creada por el pase de vapor condensado caliente a través de una abertura muy angosta, en contraste con la caída pequeña de agua fría.

Las trampas termodinámicas son muy resistentes al golpe de ariete, a la corrosión, a pesar de ser muy compacta y liviana, responden a cargas variables.

Figura 24. Trampa de vapor termodinámica



Fuente: Uso eficiente del vapor en procesos

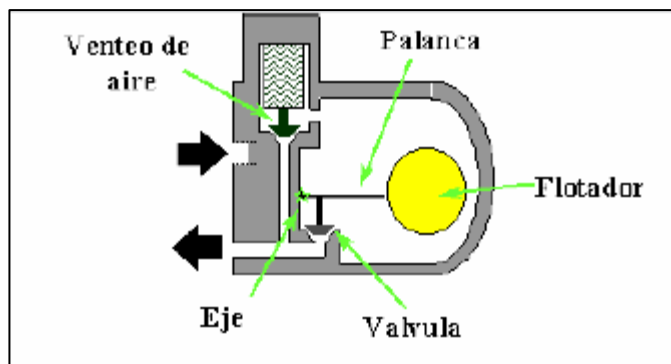
3.1.4.3 Mecánicas

Las trampas mecánicas, son las que responden a la diferencia de densidad entre el vapor y el condensado, las trampas mecánicas son las de flotador y las de cubo invertido.

Las trampas de vapor de flotador constan de una concha, flotador, palanca, válvula, en este tipo de trampa, cuando la trampa esta vacía el flotador baja y cierra la válvula; entonces a medida que el condensado se acumula, el flotador va subiendo de manera que a cierto nivel de condensado principia a abrir y permitir su descarga. Estas trampas están diseñadas de tal forma que siempre hay condensado dentro de ellas de manera que siempre hay un sello de agua que impide la salida de vapor vivo.

Siempre dentro de las trampas mecánicas están las de cubo invertido, estas trampas usan una cubierta invertida como flotador y emplean la diferencia de densidades entre el vapor y agua como principio de operación.

Figura 25. Trampa de vapor mecánica



Fuente: Uso eficiente del vapor en procesos

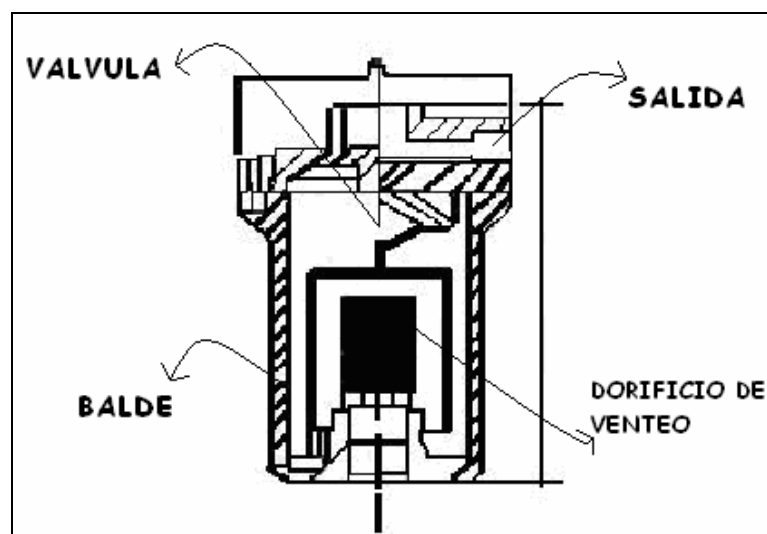
3.1.4.4 De impulso

En las trampas de impulso, dos orificios en serie crean una diferencia de presión para cerrar la válvula. El condensado frío no crea suficiente presión para cerrar la válvula, y puede fluir libremente cuando la temperatura llega a 30° F debajo de la del vapor, se crea suficiente presión para cerrar la trampa y el condensado caliente es retenido hasta que se enfría.

En estas trampas, un pequeño flujo constante de condensado se desliza a través de un pistón en el tapón de la válvula y se escapa por un pasaje del tapón.

El condensado frío crea una presión no balanceada en el pistón debajo de la superficie y levanta la válvula del tapón. El condensado relampaguea y el vapor comprime en lo alto del pistón y cierra la válvula.

Figura 26. Trampa de vapor de impulso



Fuente: Uso eficiente del vapor en procesos

3.1.5 Mantenimiento de las trampas de vapor

El mantenimiento es uno de los pilares más importantes dentro de un proceso de producción, por lo que un programa eficaz de mantenimiento de las trampas de vapor nos dará una mejor utilización de las mismas así como una vida útil de operación mas larga. A continuación se presentan puntos esenciales a tomar en cuenta en el mantenimiento preventivo para las trampas de vapor:

- a. Eliminar las fugas de vapor y condensado que existan en todo el circuito.
- b. Realizar la mejor selección y tamaño de las trampas de vapor para todas las instalaciones nuevas.
- c. Verificar que el tamaño de los receptores de condensado sean los adecuados.
- d. Que las trampas estén colocadas debajo del equipo o tubería que se quiere drenar para tener el mayor funcionamiento de las mismas.
- e. Que se utilice una trampa de vapor por más equipo.

3.1.5.1 Finalidad de las trampas de vapor

Las trampas de vapor, cumplen con ciertas funciones específicas, como cuando el sistema de vapor se interrumpe o apaga, aire ingresa a las tuberías para ocupar el espacio del vapor en compañía del condensado generado. Es por ello que una de las finalidades de las trampas de vapor es desalojar ese aire en el momento de arranque de estos sistemas.

Una trampa de vapor puede ser definida como una válvula automática que como se mencionó anteriormente puede tener varias finalidades, como también lo es permitir el paso del condensado que es generado por el calor latente del vapor en una tubería o proceso, impedir el paso del vapor, asegurando de esta manera que se aproveche al máximo el calor latente en el sistema o proceso, así como también remover aire y otros gases no condensables del sistema de vapor

Estas son algunas de las funciones que se pueden obtener de las trampas de vapor, razón por la cual juegan un papel importante dentro de la instalación de un sistema de vapor, lo cual dará como resultado un mejor aprovechamiento de los recursos para la generación de vapor.

3.1.5.2 Funciones de las trampas de vapor

Las trampas de vapor deben de llevar a cabo las siguientes funciones:

- a. Descargar el condensado sin dejar pasar vapor.
- b. Eliminar el aire de las líneas de vapor.
- c. Quitar el condensado tan pronto como se forme.

También es importante que una trampa de vapor elimine el aire y otros gases que no son condensables como el gas carbónico que se forma en el sistema, ya que estos pueden disminuir la eficiencia de dos formas:

- a. Pueden formar una capa aislante que actúa como una cubierta en los tubos que conducen el vapor.
- b. Puede mezclarse con el vapor y así bajar su temperatura.

3.1.6 Eliminación de las fugas de vapor

Un problema muy común y con mucha incidencia en los elevados consumos de energía y al que tiene que enfrentarse todo operador de un equipo generador de vapor (caldera), a la hora de producir energía es el de la aparición de fugas inesperadas en el circuito de generación.

Las fugas de vapor dan como resultado altos costos de generación, paradas no programadas de la caldera, lo que repercute en la producción. Los fenómenos de corrosión y de degradación de los materiales de la caldera, son los que dan lugar a la aparición de las fugas de vapor.

En el funcionamiento de una caldera cuantos mas días se lleven sin la manifestación de una fuga, mas alta es la posibilidad que dicha fuga pudiese aparecer, esto dependiendo también del mantenimiento que se tenga programado para la caldera y de todo el sistema de tuberías que conducen el vapor hasta donde se utiliza en el proceso.

En definitiva se puede establecer que la eliminación de las fugas de vapor se puede llevar a cabo a través de un programa de mantenimiento preventivo para la caldera y su sistema de distribución.

3.1.7 Combustibles

Un combustible es cualquier sustancia que reacciona con el oxígeno de forma violenta, con producción de calor, llamas y gases. Supone la liberación de una energía de su forma potencial a una forma utilizable (por ser una reacción química, se conoce como energía química).

En general se trata de algo susceptible de quemarse, pero hay excepciones que se explican a continuación.

Hay varios tipos de combustibles. Entre los combustibles sólidos se incluyen el carbón, la madera. El carbón se quema en calderas para calentar agua que puede vaporizarse para mover máquinas a vapor o directamente para producir calor utilizable en usos térmicos (calefacción). Entre los combustibles fluidos, se encuentran los líquidos como el kerosén, bunker, diesel.

Aunque poco utilizado todavía el hidrógeno es limpio, pues al combinarse con el oxígeno deja como residuo vapor de agua. Para la industria la utilización del hidrogeno puede ayudar a tener un notable ahorro de energía, que es lo que se pretende de la utilización de cualquier combustible, es que su utilización haga que la maquina en la cual se utilice funcione de la mejor forma, dando como resultado el menor consumo de energía.

La principal característica de un combustible es su poder calorífico, o el calor (que debe medirse en julios, aunque aun se utiliza mucho la caloría) desprendido por la combustión completa de una unidad de masa (kilogramo) del combustible.

Otra de las características más importantes de los combustibles es que son capaces de liberar energía cuando su estructura física o química es cambiada o transformada, de esta forma la energía pasa de una forma potencial a una forma utilizable.

3.1.7.1 Bunker

Este es un combustible residual de la destilación del petróleo. Este es un producto viscoso y con ciertos grados de impureza cuyas características generales exigen métodos especializados para su empleo.

La viscosidad es una de sus principales características y debe de ser tomada en cuenta para su manejo adecuado. Su uso es principalmente industrial en calderas y quemadores como una fuente de producción de energía barata.

El bunker al igual que todo combustible cuenta con un valor calorífico bruto el cual tiene un valor de: 46.5 MJ/Kg.

Se utiliza industrialmente como fuente de energía a calderas, las cuales requieren de un combustible que sea pesado y con un alto grado de viscosidad.

3.1.7.2 Diesel

Este es uno de los combustibles bastante utilizados, debido a la diversidad de aplicaciones que se pueden obtener de el, como en las maquinas de vehículos, maquinas industriales.

Dentro de las propiedades principales de este tipo de combustible esta la viscosidad, la cual debe de ser tomada muy en cuenta según el tipo y especificaciones del quemador en el que se use, para lograr un desempeño optimo del mismo. El valor calorífico para el diesel viene dado por: 44.00 MJ/Kg.

