

00521
99

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

LA PARTICIPACION DEL INGENIERO QUIMICO EN LA
INDUSTRIA ELECTRICA EN MEXICO.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

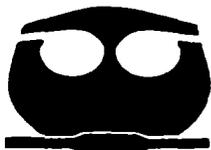
T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA QUIMICA
P R E S E N T A :
DIANA ANGELICA MORALES TINTOR

MEXICO, D.F.

EXAMENES PROFESIONALES
FACULTAD DE QUIMICA

2003

I





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



JURADO ASIGNADO

JURADO ASIGNADO

Presidente: ING. EDUARDO ROJO Y DE REGIL
Vocal: ING. REYNALDO SANDOVAL GONZÁLEZ
Secretario: ING. JOSÉ ANTONIO ORTIZ RAMÍREZ
1º Suplente: ING. ALEJANDRO IÑIGUEZ HERNÁNDEZ
2º Suplente: ING. BALDOMERO PÉREZ GABRIEL

LUGAR DONDE SE ELABORÓ EL TEMA:

Coordinación de la Carrera de Ingeniería Química
Edif. E de la Facultad de Química, UNAM.
México D. F.

ASESOR


Dr. Reynaldo Sandoval González.

SUSTENTANTE


Diana Angélica Morales Tintor.

Autorizo a la Dirección General de Biblioteca
UNAM a difundir en formato electrónico
el contenido de mi trabajo.

NOMBRE: Morales Tintor
Diana Angélica
FECHA: 11 Agosto / 03
FIRMA: Diana Angélica



AGRADECIMIENTOS Y DEDICATORIAS

A MIS PADRES:

Manuel y Hortensia, por haberme dado la vida y procurar que nada me faltara. Por sus sabios consejos y los buenos ejemplos que siempre nos dieron a mis hermanos y a mí. Por ser tan tolerantes conmigo y brindarme su apoyo incondicional, además de enseñarme los verdaderos valores familiares.

A ustedes debo la realización de este trabajo y el buen término de mi carrera, por eso ahora quiero decirles:

¡Gracias por estar siempre conmigo!

A MI ESPOSO:

Raúl, porque has sido un gran apoyo estos últimos años. Por ser tan paciente y cariñoso cuando más lo necesito. Gracias por brindarme tu compañía, tu amor, fortaleza y nobleza de espíritu. Te quiero muchísimo y TLQQF.

A MI HIJO:

Raúl Alejandro, que es mi mayor fuente de inspiración y a quien debo mis ganas de vivir y salir adelante. Gracias por darme la oportunidad de ser madre y estar conmigo gordito lindo.



A MIS HERMANOS Y CUÑADOS:

Silvia y Miguel, agradezco a ustedes su ayuda y el apoyo que me dieron en la realización de este trabajo, aún estando lejos. Porque siempre fuiste la hermana consentidora y supiste siempre cómo hacerme sentir bien.

René y Lety, por estar presentes en cada día de mi vida y apoyarme siempre. Gracias por sus consejos y por compartir conmigo sueños, alegrías y tristezas. Por ser la hermana que siempre me ayudó con los problemas de la escuela. Gracias.

Manuel y Paty, que estuvieron conmigo cuando más lo necesitaba y siguen apoyándome. Porque juntos hemos reído y gozado grandes momentos. Por ser el hermano fuerte, por tu alegría, por ser como eres. Gracias.

Tonatiuh, el amigo casi hermano que me ayudó con los primeros exámenes de mi carrera; quien vivió mi infancia junto conmigo.

A MIS SOBRINOS:

Yoalli, Ulises, Ehécatl y (la) bebé, por ser los sobrinos desastrosos. Porque con su energía contagian a los que estamos a su alrededor. Gracias por su ímpetu e inocencia.



A MIS AMIGOS:

Jessi, Julietta, Ruth, Lilliana, Nuria, Gira, Pao y Clau, por haberme brindado su vallosa amistad durante toda la carrera. Por vivir conmigo una etapa muy importante en mi vida, y haber compartido juntas inolvidables momentos.

Carlitos y Cuax, porque son los mejores amigos que he encontrado, incondicionales y compañeros inseparables.

Ociel y Tona, por ser los grandes amigos que nunca se olvidan y que siempre estarán presentes en mi vida futura.

Jaz, Uriel, Artur e Isma, que han sido unos amigos insustituibles, que me dieron su amistad sin condiciones.

Agradezco a todos la oportunidad que me dieron de conocerlos.



AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES Y PROFESORES:

Ing. Reynaldo Sandoval González, por ser una persona muy rica en espíritu. Por brindarme el tiempo necesario en el asesoramiento de toda la tesis. Gracias por la confianza depositada en mí.

Ing. Eduardo Rojo y de Regll, por su calidad –y calidez– humana. Por ser tan complaciente conmigo y por el valioso tiempo prestado durante la realización de este trabajo.

Ing. José Antonio Ortiz Ramírez, a quien agradezco el tiempo tomado para la revisión de este trabajo y las atenciones que tuvo hacia mi persona.

Pero sobre todo, gracias al **CREADOR** por prestarme esta vida y dejarme dirigirla con libertad.

Diana Angélica Morales Tintor.

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"



LA PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

TEMA	Pág.
INTRODUCCIÓN.	1
CAPÍTULO I.	
EL PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	5
1.1 Antecedentes Históricos.	5
1.2 Breve reseña del Sector Eléctrico en México.	6
1.3 Tipos de plantas generadoras de energía eléctrica.	8
1.3.1 Plantas Hidroeléctricas.	8
1.3.2 Centrales Termoeléctricas Clásicas.	11
a) Centrales termoeléctricas.	12
b) Centrales Carboeléctricas.	13
c) Centrales de Ciclo combinado de gas natural y carbón.	16
1.3.3 Centrales Geotérmicas.	17
1.3.4 Centrales Nucleoeléctricas.	19
1.3.5 Centrales Eoloeléctricas.	26
CAPÍTULO II.	
LA IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA EN MÉXICO.	27
2.1 Aportación del Sector Eléctrico al Producto Interno Bruto (PIB).	27
2.2 Importancia económica del consumo de combustibles para la generación de electricidad.	32
2.3 Personal ocupado en el sector eléctrico.	34
2.4 Generación de energía eléctrica por tipo de servicio y tipo de planta.	38



CAPÍTULO III.	
ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	
3.1 Tratamiento de aguas para alimentación a generadores de vapor.	41
3.1.1 Calidad de agua de pozos.	41
3.1.2 Desmineralización.	47
3.1.3 Ultrafiltración.	50
3.1.4 Ósmosis inversa.	51
3.2 Tratamiento interno de generadores de vapor.	53
3.2.1 Dosificación de hidracina.	53
3.2.2 Dosificación de fosfatos.	54
3.2.3 Dosificación de aminas filmicas.	55
3.2.4 Seguimiento a los tratamientos con toma de muestras de tubos de caldera.	57
3.2.5 Limpiezas químicas.	58
3.3 Tratamiento químico para sistemas de enfriamiento.	59
3.3.1 Inhibición de la corrosión.	59
3.3.2 Inhibición de la incrustación.	61
3.3.3 Adición de microbicidas.	62
3.3.4 Adición de cloro.	64
3.3.5 Uso de algicidas.	65
3.4 Tratamiento de aguas residuales.	67
3.4.1 Control de calidad de las aguas residuales de la central.	67
3.4.2 Operación de fosa separadora de grasas y aceites.	69
3.4.3 Planta de tratamiento lateral.	71
3.4.4 Manejo de lodos.	72
3.4.5 Plantas de tratamiento de aguas negras.	73
3.4.6 Tratamiento químico en plantas de aguas negras.	75
3.4.7 Cumplimiento a legislación en materia de agua.	76
3.5 Combustibles y Lubricantes.	77
3.5.1 Tipos de combustibles.	77
3.5.2 Uso de aditivos.	78
3.5.3 Calidad de aceites lubricantes.	79



CAPÍTULO IV.	
OTRAS ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA.	
4.1 Conocimiento en materia de Protección al Ambiente.	81
4.1.1 Control de emisiones a la atmósfera.	82
4.1.2 Cumplimiento a la legislación ambiental.	83
4.2 Sistemas de calidad.	84
4.2.1 Administración por calidad total.	84
4.2.2 Sistema de aseguramiento de calidad ISO-9002.	86
4.2.3 Sistema de administración ambiental ISO-14001.	87
4.2.4 Mantenimiento Productivo Total.	89
4.2.5 Sistemas de calidad 9'S y 5's+1.	90
4.3 Administración de recursos humanos y materiales.	95
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	99
BIBLIOGRAFÍA.	101



INTRODUCCIÓN.

El *American Institute of Chemical Engineers* (AIChE), define a la Ingeniería Química como la aplicación de los principios fisicoquímicos, matemáticos y de otras ciencias naturales para el desarrollo de procesos económicos que permitan utilizar la materia y la energía en la generación de beneficios para la humanidad.

Por su parte, el *Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos* (IMIQ), plantea a la Ingeniería Química como el arte de aplicar con creatividad y ética los conocimientos científicos y empíricos al estudio y resolución de los problemas de la industria, especialmente de la Industria Química y de los problemas sociales, económicos y ecológicos con ella relacionados en beneficio de la humanidad.

Siendo la Ingeniería Química una herramienta importante dentro del desarrollo tecnológico de cualquier país, el Ingeniero Químico es, según lo plantea el IMIQ, *"un agente de cambio, que dentro del marco del desarrollo sustentable, contribuye al bienestar de la sociedad aplicando conocimientos, habilidades y actitudes en la solución de problemas y en la creación de procesos, generación de productos y servicios, fundamentalmente en el ámbito de la Industria Química y de proceso"*. Según esta concepción, el perfil profesional deseable del ingeniero químico, para que pueda desarrollar sus actividades en cualquier ámbito laboral, (producción, administración, ingeniería de procesos, ingeniería de proyectos, investigación y desarrollo, así como trabajo académico), debe contemplar un conjunto de capacidades, conocimientos y actitudes indispensables para enfrentar los retos o tareas que la sociedad moderna le demanda:



- a) Lo fundamental en la ingeniería es que sea capaz de aplicar conocimientos en la solución de problemas técnicos reales, de acuerdo a sus capacidades y habilidades, así como también, innovar, emprender acciones y proyectos, generar alternativas de solución a problemas, comunicarse con claridad, trabajar en equipo, manejar la incertidumbre en las decisiones, lidiar con la computadora, integrar conocimientos, dar soluciones prácticas, adaptarse al cambio, discriminar información científica y tecnológica y tomar decisiones en conjunto.

- b) El que tenga claros los conocimientos básicos y fundamentales de la carrera, así como en áreas de oportunidad futura como la biotecnología, nuevos materiales, electrónica, ecología e investigación y desarrollo de procesos.

- c) Sobresale la necesidad de profesionales, con claros aspectos éticos, es decir, que sean honestos, responsables, trabajadores y respetuosos; que tengan espíritu de superación, interés en cuidar el ambiente, trabajar con calidad y productividad, interés en el desarrollo de su empresa y su país, así como trabajar en equipos multidisciplinarios.

El presente trabajo se realizó bajo la supervisión de la Coordinación de la Carrera de Ingeniería Química de la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, a través del Centro Nacional de Información de la Carrera de Ingeniería Química, dependencia a cargo del Doctor Reynaldo Sandoval González, así como de las experiencias recogidas en visitas que realizó el I.Q. Eduardo Rojo y de Regil a la Central Termoeléctrica de Salamanca, Guanajuato, en las que el Ingeniero Alfredo Esparza Méndez, Superintendente de producción de dicha Central, subrayó la importancia de la participación del Ingeniero Químico en el sector eléctrico.



La formación de ingenieros químicos en México ha seguido una tendencia numérica creciente en los últimos treinta años, de tal forma, que ha pasado de existir 2.2 ingenieros químicos por cada 100 000 habitantes en el país, hasta 3.8 por cada 100 000 habitantes, cantidad registrada hasta el año 2000, según cifras reportadas en la revista *Educación Química* ⁽¹⁾.

Si esta cifra es comparada con los 2.7 ingenieros químicos por cada 100 000 habitantes que existen en estados Unidos de América. Esto nos conduciría a pensar, que se han producido suficientes ingenieros químicos en México hasta el día de hoy. El problema es, entonces, que el desarrollo industrial de México no se encuentra a la par de los países industrializados y de algunos en desarrollo. Este hecho aclara en parte, por qué el ingeniero químico se emplea en actividades muy diversas, tales como: administración de empresas e industrias, empresas propias, dirección de escuelas y universidades, puestos públicos, escritores, y un largo etcétera. Es por todo esto, que el sector encargado de la generación de energía eléctrica, no constituye una excepción a las áreas hacia las que puede emigrar un ingeniero químico.

El interés mostrado por la realización de este estudio, radica en la importancia que para el país tiene la industria generadora de energía eléctrica. Entre otras cosas, por ejemplo, el rubro del sector energético del país que comprende electricidad, gas y agua, representaban el 55% de la producción bruta de todo el sector, lo cual equivale al 1.4% del valor agregado bruto nacional, y al 5.1% del valor agregado bruto industrial, considerando la inflación anual. (Datos del año 2000; INEGI) ⁽²⁾.

⁽¹⁾ Rugarcía, Armando. *Educación Química. Los retos en la formación de ingenieros químicos* Revista de la Facultad de Química, volumen 11, número 3, segunda época, Julio-septiembre de 2000.
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Anuario 2000 del sector energético. México, 2001.



Por otra parte, y alrededor de un 18% de la inversión pública federal, se destinó al sector eléctrico en el mismo año. El sector eléctrico representa un 1.5% de la producción bruta de la actividad económica nacional, lo que se traduce a 112 000 millones de pesos, (a precios corrientes), hasta el año 2000; con una planta superior a los 150 000 empleados. De acuerdo a estas cifras, es natural pensar que el sector eléctrico, es de vital importancia para el desarrollo del país.

Así, durante la realización de este trabajo se describirán los distintos tipos de plantas generadoras de energía eléctrica y los procesos que involucra cada una, desde un punto de vista técnico. En el segundo capítulo, se asentará la importancia económica de dicho sector en el país; para pasar finalmente, al estudio de las áreas de participación del ingeniero químico en el proceso de generación de energía eléctrica.

Se espera, con esta tesis, hacer una aportación sobre ciertos aspectos de la carrera de Ingeniería Química, que muestren que el egresado de la misma, se distingue por su versatilidad y capacidad de adaptación a la resolución de problemas, y que es al mismo tiempo, un profesionalista con una preparación amplia y suficiente para enfrentar retos futuros del país, que son aún más complejos.

Por lo anterior, los objetivos que pretende alcanzar este trabajo son:

- Exponer en forma concreta aquellos procesos técnicos de una central generadora de energía eléctrica en los que puede estar involucrado un ingeniero químico.
- Remarcar la importancia del sector eléctrico en el desarrollo económico del país, haciendo notar la necesidad del suministro de energía eléctrica para la sociedad en general.
- Reafirmar la versatilidad de trabajo que tienen los ingenieros químicos dentro del campo laboral.



CAPITULO I. PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

La madera ocupó durante muchos siglos el primer lugar como fuente energética y hoy se sigue utilizando ampliamente, sobre todo en el campo. Posteriormente, el empleo del carbón ocasionó que se abandonara la leña como combustible fundamental. Además, su transformación en coque y el invento de la máquina de vapor marcaron un cambio tecnológico, económico y social de gran importancia como lo fue la Revolución Industrial.

En 1881, en Nueva York, Thomas Alva Edison, construyó la que fue, la primera planta de potencia para generar energía eléctrica. Antes de esa fecha, si fallaba alguna lámpara, toda la ciudad se quedaba sin luz, como sucede con las series de luces de los arbolitos de Navidad.

La construcción de la primera planta eléctrica necesitó la invención del foco, logro que disputaron Thomas A. Edison y Joseph Wilson Swan.

Swan, en enero de 1865, con el uso de cartón y papel carbonizado logra la fabricación de una lámpara eléctrica basada en el principio de la incandescencia, la cual no tenía una duración deseable. Fue hasta 1880 cuando logra producir una lámpara eléctrica duradera por medio de carbones incandescentes.

Años después, antes de que se realizara el juicio por la primacía del invento, Swan y Edison se unieron y formaron la compañía Edison and Swan United Electric Company, Ltd. que más tarde se convertiría en la General Electric.

En la época de Edison se producía energía eléctrica para iluminar las ciudades con los primeros focos eléctricos; el problema fundamental que éstos presentaban era no disponer de un filamento duradero (véase la figura 1.1).

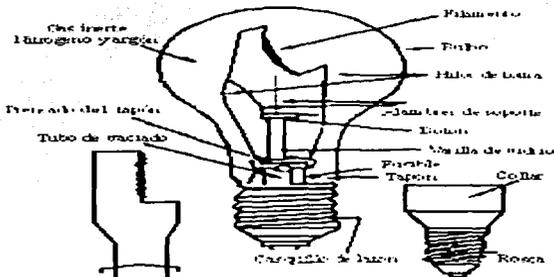


Figura 1.1 Diagrama de un foco en el que pueden apreciarse las partes que lo componen.

A través de los años el hombre ha perfeccionado la capacidad de hacer trabajos que requieran grandes esfuerzos físicos, para dejar a las máquinas las tareas pesadas y dedicarse a labores más creativas; sin embargo, como consecuencia ha aumentado el consumo de energía por habitante, el cual es más alto en los países desarrollados. Por otro lado, las máquinas han acortado el tiempo que se requería para desempeñar muchas actividades, por lo cual es fundamental producir energía utilizable a través de las diferentes fuentes.

1.2 BREVE RESEÑA DEL SECTOR ELÉCTRICO EN MÉXICO.

En 1960, se inicia la nacionalización de la industria eléctrica con la compra de las empresas que tenían a su cargo el suministro de la energía eléctrica. El gobierno adquirió en 52 millones de dólares, el 90% de las acciones de The Mexican Light and Power Co., y se comprometió a saldar los pasivos de esa empresa que ascendían a 78 millones de dólares. Por la suma de 70 millones de dólares obtuvo las acciones de la American and Foreign Power Co.



CAPÍTULO I. PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Con la compra de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza Motriz, la nación adquirió 19 plantas generadoras que servían al Distrito Federal y a los estados de Puebla, México, Michoacán, Morelos e Hidalgo; 16 plantas hidráulicas y 3 térmicas, cuya capacidad instalada ascendía a 667,400 Kilowatts (KW). 137 Km de línea de transmisión de doble circuito trifásico en el sistema de 220 Kilovolts (KV); 700 Km aproximadamente de líneas de transmisión y distribución de circuitos trifásicos en sistemas de 20 Kilovolts (KV); dos subestaciones transformadoras de Cerro Gordo, México y El salto Puebla, conectadas a la línea de 229 Kilovolts (KV) y con capacidad, en conjunto, de 400,000 Kilovolts-ampere (KVA); 38 subestaciones receptoras conectadas a la red de transmisión de 85 y 60 Kilovolts (KV), con capacidad de transformación de 1'000,000 Kilovolts-ampere (KVA); gran número de bancos de transformadores conectados a las redes de 44 y 20 Kilovolts (KV) en diversos puntos del sistema, con una capacidad de 230,000 Kilovolts-ampere (KVA); 4,500 Km. de líneas primarias de distribución de 6 Kilovolts (KV) (circuitos trifásicos); 11,000 transformadores de distribución con capacidad de 670,000 Kilovolts-ampere (KVA); y 6,800 Km., de líneas de baja tensión.

Así como también las plantas hidroeléctricas: Necaxa 115,000 Kilowatts (KW); Patla 45,600 KW; Tezcapa 5,367 KW; Lerma 79,945 KW; Villada 1,280 KW; Fernández Leal 1,280 KW; Tilián 680 KW; Juandó 3,600 KW; Cañada 1,215 KW; Alameda 8,800 KW; las Fuentes 264 KW; Temascaltepec 2,336 KW, Zictepec 384 KW; Zepayautla 664 KW y San Simón 1,770 KW. Y las plantas termoeléctricas: Nonoalco 92,500 KW; Tacubaya 30,900 KW; y Lechería 230,800 KW.

En 1963, se cambia la denominación social del organismo al de Compañía de Luz y Fuerza del Centro, S.A. donde su principal objetivo se plantea como sigue: *"Corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines"*.



Sin embargo, cabe resaltar la diferencia existente entre la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (CLyFC), donde la primera es la encargada de la generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica en México. Cuenta con una capacidad productiva aproximada de más de 31,600 MW. Para brindar un buen servicio se utiliza un sistema de monitoreo y control ubicado en el Centro Nacional de Control de la Energía (CENACE), donde se supervisa y controla en Tiempo Real gran parte del sistema de transmisión eléctrica nacional. La CFE ofrece el servicio de energía eléctrica en la mayor parte del país, con excepción del Distrito Federal y algunas poblaciones cercanas a éste, donde el servicio está a cargo de Luz y Fuerza del Centro.

Por otro lado, la CLyFC, es el organismo que atiende el servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica en la zona central del país. Para prestar este servicio es necesario contar con un sistema de supervisión en Tiempo Real a través del Centro de Operación y Control (COC), desde donde es posible monitorear las fallas remotas en las subestaciones de potencia de ésta institución.

1.3 TIPOS DE PLANTAS GENERADORAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

1.3.1 Plantas Hidroeléctricas.

La función de una planta o presa hidroeléctrica es utilizar la energía potencial del agua almacenada en un lago, a una posición más alta y convertirla, primero en energía mecánica y luego en eléctrica. La transformación no es directa, sino que aquélla se convierte primero en energía mecánica en el eje de la turbina hidráulica, la cual acciona un generador eléctrico que la transforma en energía eléctrica. Estas instalaciones incluyen, además de las máquinas mencionadas, tuberías, canales, presas y dispositivos de toma de agua y de restitución de ésta a su cauce de nuevo. Este proceso toma en consideración varios factores entre los cuales uno de los más importantes es la caída de agua (head). Este factor es decisivo al momento de escoger el tipo de turbina hidráulica que se instala en la planta.



En la turbina Pelton, (ver figura 1.2), el agua tiene una presión muy alta. La válvula de aguja, que se usa para controlar el flujo de agua, deja pasar un chorro de agua que choca con los álabes de la turbina transfiriéndole su energía y haciendo girar la turbina. Esta, a su vez, hace girar un generador que está acoplado al eje de la turbina para producir energía eléctrica.

