

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE
NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST GRADO



DETERMINACION Y ANALISIS DE AHORRO DE
ENERGIA EN INDUSTRIA DEL ALCALI, S. A. DE C. V.

P O R

Ing. Adolfo Omaña Garza

TESIS

PRESENTACION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA

MONTERREY, N. L. JUNIO 1999

TM

TK4035

.F3

O4

c.1

05/99

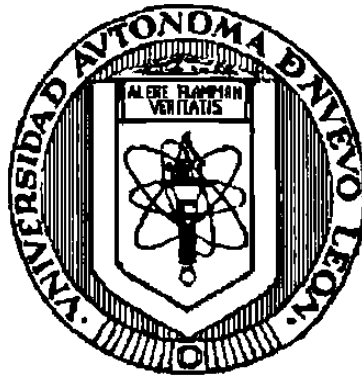


1080093324

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



DETERMINACION Y ANALISIS DE AHORRO DE ENERGIA EN INDUSTRIA DEL ALCALI S.A. DE C.V.

POR

ING. ADOLFO OMAÑA GARZA

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA

MONTERREY, N.L. JUNIO 1999

TM
TK4035

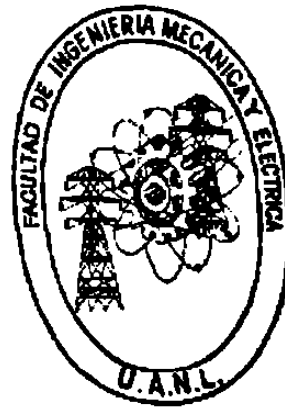
• FB
04
c-1



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**DETERMINACION Y ANALISIS DE AHORRO DE ENERGIA
EN INDUSTRIA DEL ALCALI S.A. DE C.V.**

POR

ING. ADOLFO OMAÑA GARZA

TESIS

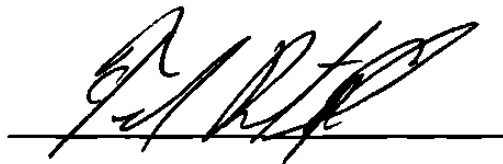
**EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERIA ELECTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

MONTERREY, N.L. JUNIO 1999

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.
SUBDIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis "Determinación y Análisis de Areas de Oportunidad de Ahorro de Energía Eléctrica en Industria del Alkali S.A. de C.V. ", realizada por el alumno Ing. Adolfo Omaña Garza, matrícula 237633 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con especialidad en Potencia.

El comité de tesis



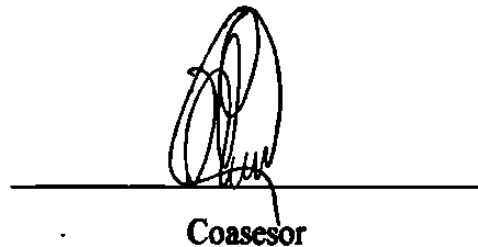
Asesor

Dr. Fernando Manuel Betancourt Ramirez



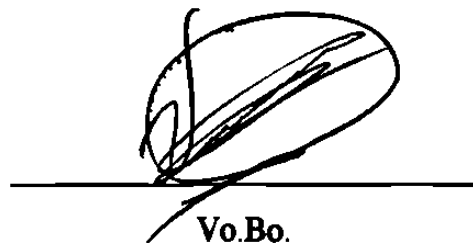
Coasesor

M.C. Evelio González Flores



Coasesor

M.C. Felix González Estrada



Vo.Bo.

M.C. Roberto Villarreal Garza

División de Estudios de Post-grado

San Nicolás de los Garza, N.L. a 26 de Mayo de 1999

DEDICATORIAS

A Mi Esposa:

María Eufemia por su ayuda, comprensión y su apoyo total. Por su cariño y amor brindados desde que nos conocimos.

A Mis Hijos:

María Rebeca y Adolfo que me alientan a seguir superándome. y representan el gran amor que les tengo.

A Mis Padres:

Adolfo Omaña del Castillo y María de Lourdes Garza de Omaña por su apoyo y amor. Gracias a ellos logre la realización de mis estudios.