Se utiliza industrialmente como fuente de energía en quemadores y hornos que requieren de un combustible que no sea tan pesado y de una menor viscosidad que la del bunker.

3.1.7.3 Gas (propano)

El propano es un gas incoloro e inodoro en su composición natural, este quema una llama amarillenta que libera ciertas cantidades de hollín. A temperatura ambiente es inerte frente a la mayor parte de los reactivos aunque reacciona por reacción radical. En elevadas concentraciones el propano tiene propiedades narcotizantes, se suele obtener del gas natural o de los gases producidos en las instalaciones petroquímicas. El valor calorífico del gas propano viene dado por 37.3 MJ/m³.

El principal uso del propano es el aprovechamiento energético como combustible. Debido al punto de ebullición más bajo que el butano y el mayor valor energético por gramo, a veces se mezclan con este o se utiliza propano en vez de butano.

En la industria química es uno de los productos de mayor beneficio para ser utilizado como gas refrigerante o como gas propulsor en spray.

3.2 Sistemas de ventilación

Dentro de la industria hay muchos aspectos que se deben de tomar en cuenta para un buen desempeño de los trabajadores, y la ventilación es sin lugar a dudas uno de ellos. Una buena ventilación dentro del área de trabajo contribuye a tener buenas condiciones dentro de la misma, buen desempeño de los trabajadores, lo cual se vera reflejado en la calidad de los productos.

El ahorro de energía se puede lograr, dependiendo de la selección de los ventiladores y de los detalles que se deben de tomar en cuenta para tener una distribución optima del aire a través de los ductos hacia cada uno de los difusores. Un diseño apropiado de ductos y una adecuada selección de los ventiladores nos dará como resultado un buen sistema de ventilación dentro del área de trabajo, así como una buena calidad del aire que circula dentro del ambiente.

3.2.1 Ventiladores

El ventilador es un componente esencial en casi todos los sistemas de vapor y aire acondicionado. Los ventiladores se utilizan para mover aire, esto con la ayuda de una hélice como unidad impulsora. Un ventilador tiene al menos una abertura de aspiración y una abertura de expulsión. Las aberturas pueden tener o no elementos para su conexión al conducto de trabajo.

Los ventiladores también se conocen con el nombre de extractores. La diferencia entre un ventilador y un extractor consiste en que el primero descarga el aire o el flujo venciendo una cierta presión en su boca de salida; el segundo saca el aire o el flujo del recinto por aspiración y descarga con una ligera presión.

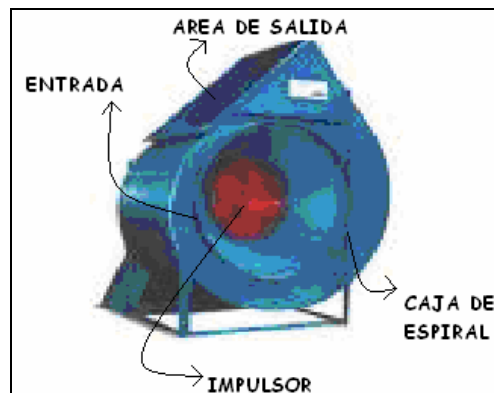
3.2.1.1 Ventilador centrífugo

El ventilador centrífugo consiste esencialmente en una rueda o hélice provista de una serie de alabes o paletas radiales, denominada turbina, la cual gira dentro del interior de una envolvente en forma de espiral, esta tiene dos bocas, una de aspiración situada en el eje de la turbina y otra de expulsión abierta tangencialmente con relación a la hélice, siendo estos recomendados para mover caudales pequeños pero a una elevada presión.

Por la acción de la fuerza centrífuga causada por la rotación de la turbina, el fluido trasladado por los alabes o paletas es despedido hacia la periferia, en donde lo recoge y lo conduce al orificio de salida transformando parcialmente la energía cinética en energía estática o presión.

El rendimiento de los ventiladores centrífugos es limitado a causa de que el aire impulsado cambia en 90° . Es decir, el fluido entra de manera axial, gira en ángulo recto a través de los alabes y es despedido en disposición radial. Esto provoca pérdidas de energía motivada por el choque y a los remolinos.

Figura 27. Ventilador centrífugo



Fuente: Ventilación Industrial, Cálculo y Aplicaciones. E. Carnicer Royo

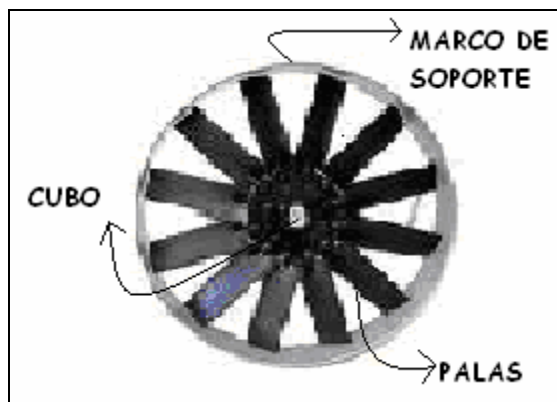
3.2.1.2 Ventilador axial

En los ventiladores axiales o helicoidales el flujo o corriente de fluido gaseoso es esencialmente paralelo al eje longitudinal o giro de la hélice, y son especialmente apropiados para la expulsión o aspiración de grandes volúmenes de aire a baja presión, entendiéndose por tal, cuando la presión del ventilador es inferior a 80 milímetros de caudal de agua.

Los ventiladores de hélice son los más utilizados para la ventilación de locales e instalaciones similares, ya que ofrecen habitualmente claras ventajas sobre los centrífugos. Entre otras cosas, por presentar una mayor simplicidad en su montaje, así como la posibilidad que ofrecen de poder invertir la dirección del giro.

La principal característica de los ventiladores centrífugos es la forma de las palas, las cuales poseen una inclinación con relación a su eje de manera que al girar el mismo efectúa un movimiento semejante al que haría una hélice o tornillo, en virtud del cual el aire se ve forzado al pasar a través de las mismas adquiriendo la velocidad que dichas palas le transmiten.

Figura 28. Ventilador axial



Fuente: Ventilación Industrial, Cálculo y Aplicaciones. E. Carnicer Royo

3.2.2 Selección de los ventiladores

Se debe de seleccionar el ventilador más apropiado para el sistema en que se va a aplicar. Dentro de las características más importantes a tomar en cuenta están:

- a. Presiones
- b. Caudal
- c. Potencias

Para seleccionar un ventilador debemos de buscar que el punto de funcionamiento o punto de trabajo, se encuentre en la zona de máximo rendimiento. Esto es correcto si se toma en cuenta el aspecto energético, así como la minimización del ruido que origina la impulsión de aire forzada por el ventilador.

3.2.2.1 Ventiladores de aletas curvadas hacia atrás

Este tipo de ventiladores se utilizan en sistemas generales de ventilación y aire acondicionado, especialmente en donde el tamaño del sistema nos permite ahorros significativos de energía.

Estos ventiladores pueden utilizarse en sistemas en donde se tenga baja, media o alta presión, de todos los ventiladores, estos son los de mayor eficiencia y los que operan a mayor velocidad. La curva de desempeño de este tipo de ventiladores es estable, pero tiene una limitante en cuanto a caballaje y carga.

Los ventiladores de aletas curvadas hacia atrás, también se utilizan en muchas más aplicaciones industriales, en donde los ahorros de energía pueden ser muy buenos.

Figura 29. Ventilador con aletas curvadas hacia atrás



Fuente: Ventilación Industrial, Cálculo y Aplicaciones. E. Carnicer Royo

3.2.2.2 Ventiladores de aletas curvadas hacia delante

Estos ventiladores generalmente se utilizan en sistemas que trabajan a bajas presiones. Este diseño tiende a ser el de más baja eficiencia y, de todos los ventiladores, es el que opera a menor velocidad.

La curva de presión del ventilador de aletas curvadas hacia delante tiene menos pendiente que la de otros diseños. Esta curva cae un poco antes de llegar a la izquierda del pico de presión, y la eficiencia más alta ocurre justo a la derecha del pico de presión.

Figura 30. Ventilador con aletas curvadas hacia delante



Fuente: Ventilación Industrial, Cálculo y Aplicaciones. E. Carnicer Royo

3.2.2.3 Ventiladores axiales con aletas de guía

Este tipo de ventiladores se utilizan cada vez más en los sistemas de baja, media y alta presión, y resulta particularmente ventajoso cuando se requiere que se tenga un flujo unidireccional. Estos ventiladores generalmente tienen aletas aerodinámicas, lo que les permite manejar presiones medias y altas con una eficiencia relativamente alta.

En algunos ventiladores de este diseño se puede variar la inclinación de las aletas, lo que permite que estos satisfagan diferentes requerimientos, en algunos diseños se apaga el ventilador, se cambia en ángulo de las aletas a una nueva posición y se activa nuevamente.

Figura 31. Ventilador con aletas guías



Fuente: Ventilación Industrial, Cálculo y Aplicaciones.E.Carnicer Royo

3.2.3 Principios de flujo de aire

El flujo de aire que se obtiene entre dos puntos, es a causa de la diferencia de presiones entre los dos puntos. Esta diferencia de presión es el resultado que se obtiene de la acción de una fuerza sobre el aire, causando flujo de aire desde la zona de presión alta a la zona de presión baja.

La cantidad de flujo de aire (Q) y la velocidad de flujo (V) están relacionadas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q = A \times V$$

en donde:

Q = volumen (pies³/minuto)

A = área transversal dentro de la cual fluye el aire (pies²)

V = velocidad (pies/minuto)

En pruebas realizadas dentro de la Bodega de Empaque de Cigarrillos, se determinó que la velocidad del viento medido por medio de un anemómetro (aparato que sirve para medir la velocidad del viento), fue de 6,576 pies/ min., de esta manera el flujo de aire que circula por la bodega de 1,135 pies² se calcula de la siguiente manera:

$$Q = A \times V$$

En donde:

$$A = 1,135 \text{ p}^2$$

$$V = 6,576 \text{ p/min.}$$

Por lo la cantidad de flujo de aire que se necesitaría en el ambiente seria:

$$Q = 1,135 \text{ p}^2 \times 6,576 \text{ p/min} = \mathbf{7, 463,760 \text{ pies cubicos por minuto (p}^3\text{/min)}}$$

Para esta cantidad de flujo de aire se necesita que la tubería utilizada para la conducción del mismo sea la adecuada, dadas las circunstancias y los tamaños de las tuberías comerciales se tienen que utilizar tubos de acero de 12 pulgadas de diámetro, esto debido a que las tuberías de acero y en especial las de 12 pulgadas de diámetro son las mas utilizadas en intercambiadores de calor, calderas, maquinaria industrial y para la conducción de vapor.