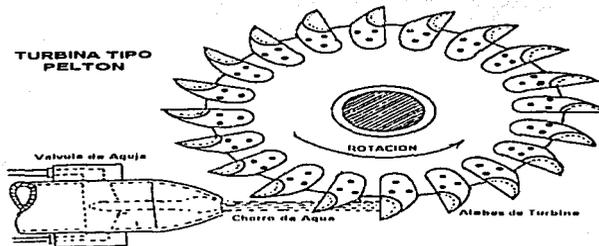


Figura 1.2. Diagrama de las partes de una TURBINA TIPO PELTON.

Una caída alta (entre 800 a 2000 pies) requiere una turbina para alta presión, de impulso o tipo Pelton. Si la caída es intermedia (entre 200 y 800 pies), entonces se escoge una turbina de reacción tipo Francis. Para caídas bajas (menores de 200 pies) se utiliza un tipo de turbina de reacción tipo Kaplan.

Las turbinas de reacción son de dos tipos: Francis y Kaplan. (Ver figura 1.3). En ellas ocurre un proceso similar a la turbina Pelton, excepto que la presión es más baja, la entrada a la turbina ocurre simultáneamente por múltiples compuertas de admisión dispuestas alrededor de la rueda de álabes y el trabajo se ejerce sobre todos los álabes simultáneamente para hacer girar la turbina y el generador.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

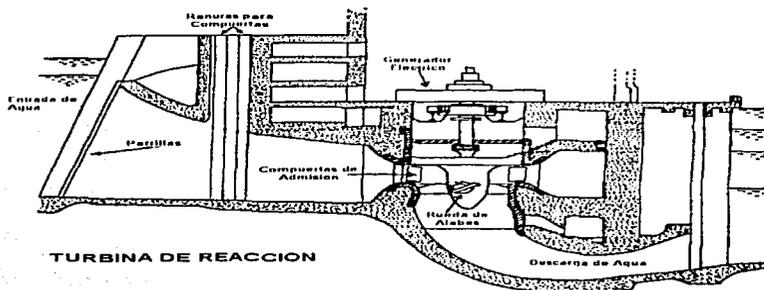


Figura 1.3 Diagrama que muestra las partes de las que consta una TURBINA DE REACCIÓN.

La energía eléctrica no se puede almacenar, debe ser consumida en el mismo instante en el que se produce, esto significa que se debe conocer en todo momento la cantidad en la que va a ser requerida, o al menos tener una previsión lo más aproximada posible, para estar en condiciones de generarla.

Las centrales hidroeléctricas presentan estas características jugando un papel muy importante en el conjunto de centrales de generación de energía eléctrica de cualquier país. Son instalaciones con una alta velocidad de respuesta ante los cambios de demanda, lo que quiere decir que en unos minutos pasan de estar paradas a dar la potencia nominal. Esto no ocurre con las centrales de combustible fósil o nuclear, que necesitan desde 6 - 8 horas hasta más de 18, dependiendo de las condiciones en las que se produzca el arranque de las mismas. Por todo esto, las centrales hidroeléctricas se convierten en instalaciones más adecuadas para satisfacer la demanda, así como cubrir las bajas imprevistas de otras centrales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



1.3.2 Centrales Termoeléctricas Clásicas.

Una central termoeléctrica clásica se compone de una caldera y de una turbina que mueve al generador eléctrico. En las centrales termoeléctricas se ocupa la energía mecánica necesaria para mover el rotor del generador y, obtener la energía eléctrica, a partir del vapor producido en una caldera. La caldera es el elemento fundamental y en ella se produce la combustión del carbón, combustible líquido o gas. El vapor generado tiene una gran presión, y se hace llegar a las turbinas para que en su expansión sea capaz de mover los álabes de las mismas.

El apelativo de "clásicas" o "convencionales" sirve para diferenciarlas de otros tipos de centrales termoeléctricas (nucleares y solares, por ejemplo), las cuales generan electricidad a partir de un ciclo termodinámico, pero mediante fuentes energéticas distintas de los combustibles fósiles empleados en la producción de energía eléctrica desde hace décadas y, sobre todo, con tecnologías diferentes y mucho más recientes que las de las centrales termoeléctricas clásicas.

Independientemente de cuál sea el combustible fósil que utilicen (combustible líquido, carbón o gas), el esquema de funcionamiento de todas las centrales termoeléctricas clásicas es prácticamente el mismo. Las únicas diferencias consisten en el distinto tratamiento previo que sufre el combustible antes de ser inyectado a la caldera y en el diseño de los quemadores de la misma, que varían según sea el tipo de combustible empleado.

Una central termoeléctrica clásica posee, dentro del propio recinto de la planta, sistemas de almacenamiento del combustible que utiliza (parque de carbón, depósitos de combustible líquido), para asegurar que se dispone permanentemente de una adecuada cantidad de éste. Si se trata de una central termoeléctrica de carbón (hulla, antracita, lignito,...) éste se tritura previamente en molinos pulverizadores hasta quedar convertido en un polvo muy fino para facilitar su combustión. De los molinos es enviado a la caldera de la central mediante chorro de aire precalentado.



Si es una central termoeléctrica de combustóleo, éste es precalentado para que fluya, siendo inyectado posteriormente en quemadores adecuados a este tipo de combustible.

Por otra parte, si se trata de una central termoeléctrica de gas, los quemadores están asimismo concebidos especialmente para quemar dicho combustible. Hay, por último, centrales termoeléctricas clásicas cuyo diseño les permite quemar indistintamente combustibles fósiles diferentes (carbón o gas, carbón o combustible líquido, etc.). Reciben el nombre de centrales termoeléctricas mixtas.

a) Centrales Termoeléctricas.

Una vez en la caldera, los quemadores provocan la combustión del carbón, combustóleo o gas, generando energía calorífica. Esta convierte a su vez, en vapor a alta temperatura el agua que circula por una extensa red formada por miles de tubos que tapizan las paredes de la caldera. Este vapor entra a gran presión en la turbina de la central, la cual consta de tres cuerpos -de alta, media y baja presión, respectivamente- unidos por una misma flecha.

En el primer cuerpo (alta presión) hay centenares de álabes o paletas de pequeño tamaño. El cuerpo de media presión posee asimismo centenares de álabes pero de mayor tamaño que los anteriores. El de baja presión, por último, tiene álabes aún más grandes que los precedentes. El objetivo de esta triple disposición es aprovechar al máximo la potencia del vapor, ya que éste va perdiendo presión progresivamente, por lo cual los álabes de la turbina se hacen de mayor tamaño cuando se pasa de un cuerpo a otro de la misma. Hay que advertir, por otro lado, que este vapor, antes de entrar en la turbina, ha de ser cuidadosamente deshumidificado. En caso contrario, las pequeñísimas gotas de agua en suspensión que transportaría serían lanzadas a gran velocidad contra los álabes, actuando como si fueran proyectiles y erosionando las paletas hasta dejarlas inservibles.

El vapor de agua a presión, por lo tanto, hace girar los álabes de la turbina generando energía mecánica. A su vez, el eje que une a los tres cuerpos de la turbina (de alta, media y baja presión) hace girar al mismo tiempo a un alternador unido a ella,



produciendo así energía eléctrica. Esta es vertida a la red de transporte a alta tensión mediante la acción de un transformador.

Por su parte, el vapor -debilitada ya su presión- es enviado a unos condensadores. Allí es enfriado y convertido de nuevo en agua, la cual es conducida otra vez a los tubos que tapizan las paredes de la caldera, con lo cual el ciclo productivo puede volver a iniciarse.

b) Centrales Carboeléctricas.

La carboeléctrica de Petatalco está ubicada en el municipio de La Unión, Guerrero, en la localidad de Petacalco, en la costa del océano pacífico a 15 km de Lázaro Cárdenas, Michoacán. La Central lleva el nombre del político y General revolucionario Plutarco Elías Calles, nativo de Guaymas, Sonora, quien fue dos veces Ministro de Guerra, Gobernador de Sonora y Presidente de la República de 1924 a 1928.

La Central se localiza a aproximadamente 7 km del puerto de descarga y a 5 km de los patios de almacenamiento de carbón, la capacidad de estos patios es de 1'920,000 toneladas de carbón.

El combustible está almacenado en los parques adyacentes de la central, desde donde, mediante cintas transportadoras, es conducido al molino para ser triturado. Una vez pulverizado, se inyecta, mezclado con aire caliente a presión, en la caldera para su combustión.

Dentro de la caldera se produce el vapor que acciona los álabes de los cuerpos de las turbinas de alta presión (30 Kg/cm²), media presión (10.5 Kg/cm²) y baja presión (3.5 Kg/cm²), haciendo girar el rotor de la turbina que se mueve solidariamente con el rotor del generador, donde se produce energía eléctrica, la cual es transportada mediante líneas de transporte a alta tensión a los centros de consumo.

Después de accionar las turbinas, el vapor pasa a la fase líquida en el condensador. El agua obtenida por la condensación del vapor se somete a diversas



CAPÍTULO I. PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

etapas de calentamiento y se inyecta de nuevo a la caldera en las condiciones de presión y temperatura más adecuadas para obtener el máximo rendimiento del ciclo.

El sistema de agua de circulación que refrigera en el condensador puede operarse en circuito cerrado, trasladando el calor extraído del condensador a la atmósfera mediante torres de enfriamiento, o descargando dicho calor directamente al mar o al río.

Para minimizar los efectos de la combustión de carbón sobre el ambiente, la central posee una chimenea de gran altura -las hay de más de 300 metros-, que dispersa los contaminantes en las capas altas de la atmósfera, y precipitadores que retienen buena parte de los mismos en el interior de la propia central.

Por otro lado, consta de un sistema encargado en lanzar potentes chorros de agua contra las vetas del mineral, lo que da lugar a barros de carbón, los cuales son evacuados fuera de la mina por medio de tuberías.

México cuenta con reservas carboníferas en la zona norte del país, razón por la que es en esta zona donde tuvieron un impulso inicial las centrales carboeléctricas. En Nava, Coah. operó una pequeña planta de 30 MW actualmente fuera de servicio, el desarrollo importante arrancó con la primera unidad de la Central Río Escondido de 300 MW en septiembre de 1982, cerca de Piedras Negras Coah. Actualmente la capacidad total instalada es 2,600 MW.

La Comisión Federal de Electricidad (CFE), ha construido en la bahía de Petacalco, Gro., una central termoeléctrica dual con capacidad de 2,100 MW compuesta de seis unidades de 350 MW cada una, la primera de ellas entró en operación comercial en octubre de 1993. Esta central puede operar indistintamente con combustóleo o con carbón, si bien la intención es que su operación normal sea a base de carbón importado suministrado por vía marítima.



A continuación, se mencionan dos métodos distintos, para la generación de energía eléctrica, dentro de las Centrales carboeléctricas.

1) Combustión de Lecho Fluidizado.

Permite un uso más eficiente y limpio del carbón en Centrales Térmicas. Consiste en efectuar la combustión del carbón en un lecho compuesto por partículas de este combustible, sus cenizas y un absorbente alcalino, generalmente caliza, que se mantiene suspendido por la acción de una corriente de aire ascendente. De esta forma, el conjunto tiene la apariencia de un líquido en ebullición. Con ello, se obtiene un mejor rendimiento en el proceso de combustión, al haber una mayor superficie de contacto entre el aire y las partículas reaccionantes. El aspecto más positivo es que se produce una fuerte reducción de las emisiones de gases a la atmósfera.

Hay dos tipos fundamentales de combustión en lecho fluido: la tecnología de lecho fluido atmosférico y la tecnología de lecho fluido a presión.

Por lo que se refiere a la tecnología de lecho fluido a presión, las emisiones de SO_2 y NO_x son también inferiores a las que se generan en una central convencional. Dadas las limitaciones fijadas por las leyes de la termodinámica, el rendimiento en las centrales térmicas no puede sufrir una mejora substancial. Actualmente, menos del 40% de la energía producida por combustión se transfiere finalmente como energía eléctrica. El resto se desperdicia principalmente como calor residual. Con la tecnología de lecho fluido a presión se pueden conseguir niveles de eficiencia superiores al 40%.

2) Gasificación.

En general, puede efectuarse de dos formas. La primera opción consiste en transformar el carbón en gas una vez que éste es extraído de la mina, para lo cual se inyecta en un reactor oxígeno junto con el carbón para generar un gas apto para ser quemado en una central. La segunda opción es una gasificación "in situ" o subterránea, es decir, inyectando oxígeno directamente en el yacimiento.



Esta última opción, una vez completamente desarrollada, permitirá el aprovechamiento de yacimientos que, por su especial configuración y profundidad, plantean graves problemas técnicos y económicos en la extracción del mineral.

c) Centrales de Ciclo combinado de gas y carbón.

Consiste básicamente en alimentar a una caldera de carbón pulverizado con los gases de descarga de una turbina de gas natural. Aparte de aprovechar la potencia generada por la turbina de gas, utilizamos los gases de escape de la turbina de gas para introducirlos en la caldera de carbón y así, mejorar el rendimiento del conjunto. Es posible su explotación con gas natural, con carbón o con el uso combinado de ambos combustibles.

La tecnología de gasificación de carbón está consiguiendo en los últimos años resultados muy positivos cuando se encuentra acoplada a un ciclo combinado, es decir, a sistemas que permiten el aprovechamiento de una turbina de vapor y una turbina de gas. Este sistema se conoce con el nombre de *Ciclo Combinado con Gasificación de Carbón Integrada (IGCC)*, que constituye una tecnología de combustión limpia de carbón con una elevada eficiencia energética.

Las ventajas con el uso del sistema IGCC, para el ambiente, en la generación de electricidad, consisten en la obtención de unas emisiones muy bajas de SO_2 y de partículas, lo que hace posible consumir carbones de alto contenido en azufre y baja calidad.



1.3.3 Centrales Geotérmicas.

El funcionamiento de una central geotérmica como la de Cerro Prieto, en Baja California Norte, utiliza un ciclo binario (pues emplea un ciclo para el vapor y otro para el agua), de esta forma:

Se explotan varios pozos geotérmicos, de los que se obtiene agua caliente y vapor, que llegan a un separador. Posteriormente, mediante un proceso de centrifugación se separan el vapor y el agua. El vapor de alta presión obtenido se envía a una turbina especialmente diseñada para trabajar con vapor geotérmico. Si se quiere generar la misma cantidad de electricidad las turbinas deben admitir un volumen mayor del que se requiere en una central convencional. La energía del vapor se transforma en energía cinética de rotación en la turbina, que gira a miles de revoluciones por minuto. La turbina se une a través de un eje, llamado rotor, a un generador capaz de producir energía eléctrica.

Una vez que se ha utilizado el vapor, éste pasa a un condensador, lo cual permite que la planta proporcione más potencia, en lugar de descargarlo a la atmósfera. Del condensador se extraen los gases que no se pueden condensar y se eliminan a la atmósfera: anhídrido carbónico y ácido sulfhídrico; el agua obtenida del condensador se bombea para su utilización posterior.

A continuación, el agua separada se conduce a otros separadores y evaporadores de baja presión, lo cual posibilita producir energía eléctrica adicional. El agua de los condensadores pasa a una torre de enfriamiento y el calor obtenido en ésta se aprovecha para que trabajen los evaporadores (véase la figura 1.4).

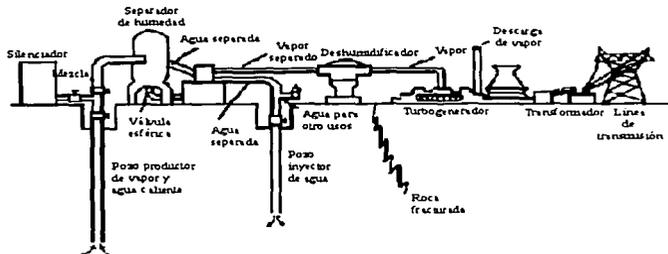


Figura 1.4. Diagrama de una central geotérmica.

Por otro lado, el agua de desecho se envía a una laguna, llamada de evaporación, aunque también se puede tratar para obtener sustancias como ácido bórico, gas carbónico, agua pesada, cloruro de calcio, bicarbonato, sulfato de amonio y cloruro de potasio (este último se produce en Cerro Prieto y se usa como fertilizante). También se puede usar en la pesca, dado que un depósito de agua caliente es adecuado para la crianza de peces. Sin embargo, en algunas centrales geotérmicas el agua se reinyecta para evitar la contaminación de algunos subproductos geotérmicos.

La temperatura promedio del agua o vapor geotérmicos está entre 150 y 340°C, aunque con temperaturas menores también puede aprovecharse la energía geotérmica. La profundidad a las que se encuentra un pozo geotérmico oscila entre 200 y 3 500 m. La eficiencia real de una planta geotérmica es de 11 a 13% y la duración promedio de un pozo geotérmico es de 10 años.

La primera central se instaló en 1959 por la entonces Comisión de Energía Geotérmica en la zona hidrotérmica de Pathe, Hidalgo, con una capacidad de 3,5 MW aunque debido a la insuficiencia de vapor la planta nunca operó a toda su capacidad durante sus 14 años de vida útil.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



El desarrollo de la explotación geotérmica realmente se inició con la puesta en operación de la primera unidad de Cerro Prieto en octubre de 1973 con una capacidad de 37.5 Megawatts (MW), actualmente la capacidad total instalada en el país es de 855 Megawatts (MW), 720 en Cerro Prieto, 88 en Los Azufres, Michoacán, y 47 en Los Humeros.

1.3.4 Centrales Nucleoeléctricas.

México cuenta con una sola central nucleoeléctrica (Laguna Verde) ubicada en el Estado de Veracruz, con una capacidad de 1 309 Megawatts (MW), compuesta de dos unidades de 654.5 Megawatts (MW) cada una, la primera de ellas entró en operación comercial en septiembre de 1990. (Ver figura No. 1.5).

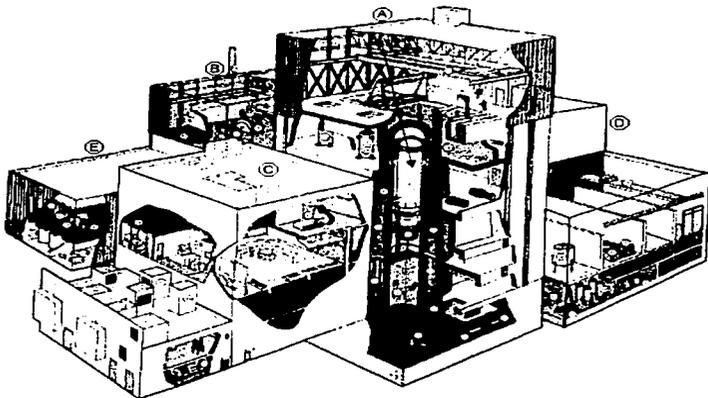


Figura 1.5. Diagrama esquemático de la planta nucleoeléctrica de Laguna Verde.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPÍTULO I. PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Una central nucleoelectrónica es una instalación industrial donde se logra transformar, mediante varios procesos, la energía contenida en los núcleos de los átomos, en energía eléctrica utilizable. Es similar a una central termoelectrónica convencional, la diferencia estriba en la forma de obtener el calor para la producción de vapor. Mientras que en una termoelectrónica el calor se obtiene quemando combustibles fósiles o extrayendo vapor natural del subsuelo, en una nucleoelectrónica el calor se obtiene a partir de la fisión nuclear en un reactor. La reacción de fisión se produce al partir los núcleos atómicos de algún elemento como el uranio 235 o el plutonio 239, mediante el bombardeo de los mismos con pequeñísimas partículas denominadas neutrones. La reacción de fisión de cada uno de estos núcleos, produce un gran desprendimiento de energía calorífica y electromagnética, la formación de dos nuevos núcleos de masa inferior a la del núcleo original, y la separación de dos o tres nuevos neutrones, que se aprovechan para fisurar a otros núcleos, continuando así el proceso en forma encadenada, es por eso que a este tipo de reacción se le denomina *reacción en cadena*. La energía eléctrica generada en esta planta, fluye a través de la subestación elevadora que se conecta a la red eléctrica nacional mediante dos líneas de transmisión de 230 Kv. a la subestación Veracruz II, así como con 3 líneas de transmisión de 400 Kv; dos a la subestación Puebla II y la tercera a la Subestación de Poza Rica II.

La nucleoelectrónica de Laguna Verde consta de dos unidades iguales de agua hirviente, (el agua hierve dentro del reactor), con una potencia térmica de 1 931 Megawatts (MW), y una potencia eléctrica nominal de 675 Megawatts (MW) cada una. Los reactores son marca General Electric, tipo Agua Hirviente (BWR-5), contención tipo Mark II de ciclo directo. Con la certificación del organismo regulador nuclear mexicano, la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardas (CNSNS), la Secretaría de Energía otorgó las licencias para operación comercial el 29 de julio de 1990 para la unidad 1, mientras que la unidad 2 entró en operación comercial el 10 de abril de 1995.



Estos reactores, (A), (ver figura 1.5), requieren detener periódicamente su funcionamiento para la recarga de combustible, maniobra que se hace con la manija abierta; a estos se les llama ciclos de combustible. Estos ciclos, son planeados de acuerdo a las necesidades de energía y a los períodos, que pueden ser constantes o variables, siendo necesario para esto, planear de antemano las recargas. Enseguida se muestra en la figura 1.6, un diagrama de dichos reactores y su descripción breve.

Partes que conforman cada reactor:

1. Boquilla de salida del vapor.
2. Secador de vapor
3. Separador de vapor
4. Llegada de agua de alimentación.
5. Líneas de agua de recirculación
6. Ensamblajes de combustible
7. Barras de control
8. Mecanismos de barras de control
9. Canales para instrumentación nuclear

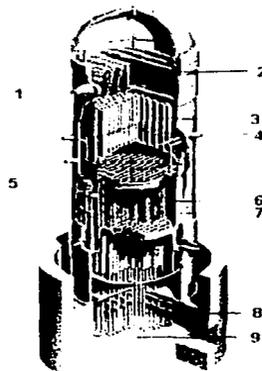


Figura 1.6. Esquema de un reactor nuclear.

Esencialmente un reactor nuclear, es un enorme recipiente dentro del cual se está efectuando una reacción de fisión en cadena de manera controlada; está colocado en el centro de un gran edificio de gruesas paredes de concreto, que protegen al personal que lo opera y al público de la radiactividad que pudiera generarse.



CAPÍTULO I. PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

El edificio (A) del reactor con dimensiones de 42 X 40 m de base y de 74 m de altura, se divide en dos secciones: *el contenedor primario y el contenedor secundario.*

El combustible nuclear más utilizado es el uranio y puede utilizarse de dos maneras: Natural, que contiene 0.7% de uranio 235 y 99.3% de uranio 238 el cual no se fisiona, colocándose en los reactores en forma metálica o de dióxido de uranio (UO_2). De manera artificial, se eleva la concentración del uranio 235 hasta un 3 ó 4% disminuyéndose la del 238 al 97%.