A Mis Hermanas:

María Lourdes, María Concepción y Liliana, de quienes he recibido su apoyo desde mi infancia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Industria del Alkali, S.A. de C.V: por su apoyo para la realización de mis estudios de post-grado y el presente trabajo.

Agradezco a mis compañeros de Industria del Alkali, S.A. de C.V. sin cuyo conocimiento no hubiese sido posible la conclusión del presente trabajo.

Agradezco a mis amigos Ing. José Luis Vasquez, Sr. Antonio Mozqueda y Ing. Federico Medina por su apoyo y ayuda para la realización de mi tesis.

Agradezco al Dr. Fernando Manuel Betancourt Ramírez por transmitir sus conocimientos a lo largo de mis estudios de posgrado.

Agradezco a mi jefe el Ing. Armando Rivera Lira por su apoyo para la realización de este trabajo.

Agradezco a mis maestros y compañeros de clase por la transmisión de sus conocimientos.

PROLOGO

La energía eléctrica es fundamental para la calidad de vida moderna, alimenta la actividad humana y hace funcionar nuestras industrias. La energía ayuda a mantener una forma de vida. El nivel de vida que disfrutamos se debe en gran parte a la energía eléctrica.

En los países desarrollados, el consumo eléctrico a permanecido constante, pero en los países en vías de desarrollo el consumo ha aumentado y sigue con una tendencia hacia la alza.

La demanda mundial de energía ha aumentado al tiempo que hemos tomado conciencia de que su utilización constituye una amenaza para el medio ambiente. La combustión de carbón y petróleo producen lluvia ácida, que perjudica lagos, bosques, y cosechas. Los productos de la fisión nuclear producen residuos radioactivos de vida larga.

Pero nosotros podemos cambiar el relato. Los avances tecnológicos y los estudios de ahorro de energía pueden rebajar considerablemente la cantidad de energía necesaria para proporcionar un determinado nivel de bienestar y servicio, mitigando al mismo tiempo los problemas derivados del consumo eléctrico.

Ing. Adolfo Omaña Garza

SINTESIS

El ahorro de energía no puede llevarse a cabo si no se conoce como y donde se esta utilizando, para lograr la eficiencia en su consumo. En la mayoría de los casos, el establecimiento de este punto de partida requiere de una inspección y de un análisis energético detallado de los consumos y perdidas de energía, por eso es importante conocer algunas herramientas técnicas de los equipos que se manejan, para aprovechar al máximo la eficiencia de estos. Los herramientas técnicas tratados en esta tesis son:

- ◆ Tarifas Eléctricas
- ◆ Motores Eléctricos
- ◆ Bombas Rotatorias y Centrifugas
- ◆ Variadores de Velocidad

En las tarifas eléctricas se destaca todos los puntos de una factura y como se interpreta, también se ve los tipos de estas, factor de potencia, los periodos manejados para las diferentes regiones así como la medición de la demanda, con esto identificas algunas medidas para evaluar consumos de energía eléctrica.

Los motores eléctricos representan en muchas ocasiones el punto de partida para la elaboración de un proyecto de ahorro de energía, por que son ampliamente utilizados y es primordial conocer algunas características de funcionamiento.

Las bombas representan una de las mayores ahorros de las empresas, por ser la ultima etapa de un proceso, y por cada kilowatt ahorrado se

ahorran 6 kilowatt de combustible en la generación de energía, con eso se contribuye a la preservación del medio ambiente.

Los variadores de velocidad en la actualidad son muy utilizados, pero si no se evalúa su utilización como ahorrador de energía podría ser un gasto inútil.

Los temas siguientes tratados en el presente trabajo tratan de una descripción del proceso sus datos históricos (consumos y producción), análisis de la red eléctrica, así como indicadores para determinación de ahorro de energía, posteriormente su análisis y desarrollo.