3.2.3.1 Presión estática

La presión estática es la porción de la presión del aire debida solamente al grado de compresión del mismo. O bien, es la fuerza por unidad de superficie ejercida en todas las direcciones y sentidos, al margen de la dirección y sentido de la velocidad.

Esta puede existir en un fluido en movimiento o en reposo, ya que todo fluido ejerce una presión sobre las paredes del recipiente que lo contiene, ejerciéndose por igual en todas las direcciones, siendo su cuantía el cociente entre el valor de esa fuerza y la superficie que recibe su acción.

La presión estática es positiva cuando es mayor que la presión atmosférica, diciendo entonces que existe una sobrepresión. Por el contrario, la presión estática es negativa cuando es menor que la atmosférica, llamándole a este fenómeno depresión.

3.2.3.2 Presión dinámica

La presión dinámica es la porción de la presión del aire debida solamente al movimiento del aire. También se puede decir que la presión dinámica de una corriente de aire es igual a la fuerza por unidad de superficie que equivale a la transformación íntegra de la energía cinética en energía de presión.

La presión dinámica es siempre positiva y se manifiesta únicamente en el sentido de la velocidad. El movimiento del aire es debido a la diferencia de presiones que existe entre dos puntos. Por lo tanto, la velocidad del flujo depende de la resistencia que encuentre la corriente de aire.

La sumatoria de la presión estática y dinámicas da como resultado una presión total de trabajo, estas presiones pueden ser calculadas para un ventilador de la siguiente manera:

A manera de ilustrar esta parte se da un ejemplo de un ventilador con una presión estática de impulsión de 3.2 PSI en su abertura y una presión dinámica media de 0.89 PSI. En el conducto de aspiración y cerca del ventilador la presión estática vale -3.2 PSI y la presión dinámica 0.64 PSI. Hallar la diferencia de presión total creada por el ventilador:

$$P_t = P_d + P_e$$

En donde:

$P_d = 0.89$ PSI (presión dinámica)

$P_e = 3.2$ PSI (presión estática)

$P_t =$ presión total

$$P_t = (3.2 + 0.89) - (-3.2 + 0.64) = \mathbf{6.65 \text{ PSI}}$$

3.2.4 Leyes de los ventiladores

Comúnmente, cuando se elige un ventilador, se deben de tomar en cuenta las características del mismo para poder acoplarlo de buena forma al sistema en que se utilizara.

Esto es posible si se aplican las leyes fundamentales de los ventiladores, que aunque teóricas se pueden aceptar con suficiente precisión. Las variables que se toman en cuenta para poder aplicar las leyes de los ventiladores son las siguientes:

Tabla VII. Unidades de medida utilizadas en las leyes de los ventiladores

Unidad de medida	Símbolo	Expresada en:
Caudal	Q	metros cúbicos /hora (m ³ /h)
Presión total	Pt	Libras por pulgada cuadrada (PSI)
Potencia absorbida	PA	kilovatio (Kw)
Velocidad de rotación	N	revoluciones por minuto (rpm)
Diámetro de la hélice	D	milímetros (mm)
Presión del aire	P	kilogramo/metro cúbico (Kg/m ³)

Fuente: Ventilación Industrial, Cálculo y Aplicaciones.E.Carnicer Royo

Podemos llegar a extraer principios básicos si se hace cierto análisis estudiando las variables. Así si se tiene un mismo diámetro de hélice y un circuito prefijado con aire a densidad constante, podemos establecer:

1) **Cuando se modifica la velocidad de rotación de la hélice:** Si se tiene un ventilador que tiene un caudal de aire de 30,000 m³/h, y una presión estática de 45PSI; velocidad de rotación de 500 rev/min y una potencia de 10Kw. Si se aumenta la velocidad de rotación a 650rev/min se obtiene aplicando las formulas lo siguiente:

- a) El caudal o volumen de aire circulante esta en proporción directa con la relación de velocidades de rotación.

$$Q2 = Q1 \times \frac{N2}{N1}$$

En donde:

Q2 = caudal final en metros cúbicos por hora
Q1 = caudal inicial en metros cúbicos por hora,
N2 = velocidad de rotación final
N1 = velocidad de rotación inicial

$$Q2 = 3,000 \times \frac{650}{500} = \mathbf{3,900 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- b) La presión total disponible a la salida del ventilador es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad de rotación. Igualmente lo son la presión estática y dinámica.

$$Pt2 = Pt1 \times \frac{N2^2}{N1^2}$$

En donde:

Pt2 = presión total final
Pt1 = presión total inicial
N2 = velocidad de rotación final
N1 = velocidad de rotación inicial

$$Pt2 = 45 \times \frac{650^2}{500^2} = \mathbf{76.02 \text{ PSI}}$$

- c) La potencia absorbida por el ventilador para su accionamiento es directamente proporcional al cubo de la relación de velocidades de rotación.

$$PA2 = PA1 \times \frac{N2^3}{N1^3}$$

PA2 = potencia absorbida final
PA1 = potencia absorbida inicial
N2 = velocidad de rotación final
N1 = velocidad de rotación inicial

$$PA2 = 10 \times \frac{650^3}{500^3} = \mathbf{21.97 \text{ Kw}}$$

En consecuencia, mediante las relaciones anteriores podemos conocer los valores que toman las diferentes variables para diversos regímenes de giro del ventilador. Variando la velocidad de este podemos conseguir que el caudal y la presión se amolden a las necesidades que se tengan en el momento.

2) Para una misma velocidad de rotación: esta ley se aplica cuando se tienen ventiladores similares con hélices geoméricamente comparables y para pequeñas diferencias en el diámetro.

Si se tiene un ventilador que tiene un caudal de aire de 2,000 m³/h, y una presión estática de 30PSI; y una potencia de 10Kw. Y si los diámetros de la hélice van desde 8 a 12 centímetros se obtiene aplicando las formulas lo siguiente:

- a) El caudal es directamente proporcional al cubo del diámetro de la hélice.

$$Q2 = Q1 \times \frac{D2^3}{D1^3}$$

Q2 = caudal final en metros cúbicos por hora
Q1 = caudal inicial en metros cúbicos por hora,
D2 = diámetro mayor
D1 = diámetro menor

$$Q2 = 2000 \times \frac{12^3}{8^3} = \mathbf{6,750 \text{ m}^3/\text{h}}$$

- b) La presión total y, por lo tanto, la presión estática y dinámica, es proporcional al cuadrado del diámetro de la hélice.

$$Pt2 = Pt1 \times \frac{D2^2}{D1^2}$$

Pt2 = presión total final
Pt1 = presión total inicial
D2 = diámetro mayor
D1 = diámetro menor

$$Pt2 = 30 \times \frac{12^2}{8^2} = \mathbf{67.5\text{PSI}}$$

- c) La potencia absorbida es proporcional a la quinta potencia del diámetro de la hélice.

$$PA2 = PA1 \times \frac{D2^5}{D1^5}$$

PA2 = potencia absorbida final
PA1 = potencia absorbida inicial
D2 = diámetro mayor
D1 = diámetro menor

$$PA2 = 10 \times \frac{12^5}{8^5} = \mathbf{75.94 \text{ Kw}}$$

3) Cuando varía la densidad del aire: las características de un ventilador están generalmente indicadas para aire con una densidad fija.

Si se dispone de un ventilador cuyo caudal es de 30,000 m³/h con un motor de 10Kw, siendo su presión estática 33PSI y la densidad del gas que se desea mover es de p2 = 0.9kg/m³, considerando p1 = 1.2kg/m³, aplicando las formulas se tiene:

a) La presión a igualdad de caudal varía en proporción directa con la densidad.

$$Pt2 = Pt1 \times \frac{\rho_2}{\rho_1}$$

Pt2 = presión total final
Pt1 = presión total inicial
 ρ_2 = densidad final
 ρ_1 = densidad inicial

$$Pt2 = 33 \times \frac{0.9}{1.2} = \mathbf{24.75PSI}$$

- b) La potencia absorbida a igualdad de caudal es proporcional a la densidad.

$$PA2 = PA1 \times \frac{\rho2}{\rho1}$$

PA2 = potencia absorbida final
PA1 = potencia absorbida inicial
 $\rho2$ = densidad final
 $\rho1$ = densidad inicial

$$PA2 = 10 \times \frac{0.9}{1.2} = 7.5Kw$$

- c) En función de las temperaturas absolutas, la nueva densidad del gas será conocida por:

$$\rho2 = \rho1 \times \frac{T1}{T2}$$

$\rho2$ = densidad final
 $\rho1$ = densidad inicial
T1 = temperatura inicial
T2 = temperatura final

$$\rho2 = 1.2 \times \frac{293}{308} = 1.14kg/m^3$$

En donde,

T en grados Kelvin

T1 = t1 + 273 = grados Kelvin

T2 = t2 + 273 = grados Kelvin

Los cambios de densidad están originados por las modificaciones en la presión y temperatura y por la composición del gas en cuestión.

3.2.5 Sistemas de distribución y manejo de aire

El objetivo de un sistema de distribución es proporcionar la mejor forma de transportar el aire hasta donde se requiere dentro del proceso, otro de los objetivos principales de los sistemas de distribución es tener el control de la humedad, y para esto la mejor manera de lograrlo es con un diseño sencillo y directo de los conductos, que asegure tanto buen rendimiento como bajo costo.

Los sistemas mas comunes de distribución de aire que se utilizan en la industria son:

- Flexibles
- Rígidos

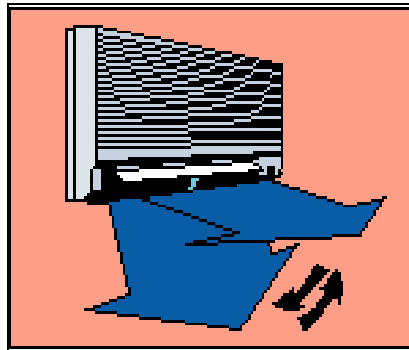
Los sistemas flexibles de distribución, son el diseño que mejor funciona para los sistemas de aire acondicionado ubicado centralmente.

Instalar correctamente un sistema de distribución de aire es tan importante como hacer lo mismo con un equipo de calefacción, ventilación y aire acondicionado. Cuando se diseña un sistema de distribución y manejo de aire, se tienen que tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- La capacidad de la unidad de calefacción, ventilación o aire acondicionado
- El nivel de ruido
- La cantidad de aire suministrado a todas las áreas de la empresa.