En forma de dióxido de uranio (UO_2) se fabrican pequeñas pastillas cilíndricas, normalmente de un poco más de un centímetro de diámetro y longitud, se introducen en varillas (tubos) herméticas de aleaciones especiales de zirconio. Existen otros materiales fisionables que pueden usarse como combustible: el plutonio 239 y el uranio 233 que se producen artificialmente a partir del uranio 238 y del torio 232, respectivamente.

En el reactor se tienen los elementos llamados barras de control, que se encargan de mantener la intensidad de la reacción en cadena que ocurre en su interior, dentro de los límites deseados y de conformidad con la cantidad de energía térmica que se quiera producir. Dichas barras contienen carburo de boro, el cual tiene la propiedad de capturar neutrones y debido a esto la función de control se establece. Si se desea disminuir la intensidad de la reacción nuclear que ocurre dentro del reactor, basta con insertar las barras de control entre los ensambles de combustible del núcleo, en la medida de la disminución deseada. Las barras se encargan de capturar gran parte de los neutrones libres, reduciéndose la cantidad de fisiones y por lo tanto la energía térmica producida por el reactor. En caso de querer subir la potencia del reactor (aumentar la intensidad de la reacción nuclear) sólo hay que extraer las barras de control, hasta lograr la potencia deseada.



El arreglo es de 62 de estas barras más 2 barras huecas por donde circula agua y conforman un ensamble de combustible. Las barras de control son de forma cruciformes, fabricadas con acero inoxidable, y contienen en su interior carburo de boro. Estas barras son operadas mediante mecanismos hidráulicos, y están situadas en la parte inferior de la vasija.

El calor obtenido es utilizado para calentar agua en el interior del reactor, produciéndose así el vapor que es utilizado para hacer girar una turbina, que no es más que un conjunto de discos provistos de *álabes* o *paletas*. Este movimiento será transmitido al generador, el cual producirá la electricidad (La energía eléctrica producida por la fisión de 1 Kg. de uranio 235, es de aproximadamente 18.7 millones de kilowatts-hora).

El *Contenedor primario (R)*, es una estructura cilíndrica-cónica constituida con paredes de concreto de 1.5 m de espesor. La parte interna de esta estructura está recubierta con una placa de acero de 6 mm de espesor. La contención primaria está dividida en dos partes: la parte superior llamada *pozo seco* (que contiene fundamentalmente la *vasija del reactor*, las tuberías de los sistemas de vapor principal, agua de alimentación de recirculación, además de los sistemas auxiliares, controles e instrumentación necesarios de acuerdo con el diseño) y la parte inferior, llamada *alberca de supresión de presión*, utilizada para aliviar excesos de presión en la vasija y tuberías del sistema de vapor principal.

La *vasija del reactor* es un recipiente cilíndrico de aproximadamente 20 m de longitud, diseñado y fabricado con acero de baja aleación, recubierto internamente con acero inoxidable. El *núcleo del reactor* es alojado en el interior de la vasija y es aquí donde tiene lugar la fisión nuclear del átomo que permitirá la producción del vapor nuclear el cual es enviado directamente al grupo del turbogenerador. Así, el núcleo del reactor está constituido por 444 ensambles de combustible y contiene cerca de 81 toneladas de uranio en 109 barras de control y agua utilizada como refrigerante y moderador.



CAPÍTULO I. PROCESO DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

El contenedor secundario está construido con paredes de concreto de 0.5 m de espesor y se divide en 8 niveles o pisos, estando en la cota 49.90 el piso superior o de recarga de combustible. En este nivel se encuentran las albercas de combustible nuevo y gastado, así como la cavidad del reactor. Los equipos necesarios para la introducción y extracción de los elementos de combustibles también están ubicados en este nivel. Cabe resaltar que la contención secundaria siempre es mantenida a una presión menor a la exterior, lo que impide en todo momento la salida de gases.

Por otra parte, la *Turbina* se encuentra en un edificio aparte, donde es operada. En este edificio se ubica el equipo del turbo-generador que tiene como función convertir la energía térmica del vapor de agua proveniente del reactor, en energía mecánica a través de la turbina. Esta energía es convertida posteriormente en energía eléctrica en el generador principal.

El edificio de *Tratamiento de Aguas (D)*, se encuentra ubicado en el área de la unidad 1 y es común para ambas unidades. En éste se alojan los sistemas necesarios para tratar químicamente el agua (que es extraída de pozos de agua dulce), con el fin de obtener agua de excelente calidad sin minerales ni elementos extraños. Este líquido es enviado a los sistemas de agua de alimentación del reactor y agua de enfriamiento nuclear, entre otros sistemas.

En cuanto al taller mecánico, es un local que tiene en su interior máquinas y herramientas para dar mantenimiento a equipos electromecánicos, principalmente bombas y electroválvulas durante la operación de la central.



El edificio de *Tratamiento de Residuos Radioactivos* (E), es común para ambas unidades y se encuentra al oeste del edificio del reactor de la unidad 1. Su función principal es el tratamiento de los residuos que se producen al realizar actividades en los diferentes edificios y en el proceso de los sistemas de la central.

El *Edificio de Control* (C), consta de 5 niveles o pisos, siendo el más relevante el de 25.10 m., ya que en él se ubica el cuarto de control. Es aquí donde por medio de consolas y tableros de control se reciben las señales. Personal altamente capacitado vigila y opera el funcionamiento de los sistemas que intervienen en su operación. Adicionalmente, se cuenta con un sistema computarizado, parte del Sistema Integral de Información de Proceso (SIIP), que sirve de apoyo a los operadores para obtener información exacta y oportuna del funcionamiento de los elementos de los sistemas que intervienen en el proceso operativo de cada unidad generadora.

Su trabajo se complementa en el edificio de purificación en la unidad 2, el cual se comunica a través de un túnel que permite la transferencia de los residuos de la unidad 2 a la unidad 1. Estos residuos se mezclan con asfalto, se compactan y se almacenan en bidones de 200 litros para posteriormente enviarlos al edificio de desechos de bajo y medio nivel.

En cuanto a la seguridad en la operación de la Central, se ha demostrado en más de 400 unidades nucleoelectricas que actualmente operan en el mundo, que el riesgo es inferior al de cualquier planta industrial que utilice calor para trabajar, ya que desde el diseño, construcción y durante la operación de una nucleoelectrica, lo más importante es garantizar altamente la seguridad del personal, así como la seguridad física de las instalaciones. La Central Nucleoelectrica Laguna Verde cumple con las más estrictas normas internacionales de seguridad y su operación es certificada y supervisada directamente por los organismos reguladores nacionales e internacionales, para la aplicación de la energía nuclear.



1.3.5 Centrales Eoloeléctricas.

Las condiciones atmosféricas de varias zonas de la República Mexicana (sobre todo en el altiplano y en las dos penínsulas, Baja California y Yucatán) permiten que la energía eólica sea considerada una importante fuente de energía limpia y alternativa a las convencionales. El potencial eólico total en la República se estima en 2,000 Megawatts.

En 1994 se inició la operación de un proyecto eoloeléctrico con una capacidad de 1.57 Megawatts, localizado en el municipio de La Venta en Oaxaca (zona de La Ventosa); posteriormente, otra central eoloeléctrica inició su operación en Baja California Sur, con una capacidad de 0.9 Megawatts.

El principio del funcionamiento de una central eoloeléctrica consiste en la disposición estratégica, respecto a la dirección de los vientos reinantes de una zona, de una serie de gigantescos "rehiletos" que funcionan de modo semejante a los molinos de viento, los cuales, empleando enormes aspas giratorias, aprovechan la fuerza de los vientos para hacerlas girar. De esta forma, alimentan energía mecánica a un rotor conectado a un generador que la transforma en energía eléctrica. Cabe mencionar que los álabes pueden llegar a medir hasta dieciocho metros de longitud, lo cual da una idea del tamaño de la estructura completa.



CAPÍTULO II. LA IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

2.1 APORTACIÓN DEL SECTOR ELÉCTRICO AL PRODUCTO INTERNO BRUTO (PIB).

Actualmente el sector energético participa con 3.3% del Producto Interno Bruto (PIB) nacional y genera energía eléctrica por medio de tecnologías avanzadas. Desde las hidroeléctricas hasta las termoeléctricas y plantas de energía solar, eólica y nuclear. Así mismo, atiende casi 15 millones de usuarios que representan 95% de la población.

La importancia del aprovechamiento de la energía tiene un efecto inmediato en los recursos naturales, pues reduce el consumo de combustibles fósiles al propiciar la conservación y renovación del medio ambiente. Por otro lado, se buscan alternativas eficientes de generación de energía, que permitan la cogeneración que puede aplicarse en empresas que requieren simultáneamente tanto de energía térmica como eléctrica.

La cogeneración es un sistema que a partir de una misma fuente de energía primaria es capaz de crear energías eléctrica y térmica para los procesos productivos que la necesiten.

Desde la nacionalización del sector energético en México, la Comisión Federal de electricidad (CFE) y la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (LyFC) son las entidades que generan, transmiten, distribuyen y comercializan la energía eléctrica. Sin embargo, las prioridades del crecimiento económico, así como el desarrollo de los sectores productivos, ha incrementado la demanda de este sector, mientras el Estado ha sido capaz de proveer de manera inmediata los recursos para satisfacer dicha demanda o capacidad adicional del sector.

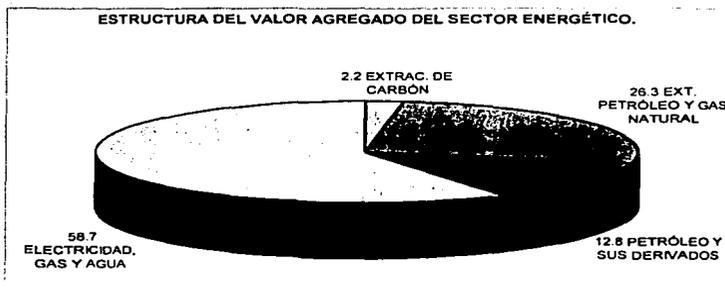
Por otra parte, cabe mencionar, que el rubro del sector energético del país que comprende, electricidad, gas y agua, representaban, hasta el año 2000 (cifras del INEGI), el 55% de la producción bruta de todo el sector; dicho de otra manera, el equivalente a un 1.4 % del valor agregado bruto nacional y un 5.1% del valor agregado bruto industrial. De tal forma, que el sector eléctrico representa un 1.5% de la producción bruta de la actividad



CAPÍTULO II. LA IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

económica nacional⁽³⁾, (véase gráfica 2.1); considerando así, el 18% de la inversión pública federal que se destina cada año a la industria eléctrica, lo que representan 112 000 millones de pesos (a precios constantes), hasta ese mismo año.

Gráfica 2.1 Valor agregado del sector energético por rama de actividad.



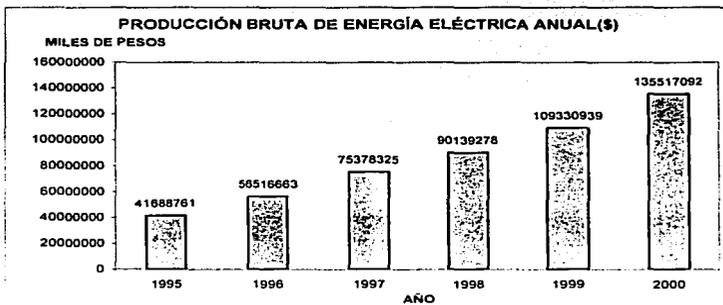
REFERENCIA: Datos INEGI, censo del año 2000.

(3) Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Agenda 2000 de la Industria Eléctrica en México.



Al hacer un análisis de las cifras obtenidas (en miles de pesos), de la producción bruta del Sector Energético por rama de actividad, el rubro que comprende electricidad, gas y agua, (a precios corrientes), a partir del año de 1995 hasta el año 2000, éste presenta un orden creciente en cantidad cada año; es decir, de un 51% de la producción bruta en todo el sector energético, (extracción de petróleo, crudo y gas natural, extracción y beneficio de carbón y grafito, el petróleo y sus derivados, y electricidad, gas y agua), que se tiene registrado en el año de 1995, se ha dado un incremento de hasta un 55% de participación de la producción bruta hasta el año 2000. (Ver gráficas 2.2 y 2.3).

Gráfica 2.2 Producción Bruta del Sector Eléctrico en valores básicos, (miles de pesos).

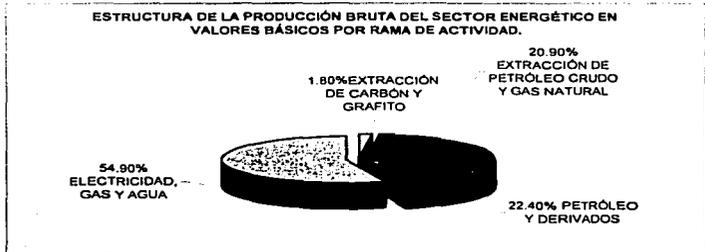


REFERENCIA: Registros del INEGI (años 1995-2000), en precios corrientes.



CAPÍTULO II. LA IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

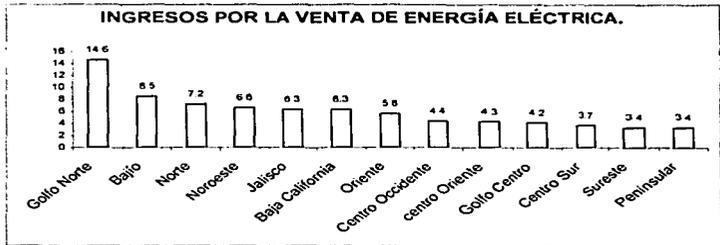
Gráfica 2.3 Estructura de la producción bruta del sector energético en valores básicos por rama de actividad.



REFERENCIA: Registros del año 2000, proporcionados por el INEGI.

Asimismo, los ingresos nacionales, generados por la venta de energía eléctrica, (reportados en el año 2000 por el INEGI), registran una aportación porcentual considerable por parte de la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (CLYFC), con un 21.5% hasta el año 2000, siguiendo la de la división del Golfo Norte con un 14.6% de la venta de energía eléctrica total.

Gráfica 2.4 Ingresos por la venta de energía eléctrica por división.



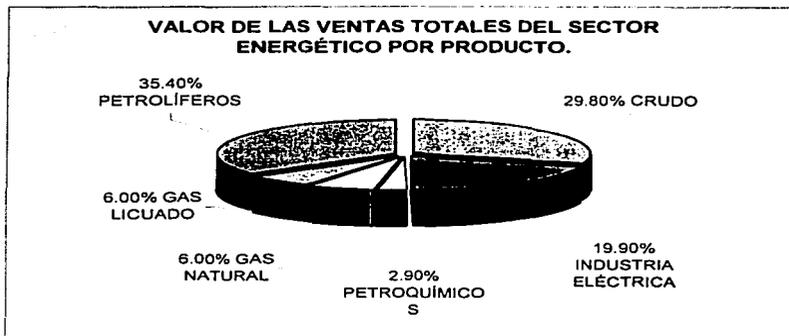
REFERENCIA: Datos del INEGI del año 2000.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



De esta manera, vemos que el valor de las ventas totales de la Industria Eléctrica, hasta el año 2000, correspondían a un 19.9% del valor de las ventas totales del Sector Energético por tipo de producto, (como lo muestra la gráfica 2.5), lo cual nos da la idea, de ser el sector eléctrico, vital para el desarrollo económico del país.

Gráfica 2.5 Estructura del valor de las ventas totales del Sector Energético por producto.



REFERENCIA: Datos registrados del año 2000 por el INEGI.

Con todo lo anterior, queda asentada la importancia que tiene la Industria Eléctrica en la economía de México, al generar más de la mitad de la producción bruta de todo el sector energético, que a su vez, contribuye en un 3.3% del Producto Interno Bruto.



2.2 IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLES PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.

El uso de combustibles, ha sido indispensable para la generación de energía eléctrica en Centrales generadoras de electricidad. Entre los combustibles más comunes, en el uso en dichas centrales, están el combustóleo, el diesel, el gas natural, y el dióxido de Uranio.

A su vez, hay centrales que generan mayor cantidad de energía eléctrica, por ser las más usuales debido a su "relativamente" fácil funcionamiento y arranque, y por lo mismo, las más comunes y mayores en cantidad también. Así, las Hidroeléctricas y Termoeléctricas, de éstas últimas destacando las: carboeléctricas, vapor, combustión interna, turbogas y duales; se encuentra que en ellas se usan combustibles como: el diesel y el combustóleo. El gas natural se usa en las termoeléctricas de vapor y ciclo combinado, así como el carbón en las centrales Carboeléctricas y, finalmente, el Dióxido de Uranio en las Nucleoeléctricas, (siendo éstas últimas las menos comunes; México sólo cuenta con una, la de Laguna Verde en Veracruz).

Este consumo es de gran importancia para la economía de México, pues además de ser fuente generadora de energía y de ingresos nacionales, también ayuda al crecimiento de otras industrias como lo son la industria extractiva y la petroquímica. Es por todo esto, que la generación de energía eléctrica ayuda a fortalecer otras industrias, y asimismo, como ya mencionamos anteriormente, a la economía del país.



En la tabla 2.1 se muestra el consumo de combustibles durante el año 2000 en la Industria Eléctrica, según el tipo de generación de energía eléctrica y tipo de combustible.

Tabla 2.1. Indicador del consumo de combustibles en la industria eléctrica según tipo de generación y combustible.

<i>TIPO DE GENERACIÓN Y COMBUSTIBLE.</i>	<i>CIFRAS REGISTRADAS POR EL INEGI EN EL AÑO 2000.</i>
VAPOR	
Combustóleo a/	19 564
Diesel a/	46
Gas b/	4 113
COMBUSTIÓN INTERNA	
Combustóleo a/	50
Diesel a/	59
TURBOGAS	
Gas b/	1 441
Diesel a/	513
Combustóleo a/	0
CICLO COMBINADO	
Combustóleo a/	120
Gas b/	3 958
Diesel a/	0
CARBOELÉCTRICA	
Carbón c/	9 566
Diesel a/	38



CAPÍTULO II. LA IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

TIPO DE GENERACIÓN Y COMBUSTIBLE.	CIFRAS REGISTRADAS POR EL INEGI EN EL AÑO 2000.
NUCLÉOELÉCTRICA	
Dióxido de Uranio d/	11 939
DUAL	
Combustóleo a/	3 162

REFERENCIA: Datos INEGI, Agenda 2000 de la Industria Eléctrica en México.

Nota:

a/ Miles de metros cúbicos.

b/ Millones de metros cúbicos.

c/ Miles de toneladas.

d/ Megawatts-día por tonelada corta (Mwd/st)⁽⁴⁾.

2.3 PERSONAL OCUPADO EN EL SECTOR ELÉCTRICO.

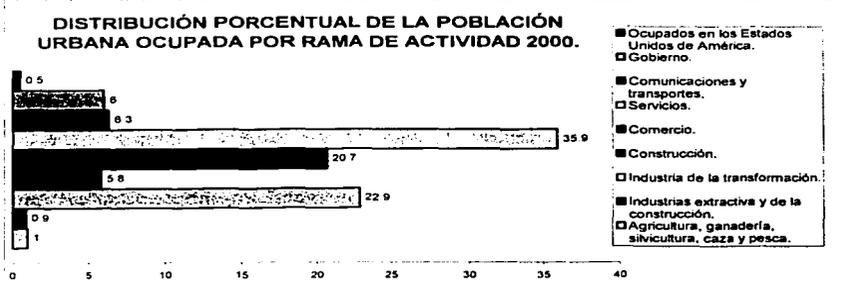
El Instituto Nacional de Geografía e Informática (INEGI), reportó en el año 2000, cifras concernientes al personal ocupado remunerado, de acuerdo a la división de actividad económica existente en el país; dicho de otra manera, clasifica al personal ocupado de acuerdo con su perspectiva laboral, tales como: comerciantes, agricultores, de la industria de la construcción, industria manufacturera, del transporte, etc. A continuación, se muestra el tipo de actividad económica del país y el personal ocupado en cada una de ellas.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

(4) FUENTE: CFE. Informe de Operación (varios años).



Gráfica 2.6 Distribución porcentual de la Población Urbana ocupada según cada rama de actividad.



NOTA: Las cifras corresponden a 45 áreas urbanas. INEGI, Estadísticas Económicas. Indicadores de Empleo y desempleo, abril 2001.

Según cifras reportadas por el INEGI, el sector Industrial y el Sector Energético, contribuyen en gran medida en la generación de empleos de todo tipo de actividad, las cuales ayudan al fortalecimiento de la economía nacional. Los datos registrados del año 1995 al 2000, nos dan una visión amplia de cómo se ha variado la tasa de empleos a lo largo de cinco años. Hay una notoria tendencia numérica creciente de personal ocupado, por parte de los dos sectores; sin embargo, debemos tomar en cuenta, que la demanda de empleos en el transcurso de los años, también va en crecimiento; tal es el caso de los Ingenieros Químicos en México, pues en un periodo de 30 años, se ha pasado de existir 2.2 Ingenieros Químicos por cada 100 000 habitantes en el país, hasta 3.9 por cada 100 000 habitantes, (casi el doble), cantidad registrada hasta el año 2000⁽⁵⁾.

(5) Rugarcía, Armando. Educación Química. *Los retos en la formación de ingenieros químicos* Revista de la Facultad de Química. Vol. 11[3], julio-septiembre 2000, p. 319-329

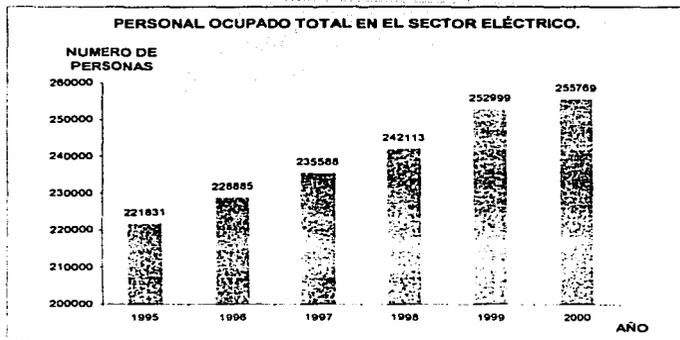




Esto pone de manifiesto, la importancia del problema de la generación de empleos, pues resulta preocupante que haya gran cantidad de personal desocupado en el país. No obstante, sabemos que la Industria Eléctrica es una fuente muy importante, generadora de empleos, pues se encuentra constantemente en operación y tecnológicamente transformándose.