Industria del Alkali S.A. de C.V. es una empresa que esta certificada con ISO 14000 por eso se preocupa por cuidar el medio ambiente. Por cada kw-hora ahorrado se evitan los siguientes contaminantes:

- NO_x 1.22 gramos en carbón
- NO_x 0.82 gramos en petróleo
- SO₂ 3.41 gramos en carbón
- SO₂ 1.60 gramos en petróleo
- CO₂ 263.1 gramos en carbón
- CO₂ 214.8 gramos en petróleo
- CH₂ 0.00268 gramos en carbón
- CH₂ 0.00195 gramos en petróleo

La eficiencia energética ahorra mas dinero y con mayor rapidez que cualquier otra medida para reducir la contaminación. La eficiencia energética puede ser la mejor manera en costo – beneficio para incrementar la productividad y la calidad.

INDICE

Prologo

Síntesis

Capítulo

Página

1.	Introducción	
1.1	Presentación.....	1
1.2	Objetivo.....	1
1.3	Justificación.....	2
1.4	Planteamiento del problema.....	2
1.5	Metodología.....	2
1.6	Tesis contra bibliografía.....	3
2.	Tarifas eléctricas	
2.1	Introducción a las tarifas eléctricas.....	4
2.2	Tipos de tarifas.....	4
2.3	Tipos de periodos.....	5
2.4	Factor de carga	7
2.5	Control de demanda.....	7
2.6	Factor de potencia.....	8
2.7	Facturación.....	10
3.	Motores eléctricos	
3.1	Introducción a los motores eléctricos.....	13
3.2	Tipo de motores.....	13
3.3	Aplicación de los motores.....	14
3.4	Eficiencia.....	14
4.	Variadores de velocidad	

4.1	Introducción.....	18
4.2	Ventajas de los variadores de velocidad.....	19
4.3	Características.....	19
4.3.1	El rectificador.....	20
4.3.2	Circuito intermedio.....	21
4.3.3	Inversor.....	21
4.4	Eficiencia.....	22
5.	Bombas	
5.1	Introducción bombas.....	25
5.2	Tipo de bombas.....	25
5.3	Características.....	26
5.3.1	Bombas rotatorias.....	26
5.3.2	Bombas centrifugas.....	27
5.4	Curvas de bombas.....	27
5.5	Eficiencia.....	30
6.	Estado actual	
6.1	Descripción del sistema eléctrico.....	32
6.2	Descripción del proceso.....	35
6.2.1	Planta carbonatos.....	35
6.2.2	Planta de sal.....	35
6.2.3	Planta CaCl 38%.....	36
6.2.4	Planta CaCl 94%.....	36
6.2.5	Planta bicarbonato de sodio grado alimenticio USP.....	36
6.3	Datos históricos. de energía. eléctrica.....	37
6.4	Datos históricos de producción.....	38

7.	Análisis de oportunidades	
7.1	Introducción.....	39
7.2	Recopilación de información.....	39
7.3	Inventario de cargas.....	39
7.4	Análisis.....	42
7.4.1	Desde el punto de vista perdida y energía aprovechable.....	42
7.4.2	Contribución de cargas individuales al consumo global.....	43
8.	Desarrollo	
8.1	Desconexión de un transformador de subestación.....	44
8.1.1	Generalidades.....	44
8.1.2	Acción a realizar.....	44
8.1.3	Cálculos y resultados.....	45
8.2	Integración de cargas en tarifa H-SL.....	46
8.2.1	Antecedentes.....	46
8.2.2	Propuesta.....	47
8.2.3	Ahorros logrables.....	48
8.3	Manejo de cargas durante horario punta para disminución de demanda.....	50
8.3.1	Comentarios básicos.....	50
8.3.2	Propuesta.....	51
8.3.3	Análisis de demanda y resultados.....	52
8.4	Uso optimo de bombas de vacío en filtros rotatorios de planta carbonato.....	53
8.4.1	Antecedentes bombas de vacío.....	53