Un sistema de distribución que no esté correctamente diseñado, instalado, puede aumentar los costos totales de calefacción hasta en un 40% y reducir la comodidad, seguridad dentro de la empresa.

Figura 32. Distribución de aire



Fuente: Enciclopedia Encarta

El diámetro de las tuberías no debería elegirse conforme a otros tubos existentes ni de acuerdo con cualquier regla empírica, sino en conformidad con:

- el caudal
- la longitud de las tuberías
- la pérdida de presión (admisibile) la presión de servicio la cantidad de estrangulamientos en la red

No solamente importa el dimensionado correcto de las tuberías, sino también el tendido de las mismas, las tuberías requieren un mantenimiento y vigilancia regulares, por cuyo motivo no se recomienda la instalación de tuberías en lugares estrechos, esto porque se hace más difícil la detección de posibles fugas.

3.2.6 Calculo de la ventilación para edificios industriales

La ventilación es uno de los factores importantes a tomar en cuenta como parte de las condiciones adecuadas que se deben de ofrecer dentro de un área de trabajo. Esto para que los trabajadores se desenvuelvan de la forma mas correcta y en un ambiente de trabajo agradable que reúna las condiciones necesarias de ventilación.

La ventilación natural en edificios industriales se mide por el número de veces que cambia el volumen de aire por hora dentro del edificio, siendo este aire el necesario para una buena ventilación. Las renovaciones de aire que deben de existir dentro de un edificio industrial dependen de varias causas tales como, el número de personas que se encuentran dentro del, tipo de maquinaria, tipo de proceso.

Existen además otros factores que se deben de tomar en cuenta para el diseño de un sistema de ventilación tales como:

- Velocidad promedio del aire
- Dirección dominante
- Variaciones diarias y estacionarias de la velocidad y dirección
- Obstáculos cercanos

Para realizar los cálculos de la ventilación necesaria dentro de un edificio se necesita conocer la cantidad de aire que entra al edificio, lo cual se calcula a través de la siguiente formula:

$$Q = C \times A \times V$$

En donde:

Q = flujo de aire en m^3/seg .

C = coeficiente de entrada de la ventana (TablaVIII).

A = área de paso de las ventanas en metro cuadrado.

V = velocidad del aire en metros sobre segundos (m/s).

Existen diferentes rangos para determinar el coeficiente de entrada de la ventana, dentro de los cuales, los que más se utilizan para efectos de cálculos son los siguientes:

Tabla VIII. Coeficientes de aire de entrada de la ventana

C	CARACTERISTICAS
0.25 – 0.35	Cuando el aire actúa longitudinalmente
0.3 – 0.5	Cuando el aire actúa frontalmente

Fuente: Ingeniería de Plantas, ing. Sergio Torres

Conociendo el volumen de aire a renovar, se debe de calcular el caudal de aire necesario para que se de una buena ventilación, esto se realiza con la ayuda de la siguiente formula:

$$CA = V \times \text{No.R/hora}$$

En donde:

CA = caudal de aire necesario en m^3/hora

V = volumen de aire que se desea renovar

No.R = numero de renovaciones de aire por hora

Si se conoce el caudal y flujo de aire que entran al edificio, se puede entonces verificar el balance existente entre ambos cálculos.

Volumen de aire a renovar:

$$V = QI / (0.3116 - (TI - tme))$$

En donde:

V = volumen de aire por metro cúbico que se desea renovar por hora

Q1 = calor a eliminar

TI = temperatura interior que se desea

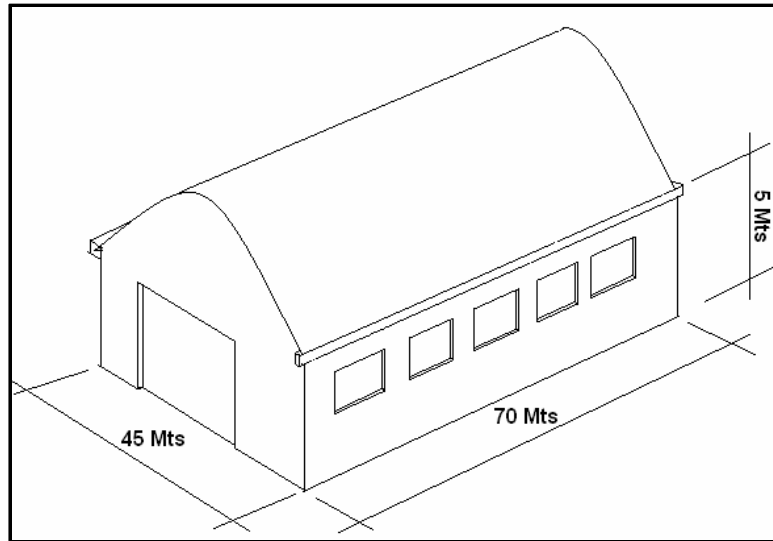
tme = temperatura mínima exterior

0.3116 = valor constante de la fórmula

Estos son los factores que se deben de tomar en cuenta para diseñar un sistema de ventilación para un edificio industrial, solamente resta contar con las medidas del espacio a ventilar, largo, ancho, alto.

En la aplicación, se debe diseñar un sistema de ventilación artificial, a través de las dimensiones de los ventanales en la bodega de empaque de cigarrillo, la figura muestra el plano del edificio y sus dimensiones.

Figura 33. Bodega de empaque



Fuente: Autor de trabajo de graduación

Lo primero que se debe hacer es calcular el volumen total de aire que se debe evacuar de la bodega, por lo que se procede a calcular el volumen total de aire.

$$\begin{aligned}\text{Volumen} &= \text{Alto} \times \text{Ancho} \times \text{Largo} \\ \text{Volumen} &= 5\text{mts} \times 45\text{mts} \times 70\text{mts} \\ \text{Volumen} &= \mathbf{15,750 \text{ mts}^3}\end{aligned}$$

Si se verifica la tabla II (ver capítulo 1, página 24), se tiene que para bodegas se debe evacuar de 3 a 4 veces el contenido total de aire por hora, por lo que se calcula el caudal de aire de la siguiente manera.

$$\begin{aligned}\text{Caudal de aire} &= V \times \text{NoR/hora} \\ &= 15,750 \text{ m}^3 \times 4 \\ &= \mathbf{63,000 \text{ mts}^3 / \text{hora}}\end{aligned}$$

Luego con la fórmula de caudal.

$$Q = C \times A \times V$$

Donde:

$$Q = 63000 \text{ m}^3 / \text{hora}$$

C = 0.30 debido a que el aire actúa longitudinalmente.

A = Área de paso de las ventanas en metros cuadrados.

V = velocidad del aire, la cual es de 2 000 m/h en dirección longitudinal al edificio.

$$A = Q / C \times V$$

Sustituyendo en la fórmula, se tiene que:

$$A = 63,000 \text{ m}^3 / \text{hora} / 0.30 \times 2000$$

$$A = 105 \text{ mts}^2$$

Para tener una mejor ventilación se asume que el largo de los ventanales debe ser igual al largo de la pared.

$$\text{Área de ventanas} = \text{Ancho} \times \text{Largo}$$

$$\text{Ancho} = \text{Área de ventanas} / \text{Largo}$$

Donde:

$$\text{Área} = 105 \text{ mts}^2$$

$$\text{Largo} = 7 \text{ mts}$$

Sustituyendo en la fórmula, se tiene que:

$$\text{Ancho} = 105 \text{ mts}^2 / 7 \text{ mts}$$

$$\text{Ancho} = 15 \text{ mts}$$

El diseño del sistema de ventilación queda de la siguiente manera: si se tiene una capacidad total de 15 metros, esta cantidad la podemos distribuir de la forma como mejor convenga y para este caso en particular serán dos ventanas de 0.75 metros de ancho y cada una.

- a. Tres ventanales en ambos lados del edificio
- b. 5 mts de ancho
- c. 7 mts de largo.

De esta manera es como se calcula un sistema de ventilación para un edificio industrial, teniendo que tomar en cuenta que las medidas de los ventanales dentro del edificio son las mínimas, por lo que las ventanas podrían ser inclusive un poco más anchas que la medida obtenida.

3.3 Sistemas de aire acondicionado

Los sistemas de aire acondicionado antiguos poseían un equipo central que proporcionaba solo aire templado para propósitos de confort y ventilación, con una red de ductos y un tipo de control relativamente simple.

Actualmente, los diseños se han visto influenciados por la calidad del aire, la conservación de la energía, la seguridad y la economía. Sin lugar a dudas, el uso de las computadoras ha contribuido mucho a los avances alcanzados en la industria de los sistemas de aire acondicionado, todo esto ha permitido al diseño de componentes más complejos, pero mucho más confiables.

Los sistemas centralizados de aire acondicionado, que proporcionan ventilación, aire caliente y frío, según las necesidades que se tengan, se emplean en grandes industrias. Estos sistemas son muy complejos y suelen instalarse durante la construcción de la nave industrial.