Así, la evolución del personal ocupado total, del sector industrial y del sector energético, ha tenido sus variaciones considerables; por ejemplo, para el año 1995, el personal ocupado en el sector industrial, tuvo una baja bastante considerable, la cual, para el siguiente año (1996), se recuperó hasta un 15% y ha ido con una tendencia porcentual creciente. (Ver gráfica 2.7). De igual manera, el sector energético, para el año 1992, reportó una tendencia decreciente significativa, y fue hasta el año 1995 cuando comenzó su tendencia creciente.

Gráfica 2.7 Personal Ocupado Total, del Sector Eléctrico.



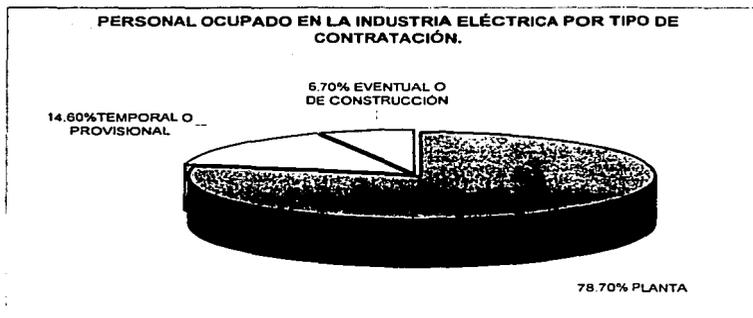
REFERENCIA: INEGI 1995-2000. Agenda 2000 de la Industria Eléctrica en México.



CAPÍTULO II. LA IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

Dentro del sector Energético, la Industria Eléctrica es una parte muy importante, pues debido a la cantidad de personal ocupado que tiene, ayuda a generar ingresos en los centros familiares. Haciendo un análisis a partir del año 1995 al 2000, según las cifras reportadas por el INEGI, de un total de 102 600 plazas en el año 1995, se crearon cerca de 8 000 plazas hasta el año 2000, en promedio dentro de la industria eléctrica. Si consideramos el tipo de contratación, de esos 8 000 empleos, casi 1 000 son del tipo planta; 5 000 son del tipo temporal o provisional, y cerca de 2 000 son eventuales o de construcción. (Ver gráfica 2.8). Esto nos proporciona información para saber en la situación en que nos encontramos, pues, como podemos apreciar, estos empleos son variables y raramente se pueden considerar permanentes, de hecho, la generación de plazas en la industria eléctrica, está muy restringida.

Gráfica 2.8 Estructura del Personal Ocupado en la Industria Eléctrica por tipo de Contratación.



INEGI año 2000. Presidencia de la república, primer Informe de Gobierno, 1º de septiembre de 2001.



En el año de 1998, se contaba con una planta de alrededor de 107 500 empleados en la Industria Eléctrica, de los cuales, el 73% del personal ocupado era de rama de actividad de obreros, en donde, el 14% era personal femenino y el 86% personal masculino. En la rama de empleados, se encontraba el 23% del personal ocupado total en la Industria Eléctrica, siendo el 19% personal femenino, y el 81% personal masculino. Considerando a Directivos y funcionarios, éstos ocupaban el 4% del personal ocupado total, en donde, el 6% del personal ocupado era del sexo femenino, y el 94% del sexo masculino, todas estas cifras en el año de 1998.⁽⁶⁾ De tal forma que podemos ver, que las plazas de empleo en el sector eléctrico, son muy variadas, y sobrepasa la cantidad de plazas para la rama de actividad de obreros.

2.4 GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR TIPO DE SERVICIO Y TIPO DE PLANTA.

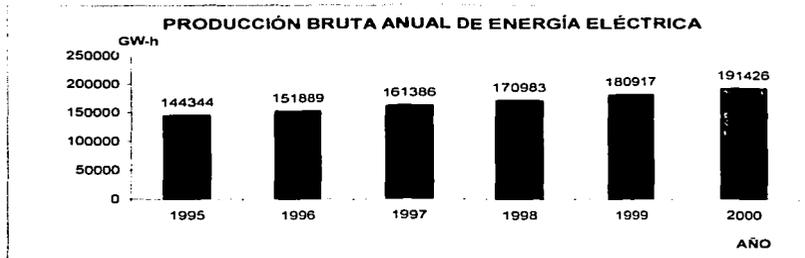
Nuestro país destina actualmente un 18% de la inversión pública federal al sector eléctrico, razón por la cual, se puede tener una idea de la importancia del servicio que este sector presta al sector productivo, más aún, si se toma en cuenta que la energía eléctrica es un servicio que a su vez hace posible la producción de otros bienes y servicios, como son: vivienda, salud, educación, bienes de consumo, etc. La industria eléctrica aporta el 1.5% de la producción bruta de la actividad nacional.

No obstante que el volumen de ventas de energía eléctrica, desde 1995 al año 2000, ha crecido alrededor de 50 000 Gigawatts-hora, este crecimiento no será suficiente para cubrir la demanda de energía del país en un futuro próximo. El problema tiene su origen en que, desde hace varios años, ha habido una carencia de inversión en infraestructura para el sector y esto es hoy el centro de un debate político de suma importancia para el país. A continuación se muestra en la gráfica 2.9, el volumen de producción en Gigawatts-hora del sector, desde el año 1995 al 2000, para el total de las entidades federativas.

(6) *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), Censos económicos 1999, XV Censo Industrial; Industria Eléctrica. México, 2001.*



Gráfica 2.9 Producción bruta anual de energía eléctrica en México.



REFERENCIA: INEGI, CFE Estadísticas.

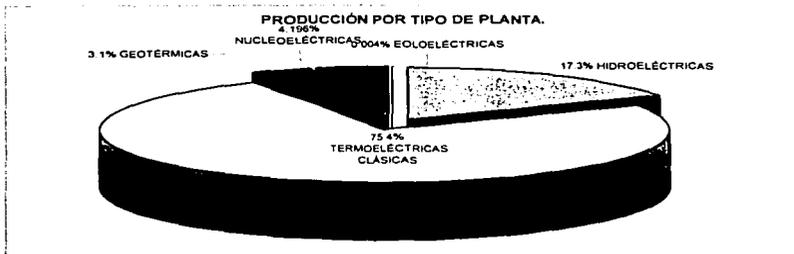
Respecto a la generación de electricidad por tipo de planta, en el año 2000, se registraron los porcentajes mostrados en la gráfica 2.10, en la que se aprecia claramente que tres cuartas partes de la electricidad de todo el país se origina en las plantas termoeléctricas clásicas. Este dato será relevante para el desarrollo subsiguiente de esta tesis, pues como se verá más adelante, el ingeniero químico puede desarrollar un amplio conjunto de actividades precisamente dentro de los procesos y operaciones que se llevan a cabo en una central termoeléctrica.

Finalmente, en la gráfica 2.11, están representados los porcentajes de consumo de energía eléctrica -expresados en Gigawatts-hora- (año 2000), respecto al tipo de usuario (destino final de la energía), que muestra que los destinatarios principales de la electricidad que se produce en el país son los consumidores domésticos y los consumidores por tarifa horaria, que en términos generales agrupan a los sectores productivos (industrial y de servicios) del país.



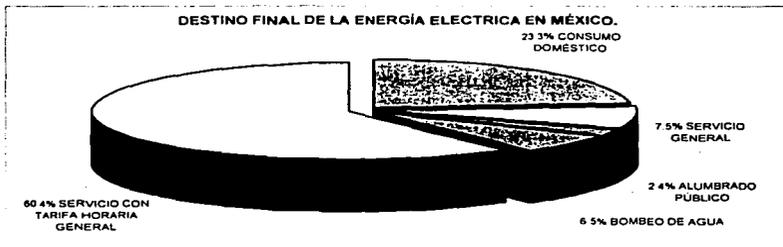
CAPÍTULO II. LA IMPORTANCIA DE LA INDUSTRIA ELÉCTRICA EN MÉXICO.

Gráfica 2.10 Producción de energía eléctrica por tipo de planta.



REFERENCIA: INEGI, Estadísticas CFE.

Gráfica 2.11 Porcentajes de consumo de energía eléctrica según tipo de usuario.



REFERENCIA: INEGI, CFE Estadísticas.



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

3.1 TRATAMIENTO DE AGUAS PARA ALIMENTACIÓN A GENERADORES DE VAPOR EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS.

3.1.1 Calidad de agua de pozos.

Como antes se expuso, el proceso de obtención de energía eléctrica en una central termoeléctrica comprende la utilización de la energía del vapor, cuya presión se emplea para dar movimiento a las turbinas generadoras.

El hecho de que se requiera vapor como fuente de energía motriz, lleva implícita la necesidad de abastecer agua al sistema de generación del vapor con ciertas características fisicoquímicas. El propósito de esta medida es minimizar el deterioro del equipo (calderas, torres de enfriamiento), lo que se traduce en un ahorro de combustible, que, como puede suponerse, representa a su vez, una reducción en los costos, así como la disminución de emisiones a la atmósfera.

Resulta claro, por otra parte, que este problema es exclusivo de las centrales eléctricas que emplean vapor (termoeléctricas), independientemente del tipo de combustible que quemen. En una central hidroeléctrica no es necesario dar tratamiento al agua que moverá las turbinas, excepto quizá, cuando el agua proveniente de la presa contenga un exceso de materiales sólidos que puedan dañar la estructura de las turbinas. En tales casos, sin embargo, basta con colocar un sistema de retención de sólidos (una criba o rejilla, por ejemplo) para eliminar el problema.

Cuando han de usarse calderas (no importa el proceso industrial de que se trate), el fenómeno de incrustación en los equipos que entran en contacto con el agua, es un factor de consideración, cuya importancia está en función de la calidad del agua que se suministra al sistema.



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Así, dada la fuente de suministro, habrá que implementar un sistema de tratamiento acorde con las características biológicas, físicas y químicas del agua.

En las tablas 3.1 y 3.2, se muestran algunos rangos referentes a características físicas y de composición química, que se encuentran comúnmente en las aguas provenientes de pozos (que son la principal fuente de abastecimiento a las plantas termoelectricas) en nuestro país. Los niveles de dichas sustancias variarán, como es de esperarse, dependiendo de la zona geográfica donde estén situadas las fuentes, y están relacionados con la composición química de los suelos.

Tabla 3.1 Características físicas del agua proveniente de pozos.

CARACTERÍSTICA	RANGO PERMISIBLE ⁽⁷⁾
Color	Hasta 20 unidades de color verdadero en la escala de platino-cobalto.
Olor y sabor (Propiedades Organolépticas)	Agradable (se aceptarán aquellos que sean tolerables para la mayoría de los consumidores, siempre que no sean resultado de condiciones objetables desde el punto de vista biológico o químico).
Turbiedad	0-5 unidades de turbiedad nefelométricas (UTN) o su equivalente en otro método.

(7) Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1996



Tabla 3.2 Composición química del agua de pozo.

SUSTANCIA	LÍMITE PERMISIBLE (mg/L)
Aluminio	0,20
Arsénico	0,05
Bario	0,70
Cadmio	0,005
Cianuros (como CN-)	0,07
Cloro residual libre	0,2-1,50
Cloruros (como Cl-)	250,00
Cobre	2,00
Cromo total	0,05
Dureza total (como CaCO ₃)	500,00
Fenoles o compuestos fenólicos	0,3
Fierro	0,30
Fluoruros (como F-)	1,50
Benceno	10,00
Etilbenceno	300,00
Tolueno	700,00
Xileno (tres isómeros)	500,00
Manganeso	0,15
Mercurio	0,001

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN
LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Tabla 3.2 (continuación) Composición química del agua de pozo.

SUSTANCIA	LÍMITE PERMISIBLE (mg/L) ⁽⁸⁾
Nitratos (como N)	10,00
Nitritos (como N)	1,00
Nitrógeno amoniacal (como N)	0,50
pH (potencial de hidrógeno) en unidades de pH	6,5-8,5
Aldrín y dieldrín (separados o combinados)	0,03
Clordano (total de isómeros)	0,20
DDT (total de isómeros)	1,00
Gamma-HCH (lindano)	2,00
Hexaclorobenceno	1,00
Heptacloro y epóxido de heptacloro	0,03
Metoxicloro	20,00
2,4 - D	30,00
Plomo	0,01
Sodio	200,00
Sólidos disueltos totales	1000,00
Sulfatos (como SO ₄ =)	400,00
Sust. activas al azul de metileno	0,50
Trihalometanos totales	0,20
Yodo residual libre	0,2-0,5
Zinc	5,00

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

(8) Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1996



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Algunos de los procedimientos indicados para tratar aguas que contengan sustancias en niveles por encima de los límites permisibles, son:

a) Contaminación microbiológica.

- Bacterias, helmintos, protozoarios y virus. Deben desinfectarse con cloro, compuestos de cloro, yodo, ozono, luz ultravioleta; plata iónica o coloidal; coagulación-sedimentación-filtración; filtración en múltiples etapas.

b) Características físicas y organolépticas.

- Color, olor, sabor y turbiedad.- Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración-adsorción en carbón activado.

c) Constituyentes químicos.⁽⁹⁾

- Arsénico. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.
- Aluminio, bario, cadmio, cianuros, cobre, cromo total y plomo. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; intercambio iónico u ósmosis inversa.
- Cloruros. Intercambio iónico, ósmosis inversa o evaporación.
- Dureza. Ablandamiento químico o intercambio iónico.
- Fenoles o compuestos fenólicos. Oxidación-coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado u oxidación con ozono.
- Hierro y/o manganeso. Oxidación-filtración, intercambio iónico u ósmosis inversa.
- Fluoruros. Alúmina activada, carbón de hueso u ósmosis inversa.
- Hidrocarburos aromáticos. Oxidación-filtración o adsorción en carbón activado.
- Mercurio. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración; adsorción en carbón activado granular u ósmosis inversa cuando la fuente de abastecimiento contenga hasta 10 microgramos/l. Adsorción en carbón activado en polvo cuando la fuente de abastecimiento contenga más de 10 microgramos/l.

(9) Norma Oficial Mexicana NOM-112-SSA-1996



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

- Nitratos y nitritos. Intercambio iónico o coagulación-floculación-sedimentación-filtración.
- Nitrógeno amoniacal. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración, desgasificación o desorción en columna.
- pH (potencial de hidrógeno). Neutralización.
- Plaguicidas. Adsorción en carbón activado granular.
- Sodio. Intercambio iónico.
- Sólidos disueltos totales. Coagulación-floculación-sedimentación-filtración y/o intercambio iónico.
- Sulfatos. Intercambio iónico u ósmosis inversa.
- Sustancias activas al azul de metileno. Adsorción en carbón activado.
- Trihalometanos. Oxidación con aireación u ozono y adsorción en carbón activado granular.
- Zinc. Evaporación o intercambio iónico.
- Sílice (SiO_2). Desmineralización, ósmosis inversa, ultrafiltración.

En los posteriores puntos, se describen los tipos más comunes de tratamiento de agua para alimentación a generadores de vapor, que en términos generales tienen como objetivo, eliminar sales (carbonatos principalmente), y otras sustancias que originan ensuciamiento en los equipos.



3.1.2 Desmineralización.

A) Eliminación de Calcio y Magnesio y SiO₂.

El agua de pozos, de donde se extrae el agua para la generación de energía eléctrica, en las centrales termoeléctricas, algunas de las veces contiene una cantidad superior a la demandada por las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), de minerales que puedan ocasionar corrosión e incrustaciones en los equipos, como lo son los generadores, turbinas, que se involucran en el proceso de dichas plantas. Por ello, se requiere una serie de procesos, o métodos para la eliminación de esos excesos y cumplir con los límites permisibles.

La *decarbonatación con cal*, es el proceso más ampliamente utilizado. El objetivo de este método, es el de eliminar la dureza por bicarbonatos, debido a la presencia de calcio y magnesio, es decir, a la presencia en agua de hidrógenocarbonatos y carbonatos de Calcio y Magnesio. El proceso consiste en la adición de hidróxido de calcio hidratado al agua. Las reacciones químicas de base son las siguientes:



Por otra parte, el carbonato de magnesio es relativamente soluble (70 mg/L), por lo que generalmente se agrega un exceso de cal para generar la siguiente reacción química:



La reacción de la cal en un agua no tratada anteriormente, es muy lenta (varias horas), debido a la ausencia de núcleos de cristalización. Lo que pasa generalmente en el agua de pozos, que contiene mayor cantidad de minerales. Por otro lado, la presencia de

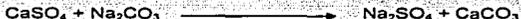


CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

coloides orgánicos es susceptible de impedir la cristalización por lo que es muy común agregar a las aguas no tratadas, reactivos coagulantes para hacer co-precipitar los coloides.

También debe hacerse notar que las velocidades de decantación del CaCO_3 y del Mg(OH)_2 son muy diferentes. Cuando el CaCO_3 está solo, tiene tendencia a formar conglomerados densos de cristales, los cuales decantan rápidamente, mientras que el Mg(OH)_2 , si está solo, forma flóculos muy ligeros. Cuando ambas especies están presentes, con una proporción mayor de Mg(OH)_2 , este último presenta un efecto coagulante, aunque su velocidad de decantación aún sea mucho menor, que cuando el CaCO_3 se encuentra solo.

La *precipitación con carbonato de calcio*, tiene por objetivo eliminar la dureza que no es debida a los carbonatos, (dureza permanente). Para realizar lo anterior, se utiliza el carbonato de sodio, Na_2CO_3 , en frío. Las reacciones que se ven, son las siguientes:



Asimismo, la *precipitación con sosa cáustica*, es el tipo de tratamiento que permite eliminar los dos tipos de dureza, (temporal y permanente). La reacción de base es la que se efectúa entre la sosa y los hidrogenocarbonatos (bicarbonatos) de sodio:



B) Eliminación de Hierro y Manganeseo.

Los iones ferroso y manganoso, en su forma reducida de valencia, son solubles en agua y se encuentran como tales en algunos suministros de agua subterránea, como lo son el agua de los pozos. Si no se eliminan previamente, pueden ser problemáticos para ciertos procesos industriales por el potencial que tienen para manchar y dejar residuos de



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

óxido, al oxidarse el agua. Su eliminación previa implica, precisamente una oxidación forzada para precipitarlos como óxido férrico o dióxido de manganeso insolubles. Como agentes oxidantes, se pueden utilizar, el oxígeno del aire, cloro o permanganato de potasio. Debe disponerse un decantador para eliminar el precipitado, o directamente un filtro si el contenido en hierro es muy pequeño. La adición de aire también ayuda a disminuir el contenido en bicarbonatos presentes en el agua por la reacción de oxidación que se presenta abajo, pero también tiene el efecto de aumentar simultáneamente el pH por desgasificación del CO_2 .



En el caso del hierro, el oxígeno es el medio más efectivo, pero la reacción es lenta si se realiza a pH bajo, debido al bajo potencial de oxidación del aire. Por tanto, si los ensayos demuestran que el pH es ácido, aún después de la reacción, conviene añadir un neutralizante tal como la cal. A pH 7, después de 15 minutos de aereación, un contenido de 10 ppm se reduce a aproximadamente 0.1 ppm.

El cloro, aunque oxida el hierro más rápidamente a pH bajo, tiene el inconveniente de tener un mayor costo de operación. La cloración puede hacerse en la línea de alimentación del filtro, debido a que de 3 a 4 minutos, es tiempo suficiente para la oxidación y precipitación de $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Por otra parte, el permanganato, aparte del inconveniente económico, debe regularse muy bien ya que un ligero exceso colorea inmediatamente el agua.

Los mismos métodos de oxidación del hierro, sirven para precipitar el manganeso, aunque éste requiere un pH más elevado.

El aire tiene obvias ventajas cuando las cantidades de hierro y manganeso son importantes. Si las partículas de hierro precipitadas son muy pequeñas, se mejora la separación posterior con una pequeña cantidad de floculante tal como la alúmina.



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Algunas veces el hierro y el manganeso pueden estar formando complejos orgánicos que no se precipitan por simple oxidación. Hay que acudir entonces a un proceso de coagulación.

3.1.3 Ultrafiltración.

Esta técnica, a veces llamada filtración molecular, utiliza las membranas microporosas, es decir, que tiene poros cuyo diámetro está comprendido entre 1 y 100 nanómetros. Las membranas de ultrafiltración retienen las materias en el intervalo de pesos moleculares de 5 000 a 5 000 000 de Daltons, (1 Dalton=1.66 x 10⁻²⁴g). Aunque las sales y el agua pasan a través de la membrana de ultrafiltración (UF), algunas materias coloidales son retenidas.

Los sistemas de ultrafiltración utilizados en la industria, están constituidos generalmente con módulos de fibras huecas tubulares, planos, en espiral y tubular.

Los factores que pueden influir en la eficiencia de los sistemas de ultrafiltración, son los siguientes: MWCO (Molecular Weight Cut Out), la presión, la temperatura, la agitación, la concentración de la solución, y el entorno iónico.

La ultrafiltración discrimina partículas con base en su tamaño. En la práctica, las membranas que se clasifican como UF pueden también discriminar interacciones químicas y estructurales entre la membrana y el elemento disuelto. En esos casos, la separación es una mezcla entre UF y Ósmosis Inversa (OI). Los poros de las membranas de UF son menores que los de las membranas de Microfiltración (MF).

Los poros retienen en un rango de 0.0015 μ a 0.2 μ (15 a 2.000 Å²). La UF retiene moléculas y macromoléculas con pesos moleculares en el rango de 300 a 300 000 unidades. En la UF la presión aplicada es levemente superior a la aplicada en la MF. La UF utiliza presiones que van de 105 a 1 380 kPa, (15-200 psi).



Algunas de las aplicaciones industriales de la ultrafiltración son:

- Tratamiento de efluentes poseedores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) elevados.
- Disminución del contenido de fósforo.
- Tratamiento de las sosas, (fluidos de corte, efluentes grasos de máquinas de limpieza).
- Tratamiento de desechos químicos de débil concentración.
- Eliminación de las partículas finas, (hidróxidos metálicos).
- Tratamiento de aceites.
- Recuperación y reacción de los agentes de limpieza de los metales.
- Tratamiento de los baños de limpieza y enjuague acuoso.
- Tratamiento de efluentes de fabricación de emulsión.
- Reciclado de los baños de desengrase acuosos.
- Separación de agua-aceite.
- Eliminación de las partículas, (metales, óxidos, hidróxidos).