8.4.2 Propuesta.....	54
8.4.3 Cálculos.....	54
8.5 Optimización de generador eléctrico para evitar desperdicios de vapor.....	56
8.5.1 Comentarios básicos.....	56
8.5.2 Acción sugerida.....	59
8.6 Optimización de centrifuga con variador de velocidad	61
8.6.1 Antecedentes centrifugas.....	61
8.6.2 Propuesta.....	63
8.6.3 Cálculos y resultados.....	64
9. Conclusiones y recomendaciones.....	66
Bibliografía.....	68
Lista de tablas.....	70
Lista de figuras.....	71
Apéndices A Facturas CFE.....	73
Apéndices B Gráficas demanda y consumo.....	76
Glosario.....	80
Resumen autobiográfico.....	82

1. INTRODUCCION

1.1 PRESENTACION

Industria del Alkali S.A. de C.V. es una empresa del grupo Vitro, que pertenece al negocio de Industrias Diversas. La planta se encuentra ubicada en el municipio de García N.L. cercano al área metropolitana de la ciudad de Monterrey, donde a partir de la extracción de cloruro de sodio (sal) del subsuelo, se obtiene carbonato de sodio ligero, carbonato de sodio denso, bicarbonato de sodio, sal comercial, cloruro de calcio al 38 %, cloruro de calcio al 94 %, sal de cloruro de calcio, así como la venta directa de salmuera cruda. La producción industrial del carbonato de sodio ha contribuido al gran desarrollo de las empresas que lo utilizan como materia prima en la industria vidriera, metalúrgica y química en general.

Industria del Alkali ha contribuido al desarrollo de México y es la primera y única en el país en producir carbonato de sodio por el proceso Solvay también conocido como proceso de soda amoniacada.

1.2 OBJETIVO

Durante los últimos años la industria y el sector comercial han visto como la energía ha pasado ha representar un capítulo importante en la estructura de costos. Debido al incremento de los precios se han tenido que afrontar retos para disminuir los costos por energía eléctrica, y al mismo tiempo la reducción de contaminación.

El propósito de este trabajo es identificar las diferentes áreas así como su análisis, con el fin de optimizar el consumo de energía eléctrica en Industria del Alkali S.A. de C.V.

1.3 JUSTIFICACION

La eficiencia energética empleada adecuadamente en grandes empresas no solo reduce sus gastos por energía y que al mismo tiempo se previene la contaminación, sino que se obtiene una mejora en la productividad.

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Industria del Alkali S.A. de C.V. se preocupa por el cuidado del medio ambiente, y como prueba esta que fue la primer empresa en el estado que se certifico en ISO 14000. Detectar areas de oportunidad e implementarlas de una empresa grande como Alkali, ayuda en parte a la calidad del medio ambiente.

1.5 METODOLOGIA

La primera parte para establecer un estudio de ahorro de energía es estudiar y actualizar la base teórica básica que se necesita saber.

- ◆ Tarifas eléctricas
- ◆ Motores eléctricos y bombas
- ◆ Variadores de velocidad

La segunda etapa es estudiar y conocer el entorno donde se va hacer el estudio.

- ◆ Proceso (reconocimiento de planta)
- ◆ Sistema eléctrico

La tercera etapa es establecer indicadores eléctricos sacando el numero de motores transformadores y cargas en general.

La cuarta etapa es establecer puntos donde puede ser representativo el ahorro, estudiando, desde la subestacion hasta la última carga.

La quinta etapa es estudiar las áreas elegidas, involucrando al personal necesario para el estudio y efectuando mediciones eléctricas. Evaluar el ahorro en cada una de ellas estableciendo en cuanto tiempo se paga, si requiere inversión.

La última etapa es sacar conclusiones y hacer recomendaciones.

1.6 TESIS CONTRA BIBLIOGRAFIA

Tarifas eléctricas, motores eléctricos, bombas y variadores de velocidad son herramientas técnicas aterrizadas a Industria del Alkali S.A. de C.V. y son parte de la investigación de ahorro de energía.

El desarrollo de la otra parte de la tesis solo se utilizan datos de algunos manuales y libros para la elaboración del proyecto.