Estos sistemas cada vez se automatizan más para poder ahorrar energía y se controlan por computadoras u ordenadores. El diseño de un sistema de aire acondicionado depende:

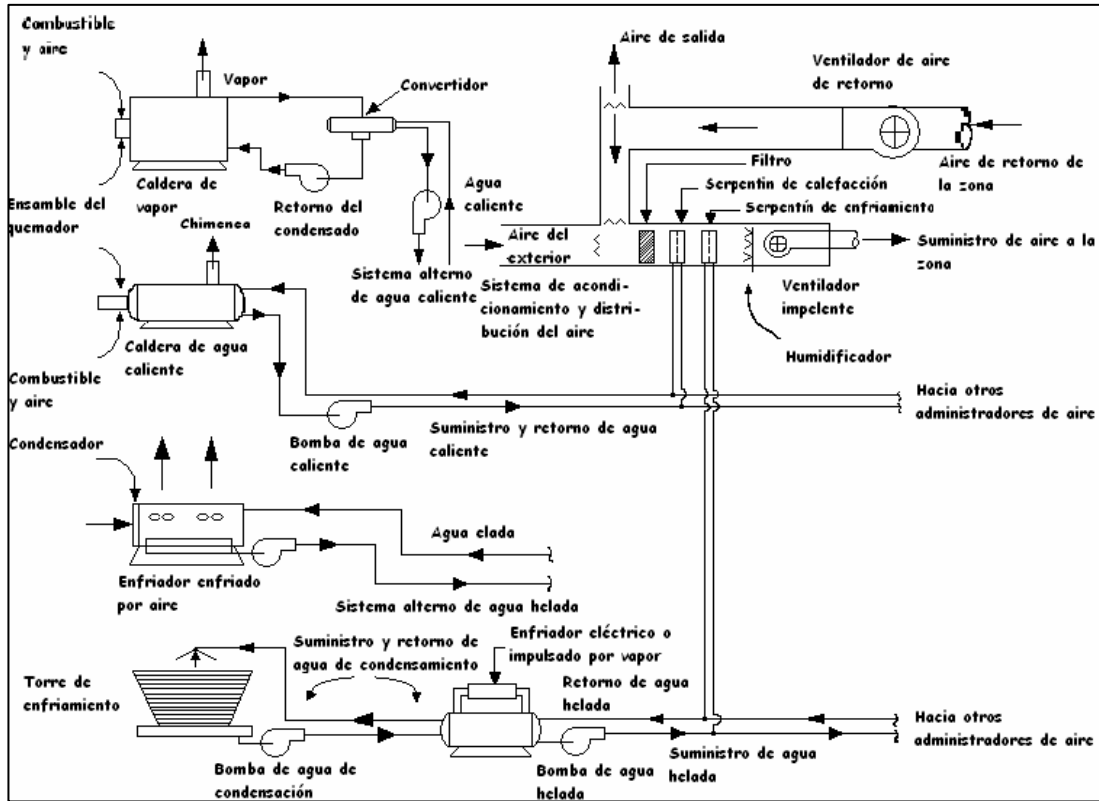
- a. Del tipo de estructura
- b. Cantidad de espacio a climatizar
- c. Número de ocupantes
- d. Tipo de actividad que se realice

Los sistemas de aire acondicionado se evalúan según su capacidad efectiva de refrigeración, la cual debería de medirse en kilovatios.

3.3.1 Sistema completo

Los sistemas completos de aire acondicionado por lo regular tienen los medios necesarios para calentar, enfriar, humidificar, deshumidificar, purificar y distribuir aire a los diversos espacios acondicionados de una zona., estos sistemas tienen los recursos necesarios para introducir aire del exterior y para expulsarlo, así como para filtrar los varios caudales de aire que maneja.

Figura 34. Sistema completo de aire acondicionado



Fuente: Calefacción, ventilación y aire acondicionado. Análisis y diseño Mcquiston, Parker, Spitler.

3.3.2 Sistema de acondicionamiento de aire y de distribución

El diseño de un sistema centralizado de aire acondicionado, requiere que se determinen las zonas que van a ser acondicionadas. Para esto el equipo normalmente se instala fuera del área que se pretende acondicionar, uno de los aparatos importantes dentro de estos sistemas es el termostato, ya que este mide la temperatura del lugar y envía una señal correctiva que nos indica si la temperatura esta fuera del rango deseado.

En algunas veces también es importante controlar la humedad, en cuyo caso se requiere de un hidrostato. Si se utiliza solo un sistema de ductos, la temperatura en todos los puntos de una zona acondicionada es uniforme, puesto que la temperatura del aire se mide sólo en el lugar en donde se encuentra el termostato.

Los lugares en donde se experimentan temperaturas uniformes son aquellos en donde se tienen grandes áreas de cubierta y pequeñas ganancias o pérdidas de calor externo. Si se tienen sistemas pequeños de aire acondicionado, estos tienden a ser mas económicos si integran la energía lo mas directo posible, es decir cuando la tenemos que transportar a menores distancias.

Si se tienen instalaciones en donde la energía necesita ser transportada grandes distancias, se tendrá que utilizar un sistema de transporte que utilice un líquido o vapor de agua como intermediarios. La mayoría de los sistemas comerciales de aire acondicionado, utilizan diversos métodos para el transporte de la energía. En tales sistemas la energía es transportada desde la caldera al serpentín calefactor del administrador de aire, lo cual nos da como resultado una buena distribución y acondicionamiento del aire.

3.3.3 Sistemas que utilizan sólo aire

Los sistemas que utilizan sólo aire proporcionan calefacción y humidificación sensibles, así como un enfriamiento latente, por medio del suministro de aire al espacio acondicionado. En tal sistema se puede utilizar agua o algún otro líquido en la tubería que conecta a los enfriadores y a los calefactores con el dispositivo de administración del aire.

Cuando se trabaja con sistemas que utilizan solo aire, estos pueden adaptarse a todo tipo de sistema de aire acondicionado. Estos se recomiendan para lugares que requieren de controles individuales de las condiciones ambientales.

La calefacción puede ser administrada por el mismo sistema de ductos que se utilizan para el enfriamiento, esto por medio de un sistema separado utilizando agua caliente, vapor o resistencias eléctricas. Dentro de las naves industriales existen zonas que no requieren de calefacción en los espacios interiores, sino que solamente un sistema de calefacción perimetral para compensar las pérdidas de calor.

3.3.4 Sistemas mixtos aire-agua

En los sistemas mixtos aire-agua se suministra aire y agua a cada uno de los espacios acondicionados, y de esta manera es como se lleva a cabo el proceso de acondicionamiento y enfriamiento. En casi todos los sistemas el enfriamiento y la calefacción se lleva a cabo graduando la temperatura del aire o del agua.

Existen varias razones del porque utilizar estos sistemas. Debido a que el agua tiene mayor calor específico y densidad que el aire, el área de la sección transversal requerida para los tubos de distribución es notablemente menor que la que se requiere para un sistema similar que utiliza sólo aire.

Los sistemas de agua-aire pueden tener dos, tres o cuatro circuitos de tubería. Todos funcionan de una manera básicamente similar, y todos tienen capacidad de refrigeración y calefacción para satisfacer las necesidades de acondicionamiento de aire.

3.3.5 Calculo de un sistema de aire acondicionado

Existen varios métodos para el cálculo de un sistema de aire acondicionado, esto dependiendo del área que se quiera acondicionar, para esto se deben de conocer ciertos factores los cuales nos darán como resultado el más eficiente diseño de un sistema de aire acondicionado. Estos factores son los siguientes:

- a. Paredes y ventanas
- b. Aparatos eléctricos
- c. Puertas abiertas normalmente
- d. Techo
- e. Carga total de calor sensible

Los factores mencionados anteriormente, se toman como base para el diseño del sistema de aire acondicionado. Una forma bastante sencilla pero eficiente para calcular el aire acondicionado para un ambiente, toma en cuenta tres pasos básicos los cuales son los siguientes:

1. Se saca el área en metros cuadrados del ambiente que se desea climatizar.
2. El valor obtenido se puede dividir entre estos dos factores:
 - 30 para ambientes con poca incidencia de sol y cielo de terraza
 - 25 para ambientes con cielo falso, lámina galvanizada, incidencia de sol, etc.

3. El resultado obtenido son las toneladas del equipo a adquirir, en donde se utiliza el siguiente factor de conversión:

$$1 \text{ tonelada} = 12,000 \text{ BTU}$$

Para el caso de la Bodega de empaque de cigarrillos el cálculo del aire acondicionado quedaría de la siguiente manera:

$$\text{Arrea} = 105\text{mts}$$

$$\frac{105}{25} = \mathbf{4.2 \text{ toneladas}}$$

$$\mathbf{4.2 \text{ toneladas} = 50,400 \text{ BTU}}$$

Por lo que se debe de adquirir un equipo que tenga una capacidad de 4.2 toneladas. De esta manera es como se calcula la capacidad que debe de tener el equipo para poder acondicionar la bodega de empaque de cigarrillos, lo cual dará como resultado un ambiente de trabajo bastante agradable.

4. IMPLEMENTACIÓN DE PLANES PARA EL AHORRO DE ENERGÍA

4.1 Capacitación

Para lograr implementar un plan de ahorro de energía, es necesario contar con programas de capacitación sistemática para los trabajadores, esto si se aspira a que ellos desarrollen con eficiencia su trabajo.

La capacitación sirve para corregir debilidades dentro del trabajo o simplemente para contribuir al desarrollo de los trabajadores, para esto es importante que los programas de capacitación se reciban con responsabilidad y compromiso.

La capacitación es una buena forma de contribuir a crear conciencia en todo el personal de lo importante que es realizar el trabajo con responsabilidad y eficiencia, lo cual al final se vera reflejado en la productividad y por ende en la reducción de los consumos de energía.

4.1.1 Importancia de la capacitación

Dentro de cualquier empresa industrial u organización es importante contar con programas de capacitación en todos los niveles, esto conducirá a tener una rentabilidad más alta, actitudes mas positivas, y para el trabajador una mejora en el conocimiento del puesto.

Además existen otros factores que resaltan la importancia de la capacitación, tales como:

- a. Ayuda a los trabajadores a tomar decisiones y solución de problemas
- b. Contribuye positivamente en el manejo de conflictos y tensiones
- c. Forja líderes y mejora las aptitudes comunicativas
- d. Aumenta el nivel de satisfacción en el puesto
- e. Permite el logro de metas individuales

4.1.2 Objetivos de la capacitación

1. Concientizar al personal sobre la importancia que tiene el uso adecuado de los recursos energéticos.
2. Que el personal, reconozca algunos procedimientos mal elaborados por ellos en su trabajo y en el manejo de equipo, y que tienen incidencia en los consumos de energía.
3. Que puedan identificar las causas que hacen que se eleven los consumos de energía dentro del proceso de producción de cigarrillos.
4. Enseñar y fomentar el uso eficiente de la energía.

El fin del programa de capacitación deberá ser, hacer conciencia en el personal que labora dentro de la empresa, sobre la correcta utilización de los recursos energéticos para la producción de cigarrillos.

4.1.3 Tipos de capacitación

La capacitación se puede impartir de varias formas, esto dependiendo de las exigencias, y de los objetivos que se quieren cumplir, dentro de las formas más comunes están:

4.1.3.1 Teórica

Este tipo de capacitación consiste básicamente en transmitir la información de forma escrita, verbal y a través de otras herramientas, las cuales son de mucha utilidad para tener éxito y lograr cumplir los objetivos que se previeron antes de capacitar al personal, estas herramientas son:

- a. Conferencias o charlas
- b. Documentos de apoyo

4.1.3.2 Práctica

Estudios realizados han dado como resultado, que este tipo de capacitación es el método más común y eficiente para preparar al empleado en nuevas tareas, o bien mejorar las que ya realiza.