3.1.4 Ósmosis Inversa.

La ósmosis inversa (OI), es un proceso de separación que permite la extracción de un solvente de una solución, por permeación a través de una membrana, bajo la influencia de un gradiente de presión. La ósmosis como proceso natural, es la transferencia de un solvente bajo la acción de un gradiente de concentración. El solvente pasa de menos concentrado hacia el más concentrado. A la inversa, la OI utiliza una presión superior a la osmótica, lo que se traduce en un flujo de solvente de la solución concentrada a la diluida, (inversamente al flujo osmótico).

La OI es una tecnología que permite eliminar del 90 al 99% de los contaminantes de un fluido. Un ejemplo es la membrana de OI de (Molecular Weight Cut Out) MWCO 200 que bloquea bacterias, pirógenos y los productos coloidales, (es decir, partículas del orden de Armstrong).



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

El término ósmosis inversa, está generalmente reservado a separaciones de iones disueltos y pequeñas moléculas que contaminan el agua. La presión requerida para forzar el flujo hacia la solución menos concentrada debe exceder la presión osmótica que se le opone. La OI separa partículas, debido a su capacidad de retener sobre la superficie porosa de la membrana y dejar pasar por acción capilar. La OI utiliza membranas "finas", lo que significa que tiene poros muy pequeños. Estos poros suelen ser de un tamaño de 0.1μ ($1\ 000\text{Å}$). El agua es prácticamente el único permeado de las membranas, mientras que la mayoría de las demás sustancias son retenidas. Un detalle comparativo importante, es la necesidad de aplicar mayores presiones que las requeridas para procesos como el de ultrafiltración y de microfiltración, debido a las altas presiones osmóticas.

Sus aplicaciones más comunes:

- Desmineralización de agua de procesos, o de aguas de enjuague en procesos.
- Eliminación de agua y concentración de jugos, productos lácteos y azúcares.
- Concentración de café instantáneo, té y sopas instantáneas.
- Concentración de aminoácidos y alcaloides.
- Esterilización de aguas de proceso. Desalinización de agua de mar o aguas saladas.
- Producción de agua ultrapura, en general aplicada en laboratorios y en industrias electrónicas, (fabricación de semiconductores).
- Concentración de sustancias en la industria papelería.
- Tratamiento de efluentes municipales e industriales.



3.2 TRATAMIENTO INTERNO A GENERADORES DE VAPOR.

3.2.1 Dosificación de hidracina.

El agua que entra a las calderas para producir el vapor necesario, requiere de un tratamiento previo para evitar las corrosiones que este vapor pueda provocar al entrar a los generadores, que producen la energía eléctrica. Asimismo, las corrosiones en fase líquida pueden evitarse sobre todo por una buena regulación de la alcalinidad del agua que entra a la caldera.

Muchas de las veces, la corrosión en equipos es ocasionada por la presencia de oxígeno. La eliminación del oxígeno que queda a la llegada del agua a la caldera se denomina a menudo *desgasificado químico*. Esta operación consiste en combinar el oxígeno con una sustancia reductora. Los reductores más utilizados son:

- El sulfito sódico, que a 100°C aproximadamente pasa rápidamente a sulfato



La dosis de sulfito utilizada es del orden de 10 mg/m³ de agua y por gramo de oxígeno.

- La hidracina, por otra parte, tiene la ventaja de no aumentar la mineralización del agua en las calderas de alta presión. La dosis teórica es de 1 gramo por gramo de oxígeno disuelto; aunque lo recomendable es de 1.5 gramos.
- También, se puede emplear el hidrosulfito sódico, Na₂S₂O₄, y el fosfito trisódico, Na₃PO₂. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos dos últimos productos son demasiado reductores.



3.2.2 Dosificación de fosfatos.

Los efluentes que contienen cantidades importantes de fosfatos provienen de fábricas de fertilizantes fosfatados, (en la forma de ácido fosfórico), de purgas de calderas, de circuitos de enfriamiento, (en la forma de polifosfatos). También en las aguas residuales domésticas, se encuentran cantidades considerables de fosfatos.

La dosificación de fosfatos se aplica a aguas de dureza natural débil, o bien que ya han sufrido un tratamiento previo que ha reducido ya su dureza.

El principio de los fosfatos es reaccionar con todos los agentes de dureza del agua, para dar fosfatos de calcio y de magnesio, de solubilidad prácticamente nula, principalmente en presencia de una ligera alcalinidad, que conduce a sales del tipo de la hexiapatita, $(3(\text{PO}_4)_2)_2\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Los fosfatos utilizados en el acondicionamiento son de dos tipos: los mono y los polifosfatos.

Los monofosfatos, a su vez pueden ser de tres tipos:

- Monofosfato sódico, NaH_2PO_4 , con pH cercano a 4.4; se encuentra en forma anhidra o dihidratada.
- Monofosfato disódico, Na_2HPO_4 , con pH alrededor de 8.8; se presenta por igual con doce moléculas de agua de condensación $\text{Na}_2\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.
- El monofosfato trisódico, Na_3PO_4 , con pH alrededor de 12, generalmente se utiliza con doce moléculas de agua de condensación, $\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$.

Estas tres sales reaccionan con la dureza del agua, dando lugar a la formación de precipitados no incrustantes de fosfato tricálcico y trimagnésico.



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Por otro lado, los polifosfatos, pueden considerarse como el resultado de la combinación entre difosfatos y una o más moléculas de metafosfatos.

En 1930, M. Hall dio a conocer el uso de los polifosfatos para los generadores de vapor, por los siguientes motivos:

- El principio de acción de los polifosfatos es que se hidrolizan más o menos rápidamente en el agua en función de la longitud de su cadena, de la temperatura y del pH. La hidrólisis es lenta, por debajo de los 80°C, relativamente rápida hacia los 100°C, y prácticamente instantánea por encima de los 130°C.
- Los polifosfatos tienen una propiedad particular, denominada poder complejante o quelante. Son capaces, en efecto, por el juego de covalencias y por un verdadero fenómeno de intercambio de iones, de fijar el calcio de la dureza en forma de una sal soluble.

3.2.3 Dosificación de aminas filmicas.

En muchas ocasiones, la corrosión es originada por anhídrido carbónico, proveniente de la descomposición de carbonatos y bicarbonatos. En las calderas se elimina siempre una pequeña cantidad de gas carbónico, el cual es originado, por el carbonato presente en el agua depurada. Las aguas naturales bicarbonatadas, son muy ricas en bicarbonato sódico. Las corrosiones en fase líquida pueden evitarse sobre todo por una buena regulación de la alcalinidad en la caldera.

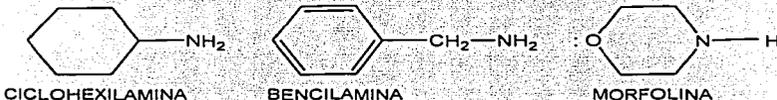
Si bien es cierto que el anhídrido carbónico no presenta actividad corrosiva cuando el vapor es secado o sobrecalentado, en los circuitos de vapor saturado y de retorno de agua condensada, el anhídrido carbónico da lugar a corrosiones, a menudo importantes.

Por otra parte, la acción del CO_2 sobre el hierro, puede dar lugar a la formación de bicarbonato ferroso, reacción que tiene lugar rápidamente a un pH inferior a 6, por lo tanto, es importante mantener el pH de los circuitos y de los condensados a un pH por encima de 8.



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Se utilizan dos clases de protección, una relacionada con el poder neutralizante y otra con la propiedad de formar películas de ciertos compuestos. Los productos neutralizantes son volátiles y se condensan al mismo tiempo que el vapor. Se requiere considerar dos características de estos compuestos: su poder neutralizante y su coeficiente de reparto entre el agua y el vapor. Los más utilizados son el amoníaco, la ciclohexilamina ($C_6H_{11}NH_2$), la bencilamina ($C_6H_5CH_2NH_2$), y la morfolina ($O(C_2H_4)_2-NH$).



En la tabla 3.3, se muestran las cantidades requeridas en cada caso, ya sea para ajustar el pH o neutralizar los condensados.

Tabla 3.3 Cantidades dosificadas en el caso de condensados y pH.

Compuesto químico	Coeficiente de participación del agua/vapor	Dosis para ajustar a 9 el pH de los condensados (mg/L)	Para neutralizar el condensado a	
			pH 7	pH 7.4
Amoniaco	3-4	0.2-0.5 (1.4-2 en el vapor)		
Ciclohexilamina	2-4	2 (4.8 en el vapor)	1.8	2.0
Bencilamina	3-4	2.2 (6.8 en el vapor)	2.2	2.2
Morfolina	0.4	4 (1.6 en el vapor)	1.6	2.0

Referencia: *Tratamiento de aguas*. Metcalf & Hedi. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización.



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Debido a que el amoníaco tiene una acción corrosiva sobre el cobre y sus aleaciones, es poco recomendable su uso. La elección de una de las tres aminas anteriores, dependerá de numerosos factores, entre ellos el olor, ya que el de la bencilamina es particularmente desagradable.

Otro sistema para proteger las canalizaciones es la utilización de aminas capaces de formar películas. La más conocida es la octadecilamina, ($C_{18}H_{37}NH_2$), que se presenta generalmente en forma de acetato. Es insoluble en agua y debe ser dispersada para su utilización. Generalmente se presenta en forma de emulsión; esta emulsión, es diluida en el agua condensada antes de su inyección. El principio de acción se debe básicamente, a su escasa volatilidad, pues es arrastrada por el vapor de agua y se fija en las paredes formando una capa protectora que empaña la acción del anhídrido carbónico. Por otro lado, actúa también como detergente eliminando los aceites, óxidos e impurezas de todo tipo que se fijan en las paredes. Hay que vigilar, asimismo, las posibles obstrucciones que se puedan generar al poner en marcha el tratamiento.

La amina es inyectada a la caldera en dosis de 1 a 3 mg por litro de agua, encontrando alrededor de 0.1 mg/L en el condensado. Estas dosis aseguran una protección aceptable, cualesquiera que sean los niveles de anhídrido carbónico y oxígeno del condensado.

3.2.4 Seguimiento a los tratamientos con toma de muestras de tubos de caldera.

Las muestras de agua de caldera deben tomarse con el mayor cuidado para evitar la vaporización parcial por escape o la dilución con agua condensada, llamada también, condensación en los niveles.

Los enfriadores de muestras, son aparatos que permiten enfriar el agua tomada como muestra en un serpentín, antes de la pérdida de la misma. Su utilización es indispensable siempre que la presión en la caldera sea superior a los 20 bares. En el caso



de presiones inferiores, se podrá recoger el agua directamente teniendo en cuenta el agua evaporada durante la pérdida, siguiendo la siguiente relación.

Tabla 3.4 Relación de % en vaporización respecto a la presión del agua evaporada para las muestras.

Presión (bares)	% de vaporización
2	5
5	10
10	15
15	18
20	22

Referencia: *Tratamiento de aguas*. Metcalf & Hedi. Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización.

Después de tomada la muestra, debe protegerse del aire para evitar la descarbonatación de la sosa.

3.2.5 Limpiezas químicas.

La desincrustación química se basa en el empleo de ácidos fuertes, ácido clorhídrico, ácido sulfámico con amortiguadores que tienen como función limitar el ataque a las incrustaciones y proteger el metal.

La desincrustación se lleva a cabo por un indicador de acidez, añadiendo ácido según sean las necesidades. Se requiere de un análisis del depósito antes de aplicar los ácidos, pues el contenido de algunos materiales minerales, como la sílice, o de origen orgánico, son indiferentes a los ácidos.

Los circuitos de agua están con frecuencia constituidos por materiales muy diversos, a los cuales, los ácidos amortiguadores pueden atacarlos, en particular, cuando el sistema



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

está constituido por torres de enfriamiento con parrillas en fibrocemento, o canalizaciones de acero revestidas interiormente de cemento.

Con frecuencia, después del tratamiento, se procede a neutralizar con un agente alcalino, para lo cual, se necesitará tener cuidado para algunas partes del circuito; por ejemplo, las de aluminio.

3.3 TRATAMIENTO QUÍMICO PARA SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO.

3.3.1 Inhibición de la corrosión.

Los inhibidores de corrosión son muy importantes en un proceso industrial, pues gracias a éstos se puede evitar un desgaste prematuro en los equipos de cualquier proceso en el que se tenga la presencia de agentes corrosivos. Los inhibidores, también se utilizan sobre aguas naturales corrosivas, o para el acondicionamiento de aguas que han sufrido un tratamiento anti-incrustación por descarbonatación, reblandecimiento o desmineralización.

Estos inhibidores son en principio utilizados en dosis bajas, (algunas decenas de miligramos por litro como máximo). Según la acción electroquímica que ejerza en una u otra zona, reciben el nombre de anódicos o catódicos.

Los silicatos de sodio, por ejemplo, son inhibidores anódicos. Se emplean en forma líquida, es decir, de soluciones acuosas. Los silicatos líquidos comerciales contienen generalmente de 30 a 45% de extracto seco, de los cuales, del 20 al 30% corresponden a sílice.

Por otra parte, incluso en pequeñas proporciones, los silicatos alcalinos son buenos inhibidores de corrosión del aluminio.



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Los cromatos y bicromatos también son inhibidores anódicos. Cuando se utilizan solos las dosis de empleo deben ser suficientes para bloquear totalmente la reacción anódica, en general de unas centenas de miligramos por litro de agua. Sin embargo, el costo de este tratamiento y la toxicidad del agua tratada, reducen significativamente el empleo de dichos procedimientos.

La eliminación de los iones Cr^{6+} se hace por reducción en Cr^{3+} en medio ácido, utilizando como reductor el anhídrido sulfuroso, o bien, el sulfato ferroso.

De igual forma, los nitritos y nitratos son inhibidores anódicos del hierro, del aluminio y de las aleaciones que incorporan al estaño. Se les usa en dosis muy elevadas en determinados circuitos cerrados, (500 mg/l e incluso más).

Los boratos son raramente utilizados, mejoran la estabilidad de las películas protectoras obtenidas por otros inhibidores, por ejemplo, cromatos o nitritos. Permiten mantener el pH elevado sin aumentar los riesgos de ruptura local de la atenuación, y asimismo, del ataque de picaduras.

Dentro de los circuitos, los taninos son excelentes inhibidores de la corrosión por aereación diferencial. Su modo de acción es doble, pues reaccionan con los productos de la corrosión formando una fina película protectora de color marrón o negro en el caso del hierro. Por otra parte, su acción reductora se ejerce en la superficie del metal y se emplean algunos miligramos por litro, casi siempre asociados a polifosfatos.

Otro tipo de inhibidores de corrosión son los polifosfatos. Existen tres grupos de fosfatos minerales: los monofosfatos, los polifosfatos de sodio y los mixtos. Los monofosfatos son inhibidores anódicos. Los monofosfatos disódicos y trisódicos son los más utilizados.

La acción de los polifosfatos se presenta al formar, en las proximidades de los ánodos, partículas complejas de polifosfatos mixtos de hierro y calcio. Estas partículas se dirigen hacia los cátodos, donde se depositan en forma homogénea y adherente, así, se



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

da una protección catódica, aunque la primera sea anódica. Además la protección sobre los cátodos tiene muchas ventajas, la despolarización de los cátodos, mucho más lenta que la de los ánodos, condiciona la velocidad de la corrosión.

Las sales de zinc, por otra parte, son inhibidores catódicos débiles. Reaccionan con los iones hidroxilo para dar hidróxido de zinc, $Zn(OH)_2$, formando así una película protectora. El $Zn(OH)_2$ no es estable a temperaturas altas, se transforma en óxido de zinc, ZnO , cuya acción es prácticamente nula, de ahí los numerosos casos de corrosión por picaduras observadas en ciertos circuitos tratados con inhibidores a base de sales de zinc.

Los inhibidores orgánicos son otra opción para evitar la corrosión.

Algunos tipos de ellos son:

-Benzotriazol, mercaptobenzotriazol. Inhibidores excelentes para el caso del cobre y sus aleaciones.

-Fosfatos orgánicos, fosfonatos y lignosulfonatos, etc. Este tipo de inhibidores no se usan casi nunca solos.

-Aminas y poliaminas. Son inhibidores que forman una película molecular aislando la pared metálica del agua.

3.3.2 Inhibición de la Incrustación.

El uso de inhibidores de incrustación, ha sido muy importante en la industria en general. Los circuitos de agua están con frecuencia constituidos por materiales muy diversos, y los ácidos amortiguados pueden atacar algunos de ellos, en particular cuando el circuito a tratar incorpora torres de enfriamiento con parrillas en fibrocemento, o canalizaciones de acero revestidas de cemento, como en el caso de las centrales termoelectricas.

En el campo de la industria química, se exige el empleo de ácidos fuertes como el ácido clorhídrico, ácido sulfámico con amortiguadores que tienen como función limitar el ataque a las incrustaciones y proteger el metal. La desincrustación se lleva a cabo mediante la disminución al titular el ácido, o por un indicador de acidez. Sin embargo,



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

antes de proceder a la desincrustación por medio de químicos, se necesitará revisar el depósito, pues el agua contiene ciertos constituyentes de origen mineral (sílice por ejemplo), u orgánicos que no se pueden atacar con los ácidos.

Por otra parte, es muy frecuente que después del tratamiento se proceda a una neutralización con un agente alcalino. Se deberá tener en cuenta el posible ataque a ciertas partes del circuito, por ejemplo las de aluminio.

Al igual que en el uso de inhibidores de corrosión, se deben aplicar conocimientos básicos de ataque de químicos a equipos y su uso más frecuente; en la desincrustación se deberá ser precavido del uso de químicos para evitar que los equipos se dañen. De esta tarea se encarga el Ingeniero Químico, aplicando los conocimientos adquiridos a lo largo de su preparación académica, y los que le restan conocer ampliamente cuando ya se encuentra en el campo de la industria laborando.

3.3.3 Adición de microbicidas.

Entre los microorganismos más frecuentes que causan problemas en los sistemas de suministro de agua en las centrales generadoras de electricidad, se encuentran bacterias y hongos. Dado su pequeño tamaño traspasan con facilidad los filtros, se reproducen al interior de las tuberías formando depósitos gelatinosos que se adhieren a la red hidráulica. Pueden estar presentes en el agua de riego o ser transportadas a ésta por el aire, residuos orgánicos y plantas.

Para controlar el crecimiento de microorganismos se pueden emplear las estrategias siguientes: a) eliminar los microorganismos presentes, y b) impedir de alguna forma su proliferación.

El término bactericida significa que en el proceso se destruyen bacterias mientras que bacteriostático implica que el proceso impide la proliferación bacteriana. El efecto sobre los microorganismos puede ser *C/DA* (provoca la muerte de los microorganismos) o *STASIS* (inhibe el crecimiento de los microorganismos).



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

La acción de los agentes de control depende en términos generales de los siguientes factores:

- a) el tipo de microorganismo que se quiere controlar y la carga inicial del mismo.
- b) la dosis del agente, que involucra la concentración o intensidad aplicada durante un determinado tiempo.
- c) el medio en el cual se encuentran los microorganismos.

Los microorganismos tienen una temperatura mínima, óptima y máxima de crecimiento. Las temperaturas por debajo de la mínima usualmente tienen una acción de "stasis" o sea detienen el crecimiento microbiano, pero no provocan la muerte celular. Las temperaturas por encima de la máxima usualmente tienen una acción "Cida" o sea provocan la muerte del microorganismo por desnaturalización de enzimas y otras proteínas. El uso de altas y bajas temperaturas está muy difundido y resulta muy efectivo para controlar el crecimiento microbiano. Las esporas bacterianas son las estructuras vivas más termorresistentes. El calor en presencia o ausencia de humedad puede ser utilizado para desinfectar o esterilizar.

Los microorganismos en su ambiente natural están sometidos a constantes cambios de presión osmótica. El agua tiende a fluir a través de las membranas semipermeables como lo son las membranas celulares, hacia el lugar de mayor concentración de solutos. Cuando la concentración de solutos es mayor en el interior que en el exterior de las células se está en presencia de un medio hipotónico y el agua tiende a fluir hacia el interior celular. Las rígidas paredes de las bacterias y los hongos impiden la explosión celular. Si la concentración de solutos es mayor afuera de la célula, el agua fluye hacia el exterior. En estas condiciones la célula se deshidrata y su crecimiento se inhibe. El aumento de la presión osmótica es una forma de conservación muy utilizada en la industria eléctrica, pues como ya se mencionó en el capítulo 3.1 *Tratamiento de aguas para alimentación a generadores de vapor*, el método de ósmosis inversa es muy útil para el tratamiento previo del agua que se alimentará a los generadores de vapor en las termoelectricas.

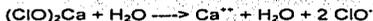
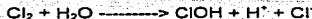


CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

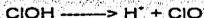
Los agentes químicos (AQ) son compuestos que matan o inhiben el crecimiento de los microorganismos. La esterilización con cloro es económica desde varios puntos de vista, (costo de reactivos e inversiones). El óxido de cloro es explosivo cuando se mezcla con el aire, por lo que su preparación debe realizarse bajo condiciones muy estrictas. En solución en el agua no es peligroso. Es un buen bactericida, que además destruye los productos orgánicos produciendo un ambiente desagradable en las aguas. Como alguicida, el bióxido de cloro es unas dos veces más activo que el sulfato de cobre.

3.3.4 Adición de cloro.

El cloro fue uno de los primeros antisépticos en usarse, se presenta bajo las formas de Cl_2 (gaseoso), hipocloritos y cloraminas. El efecto desinfectante se debe a la liberación de cloro libre (Cl_2); a su vez, el Cl_2 reacciona con el agua para dar ácido hipocloroso, que a pH ácido o neutro es un oxidante fuerte:



La disociación del ácido hipocloroso depende del pH (se realiza a $\text{pH} < 7$)



El sistema usual de tratamiento con cloro consiste en inyectar al principio de los circuitos una determinada cantidad de cloro, de forma que a la salida del mismo y después de una de hora finalizada la inyección se encuentre a concentraciones de 0.1 a 1 mg/l. La cantidad de cloro a introducir será determinada por la evaluación del "break point" del agua a tratar, es decir, de la cantidad de cloro necesario para la destrucción de la materia orgánica del agua.





CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Por otra parte, se utiliza el cloro gaseoso, que se inyecta en forma de agua de cloro preparada continuamente en una columna en la que el agua y el cloro circulan a contracorriente.