2. TARIFAS ELECTRICAS

2.1 INTRODUCCION A TARIFAS ELECTRICAS

Actualmente México cuenta con una capacidad eléctrica instalada de 25 millones de kilowatts, con lo cual atiende una demanda de 100 mil millones de kilowatts-hora por año, generada por 15 millones de usuarios, con un alto crecimiento en la industria manufacturera.

Del 100% de la energía producida, el sector industrial consume 56%, el sector domestico 22%, los servicios públicos y comerciales 16%, y la agricultura 7%. Con el alto crecimiento de la industria, la CFE requiere instalar nuevas plantas productoras de energía eléctrica, por lo que la industria empezó a invertir en cogeneración.

2.2 TIPOS DE TARIFAS

En México existen varios tipos de tarifas pero lo importante en cada tarifa es la demanda máxima, energía consumida y factor de potencia.

La estructura actual de las tarifas de energía eléctricas se basan en los costos de suministro a los usuarios, por lo cual se toman en cuenta las diferentes regiones, estaciones del año, horario de consumo, niveles de tensión de suministro y demanda.

Los niveles de tensión de suministro están de acuerdo a la capacidad de carga que manejan.

- ◆ Baja tensión: es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a 1.0 kV.
- ◆ Media tensión: es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a 1.0 kV, pero menores o iguales a 34.5 kV.

- ◆ **Alta tensión:** es el servicio que se suministra a niveles de tensión mayores a 34.5.0 kV, pero menores a 230 kV.
- ◆ **Extra alta tensión:** es el servicio que se suministra a niveles de tensión mayores a 230 kV hasta 400 kV.

CLASIFICACION		
TARIFA	DENOMINACION	CONDICIONES DE SUMINISTRO
1A,B,C, D,E	Residencial	Baja tensión sin límite de carga
2	Servicios generales	Baja tensión y hasta 25 kw
3	Servicios generales	Baja tensión y cargas mayores a 25 kw
5 y 5-A	Alumbrado publico	Alta o baja tensión sin límite de carga
6	Bombeo de aguas	Media o baja tensión sin límite de carga
7	Servicio temporal	Baja tensión sin límite de carga
9	Bombeo de agua riego agrícola	Media o baja tensión sin límite de carga
12,12A	General	Media tensión y cargas para 66 kw o superiores
OM	Ordinaria media tensión	Media tensión y cargas mayores a 20 kw y menores de 1000 kw
HM		Media tensión y cargas igual o mayor a 1000 kw
HS		Alta tensión nivel S de 35 a 220 kv.
HT		Alta tensión nivel T de 220 kv. o mas
H-SL		Alta tensión nivel S de 35 a 220 kv.
H-TL		Alta tensión nivel T de 220 kv. o mas
I-30		Alta tensión nivel S y T cargas iguales o mayores a 20,000 kw

TABLA 2.1 CLASIFICACION DE TARIFAS ELECTRICAS

2.3 TIPOS DE PERIODOS

Los periodos horario son punta, intermedia, y base, los cuales funcionan de acuerdo a la estación del año, región, y tarifa eléctrica.

PERIODO PUNTA: Es el tiempo comprendido entre las horas de mayor consumo eléctrico y de mayor costo, regularmente anda entre las 16:00 a las 22:00 horas dependiendo de la región y la estación del mes.

PERIODO INTERMEDIO: Esta tarifa se introdujo con la finalidad de reducir el periodo punta. y su tiempo cambia de acuerdo a la estación y región.

PERIODO BASE: Es el tiempo comprendido entre las horas de menos consumo eléctrico y menor costo, regularmente anda entre las 0:00 a las 6:00 horas dependiendo de estación y región.

PERIODOS HORARIOS: Son las estaciones que comprenden entre abril o mayo hasta el sábado anterior al último domingo de octubre y el último domingo de octubre hasta abril o mayo para las diferentes tarifas, pero en la regiones central, noroeste, norte y sur en la tarifa H-S y HS-L hay cuatro periodos que comprenden del primero de febrero al sábado anterior al primer domingo de abril, del primer domingo de abril al 31 de julio, del primero de agosto al sábado anterior al último domingo de octubre y del último domingo de octubre al 31 de enero.