Por lo regular este tipo de capacitación se realiza en el área de trabajo, y directamente con el equipo que se opera, por lo que una de las grandes ventajas de este tipo de capacitación es que es personalizada.

4.2 Implementación de rutinas de mantenimiento

Las rutinas de mantenimiento, tienen un papel muy importante para la buena realización de cualquier proceso de producción, conservación de las instalaciones, maquinaria etc, estas son básicamente un plan funcional que consiste en inspecciones programadas dependiendo de las políticas de la empresa o de la necesidad que exista.

Todo esto se puede realizar si se cuenta con una efectiva planificación y programación, complementada con una correcta ejecución y control.

Con la implementación de rutinas de mantenimiento, se logran minimizar las reparaciones, paro de labores por causas inesperadas, se logra la prolongación del tiempo de vida útil de la maquinaria, instalaciones, así como garantizar su funcionamiento.

Las rutinas de mantenimiento se pueden llevar a cabo en diferentes periodos de tiempo, dependiendo de las necesidades que se tengan, estos periodos pueden ser, diarios, semanales, mensuales, trimestrales, semestrales, y anuales.

4.2.1 Sistemas de vapor

Para el buen funcionamiento de los sistemas de vapor, uno de los puntos importantes es un plan de mantenimiento preventivo de las calderas, el cual efectuado adecuadamente, contribuye al buen funcionamiento de las instalaciones y evita el riesgo de provocar un paro de la producción, lo cual produciría pérdida de materiales, y de tiempo.

4.2.1.1 Caldera

Inspeccionar la caldera y sus controladores, independientemente de la inspección periódica de sus tuberías, tanto del lado del fuego como del agua, ayudará en gran parte a evitar paradas y gastos excesivos en las reparaciones. Es importante así mismo, cuidar la limpieza exterior e interior de la caldera, ya que de esta forma se logra un bajo consumo de combustible y un eficiente funcionamiento.

Dentro del plan de mantenimiento preventivo de la caldera se deben de llevar a cabo los siguientes pasos:

- Revisión y limpieza del quemador
- Revisión y limpieza de las boquillas
- Revisión y limpieza del electrodo de ignición
- Revisión y limpieza de la fotocelda
- Revisión del funcionamiento de la bomba de combustible
- Revisión de la faja de la bomba de combustible
- Revisión y limpieza de los filtros de aceite del compresor
- Revisión de la faja del compresor de aire
- Revisión y limpieza del filtro de aceite del compresor
- Revisión y limpieza del filtro de succión de aire del compresor
- Revisión y limpieza del filtro de succión de la bomba de agua
- Limpieza de tablero eléctrico
- Revisión y limpieza de las columnas de agua
- Limpieza general del lado de fuego
- Limpieza general del lado de agua
- Limpieza de la entrada de agua

- Inspección de los refractarios
- Revisión del funcionamiento de las válvulas de purga de las columnas de agua
- Revisión del funcionamiento de las válvulas de fondo
- Revisión del funcionamiento de los controles de seguridad
- Revisión del funcionamiento de las válvulas de seguridad
- Arranque y pruebas de funcionamiento

4.2.2 Sistemas de ventilación

Dentro de los sistemas de ventilación, es importante que se cuente con un plan de mantenimiento preventivo bien establecido y bien dirigido, el cual mantendrá a los ventiladores en perfectas condiciones y con periodo de tiempo de servicio prolongado.

4.2.2.1 Ventiladores

El mantenimiento preventivo que se debe de realizar a los ventiladores consta de una serie de pasos cuyo fin es conservar y controlar su eficiencia bajo una inspección periódica que evite, por lo menos, una probable avería y mantenga una actividad continuada.

La clasificación del mantenimiento puede realizarse en base al periodo de tiempo en el que hay que realizarlo, el cual puede ser de la siguiente manera:

a. Mantenimiento diario: es recomendable que se tomen las lecturas de parámetros tales como temperatura y vibración de cojinetes, presiones y niveles de aceite, así como observar si hay posibles ruidos anormales, verificar el funcionamiento de los anillos de lubricación y cualquier otra anomalía que sea captada.

b. Mantenimiento semestral: es conveniente revisar la alineación entre el eje del motor y el eje del ventilador, pues esto es causa frecuente de desgaste en los cojinetes y de que sea necesaria su reparación o sustitución con excesiva repetición. De igual manera se debe de proceder a vaciar los depósitos de aceite, llenándolos con aceite nuevo de la calidad recomendada por el fabricante. Al mismo tiempo, se debe de revisar el acoplamiento lo cual ayudara a determinar si se debe de engrasar.

c. Mantenimiento anual: es conveniente que se plantee anualmente un examen completo de las partes vitales de los ventiladores, como pueden ser:

1. Revisar totalmente los cojinetes, desmontándolos y explorándolos detenidamente para detectar rayas, grietas, arrastre de antifricción. También se deben de comprobar sus tolerancias, por si hubiera existido un desgaste excesivo.
2. Las carcasas de los cojinetes deben de ser limpiadas y revisadas.
3. Desacoplar el motor del ventilador y revisar el estado del acoplamiento, así como la alineación de los ejes.

4. También deben de revisarse los dispositivos de entrada y salida, comprobando que el cierre sea correcto y su accionamiento suave para su buen funcionamiento.
5. Se debe de prestar particular atención a los álabes del ventilador, por si se hubieran producido depósitos o desgastes y corrosiones anómalas que incluso podrían afectar al equilibrio del rotor.

4.2.3 Sistemas de aire acondicionado

Uno de los elementos más importantes para lograr un efectivo sistema de aire acondicionado son los compresores, ya que estos forman parte importante dentro de este proceso.

Es importante tener en cuenta que del buen funcionamiento de los compresores depende la calidad del aire acondicionado que obtengamos, por lo que es importante tener un plan de mantenimiento de los mismos que garanticen su funcionamiento.

4.2.3.1 Compresores

Todo tipo de compresor requiere de un programa de mantenimiento preventivo, esto con el propósito de incrementar su vida útil, evitar daños en sus componentes y maximizar su rendimiento. Dentro de un plan de mantenimiento preventivo podemos encontrar lo siguiente:

- a. Limpieza interior de aceite
- b. Comprobación de las válvulas de seguridad
- c. Comprobación del buen estado y funcionamiento de los manómetros
- d. Engrase, para lo cual se tiene que utilizar aceite con propiedades antioxidantes.

El mantenimiento a realizarse a los compresores además puede estar determinado por el servicio o las horas de trabajo que tenga el mismo, el cual se lleva a cabo de la siguiente manera:

Tabla IX. Mantenimiento preventivo para un compresor a tres meses de servicio o 2000 horas de trabajo.

Núm.	Pasos a seguir	Revisión
1	Cambio de filtros de aceite	
2	Cambio de filtros de aire	
3	Limpieza de enfriadores	
4	Rellenado de aceite	
5	Limpieza de línea de retorno	
6	Revisión de los parámetros del controlador	
7	Revisión, protección por alta temperatura	
8	Inspección de mangueras	
9	Limpieza e inspección orificio barrido	
10	Revisión de válvula presión mínima	
11	Limpieza y engrasado trampas de agua	
12	Reapreté de sistema eléctrico	
13	Medición de presión, temperatura	
14	Medición de corriente y voltaje	
15	Reapreté de tubería general	
16	Limpieza general	

Tabla X. Mantenimiento preventivo para un compresor a seis meses de servicio seis o 4000 horas de trabajo.

Núm.	Pasos a seguir	Revisión
1	Cambio de filtros de aceite	
2	Cambio de filtros de aire	
3	Limpieza de enfriadores aceite y aire	
4	Rellenado de aceite	
5	Limpieza de línea de retorno	
6	Revisión de los parámetros del controlador	
7	Revisión, protección por alta temperatura	
8	Inspección de mangueras	
9	Limpieza e inspección orificio barrido	
10	Revisión de válvula presión mínima	
11	Limpieza y engrasado trampas de agua	
12	Reapreté de sistema eléctrico	
13	Medición de presión, temperatura	
14	Medición de corriente y voltaje	
15	Reapreté de tubería general	
16	Limpieza general	

Tabla XI. Mantenimiento preventivo para un compresor a nueve meses de servicio o 6000 horas de servicio.

Núm.	Pasos a seguir	Revisión
1	Cambio de filtros de aceite	
2	Cambio de filtros de aire	
3	Limpieza de enfriadores	
4	Rellenado de aceite	
5	Limpieza de línea de retorno	
6	Revisión de los parámetros del controlador	
7	Revisión, protección por alta temperatura	
8	Inspección de mangueras	
9	Limpieza e inspección orificio barrido	
10	Revisión de válvula presión mínima	
11	Limpieza y engrasado trampas de agua	
12	Reapreté de sistema eléctrico	
13	Medición de presión, temperatura	
14	Medición de corriente y voltaje	
15	Reapreté de tubería general	
16	Limpieza general	

Tabla XII Mantenimiento preventivo para un compresor a doce meses de servicio o 8000 horas de trabajo.

Núm.	Pasos a seguir	
1	Cambio de elemento separador	
2	Cambio de filtro de aceite	
3	Cambio de filtros de aire	
4	Cambio de aceite	
5	Lubricación de tornillo	
6	Lubricación de motor	
7	Inspección de la válvula de admisión	
8	Limpieza de la válvula de control	
9	Limpieza de enfriadores aceite y aire	
10	Revisión de válvula presión mínima	
11	Rellenado de aceite	
12	Limpieza y engrasado de trampas de agua	
13	Limpieza de línea de retorno	
14	Reapreté de tubería general	
15	Reapreté de sistema eléctrico	
16	Limpieza general	

4.3 Fichas de control del consumo de energía.

Es importante tener el registro de los consumos de energía que se lleven a cabo durante un año en todas las áreas de trabajo. Es por ello imprescindible la existencia de una ficha de control, la cual ayudará a llevar de una forma clara y ordenada los consumos de energía. Para lo cual se sugiere el siguiente modelo:

Tabla XIII. Ficha de control de consumos de energía

FICHA DE CONTROL DE CONSUMOS DE ENERGIA.			
MES	BUNKER (litros)	DIESEL (litros)	ENERGIA ELECTRICA (kwh)
Enero			
Febrero			
Marzo			
Abril			
Mayo			
Junio			
Julio			
Agosto			
Septiembre			
Octubre			
Noviembre			
Diciembre			
TOTAL			

OBSERVACIONES:

4.4 Implementación de un plan de acción para el ahorro de energía

Las medidas que se deben de tomar en cuenta para lograr el ahorro de energía dentro de cualquier proceso productivo, se describen a continuación en el plan de acción.