3.3.5 Uso de algicidas.

El suministro de pequeños volúmenes de agua por orificios de escaso tamaño con baja presión de operación, predispone a la obstrucción de los emisores, el factor principal se encuentra asociado con la calidad del agua de suministro, pues muchas veces ésta proviene de depósitos con aguas estancadas, aguas con abundante carga de partículas en suspensión, composición química no aceptable, entre otros, favoreciendo el crecimiento de algas en los depósitos de agua, las cuales se adhieren a las paredes de los orificios de salida ocasionando su obturación.

Las algas son organismos unicelulares, definidas como plantas microscópicas, generalmente no presentan las típicas estructuras de los vegetales superiores como raíces, tallos y hojas, su tasa de reproducción es altísima, Algunos órdenes de algas son solitarias, otros forman colonias produciendo masas gelatinosas, dado que su densidad es similar a la del agua, el agua afectada por este microorganismo se torna turbia adquiriendo una coloración verdosa. Esta acción se concentra con alta frecuencia en aguas estancadas, donde las condiciones de luminosidad y temperatura favorecen su desarrollo, es común encontrarlas depositadas en el fondo y paredes del estanque acumulador, en el agua de pozos, y en las lagunas que suministran el agua a las plantas generadoras de energía como lo son las hidroeléctricas.

Los filtros de arena son los elementos más eficaces para retener las algas; sin embargo, algunas consiguen traspasar el sistema de filtración desarrollándose al interior de la red de distribución de agua, favorecidas por las altas temperaturas y las sustancias químicas.

Un procedimiento eficaz para evitar la formación de algas consiste en el cubrimiento de los estanques acumuladores con estructuras de sombreamiento que



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

impida el paso de la luz solar (malla cortaviento 80%), de manera de evitar la proliferación de colonias de algas. Además, de esta manera se previene la acumulación de desechos que se produce si la superficie del agua se encuentra al aire libre.

Otra forma de prevención que puede complementarse con la anterior es la aplicación de algicidas, que corresponden a productos químicos que se emplean para prevenir y tratar las algas en estanques acumuladores, entre los que destacan:

Sulfato de cobre: Es un excelente algicida al inactivar las enzimas de los microorganismos, que se comercializa en forma cristalina o en polvos solubles de color azulado. La dosis recomendada oscila entre 20 y 30 gramos por metro cúbico de agua embalsada. El procedimiento de uso correcto consiste en ubicar el sulfato de cobre en la entrada del estanque acumulador, previamente disuelto o para que vaya disolviéndose poco a poco por la acción del movimiento del agua. Cada vez que se renueva el agua se debe repetir la operación. Si el agua se mantiene embalsada, sin renovación, es conveniente tratarla periódicamente, en verano con una frecuencia semanal y varias veces durante el invierno.

Permanganato de potasio: Este producto no deja residuos ni afecta a los peces, manteniendo el agua del embalse completamente limpia. Se presenta en forma de polvo de color oscuro. Se debe tener precaución de no tocarlo e impedir su volatilización, ya que puede irritar mucosas y ojos.

La dosis recomendada oscila entre 1 y 3 gramos por metro cúbico de agua embalsada. Una vez calculada la cantidad necesaria se disuelve en agua y se distribuye por el embalse, repitiendo la práctica cada vez que se renueva el agua. El color del agua tratada con esta dosis es rojizo. El permanganato potásico es un excelente algicida, no presentando problemas de toxicidad en dosis adecuada, cabe destacar que su acción no es modificada por las oscilaciones del pH.

En ocasiones se reproducen algas en el interior de las redes hidráulicas de los sistemas de suministro de agua, principalmente si no están enterradas. Para su prevención y tratamiento se emplean los siguientes algicidas:



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

El cloro que en estado puro es un gas amarillo, verdoso de olor penetrante, desagradable e irritante y altamente tóxico para las personas. A temperatura normal es un gas soluble en agua, es un poderoso algicida y bactericida.

Para el control de algas, el cloro se utiliza en forma: gaseosa, líquida o sólida; como componente del hipoclorito sódico o hipoclorito cálcico. El producto más difundido y económico generalmente empleado es la solución de hipoclorito sódico que se comercializa a diversas concentraciones: 20, 40, 50, 60, 100, 150, 160, 170 y superiores, gramos de cloro activo por litro. (Generalmente 100 gr. cloro activo/litro).

La solución de hipoclorito sódico tiene una acción oxidante muy activa, corrosiva y presenta una toxicidad alta, propiedad que se tendrá en cuenta al tratar las aguas que tiene concentraciones de hierro superior a 0,2 ppm, ya que al oxidarse, forman precipitados de óxidos férricos. Sin embargo tomando mínimas precauciones durante su empleo es de fácil manejo y aplicación.

3.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.

3.4.1 Control de calidad de las aguas residuales de la Central.

En la actualidad todas las emisiones de aguas contaminantes de la industria eléctrica, deben ser tratadas para lograr un ahorro de energía, y por tanto, reducir los costos de operación de la central. Además de que en la mayoría de las grandes ciudades los requerimientos de suministro de energía eléctrica son mayores para satisfacer las necesidades más vitales; asimismo la demanda de agua es cada vez mayor y se necesita un sistema de tratamiento de aguas residuales que permita cubrir dicha demanda, por lo mismo, se requiere que el agua que se usa en las centrales generadoras de energía cuente con una planta de reciclado de aguas. El tratamiento de aguas nos permite el mayor aprovechamiento y aprovisionamiento del agua, ya sea para necesidades domésticas, industriales o de riego.



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Con los tratamientos de aguas se pretende disminuir, controlar o eliminar aquellos elementos que alteran las condiciones originales del agua. Esto permitirá volverlas potables o reusables, con lo que se evitará el desperdicio o tenerías que extraer o traer nuevamente para ser utilizadas en la industria, tanto para servicios adicionales como el de limpieza hasta el de potabilización.

La fuente esencial del agua de las centrales es la de presas y ríos, la cual proviene del agua de lluvia, utilizada como fuente directa. La calidad del agua de estas fuentes varía considerablemente. Las aguas superficiales suelen ser más turbias y contener mayor cantidad de bacterias que las subterráneas, pero éstas tienen mayores concentraciones de productos químicos en disolución. El agua de mar contiene altas concentraciones de productos químicos disueltos y algunos microorganismos, sin embargo, este tipo de agua es muy poco recomendable para su uso en las centrales generadoras de energía eléctrica, pues requiere un tratamiento previo de desalinización, método que resulta de alto costo económico por todo el sistema que lleva involucrado, y que si no se hiciera de forma adecuada, llegaría a estropear los equipos con los que cuentan las centrales.

En las centrales eléctricas se tiene un sistema de tratamiento de aguas, para cubrir la demanda de agua requerida para el suministro en los generadores de vapor, en las centrales termoeléctricas por ejemplo. Se requiere de una planta que sirva de reciclado de aguas y tratamiento de las aguas residuales que se generan en la central, para uso común de la misma. Asimismo, se requiere de un tratamiento previo del agua que se extrae de los pozos (en las geotermoeléctricas), y separar las materias orgánicas y demás contaminantes que contienen el agua de los ríos y presas antes de entrar a las centrales.

La recepción y envío de efluentes que llegan directamente de los ríos y presas, son almacenados en enormes cárcamos, los cuales se interconectan hacia las descargas a un cárcamo de bombeo del cual se envían los efluentes a la planta de tratamiento mediante bombas, las cuales se controlan automáticamente con un sensor de nivel. Dicho sensor manda una señal al cuarto de control cuando se ha rebasado el nivel de



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

contención del cárcamo y servirá de indicador para controlar el agua con que cuenta la central.

El cárcamo es de concreto recubierto para protección de corrosión y está enterrado a un nivel tal que permite que las descargas sean por gravedad. Debido a las fluctuaciones de flujo en el cárcamo de bombeo, el flujo de la descarga es regulado mediante una válvula de control la cual recibe señal de nivel. Ésta tiene como función, la de controlar el flujo en los periodos en que éste es bajo para que las bombas paren y arranquen de una manera constante y así evitar el pronto desgaste de las mismas.

Otro objetivo de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la central, es la de lograr una homogeneización, y de minimizar las fluctuaciones en las características del agua tanto en calidad como en cantidad con el fin de proveer las condiciones óptimas en los tratamientos subsecuentes que se necesitan hacer para cumplir con los estándares de calidad. Las funciones importantes de la homogeneización en el esquema de tratamiento son:

- Proveer un adecuado amortiguamiento de las fluctuaciones orgánicas para lograr prevenir los choques más comunes de carga orgánica presentes en el sistema anaerobio.
- Minimizar el consumo de químicos necesarios para la neutralización creando variaciones en el pH y que se pueda alcanzar un sistema con pH's más amortiguados.
- Minimizar las variaciones de flujo en el proceso de clarifloculación y así permitir que se mantengan las dosis más adecuadas para el uso los químicos.

3.4.2 Operación de fosa separadora de grasas y aceites.

El agua generalmente es contaminada por factores en los que interviene el ser humano, mucha del agua residual que se maneja en las centrales eléctricas, proviene de la que es usada por el personal que labora en las mismas, el cual debe cumplir con sus funciones fisiológicas, así como también para la limpieza y mantenimiento de equipos. Muchas veces, en el mantenimiento de dichos equipos, se requiere de agua, la cual suele estar contaminada con las grasas o aceite contenido en las conexiones de líneas con



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

equipos, así como en el servicio de aceite de lavado para lubricación de las bombas, de tal forma que al ser lavados dichos equipos, el agua se mezcla con el aceite y se requerirá de un sistema especial de eliminación de grasas y aceites. Con el fin de remover las grasas y aceites libres presentes en el efluente, se emplea un sistema de limpieza, el cual consta de un separador de grasas y aceites con un método que consta de la flotación de las grasas contenidas en el agua, manteniendo una cantidad de aire disuelto en el sistema.

Las grasas y aceites libres se eliminan por acción de las microburbujas que se liberan al mezclar el efluente crudo con el efluente recirculado y saturado con aire procedente de un tanque de presurización. El aceite y sólidos suspendidos ligeros suben al adherirse y conglomerarse por la acción de las microburbujas que se desprenden del seno del líquido formadas al reducir la presión del efluente, mientras que el agua se separa por la parte media de la unidad de flotación. Las natas se envían al digestor de lodos para su estabilización.



3.4.3 Planta de tratamiento lateral.

Consiste en un sistema de tratamiento de agua para ser reutilizada dentro de la misma central. Tiene como función principal, el tratamiento del agua que sale de la central generadora de energía eléctrica, y se encuentra dentro de la misma planta. A continuación se muestra un diagrama representativo de una planta lateral de reuso de agua.

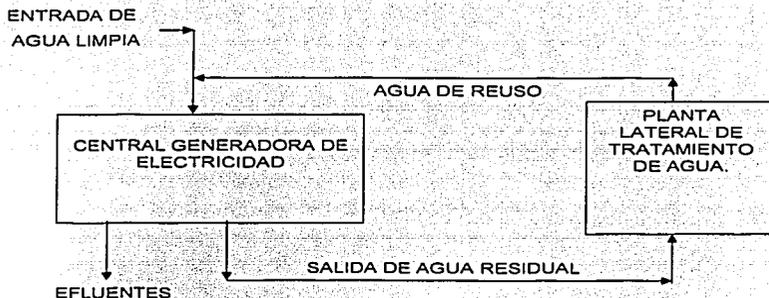


Diagrama 3.1 Planta lateral de tratamiento de aguas residuales de la central.

Estas plantas se crearon recientemente, debido a los efectos ambientales negativos que provocaba el suministrar agua "limpia" constantemente, y tener que desecharla, contaminando así los mantos acuíferos; de esta forma se necesitaba reducir el consumo de agua, así se pensó en crear plantas que trabajaran dentro de la central y evitar un consumo excesivo de agua, aprovechando alguna parte de ella para su reuso.

**YESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Con este tipo de plantas se pretende reducir los costos de operación para el arrastre de agua hacia la central, así como el de optimizar el uso de los recursos naturales y materiales y colaborar con la protección al ambiente.

3.4.4 Manejo de lodos.

Casi todas las industrias tienen un potencial de optimización de las cantidades y calidades de los lodos generados. Por la diversidad y la estructura particular de cada una de ellas, la optimización requiere de un análisis individual.

La prevención de la generación de lodos, se puede lograr tomando medidas regulatorias que incentiven a los sectores industriales generadores a aplicar programas de *producción limpia*, a reciclar materiales y/o subproductos generados en el proceso o a modificar los procesos de producción que minimicen la generación de estos residuos.

Los lodos orgánicos con poder calórico bajo, pueden ser incinerados para recuperar la energía, generando electricidad o produciendo vapor, pero restringiendo aquellos que no pueden ser eliminados por este procedimiento, debido a las características de sus componentes.

Los tratamientos que se deben dar a los lodos, dependerán de las características requeridas para cumplir con las normas establecidas por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, ya sea para su reuso, revalorización (tratando en lo posible de recuperar su valor material) y darle un uso benéfico, utilizando para esto procedimientos viables de acuerdo a las características de los lodos generados en las industrias y a la disponibilidad de tecnología, los mismos que deben ser efectivos, fáciles de aplicar y que en lo posible no impliquen costos elevados.

Algunos lodos pueden ser reutilizables, siempre y cuando no sean tóxicos. Una forma adecuada en el acondicionamiento de suelos, por ejemplo, es el uso de lodos en suelos de cultivo. Utilizando ciertos procesos, también pueden ser aprovechados para



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

producir gas metano, el cual sirve de combustible importante para abastecer de energía a otros equipos de la misma planta.

Por otra parte, si el lodo no puede ser utilizado, se puede disponer de forma adecuada para relleno de terrenos, o incinerado con tecnología especial para prevenir la contaminación del aire. Tarea en la cual interviene nuevamente el Ingeniero Químico, pues debe conocer la calidad requerida en lodos para su uso posterior, o para ser tratado sin contaminar el ambiente.

3.4.5 Planta de tratamiento de aguas negras.

Las aguas residuales provenientes de la industria, deberán ser tratadas para ser reutilizables, ya sea para riego de productos agrícolas, o para suministro de servicios sanitarios del ser humano. Una planta de tratamiento de aguas negras, es una instalación donde fluyen por la tubería sanitaria las aguas de desperdicios de casas e industrias de una comunidad; de esta manera se tiene un mayor control en el consumo del agua y se cumple con las normas que establece la legislación ambiental.

De esta forma, se dice que el proceso a que se somete el agua residual para eliminar los contaminantes con el objetivo de que pueda ser devuelta sin peligro de contaminación a nuestro medio ambiente, es un tratamiento de aguas residuales.

La importancia por la que las plantas generadoras de energía eléctrica deben contar con una planta tratadora de aguas negras es que disminuyen las enfermedades causadas por bacterias y virus, así, si se tratan dichas aguas con los sistemas de desinfección, se eliminan muchos de esos microorganismos dañinos para la salud pública. Por otra parte, se logrará una limpieza en océanos, lagos, ríos y arroyos, lo que significa una conservación de la naturaleza.

El tratamiento más común a realizar en las plantas de aguas negras, se describe a continuación:



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Los olores y sabores desagradables del agua se eliminan por oxigenación. Las bacterias se destruyen añadiendo unas pocas partes por millón de cloro, y el sabor del cloro se elimina con sulfito de sodio. La dureza excesiva del agua, que la hace inservible para muchos usos industriales, se logra reducir añadiendo cal débil o hidratada, o por un proceso de intercambio iónico, utilizando zeolita como ablandador. La materia orgánica en suspensión, con vida bacteriana, y la materia mineral en suspensión, se eliminan con la adición de agentes floculantes y precipitantes, como alumbre, antes del filtrado.

Se usa un sistema de alcantarillado para las aguas negras que debe ir por separado, es decir, el sistema sanitario debe ser distinto para llevar las aguas negras, de las pluviales. Se cuenta con un sistema de rejillas que sirve para separar las partículas sólidas del agua, tal como la basura. El desarenador disminuye la velocidad del agua, función que permite que la arena, sedimentos y otros sólidos pesados se depositen en el fondo y así sean retirados posteriormente de forma más fácil. El tanque de sedimentación primaria permite que las partículas más pequeñas sedimenten; éste envía las partículas de materia sólida —o lodo primario— al fondo, y hace que la grasa flote en la parte superior del tanque.

El tratamiento secundario completa el proceso del tratamiento de aguas negras removiendo del 58 al 90% de los contaminantes. La planta debe contar con un tanque de aereación, el cual suministra grandes cantidades de aire a una mezcla de agua residual, bacterias y otros organismos. El oxígeno en el aire acelera el crecimiento en microorganismos benéficos, los cuales consumen la materia orgánica disuelta en el agua residual.

El tanque de sedimentación secundaria permite que los microorganismos y desperdicios sólidos formen flóculos y a su vez, sedimenten. Esta mezcla se llama "lodo activado", que puede ser mezclada con aire nuevo para recircularse al tanque de aereación. Para desinfectar el agua tratada proveniente del tanque de sedimentación secundaria, se añade cloro al agua antes de su vertido final. El desinfectante tiene la función de matar a los organismos dañinos para la salud.



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

La función del Ingeniero Químico en las plantas de tratamiento de aguas negras en las centrales generadoras de electricidad, es muy importante, pues cuenta con los conocimientos suficientes para realizar las tareas que requiere dicha planta, como lo es la metodología a realizar para separar los sólidos y grasas, así como conocer los límites permisibles dentro de la legislación ambiental que se demandan.

3.4.6 Tratamiento Químico en plantas de aguas negras.

Como ya se ha mencionado anteriormente, el tratamiento químico para aguas residuales es de vital importancia, pues resulta ser un método muy común y además se evitan gastos mayores al lograr reusar el agua residual que sale de la planta para otras funciones que requiere la misma.

El fósforo, nitrógeno y otras sustancias químicas encontradas en el agua residual en grandes cantidades, pueden contaminar los ríos y lagos, en el caso en que se descarga el agua tratada a los mismos.

La desinfección es la destrucción de organismos patógenos por medio de la aplicación de productos químicos. La adición de cloro es el método más común para combatir a los microorganismos dañinos al ambiente; ésta se logra mediante bombas dosificadoras en un tanque de contacto para asegurar la reacción del cloro con el efluente procedente del tanque contenedor de agua residual. También existen otros métodos como la ozonificación y la oxigenación por burbujeo, no obstante, estos métodos resultan más costosos y poco prácticos.

El papel del Ingeniero Químico es el de conocer las reacciones que se llevan a cabo entre los químicos agregados al agua residual, y el agua misma; así como también, el saber las cantidades necesarias para lograr un tratamiento eficaz y el proceso que va involucrado a cada planta. Asimismo, su labor en el laboratorio es supervisar la calidad del agua tratada y de los lodos generados, asegurando que la planta funcione correctamente. En la supervisión del mantenimiento de equipos involucrados en una



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

planta de tratamiento químico de aguas, el Ingeniero Químico debe conocer perfectamente la función e importancia de cada equipo, así como su adecuado mantenimiento.

3.4.7 Cumplimiento a legislación en materia de agua.

La normatividad en materia de agua ha sido un asunto que atiende predominantemente la Federación mediante la Constitución con la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, a través de la Comisión Nacional del Agua. Actualmente se ejerce el control y la supervisión de los recursos hidráulicos, los sistemas de medición e información, la recaudación de los derechos en materia de agua, la titulación y el registro de los derechos y permisos, las aguas subterráneas y virtualmente todas las aguas superficiales, la supervisión respecto de la calidad del agua y controla los distritos de riego, de los cuales se ha transferido a los usuarios la operación y mantenimiento de la infraestructura. En lo que se refiere a los decretos de veda que se han expedido para doce acuíferos de la República, se debe mencionar que aunque limitan legalmente la explotación de las aguas subterráneas, no cuentan con una reglamentación que establezca reglas claras respecto a las características de la veda y a la forma en la que podrán ser explotados los acuíferos respectivos.



3.5 COMBUSTIBLES Y LUBRICANTES.

3.5.1 Tipos de combustibles.

En las plantas generadoras de energía eléctrica, se cuenta con una diversidad de combustibles que son alimentados a las plantas y aprovechados para producir dicha energía.

Las plantas más comunes con que se cuenta en México, son las Termoeléctricas clásicas, dentro de este tipo de plantas se encuentran las de combustión interna, que basan su principio en la combustión del carbón, el combustóleo o el gas natural, generando así energía calorífica, la que a su vez, convierte en vapor el agua que circula por una caldera. El vapor entra por una turbina haciendo mover los ejes de la misma y así generando energía eléctrica a partir de energía mecánica. Las centrales de Turbogas, (en el caso de la Central de Sonora), el combustible que se consume es gas natural, conducido a través de un gasoducto desde la frontera Sonora-Arizona. El gasoducto parte de la Ciudad de Naco, Sonora, hasta esta Central en Hermosillo, Sonora. El gas es empacado para su suministro a una presión de 900 psi.

Para las carboeléctricas, que generan energía eléctrica, utilizan como combustible primario carbón para producir vapor de alta presión (entre 120 y 170 Kg/cm²) y alta temperatura (del orden de 520°C), para alimentarlo a las aspas de una turbina de vapor. El combustible principalmente utilizado es carbón importado, el cual es transportado en barcos graneleros con capacidad de hasta 150,000 toneladas. Las centrales "duales" por su parte, utilizan combustóleo pesado como combustible alterno y diesel para los arranques, estos últimos se descargan desde buques-tanque tipo PANAMAX de 50,000 toneladas de capacidad.

Por otra parte, en la nucleoelectrónica de Laguna Verde, el combustible nuclear más utilizado es el uranio y puede utilizarse de dos maneras: Natural, que contiene 0.7% de uranio 235 y 99.3% de uranio 238 el cual no se fisiona, colocándose en los reactores en



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

forma metálica o de dióxido de uranio (UO_2). En forma de dióxido de uranio (UO_2) se fabrican pequeñas pastillas cilíndricas, normalmente de un poco más de un centímetro de diámetro y 1 centímetro de longitud, se introducen en varillas (tubos) herméticas de aleaciones especiales de zirconio. Existen otros materiales fisionables que pueden usarse como combustibles: el plutonio 239 y el uranio 233 que se producen artificialmente a partir del uranio 238 y del torio 232, respectivamente.

En el caso de las Centrales geotérmicas, se explotan varios pozos geotérmicos, de los que se obtiene agua caliente y vapor, que llegan a un separador. La temperatura promedio del agua o vapor geotérmicos está entre 150 y 340°C, aunque con temperaturas menores también puede aprovecharse la energía geotérmica. Las profundidades a las que se encuentra un pozo geotérmico oscilan entre 200 y 3 500 m. La eficiencia real de una planta geotérmica es de 11 a 13%; y la duración promedio de un pozo geotérmico es de 10 años.

3.5.2 Uso de aditivos.

Al definir a un aditivo como "un agente que es añadido a una sustancia cualquiera para modificar sus propiedades fisicoquímicas", se puede ver la importancia que tienen los aditivos en el uso de sustancias derivadas del petróleo, y la relación que guardan con la eficiencia de la misma. El uso de aditivos dentro de cualquier industria es importantísimo, pues con ellos se puede mejorar la calidad de los aceites lubricantes, que a su vez mejoran las condiciones mecánicas y logran una mayor eficiencia de cualquier agente motriz, en este caso, los equipos que están sometidos a un desgaste físico debido al calentamiento por fricción.

Existe una gran variedad de agentes que sirven como aditivos y ayudan a mejorar las propiedades mecánicas de distintas sustancias derivadas del petróleo, no solamente para los aceites, sino también para polímeros, así como en la industria alimenticia.



3.5.3 Calidad de aceites lubricantes.

Al recibir el producto, en los tanques que son propiedad de los consumidores, se debe medir el volumen del aceite y así obtener inmediatamente su temperatura media (°F o bien °C). Se procede a tomar la muestra que será destinada para la inspección en el laboratorio.

Un ejemplo a realizarse en los laboratorios, es el análisis del aceite de lubricación de las turbinas de vapor que se usan en las centrales termoeléctricas, el cual está sometido al calor de los cojinetes, al contacto del aire y del agua y al enfriamiento de los serpentines de refrigeración por agua. El calor y el contacto del aire estimulan la oxidación con producción de acidez orgánica y generación de lodos en las posteriores etapas de reacción. Como consecuencia de tal oxidación, se requiere de un control minucioso de la calidad de los aceites lubricantes empleados en las centrales termoeléctricas.

La viscosidad es, si no la más importante, sí una propiedad fundamental que debe tomarse muy en cuenta en los aceites de lubricación utilizados en las centrales, pues ésta nos indica el grado de resistencia a fluir del aceite con la temperatura, esto quiere decir, qué tanta protección da dicho fluido al equipo, pues debido a esto, se debe tener un control de la temperatura a la que está operando el equipo y así prever fallas en dicha operación. El método estándar de prueba designado por la A.S.T.M. (American Society for Testing Materials) D-88-44, exige el uso de viscosímetros especiales, como el Saybolt ⁽¹⁰⁾ Universal, en donde la lectura obtenida es el tiempo, en segundos, necesario para que pasen 60 cm³ de aceite a una temperatura constante a través de un orificio universal por efecto de la carga de su propio peso. La temperatura estándar usada es de 37.8 °C (100°F).

(10) El viscosímetro de Saybolt se utiliza para propósitos industriales; consta de un tubo capilar corto y se mide el tiempo que tarda n 60 cm³ en fluir por el tubo bajo una cabeza decreciente. El tiempo es medido en segundos. Este aparato mide la viscosidad cinemática del fluido. STREEFER (1999).



CAPÍTULO III. ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LOS PROCESOS TÉCNICOS EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Al redactar los contratos y hacer las pruebas de recepción en las industrias para el uso de distintos aceites lubricantes, se debe consultar el A.S.T.M. D2 sobre productos del petróleo y lubricantes. Esta sociedad contiene métodos estándares para la determinación de cualquier propiedad física. A continuación se presentan algunas pruebas que deben cumplir.

- Agua y sedimentos. Métodos estándares de prueba para agua y sedimentos en los productos del petróleo por medio de la centrifuga, A.S.T.M., D96⁽¹¹⁾
- Sedimentos por extracción. Sedimentos en los aceites lubricantes por extracción. A.S.T.M., D473.
- Agua por destilación. Método estándar de prueba para el agua en los productos de petróleo y sus derivados, A.S.T.M., D95.
- Punto de fluidez. Método estándar de prueba para el residuo de carbón de los productos del petróleo, A.S.T.M., D524⁽¹²⁾.
- Cenizas. Procedimiento para la detección de cenizas descrito en los métodos estándares de análisis de aceites, A.S.T.M., D482. se mezclará muy bien la muestra para asegurarse de que la porción tomada para la determinación de las cenizas representa bien aquélla.
- Destilación. Se hará de acuerdo con el método estándar de prueba para la destilación de gasolina, nafta, keroseno y otros productos similares del petróleo contenido en la A.S.T.M., D86 y D158.

(11) Publicación de la American Society for Testing Materials, (ASTM). PERRY, John H. Registros de 1996.

(12) Publicación de la American Society for Testing Materials, (A.S.T.M.). Registros de 1996.



CAPÍTULO IV. OTRAS ÁREAS DE PARTICIPACIÓN DEL INGENIERO QUÍMICO EN LA INDUSTRIA ELÉCTRICA.

4.1 CONOCIMIENTO EN MATERIA DE PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

Para evitar que el funcionamiento de las centrales termoeléctricas clásicas pueda dañar el entorno natural, estas plantas llevan incorporados una serie de sistemas y elementos que afectan a la estructura de las instalaciones, como es el caso de las torres de enfriamiento.

El agua, en las centrales termoeléctricas, tras ser convertida en vapor y empleada para hacer girar la turbina, es enfriada en unos condensadores para volver posteriormente a los conductos de la caldera. Para efectuar la operación de enfriamiento se emplean las aguas de algún río próximo o del mar, a las cuales se transmite el calor incorporado por el agua de la central que pasa por los condensadores. Si el caudal del río es pequeño, y a fin de evitar la contaminación térmica, las centrales termoeléctricas utilizan sistemas de enfriamiento en circuito cerrado mediante torres de enfriamiento.

En este sistema, el agua caliente que proviene de los condensadores entra en la torre de enfriamiento a una altura determinada. Se produce en la torre un tiro natural ascendente de aire frío de manera continua. El agua, al entrar en la torre, cae por su propio peso y se encuentra en su caída con una serie de rejillas dispuestas de modo que la pulverizan y la convierten en una lluvia muy fina. Las gotas de agua, al encontrar en su caída la corriente de aire frío que asciende por la torre, pierden energía. Por último, el agua así enfriada vuelve a los condensadores por medio de un circuito cerrado y se continua el proceso productivo sin daño alguno para el ambiente.



4.1.1 Control de emisiones a la atmósfera.

Según la reglamentación a seguir en términos de contaminación ambiental, se requiere un control de emisiones a la atmósfera que debe ser implantada en cada industria que utilice combustibles sólidos, líquidos o gaseosos.

La incidencia de centrales termoeléctricas clásicas que utilizan combustibles fósiles (sólidos, líquidos o gaseosos), sobre el ambiente, se produce por la emisión de residuos a la atmósfera (procedentes de la combustión del combustible) y por vía térmica, (calentamiento de las aguas de los ríos por utilización de estas aguas para el enfriamiento en circuito abierto, ya antes mencionado).

Por lo que se refiere al primero de los aspectos citados, esa clase de contaminación ambiental es prácticamente despreciable en el caso de las centrales termoeléctricas de gas y escasa en el caso de las de combustóleo, pero exige, sin embargo, la adopción de importantes medidas en las de carbón. En la combustión del carbón se provoca la emisión al ambiente de partículas y óxidos de azufre. Para impedir que estas emisiones puedan perjudicar al entorno de la planta, dichas centrales poseen chimeneas de gran altura (de más de 300 metros), que dispersan dichas partículas en la atmósfera, minimizando su influencia. Además, poseen filtros electrostáticos o precipitadores que retienen buena parte de las partículas volátiles en el interior de la central. Por lo que se refiere a las centrales de combustóleo, su emisión de partículas sólidas es muy pequeña, y puede ser considerada insignificante. Sólo cabe tener en cuenta la emisión de hollines ácidos (neutralizados mediante la adición de neutralizantes de la acidez), y la de óxidos de azufre (minimizada por medio de sistemas de purificación).

Esta es una tarea de vital importancia para el Ingeniero Químico moderno, pues debido al impacto socioeconómico que ha tenido últimamente el cuidado del ambiente, se han hecho nuevos estudios relacionados con la calidad de aire, en donde constantemente debe verse reflejada la participación del Ingeniero Químico dentro de la Industria, haciendo pruebas analíticas en los laboratorios destinados para ello, es éste caso, dentro de las centrales generadoras de energía eléctrica.



Para ello se necesita tener los conocimientos básicos de Ingeniería Ambiental, lo cual resulta ser parte de su preparación académica.

4.1.2 Cumplimiento a la Legislación Ambiental.

Según el Reglamento de la LGEEPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente) en Materia de Prevención y Control de la Contaminación a la Atmósfera, emitida por el Instituto Nacional de Ecología (INE) en su Artículo 17, indica que los responsables de las fuentes fijas de jurisdicción federal, por las que se emitan olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera estarán obligados a:

- I. Emplear equipos y sistemas que controlen las emisiones a la atmósfera, para que éstas no rebasen los niveles máximos permisibles establecidos en las normas técnicas ecológicas correspondientes;
- II. Integrar un inventario de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, en el formato que determine la Secretaría;
- III. Instalar plataformas y puertos de muestreo;
- IV. Medir sus emisiones contaminantes a la atmósfera, registrar los resultados en el formato que determine la Secretaría y remitir a ésta los registros, cuando así los solicite;
- V. Llevar a cabo el monitoreo perimetral de sus emisiones contaminantes a la atmósfera, cuando la fuente de que se trate se localice en zonas urbanas o suburbanas, cuando colinde con áreas naturales protegidas, y cuando por sus características de operación o por sus materias primas, productos y subproductos, puedan causar grave deterioro a los ecosistemas, a juicio de la Secretaría;
- VI. Llevar una bitácora de operación y mantenimiento de sus equipos de proceso y de control;
- VII. Dar aviso anticipado a la Secretaría del inicio de operación de sus procesos, en el caso de paros programados, y de inmediato en el caso de que éstos sean circunstanciales, si ellos pueden provocar contaminación;
- VIII. Dar aviso inmediato a la Secretaría en el caso de falla del equipo de control, para que ésta determine lo conducente, si la falla puede provocar contaminación.
- IX. Otras que puedan afectar el ambiente según el reglamento.



4.2 SISTEMAS DE CALIDAD.

4.2.1 Administración por Calidad Total.

En 1950, un estadounidense William E. Deming, creó un término para mejorar la calidad en administración en los distintos departamentos y para los sectores público y privado, denominado Administración por Calidad Total, o ACT. Según Deming una organización bien administrada es aquella en la que el control estadístico reduce la variabilidad y da como resultado una calidad uniforme y una cantidad previsible de productos terminados. Deming desarrolló un programa de catorce puntos para transformar las organizaciones.

El programa original de Deming se ha extendido en la actualidad hasta convertirse en la ACT: una filosofía de administración que es impulsada por la mejora continua y que responde a las necesidades y expectativas del cliente. Sin embargo, es importante señalar que el término de cliente en ACT va más allá de la definición tradicional e incluye a cualquiera que interactúa con el producto o servicio de la organización de manera interna o externa. Así, la ACT comprende tanto a empleados y proveedores, como a personas que adquieren los bienes o servicios de la organización. El objetivo es crear una organización comprometida con la mejora continua.

En la actualidad, la principal preocupación para los directivos de cualquier organización es el garantizar la permanencia de la misma en el futuro. En este contexto, la competitividad de una organización debe interpretarse en términos de su capacidad para garantizar las condiciones básicas de sobrevivencia: accionistas interesados en mantener e incrementar su inversión, empleados talentosos y satisfechos, proveedores estables y capaces de suministrar insumos de calidad, un ambiente sostenible, una sociedad orgullosa de contar con la organización para el logro de sus propias metas, e incluso competidores que sirvan de estímulo al mejoramiento continuo y de apoyo ante amenazas mutuas.

Así, el sistema de administración por calidad total sugiere una nueva definición para los términos cliente y competidor. Éste define a un cliente como todo aquel individuo



u organización que a cambio de contribuir con él al logro de sus metas, proporcionará a la empresa, recursos para crear las condiciones básicas de sobrevivencia, (esto significa que son clientes, los accionistas, los empleados, la sociedad, el gobierno). Por otro lado, un competidor es todo aquel individuo u organización que lucha con la empresa, por la conquista de los recursos necesarios para crear las condiciones básicas de sobrevivencia. Así pues, no sólo se compete con organizaciones del mismo giro por los clientes que adquieren los productos o servicios, sino también con otras organizaciones de cualquier giro por el talento y el tiempo de los empleados, el capital de los inversionistas y la capacidad de los proveedores.

Por lo anterior, este tipo de Administración presenta una serie de características que sugieren una calidad total en la Industria. Se mencionan a continuación los perfiles necesarios para implementar un sistema de Administración por Calidad Total en las industrias.

- Integrar la administración por calidad total a las organizaciones en que se desarrolla profesionalmente, a través de tres vertientes: el factor humano, la filosofía de calidad y las herramientas cuantitativas y analíticas de calidad.
- Diagnosticar problemas y situaciones administrativas en que sea factible la aplicación de los procedimientos y herramientas de calidad total.
- Evaluar la situación actual de un organismo específico y el impacto de un proyecto de administración por calidad total, pudiendo decidir la conveniencia del proyecto en las mejores condiciones de tiempo, costo y rentabilidad.
- Resolver la problemática de calidad y productividad de las empresas, a través de la aplicación del modelo de administración por calidad total, definido específicamente para cada empresa, permitiendo lograr los objetivos empresariales.
- Desarrollar e implementar las estrategias basadas en el paradigma de la calidad, que permitan generar ventajas competitivas en las organizaciones mexicanas.
- Innovar y adaptar las tecnologías e investigaciones más recientes, que permitan resolver las distintas necesidades del acontecer organizacional en México.

Es así como el papel del Ingeniero químico en el área administrativa es muy importante, debido a que este sistema de calidad total es relativamente "nuevo", el reto del ingeniero químico será el de actualizarse y basar sus conocimientos en el mejor



aprovechamiento de los recursos humanos y materiales, de esta manera deberá aplicar los conocimientos y herramientas adquiridos en la especialidad para diagnosticar, proponer, implementar y evaluar soluciones que se presenten dentro de su área laboral. Por otro lado, deberá desarrollar programas específicos de calidad total acordes con las problemáticas y necesidades de las organizaciones mexicanas; proponer soluciones integrales a la problemática administrativa de las distintas organizaciones bajo el enfoque de calidad total a partir de estrategias y proyectos relevantes; crear métodos de trabajo acordes con el desarrollo del sector productivo donde se desenvuelven; utilizar la retroalimentación para la mejora continua de los procesos de calidad total en las organizaciones; ejercer el liderazgo en el campo de la administración por calidad total promoviendo el cambio organizacional y la creación de ventajas competitivas a nivel nacional e internacional; profundizar en la aplicación específica de la calidad total en las diversas esferas de su formación profesional; acrecentar su espíritu crítico para analizar y comprender las teorías de mayor vigencia y relevancia en esta área, y finalmente, desempeñarse profesionalmente con una sólida formación científica, tecnológica y humanística de alto nivel que lo convierta en un agente multiplicador del desarrollo de nuestro País.

4.2.2 Sistema de aseguramiento de calidad ISO-9002.

En las industrias se han implementado una serie de sistemas de aseguramiento para el control de la calidad, uno de los sistemas existentes en las centrales generadoras de energía eléctrica es la denominada ISO-9002, la cual forma parte de la serie de normas ISO 9000, aplicadas a la administración de un sistema de calidad y son establecidas por la organización Internacional de Normalización (ISO, por sus siglas en inglés, International Standard Organization).

Para que una empresa mantenga la certificación de ISO-9002, debe demostrar el mantenimiento continuo y efectivo del sistema de calidad de cada industria. Se efectúan auditorías internas por personal de la empresa altamente capacitado y auditorías externas por la compañía certificadora minuciosamente seleccionada. Al obtener la certificación ISO-9002, se compromete la empresa a mantener y mejorar los procesos establecidos e incrementar la eficiencia apoyada por un programa detallado de aplicaciones para



transformarlo en resultados tangibles. Así, la industria que ostente dicha certificación, debe dar la seguridad al cliente de que adquiere productos de alta calidad consistente y el mejor servicio. Este sistema ha sido implementado en la actualidad para mejorar las condiciones en la calidad de los bienes y servicios que una empresa genere, es prácticamente "nuevo" y las empresas están comprometidas a contar con él y renovarlo continuamente de acuerdo a las necesidades que exijan los consumidores.

4.2.3 Sistema de administración ambiental ISO-14001.

Durante 1993 un grupo de compañías multinacionales líderes iniciaron el desarrollo de normas ambientales internacionales bajo el auspicio de la Organización Internacional para la Normalización (ISO) que tiene su sede en Ginebra, Suiza. La idea de las normas internacionales sobre administración ambiental que tan sólo hace 5 años se hubiera visto como algo poco creíble, muestra hoy en día un gran avance hacia su adopción final. Son precisamente las normas ambientales de la serie ISO 14000, como las compañías líderes están respondiendo y preparándose para cambiar la forma y los fundamentos en que sus sistemas de administración abordan los aspectos relacionados con los materiales, el desarrollo de productos, la mercadotecnia, la distribución y la venta de productos y servicios en los países desarrollados.

La ISO estableció el Comité Técnico TC 207 (Technical Committee) para desarrollar las normas de la serie ISO 14000. Los países miembros de la ISO han tenido sus propios comités técnicos a través de los cuales, la industria, la comunidad, la academia, y el gobierno, han proporcionado la información pertinente. Las normas de la serie ISO 14000 son de dos tipos: (1) las normas sobre sistemas de administración, y (2) las normas relacionadas con los productos. Solamente una de las normas proporciona la información para una certificación y es el caso de la ISO 14001 -Sistemas de Administración Ambiental- especificaciones con indicaciones para su uso. El resto son normas guía o de referencia. La norma ISO 14001 sobre "SAA" (Sistema de Administración Ambiental), ofrece un modelo relativamente simple pero que obliga a integrar la administración ambiental con las operaciones de la empresa o negocio, para lograr una mayor productividad en el uso de las materias primas y de los recursos, una



reducción de los residuos y los costos asociados y nuevas formas de agregar valor a los clientes.

El modelo del "SAA" descrito en la norma ISO 14001 se basa en "mejores prácticas" ambientales e introduce el enfoque de "sistemas". La norma sobre el "SAA" no requiere el cumplimiento de un cierto nivel específico de desempeño ambiental. Lo que requiere es que la organización de una empresa, establezca una política escrita con los compromisos de un cumplimiento de las regulaciones, para la prevención de la contaminación y la mejora continua. La Alta Dirección de la organización es requerida para estar directamente comprometida en el establecimiento de la política y en supervisar su implementación.

Esta norma también requiere que la organización identifique en forma sistemática sus aspectos ambientales significativos. Una vez identificados, la organización debe entonces establecer y documentar los objetivos y metas ambientales. Para ello se requiere definir y documentar programas ambientales que permitan llevar a cabo los objetivos y metas establecidos. Cuando los objetivos son alcanzados, la Alta Dirección de la organización es requerida para fijar nuevos objetivos, consistentes con su compromiso hacia la mejora continua.

La norma requiere que la organización documente su "SAA" y cumpla con requerimientos específicos en su implementación tales como capacitación, entrenamiento, comunicación y procedimientos para el control operacional. Finalmente, dicha norma requiere que la organización establezca un sistema formal (auditoría) para verificar que sus operaciones cumplan o estén en conformidad con las normas ISO 14001 y un sistema para corregir y prevenir los no cumplimientos o inconformidades. Las compañías tienen una gran libertad sobre como implementar la norma ISO 14001, ya que se pretende que sea un modelo que trabaje para organizaciones pequeñas, medianas y grandes.



4.2.4 Mantenimiento Productivo Total.

Para mejorar el mantenimiento del equipo, Japón importó de los Estados Unidos de América el concepto de mantenimiento preventivo, hace más de 30 años. Más tarde importó otros términos que incluían; mantenimiento productivo, prevención del mantenimiento e Ingeniería de confiabilidad, entre otros. Lo anterior modificó sustancialmente al ambiente industrial japonés, para formar lo que se conoce como TPM (Mantenimiento Productivo Total), algunas veces definido como mantenimiento productivo implementado por todos los empleados, basado en la mejora del equipo, involucrando a todos en la organización desde los operadores hasta la Alta Dirección.

El mantenimiento preventivo fue introducido en los años 1950's y el mantenimiento productivo se estableció durante los años 1960's. El desarrollo del TPM comenzó en los años 1970's. El tiempo anterior a los 1950's puede ser referido como el período del mantenimiento de las descomposturas. Las principales metas de este sistema de mantenimiento son las siguientes:

1. Maximizar la eficacia del equipo.
2. Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo por toda la vida del equipo.
3. Involucrar a todos los departamentos que planean, diseñan, usan o mantienen equipo en la implementación de TPM.
4. Activamente involucrar a todos los empleados, desde la Alta Dirección hasta los trabajadores de piso.
5. Promover el TPM a través de motivación, con actividades autónomas de pequeños grupos.



Por otra parte, la palabra "total" tiene 3 significados relacionados con 3 características del Mantenimiento Productivo Total (TPM).

- Conseguir la eficiencia económica.
- Establecer un plan de mantenimiento para la vida del equipo, incluyendo prevención del mantenimiento (técnicas de monitoreo para diagnosticar las condiciones del equipo, identificando signos de deterioro y la inminente falla) y mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento autónomo por operadores y actividades de grupos pequeños en cada nivel.

Con este tipo de características que deben cumplirse con dicho sistema de mantenimiento, se lograrán cero caídas en la producción y en los defectos. Cuando esto se ha logrado, el período de operación mejora, los costos son reducidos, el inventario puede ser minimizado, y en consecuencia la productividad se incrementa. Típicamente se requieren 3 años desde la introducción del TPM para obtener resultados satisfactorios. El costo depende del estado inicial del equipo y de la experiencia del personal de mantenimiento. Para introducir TPM en la fábrica, la Alta Dirección debe incorporar el TPM dentro de las políticas básicas de la compañía, y concretar metas, tales como incrementar el período de uso del equipo a más del 80% y reducir las descomposturas en 50%.

4.2.5 Sistemas de calidad 9'S y 5'S+1.

"Las nueve eses".

Los estadounidenses lo llaman "*know how*" (saber cómo) y para los japoneses es una filosofía. El concepto de las "*nueve eses*", está basado en los aspectos de productividad de la industria japonesa.