Tabla XIV. Plan de acción para el ahorro de energía

Núm.	DESCRIPCIÓN	Revisión
1	La adecuada utilización de la iluminación interior en las diferentes áreas de la empresa.	
2	El control de la iluminación, ventilación y aire acondicionado en el área de Elaboración de Cigarrillos durante los periodos de producción, sin alterar la calidad del producto.	
3	Que los equipos estén apagados cuando no se este produciendo.	
4	La utilización adecuada del vapor	
5	El aprovechamiento del retorno del condensado para lograr así un mayor ahorro de energía.	
6	Cerrar el suministro de vapor después de la producción.	
7	Mantener un rango adecuado de descarga de aire acondicionado.	
8	Apagar los sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado durante el fin de semana, utilizarlo solo en caso fuera necesario.	
9	Apagar las unidades de a/c de las oficinas y salas.	
10	Que los ventiladores estén funcionando en las bodegas, proceso primario y proceso secundario solo cuando realmente es necesario.	
11	Implementar control automatizado para ahorro de energía vrs rendimiento de condiciones del ambiente a controlar	

5. MEJORA CONTINUA, FORMAS DE AHORRO DE ENERGÍA

5.1 Mantenimiento

El mantenimiento es necesario dentro de cualquier proceso ya que, produce un bien real que puede resumirse en: capacidad de producir con calidad, seguridad y rentabilidad.

La labor del departamento de mantenimiento, está relacionada muy estrechamente en la prevención de accidentes y lesiones en el trabajador ya que tiene la responsabilidad de mantener en buenas condiciones, la maquinaria y herramienta, equipo de trabajo, lo cual permite un mejor desenvolvimiento y seguridad evitando en parte riesgos en el área laboral.

El mantenimiento, ahora bien, tiene una notable participación en el éxito o fracaso de una empresa ya que por estudios comprobados se sabe que incide en:

- a. Costos de producción.
- b. Calidad del producto o servicio.

Dentro de los objetivos del mantenimiento se pueden encontrar los siguientes:

1. Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes precitados.
2. Disminuir la gravedad de las fallas que no se lleguen a evitar.
3. Evitar detenciones inútiles o para de máquinas.
4. Evitar accidentes.
5. Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas.

6. Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación.
7. Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante.
8. Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

5.1.1 Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento surge de la necesidad de rebajar el mantenimiento correctivo y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados.

Este tipo de mantenimiento básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los datos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizaran las acciones necesarias, engrasado, cambio de fajas, desmontaje, limpieza, etc.

Las actividades que en el mantenimiento preventivo se realizan son las siguientes:

1. visitas
2. inspecciones

a. Ventajas: si se hace correctamente, exige un conocimiento de las máquinas y un tratamiento de los datos históricos que ayudarán en gran medida a controlar la maquina e instalaciones.

El cuidado periódico conlleva un estudio óptimo de conservación con la que es indispensable una aplicación eficaz para contribuir a un correcto sistema de calidad y a la mejora de los continuos.

Reducción del correctivo representará una reducción de costos de producción y un aumento de la disponibilidad, esto posibilita una planificación de los trabajos del departamento de mantenimiento, así como una previsión de los recambios o medios necesarios.

Se concreta de mutuo acuerdo el mejor momento para realizar el paro de las instalaciones con producción.

b. Desventajas: representa una inversión inicial en infraestructura y mano de obra.

El desarrollo de planes de mantenimiento se debe realizar por técnicos especializados.

Si no se hace un correcto análisis del nivel de mantenimiento preventivo, se puede sobrecargar el costo de mantenimiento sin mejoras sustanciales en la disponibilidad. Los trabajos rutinarios cuando se prolongan en el tiempo producen falta de motivación en el personal, por lo que se deberán crear sistemas imaginativos para convertir un trabajo repetitivo en un trabajo que genere satisfacción y compromiso, la implicación de los operarios de preventivo es indispensable para el éxito del plan.

5.1.2 Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo comprende aquellas tareas que vienen a cambiar o a corregir alguna función de sistema de una máquina para que realice la tarea en una forma distinta a la que fue diseñada, entre las cuales se debe mencionar.

a. Corrección de defectos: aquellos cambios de sistema o piezas que permiten que una máquina realice mejor su labor o que simplifiquen el mantenimiento de la misma.

b. Modernización: aquellos cambios o mejoras en las máquinas que vienen a garantizar su funcionamiento, comodidad, seguridad de uso o incrementar su capacidad. Muchas de estas mejoras no son más que sencillos cambios que un buen departamento de mantenimiento debe tratar de incorporar a su maquinaria

5.1.3 Mantenimiento proactivo

El Mantenimiento proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria.

Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no debemos permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos.

La longevidad de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de mantenimiento predictivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio.

En sistemas mecánicos operados bajo la protección de lubricantes líquidos, controlar cinco causas de falla plenamente reconocidas, puede llevar a la prolongación de la vida de los componentes en muchas ocasiones hasta de 10 veces con respecto a las condiciones de operación actuales, estas cinco causas críticas a controlar son:

1. Partículas
2. Agua
3. Temperatura
4. Aire
5. Combustible o compuestos químicos

Cualquier desviación de los parámetros de las causas de falla anteriores, dará como resultado deterioro del material del componente, seguido de una baja en el desempeño del equipo y finalizando con la pérdida total de los componentes o la funcionalidad del equipo.

El mantenimiento proactivo utiliza técnicas especializadas para monitorear la condición de los equipos basándose fundamentalmente en el análisis de aceite para establecer el control de los parámetros de causa de falla.

Muchas de las empresas más importantes utilizan actualmente programas de análisis de aceite usado para establecer la condición de sus equipos y tomar decisiones de mantenimiento preventivo (cambiar el aceite) o de mantenimiento correctivo (cambiar la pieza que se encuentra dañada).

El análisis de aceite está conceptualizado como una herramienta para "salvar" equipos y determinar cuando una pieza está por fallar, para programar su reparación antes de una falla catastrófica. El mantenimiento proactivo, establece una técnica de detección temprana, monitoreando el cambio en la tendencia de los parámetros considerados como causa de falla, para tomar acciones que permitan al equipo regresar a las condiciones establecidas que le permitan desempeñarse adecuadamente por mas tiempo.

5.2 Energía eléctrica

Es importante tener en cuenta que para lograr ahorros de energía en todas las áreas de la empresa de debe de tener un buen uso de la energía eléctrica, ya que esta representa uno de los insumos mas importantes dentro de cualquier proceso de producción, por esa razón es vital saber administrarla.

El buen uso de la energía eléctrica, permite a las empresas a bajar los costos, y a ser cada vez más competitivas. Dentro de un proceso de producción se utilizan diferentes tipos de energía pero la energía eléctrica es la mas se usada y sobre la cual se hace mas énfasis por la importancia y las diversas aplicaciones que se obtienen de la misma.

5.2.1 Aplicaciones de la energía eléctrica

La energía eléctrica tiene una gran diversidad de aplicaciones, y dentro de todos los tipos de energía ya mencionados es la que más se utiliza, es por ello la importancia de hacer el uso más eficiente de la misma, esto para evitar que los consumos por su utilización sean demasiado altos.

Dentro de las aplicaciones más importantes que podemos obtener de la energía eléctrica están las siguientes:

1. Alimenta los motores que se utilizan en los procesos de producción
2. Suministra corriente a maquinas
3. Se utiliza para fines de iluminación artificial
4. Proporciona corriente a los equipos de aire acondicionado

Estas son algunas de las aplicaciones que se pueden obtener de la energía eléctrica, este tipo de energía es el alma de cualquier proceso productivo ya que es uno de los insumos de los cuales no se puede prescindir por ningún motivo, de la no existencia de la misma no se podría llevar a cabo ningún proceso de producción.

5.2.2 Formas de medir la energía eléctrica

Existen diferentes formas de medir la energía eléctrica, las empresas distribuidoras reguladas tienen sus propias medidas. Muchas veces la medida depende del tipo de consumo, el cual podría ser de tipo residencial, industrial, o comercial. También puede ser medida por el nivel de tensión o voltaje requerido, el cual puede ser de alta, media y baja tensión, y finalmente por los niveles de potencia demandados, que pueden ser de pequeña, mediana y gran demanda.

Por lo tanto, las tarifas del servicio eléctrico dependen de la categoría asignada a cada consumidor que bien puede ser medida en kilowatios (KW), o bien en kilowatios-hora (KWH), esto como se menciono anteriormente dependiendo del sector en donde se utilice la energía eléctrica.

5.2.3 Control de corrientes parasitas

Es importante crear un control de las corrientes parasitas, ya que la existencia de las mismas dentro de las líneas de distribución produce pérdidas en los arrollamientos de transformadores de potencia.

Se distingue la influencia de las corrientes parasitas, por lo que es importante crear un control en el transporte de la energía para evitar la creación de las mismas. Se considera de utilidad el control de la corriente ya que de esto depende la calidad de la energía para la elaboración de productos o servicios dentro de una empresa industrial.

5.2.4 Mejoramiento del factor de potencia

El factor de potencia, se puede definir por la relación que existe entre la potencia activa y la potencia aparente. La potencia activa (P), es medida en vatios (W), representa la capacidad de un circuito para realizar un trabajo en un tiempo dado, esto debido a dos elementos reactivos de la carga, la potencia aparente (S), medida en voltamperios (VA), producto de la tensión por la intensidad, será igual o mayor que la potencia activa. La potencia reactiva (Q), medida en voltamperios reactivos (VAR), es una medida de la energía almacenada que se refleja hacia la fuente durante cada ciclo de corriente alterna.

El factor de potencia puede ser expresado como:

$$\begin{aligned}\text{Factor de potencia} &= P/S \\ &= \text{potencia activa/potencia aparente} \\ &= \text{vatios/voltamperios}\end{aligned}$$

Por definición, el factor de potencia es un número adimensional, comprendido entre 0.9 y 1. Cuando el factor de potencia es igual a 0, quiere decir que la energía que fluye es reactiva y la energía almacenada en las cargas retorna a la fuente en cada ciclo.

Cuando el factor de potencia es igual a 1, quiere decir que toda la energía suministrada por la fuente es consumida por la carga, los factores de potencia son expresados normalmente como “adelanto” o “retraso”.