Esta filosofía está basada en tres áreas: las cosas, las personas y la compañía. Cada una de ellas cuenta con una serie de conceptos como son: clasificación (seiri), organización (seiton), limpieza (seiso) para el área de cosas. Para el área relativa a personas los conceptos van desde bienestar personal (seiketsu) y disciplina (shitsuke)



hasta perseverancia (shikari) y compromiso (shitsukoku). Y por último, los conceptos relativos a la compañía, coordinación (seishoo) y estandarización (seido).

El sistema de las *nueve eses* es un concepto operativo de producción que tiene como objetivo la satisfacción total del cliente. Y aunque en primera instancia parece un tema de calidad total, para varias empresas es un factor de éxito que las ha convertido en un proveedor confiable.

Al igual que las grandes multinacionales, en las centrales generadoras de energía eléctrica, se han dedicado a investigar y desarrollar su propio sistema operativo de producción, el cual es una mezcla de ideas de calidad total e ingeniería financiera adaptados al sistema de producción en México. Al final, lo que se pretende alcanzar, es una mejora efectiva en los estándares de producción y así llegar a ser uno de los países más productivos y competitivos a nivel mundial. Los japoneses buscan con este sistema de calidad, eliminar tres aspectos de la producción: el desperdicio, lo superfluo y los tiempos muertos; para lo cual, la industria en México, trata de imitar y así mejorar la calidad de vida en los centros laborales.

"Las 5'S + 1".

El movimiento de las 5'S es una concepción ligada a la orientación hacia la calidad total que se originó en el Japón bajo la orientación de W. E. Deming hace más de cuarenta años y que está incluida dentro de lo que se conoce como mejoramiento continuo o *gemba kaizen*. Este concepto se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de dar una mayor "calidad de vida" al trabajo.

Las 5'S provienen de términos japoneses, y son parte de la "cultura japonesa":

- **Seiri:** clasificar, organizar, arreglar apropiadamente
- **Seiton:** orden
- **Seiso:** limpieza
- **Seiketsu:** limpieza estandarizada
- **Shitsuke:** disciplina



En español se reconoce a este concepto como "SOLES" debido a los términos asociados a cada letra:

- S: seleccionar
- O: ordenar
- L: limpiar
- E: estandarizar
- S: seguir los estándares

El objetivo central de las 5'S es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo. Es un sistema de calidad aplicable en la Industria, principalmente en México. Este sistema va enfocado a la mejora continua en los centros de trabajo para lograr una mayor calidad de vida y lograr al mismo tiempo, estándares de mejor calidad. A continuación se definen las 5'S.

1. **SEIRI - DESECHAR LO QUE NO SE NECESITA.** Consiste en retirar del área de trabajo todos aquellos elementos que no son necesarios para realizar la labor, ya sea en áreas de producción o en áreas administrativas. De esta manera se consigue un mejor aprovechamiento de dichas áreas y sin necesidad de elementos que sólo obstruyan el trabajo.

2. **SEITON - UN LUGAR PARA CADA COSA Y CADA COSA EN SU LUGAR.** El orden empresarial dentro del concepto de las 5'S se podría definir como: la organización de los elementos necesarios de modo que resulten de fácil uso y acceso, los cuales deberán estar, cada uno, etiquetados para que se encuentren, retiren y devuelvan a su posición, fácilmente por los empleados.

3. **SEISO - LIMPIAR EL SITIO DE TRABAJO Y LOS EQUIPOS Y PREVENIR LA SUCIEDAD Y EL DESORDEN.** Esta disciplina incluye, además de la actividad de limpiar las áreas de trabajo y los equipos, el diseño de aplicaciones que permitan evitar o al menos disminuir la suciedad y hacer más seguros los ambientes de trabajo. Sólo a través de la limpieza se pueden identificar algunas fallas, por ejemplo, si todo está limpio y sin olores extraños es más probable que se detecte tempranamente un principio de incendio por el olor a humo o un malfuncionamiento de un equipo por una fuga de



líquidos o gases. Asimismo, la demarcación de áreas restringidas, de peligro, de evacuación y de acceso generan mayor seguridad y sensación de seguridad entre los empleados.

4. **SEIKETSU** - PRESERVAR ALTOS NIVELES DE ORGANIZACIÓN, ORDEN Y LIMPIEZA. (ESTANDARIZAR). Pretende mantener el estado de limpieza y organización alcanzado con la aplicación de las primeras tres S, el *seiketsu* sólo se obtiene cuando se trabajan continuamente los tres principios anteriores. En esta etapa o fase de aplicación (que debe ser permanente), son los trabajadores quienes adelantan programas y diseñan mecanismos que les permitan beneficiarse a sí mismos. Para generar esta cultura se pueden utilizar diferentes herramientas, una de ellas es la localización de fotografías del sitio de trabajo en condiciones óptimas para que pueda ser visto por todos los empleados y así recordarles que ése es el estado en el que debería permanecer, otra es el desarrollo de unas normas en las cuales se especifique lo que debe hacer cada empleado con respecto a su área de trabajo.

5. **SHITSUKE** - CREAR HÁBITOS BASADOS EN LAS 4'S ANTERIORES, (SEGUIR LOS ESTANDARES). Ella pretende evitar que se rompan los procedimientos ya establecidos. Sólo si se implanta la disciplina y el cumplimiento de las normas y procedimientos ya adoptados se podrá disfrutar de los beneficios que ellos brindan. El *shitsuke* es el canal entre las 5'S y el mejoramiento continuo. *Shitsuke* implica control periódico, visitas sorpresa, autocontrol de los empleados, respeto por sí mismo y por los demás y mejor calidad de vida laboral.

El término "+1", sugiere la calidad personal, esto quiere decir, que es complementario a las 5'S anteriores. pues se requiere que la persona que labora en la industria, tenga la firme convicción de poner en práctica el sistema de calidad y a su vez, se empeñe siempre a hacer sus labores de la mejor manera posible, y así lograr que su trabajo sea de calidad.

En la actualidad, es difícil aplicar este conjunto de disciplinas que proyectan una mejora continua, esto es debido a que las industrias cuentan con una serie de preceptos que obstaculizan la implementación de dicho sistema de calidad, entre algunos de ellos está el problema de que la maquinaria no puede parar, pues la presión por cumplir con cronogramas y tiempos de entrega hace que no se tomen las precauciones necesarias



en el mantenimiento de la maquinaria. Otro factor importante radica en que la limpieza de los equipos y áreas laborales es una pérdida de tiempo y recursos. Algunos empleadores creen que el hecho de que los propios empleados mantengan aseada y segura su área de trabajo representa una pérdida de tiempo y por lo tanto de recursos. Pero sin duda, el factor más importante y predominante es el de la costumbre. Cuando las personas tienen ciertos hábitos de trabajo, los cuales han durado años, es difícil crearles una cultura laboral "nueva", pues muchas de las veces han hecho sus tareas en medio de ambientes no sólo sucios y desordenados sino inseguros y creen que no hay necesidad de aplicar las 5'S.

Sin embargo, cabe señalar la importancia que tiene la implementación de este sistema de calidad, pues con él se logra la eliminación de desperdicios y permite mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que generan las estrategias de las 5'S son:

- Mayores niveles de seguridad que ayudan a tener una mayor motivación de los empleados en sus labores.
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos.
- Mayor calidad.
- Tiempos de respuesta más cortos.
- Aumenta la vida útil de los equipos.
- Genera cultura organizacional.
- Acerca a la compañía a la implantación de modelos de calidad total y aseguramiento de la calidad.
- Permite la aplicación de las normas ISO.



4.3 ADMINISTRACIÓN DE RECURSOS HUMANOS Y MATERIALES.

Se puede definir a los recursos humanos como al *"conjunto de personas que componen una organización"*. Por consiguiente, la importancia del papel de los gerentes es relacionarse con el manejo de recursos humanos, para lo cual, deben procurar hacer todo lo necesario para que las personas en la organización pongan lo mejor de su parte al realizar sus tareas y así alcanzar los objetivos comunes y cumplir con las metas de la organización. El recurso humano es la parte más importante de la organización y se requiere apoyar al personal y trazar estrategias e innovaciones que ellos deben poner en práctica. Así, se establece que: *"los recursos materiales hacen las cosas posibles, las personas las convierten en realidades"*.

Para lograr resultados favorables en la productividad, se deben de tomar en cuenta los recursos humanos, pues se lograrán afianzar las ventajas competitivas de dicha organización y así contribuir al logro de los propósitos. Es por eso que el papel que desempeña un administrador de recursos humanos resulta ser muy serio y vital, pues en él radica el mejoramiento de las organizaciones.

Una organización mejorada suele verse reflejada en la sociedad que la rodea. El hecho está en la utilización de manera más eficaz y eficiente de los recursos disponibles y en especial del recurso humano. La suma de eficacia y eficiencia dará lugar a mejores niveles de productividad.

Cuando se utiliza el término *Recurso Humano* se está catalogando a la persona como un instrumento, sin tomar en consideración que éste es el capital principal, el cual posee habilidades y características que le dan vida, movimiento y acción a toda organización, muchos administradores han cambiado este término por el de *Talento Humano*, pues en la administración cada persona es un fenómeno sujeto a la influencia de muchas variables, entre ellas las diferencias en cuanto a aptitudes y patrones de comportamientos que son muy diversas. Si las organizaciones se componen de personas, el estudio de las mismas constituye el elemento básico para estudiar a las organizaciones, y particularmente la *Administración del Talento Humano*, el cual se define como *"La*



disciplina que persigue la satisfacción de objetivos organizacionales contando para ello con una estructura organizacional a través del esfuerzo humano coordinado".

Por lo anterior, se sabe que en la administración de cualquier departamento, se requiere de una serie de recursos, éstos son elementos que, administrados correctamente, le permitirán o le facilitarán alcanzar sus objetivos. Existen tres tipos de recursos:

- **TALENTO HUMANO:** Es el recurso más importante dentro de cualquier empresa. No sólo el esfuerzo o la actividad humana quedan comprendidos en este grupo, sino también otros factores que dan diversas modalidades a esa actividad: conocimientos, experiencias, motivación, intereses vocacionales, aptitudes, actitudes, habilidades, potencialidades y salud, entre otros.
- **RECURSOS MATERIALES Y TÉCNICOS:** Aquí quedan comprendidos las instalaciones físicas, la maquinaria, los muebles y las materias primas, mientras que en los *recursos técnicos* se listan los sistemas, procedimientos, organigramas e instructivos.
- **RECURSOS FINANCIEROS:** Éste comprende el dinero para la adquisición de maquinaria, muebles y materias primas entre otros, dicho de otra forma, sirve para obtener los *recursos materiales*.

Es por tal razón, que la importancia de contar con estos tres recursos, antes mencionados y saberlos administrar, se logrará el desarrollo satisfactorio de las actividades, con un trabajo oportuno, eficaz, transparente y economizando insumos y servicios requeridos en las áreas sustantivas de la Alta Dirección. Así como la conservación de las instalaciones en estado óptimo de funcionamiento. Entendiendo la función administrativa como un todo, que deberá atender tanto a la normatividad vigente como a las necesidades cambiantes del entorno.

Uno de los factores que darán forma a la filosofía personal de cada empleado será la de la Alta Dirección de la empresa para la cual trabaje. Aunque la filosofía de la Alta Dirección puede o no ser explícita, generalmente se comunica por medio de sus acciones y se extiende a todos los niveles y áreas en la organización.



Una filosofía administrativa es la de Douglas MacGregor, quien clasificó a los empleados conforme a dos tipos de teorías: la *Teoría X* y *Teoría Y*. Afirma que las suposiciones de la Teoría X sostienen que:

- 1.- El ser humano promedio tiene un rechazo inherente hacia el trabajo y lo evitará si puede.
- 2.- Debido a esta característica humana de rechazo al trabajo, la mayoría de las personas deben ser obligadas, controladas, dirigidas y amenazadas con castigos a fin de lograr que realicen un esfuerzo adecuado.
- 3.- El ser humano promedio prefiere ser dirigido y desea evitar responsabilidades.

En el otro extremo, las acciones de algunos gerentes reflejan un conjunto de suposiciones de la Teoría Y, las cuales sostienen que:

- 1.- El ser humano promedio no rechaza inherentemente el trabajo.
- 2.- El control externo y la amenaza de castigos no son los únicos medios para lograr que se realice un esfuerzo hacia los objetivos de la organización.
- 3.- Los empleados estarán más motivados al satisfacer sus necesidades de orden superior en cuanto al logro, estima y autorrealización.
- 4.- El ser humano promedio aprende, en condiciones apropiadas, no sólo a aceptar sino también a buscar responsabilidades.
- 5.- La capacidad de ejercer un grado relativamente alto de imaginación, ingenio y creatividad en la solución de problemas organizacionales están continuamente distribuidas en la población y no al contrario.

Rensis Likert, por otra parte, afirma que suposiciones como éstas, se manifiestan a sí mismas en dos sistemas básicos de organizaciones a las que califica como *Sistema I* y *Sistema IV*. En las organizaciones del *Sistema I* señala que la gerencia es considerada como desconfiada hacia los subordinados; las decisiones y fijación de metas de la organización se realizan en la Alta Dirección; los subordinados se ven forzados a trabajar con temor, amenazas y castigos; el control está muy concentrado en la Alta Dirección.

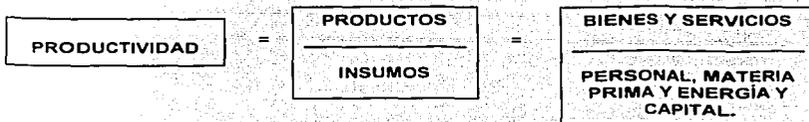
El *Sistema IV*, es una organización basada en suposiciones del tipo de la Teoría Y. En él se plantean las siguientes cuestiones: La gerencia tiene confianza absoluta en los



subordinados; la toma de decisiones está generalmente descentralizada; los trabajadores se sienten motivados por su participación e influencia en la toma de decisiones; existe una amplia y amistosa interacción entre superiores y subordinados; la responsabilidad para el control está muy difundida y los niveles más bajos tienen una participación importante. Dicho de otra forma, el Sistema I es el denominado como autocrático, mientras que el Sistema IV se enfoca a ser participativo.

La productividad aumenta cuando intervienen factores como los productos que hace la organización y los que necesita para funcionar (personal, materia prima y energía y capital). La forma de mejorar la productividad radica en que se utilicen menos recursos para lograr los resultados deseados. Al trabajar de esta manera, los administradores reducirán los gastos, ahorrarán los recursos escasos y aumentarán las utilidades y por ende los trabajadores se verán más beneficiados en sus compensaciones, prestaciones y condiciones laborales. Asimismo, los empleados se verán motivados a lograr incrementos en su productividad. Como se puede apreciar en el siguiente diagrama de bloques, la importancia en la productividad estará dada tanto por los recursos materiales como los humanos.

Diagrama 4.1 Importancia de los recursos materiales y humanos con la productividad.



Por todo lo anteriormente descrito, cabe señalar que la importancia del Ingeniero Químico como administrador, radica en saber manejar correctamente los recursos materiales y humanos; para ello deberá conocer las necesidades demandantes en su ambiente de trabajo, así como las que requieren sus subordinados. Aquí, nuevamente se aprecia la versatilidad de trabajo en cuanto al campo laboral que demanda al Ingeniero Químico y sus aplicaciones.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Durante este trabajo se planteó la participación del Ingeniero Químico dentro de la Industria Eléctrica, sector de vital importancia en la actualidad y de amplia participación en la economía de México. Al generar energía eléctrica, en las centrales destinadas para ello, se sigue un proceso determinado según sea el tipo de planta: termoeléctrica, hidroeléctrica, nucleoelectrica o geotérmica; dicho proceso involucra una serie de métodos o etapas que deben realizarse para lograr la generación de energía eléctrica, servicio que es demandado a diario por millones de personas y que es indispensable para la realización de tareas fundamentales del Estado. Sin duda, la falta de este suministro causaría graves problemas, no sólo en la aportación que da a la economía nacional, sino también, en el desarrollo tecnológico del país, pues muchas empresas e industrias paraestatales y extranjeras, dependen directamente del suministro de energía eléctrica, concesión exclusiva del Estado por medio de su Comisión Federal de Electricidad (CFE) y la Compañía de Luz y Fuerza del Centro (CLyFC). Actualmente el sector eléctrico participa con el 1.5% del Producto Interno Bruto y según cifras del INEGI en el año 2000, el Estado le destinó alrededor de un 18% de la inversión pública federal.

Debido a que el desarrollo industrial de México no ha sido satisfactorio para generar más fuentes de empleo, el Ingeniero Químico se ha visto obligado a trabajar en todo tipo de actividades, tal es el caso de administradores de empresas, funcionarios públicos, directores de escuelas, supervisores de procesos, entre otros. Así, la industria eléctrica no ha sido la excepción, pues en ella se encuentran Ingenieros Químicos laborando, no solamente en los procesos técnicos involucrados en la generación de energía eléctrica, sino también, en puestos administrativos, de capacitación de personal, y normatividad.

En esta tesis se describe en forma técnica el proceso que va involucrado a las plantas de generación de energía eléctrica, más ampliamente, se planteó el papel que desempeña el Ingeniero Químico dentro de las áreas de interés en el proceso de generación de energía eléctrica, tomando en cuenta los conocimientos que el mismo ha adquirido a lo largo de su preparación académica y los que va adquiriendo en este campo.



Tomando en cuenta todo lo anterior, se considera a la carrera de Ingeniería Química, como una de las carreras más versátiles dentro del campo laboral, pues al ser capaz de aplicar conocimientos básicos, el Ingeniero Químico, puede abordar problemas técnicos reales y plantear soluciones alternativas de acuerdo a sus capacidades y habilidades, así como también, sabe que constantemente surgen áreas nuevas, en las cuales deberá actualizarse, pues son áreas de oportunidad futura y en las que cada vez más, se demanda personal altamente capacitado.

Por otra parte, México necesita fomentar su desarrollo industrial y aumentar su economía nacional, para ello se requiere impulsar la creación de empresas, las cuales generen empleos. El Ingeniero Químico deberá asumir la responsabilidad y poner en marcha sus capacidades como innovador para emprender proyectos y así, ser dueños de su propia empresa y ayudar a fortalecer la economía de México, teniendo un espíritu de superación, interés en el desarrollo del país y haciendo su trabajo con calidad para ser más productivo y competitivo. Así como basar su filosofía de producción en un sentido ético de honestidad y responsabilidad.

Debe tomarse en cuenta que los países industrializados, siguiendo siempre el desarrollo tecnológico, se han empeñado en implementar sistemas de calidad en los centros laborales para lograr una mayor productividad en las empresas.

De tal manera, es recomendable que el Ingeniero Químico en México acepte el reto para adaptarse a los cambios tecnológicos y adoptar filosofías de productividad y calidad para lograr mayor eficiencia en sus centros de trabajo, colocando a México a la par de estos países altamente industrializados. Se necesitan profesionistas honestos, trabajadores y responsables de las tareas a las que estén asignados, dicho de otra manera, se requieren *profesionistas de calidad*.



BIBLIOGRAFÍA.

1. Boyd, N. & Morrison R. T.
Química Orgánica.
Fondo Educativo Latinoamericano. E.U.A., 1976.
2. Field, Barry C.
Economía Ambiental, una introducción.
McGraw-Hill. Colombia, 1995.
3. Germain, L. et-al.
Tratamiento de las aguas.
Ediciones Omega, S.A. 1994
4. Kepner, Charles H. & Tregoe, Benjamin B.
El directivo racional.
McGraw-Hill. México, 1989.
5. Lapeña, Rigolo M.
Tratamiento de aguas industriales: Agua de proceso y residuales.
Marcombo Boixareu Editores, Barcelona.
6. Maron, Samuel H. & Prutton, Carl F.
Fundamentos de Fisicoquímica.
Ed. Limusa. México, 1984.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



7. Metcalf & Hedi.
Ingeniería de aguas residuales. Tratamiento, vertido y reutilización.
McGraw-Hill. México, 1996.
8. Perry, Robert (comp).
Manual del Ingeniero Químico.
5ª edición. McGraw-Hill. México 1982.
9. Potapov, V. M. & Tatarínchik, S. N.
Química Orgánica.
Editorial MIR, Moscú, 1979.
10. Streffer, Victor L. & Wylie E. Benjamin.
Mecánica de Fluidos.
McGraw-Hill, Colombia 1999; 9ª edición.
11. Terry, George R.
Principios de Administración.
Editorial Continental S.A. de C.V. México, 1981.
12. The Merck Index, an Encyclopedia of Chemicals and Drugs.
Merck & Co., Inc. 9ª edición U.S.A., 1976.
13. Weber, J. W. Jr.
Control de la calidad del agua. Procesos fisicoquímicos.
Ed. Reverté, S.A. España.



Revistas:

14. Dr. Serment, V. Cabrera. Energía Nuclear. La U-1 de Laguna Verde. Ingeniería Civil. No. 282, octubre-1992, p. 12-14.
15. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Censos económicos 1999, XV Censo Industrial; Industria Eléctrica. México, 2001.
16. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Anuario 2000 del sector energético. México, 2001.
17. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). Agenda 2000 de la Industria Eléctrica en México.
18. Rugarcía, Armando. Los retos en la formación de ingenieros químicos Educación Química, Vol. 11[3], julio-septiembre 2000, p. 319-329

Páginas Web:

<http://www.adamtchno.com/>
<http://www.astm.org>
<http://www.cfe.gob.mx>
<http://www.cicese.mx/>
<http://www.cna.gob.mx/>
<http://www.datapac.com.mx/iso9002.htm>
http://www.depi_itc.edu.mx/
<http://www.econext.com.mx/>
<http://www.escasto.ipn.mx/>
<http://www.gcia.com.mx>
<http://www.gestiopolis.com/>
<http://www.gestiopolis.com/>



<http://www.idegis.org/>
<http://www.iie.org.mx/>
<http://www.imiq.org/imiq/>
<http://www.ine.gob.mx/>
<http://www.inegi.gob.mx>
<http://www.ingenierias.net/>
<http://www.invdes.com.mx/>
<http://www.iqademexico.com.mx>
<http://www.itam.mx/>
<http://www.japac.gob.mx/>
<http://www.kurita.com.mx/>
<http://www.morelosweb.com/>
<http://www.polytek.com.ar/>
<http://www.proton.ucling.udg.mx/>
<http://www.qualityfilters.com.mx/>
<http://www.sedesol.gob.mx/>
<http://www.semarnat.gob.mx>
<http://www.sequia.edu.mx/>
<http://www.southlink.com.ar/>
<http://www.udem.edu.mx/>
<http://www.uninet.mtv.itesm.mx/>