A menudo es posible mejorar el factor de potencia de un sistema a un valor muy próximo a la unidad. Esto es conocido como corrección del factor de potencia y se realiza mediante la conexión a través de conmutadores, en general automáticos, de bancos de condensadores o de inductores.

En determinadas ocasiones pueden instalarse motores sincrónicos con los que se puede inyectar potencia capacitiva o reactiva con tan solo variar la corriente de excitación del motor. La corrección del factor de potencia debe ser realizada de una forma cuidadosa con objeto de mantenerlo lo más alto posible, pero sin llegar nunca a la unidad, ya que en este caso se produce el fenómeno de la resonancia que puede dar lugar a la aparición de tensiones o intensidades peligrosas para la red. Es por ello que en los casos de grandes variaciones en la composición de la carga es preferible que la corrección se realice por medios automáticos.

5.3 Aprovechamiento del retorno del condensado

El lograr el retorno del condensado es otra de las formas por medio de las cuales se puede lograr un ahorro de energía, para esto el tipo de tubería en la que el retorno del condensado de las unidades calefactores a la caldera identifica mas el sistema de vapor, son de uso común dos sistemas de distribución para lograr el retorno:

1. La de retorno por gravedad
2. La de retorno mecánico

Si se tienen todas las unidades por encima de la caldera o de la línea de agua del depósito de condensado a la caldera, el sistema se denomina retorno por gravedad, ya que el condensado retorna al tanque por gravedad.

Si se tienen que utilizar bombas o purgadores para que se pueda dar el retorno del condensado a la caldera, entonces el sistema se denomina de retorno mecánico. La bomba de retorno de vacío, la bomba de retorno de condensado y purgador de retorno a la caldera son dispositivos usados para el retorno mecánico del condensado a la caldera.

CONCLUSIONES

1. Hoy en día es importante contar con programas de conservación de energía, esto tiene influencia en el proceso de producción, así como con la reducción de los costos de operación.
2. Que la utilización de los sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado sea la más adecuada, para contar con un proceso de producción eficiente.
3. La energía eléctrica es uno de los suministros más importantes para llevar a cabo de una forma satisfactoria un proceso de producción, esta tiene una gran diversidad de aplicaciones, y es por ello la importancia que tiene la correcta utilización de la misma.
4. La implementación de programas de conservación de energía en los sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado, darán como resultado una notable reducción de los consumos por la utilización de los mismos.
5. El presente trabajo contiene los principios fundamentales que se deben llevar a cabo para lograr un ahorro energético en la elaboración de un proceso de producción determinado.

6. El análisis de gráficas de consumos de energía muestra claramente que con la implementación de programas de conservación, se pueden alcanzar resultados bastante importantes, los cuales se ven reflejados en un proceso de producción mucho más eficiente.
7. El consumo de energía para fines del proceso, depende en gran parte de la correcta selección e instalación de los equipos utilizados.
8. El mantenimiento es uno de los pilares fundamentales dentro de cualquier proceso de producción, y es por ello la importancia de contar con programas de mantenimiento preventivo, para tener un perfecto funcionamiento de los equipos así como para alargar el tiempo de vida útil de los mismos.
9. La constante capacitación dará como resultado tener dentro de la empresa personal más calificado en cada puesto de trabajo, lo cual se verá reflejado en el incremento de la productividad.

RECOMENDACIONES

1. Que se lleven a cabo las rutinas de mantenimiento preventivo en los sistemas de vapor, ventilación y aire acondicionado, esto para el perfecto funcionamiento de los equipos, así como para alargar el tiempo de vida útil de los mismos.
2. Asegurarse que los equipos se encuentren en óptimas condiciones de funcionamiento, programar revisiones técnicas especializadas por lo menos dos veces al año.
3. Instalar medidores de energía eléctrica en secciones específicas de la planta, particularmente donde los consumos de energía sean elevados o sean de uso permanente.
4. Realizar un monitoreo del consumo de energía eléctrica en las operaciones más importantes, esto permite el control de fallas y usos no eficientes de la energía.
5. Registrar las lecturas diarias de los consumos de energía en los sistemas, a fin de ejercer un control de dicho consumo.
6. Reemplazar o adecuar el funcionamiento de motores y otros equipos sobredimensionados, por equipos con más alta relación de eficiencia energética, los cuales ayudarán a que el proceso de producción sea más productivo.

7. Aprovechar al máximo la iluminación natural y si fuera necesario utilizar sistemas que sean más eficientes y que produzcan una reducción de costos en energía y mantenimiento.
8. La instalación de controles automáticos de luz, sistemas de ventilación, aires acondicionados; especialmente en el área de producción, pasillos salas de reuniones y bodegas.
9. Considerar la posibilidad de utilizar ventiladores eléctricos, para mantener un ambiente cómodamente fresco la mayor parte del tiempo. Y que se trate de aprovechar al máximo la ventilación natural.
10. Llevar a cabo programas de capacitación sobre las medidas que se deben de tomar para lograr un ahorro de energía considerable, así como adiestrarlos constantemente sobre la utilización de los equipos.
11. Control y cambio de cableo por los calibres adecuados, para evitar el calentamiento de los mismos y la fuga de energía.

BIBLIOGRAFÍA

1. Monasterio Larrinaga, Román. Compresión Mecánica del Vapor: Técnica innovadora para el Ahorro de Energía. Primera Edición en Español, Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España
2. Mcquiston, Faye C. Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado. Primera Edición Editorial Limusa, S.A.
3. Guerra Galindo, Carlos Vinicio. Conservación de Energía en Ventilación y Aire Acondicionado. Tesis de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala 1991.
4. Rosada Granados, Mario Rene. Introducción al Estudio de los Generadores de Vapor. Tesis Ingeniería Mecánica. Universidad de San Carlos de Guatemala 1969.
5. Carnicer Royo, Enrique. Ventilación Industrial, editorial Paraninfo S.A. Segunda Edición
6. Roberjot, P. Elementos de Electricidad Industrial, Editorial Gustavo Gili, S.A.
7. Arce Magliochetti, Maria Cristina. Programas en Lenguaje Basic para el cálculo de Ahorro de Energía en Procesos Industriales. Tesis de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala 1990.

8. Alvarado Molina, Gustavo Adolfo. Tipos, selección y mantenimiento de Trampas de Vapor. Tesis de Ingeniería Química. Universidad de San Carlos de Guatemala 1986.
9. Gerrish, Howard H. Fundamentos de Electricidad, Editorial Limusa S.A. Primera Edición 1973.
10. Schweitze, Gerald. Curso completo de Aire Acondicionado
11. Carnicer Royo, Enrique. Aire Acondicionado. Editorial Paraninfo S.A. impreso en España 1991.
12. Sett Oliva, Oscar Rolando. Conducción de Vapor a través de tuberías
13. Kennet Wark. Termodinámica

ANEXO

Tabla XV. Ganancia instantánea de calor por transmisión directa y difusión o radiación solar para ventanas no sombreadas de vidrio común.

LATITUD	TIEMPO SOLAR A.M.		Ganancia instantánea de calor (Btu por hora pie cuadrado)								
			N	NE	E	SE	S	SO	O	NO	Horiz.
30° Norte	6 A.M.	6 P.M.	25	98	108	52	5	5	5	5	17
	7	5	23	155	190	110	10	10	10	10	71
	8	4	16	148	205	136	14	13	13	13	13
	9	3	16	106	180	136	21	15	15	15	135
	10	2	17	54	128	116	34	17	16	16	241
	11	1	18	20	59	78	45	19	18	18	267
	12		18	19	19	35	49	35	19	19	276
40° Norte	5 A.M.	7 P.M.	3	7	6	2	0	0	0	0	1
	6	6	26	116	131	67	7	6	6	6	25
	7	5	16	149	195	124	11	10	10	10	77
	8	4	14	129	205	156	18	12	12	12	137
	9	3	15	79	180	162	42	14	14	14	188
	10	2	16	31	127	148	69	16	16	16	229
	11	1	17	18	58	113	94	23	17	17	252
12		17	17	19	64	98	64	19	17	259	
50° Norte	5 A.M.	7 P.M.	20	54	54	20	3	3	3	3	5
	6	6	25	128	149	81	8	7	7	7	34
	7	5	12	139	197	136	12	10	10	10	80
	8	4	13	107	202	171	32	12	12	12	129
	9	3	14	54	176	183	72	14	14	14	173
	10	2	15	18	124	174	110	15	15	15	206
	11	1	16	16	57	143	136	42	16	16	227
12		16	16	18	95	144	96	18	16	234	
	P.M.		N	NO	O	SO	S	SE	E	NE	Horiz.

FUENTE: Jennings Burguass H. Aire Acondicionado y Refrigeración. México: Compañía Editorial Continental, S.A.

Tabla XVI. Ganancia instantánea de calor por convección y radiación para ventanas no sombreadas de vidrio común

Tiempo Solar	Bulbo Seco (F)	Latitud Norte grados	Ganancia instantánea de calor (Valor X) (Btu. Por hora pie cuadrado)									
			N	NE	E	SE	S	SO	G	NO	Horiz.	
5. A.M.	74	30, 40, 50	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6	-6
6	74		-5	-4	-4	-5	-5	-6	-6	-6	-6	-5
7	75		-5	-2	-2	-3	-5	-5	-5	-5	-5	-3
8	77		-3	0	1	0	-2	-3	-3	-3	-3	0
9	80		0	2	4	3	1	0	0	0	0	3
10	83		3	4	6	6	5	3	3	3	3	8
11	87		8	8	10	11	10	9	9	9	9	13
12	90		12	12	12	13	14	13	13	13	12	16
1. P.M.	93		15	15	15	16	17	17	17	17	15	20
2	94		16	16	16	16	18	19	19	19	17	21
3	95		17	17	17	17	19	21	21	21	19	21
4	94		16	16	16	16	17	20	20	20	19	19
5	93		15	15	15	15	15	18	18	18	18	17
6	91		13	13	13	13	13	14	14	14	15	13
7	87		8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
8	85		6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
9	83		3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

FUENTE: Jennings Burguass H. Aire Acondicionado y Refrigeración. México: Compañía Editorial Continental, S.A.

Tabla XVII. Factores de conversión utilizados.

MEDIDAS	CONVERSIÓN
1 Litro de Bunker	39.2 MJ
1 Litro de Diesel	35.9 MJ
1 Litro de Gas	2.4 MJ
1 KWH	3.6 MJ
1 Galón	3.785 MJ

Fuente: Jennings Burguass H. Aire Acondicionado y Refrigeración. México: Compañía Editorial Continental, S.