Las regiones se muestran en el siguiente mapa.

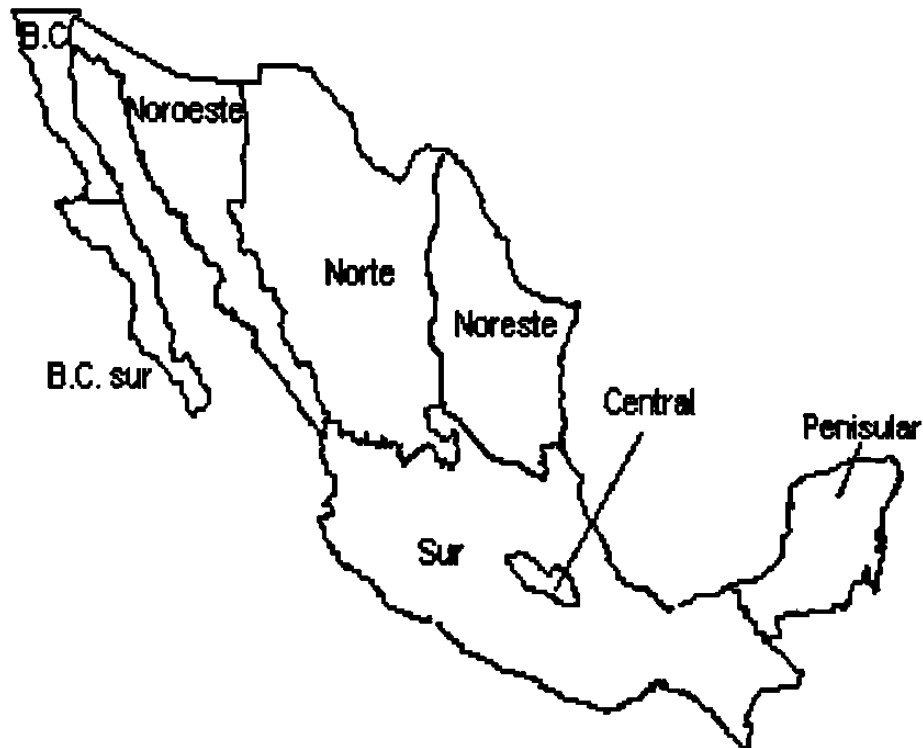


FIGURA 2.1 Regionalización tarifaria

2.4 FACTOR DE CARGA

Esta es la relación que existen entre la carga promedio y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima, durante las 24 horas diariamente, se dice que esta operando al 100 % de su carga o de su factor de carga. En esa forma se logran las tarifas mas bajas por kilowatt-hora.

2.5 CONTROL DE DEMANDA

La compañía suministradora tiene que surtir energía eléctrica las 24 horas los 365 días del año, por tal motivo, la central eléctrica debe tener a su disposición todo el equipo necesario para poder sostener esta carga sin interrupción.

Pero la central, no da servicio a unas cuantas fabricas, sino que tiene que suministrar algunos cientos de miles de fábricas, de manera, que está obligado a mantener disponible en todo tiempo una vasta reserva de energía.

El costo para el sostenimiento de estos servicios, que exigen un máximo de esfuerzo, se les carga a los usuarios como demanda máxima. La demanda máxima medida en kilowatts se determina mensualmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media durante cualquier intervalos de 15 minutos rolado a 5 minutos en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Entre más alta sea la demanda de energía en un momento dado por un periodo de 15 minutos, mas alto será su cargo. Entre más uniforme se reparta la energía eléctrica en una planta, más bajo será el cargo por demanda.

El control de demanda automático debe ser considerado cuando la demanda es muy variable y su control sea factible debido a la existencia de cargas controlables.

El primer paso en la aplicación de control de demanda automático, es establecer el límite de demanda. El cual, está basado en las lecturas actuales de demanda o un análisis de la máxima.

Al analizar las curvas de demanda podrá determinarse cuando ocurren las demandas máximas y entonces se está en disponibilidad de adoptar las medidas adecuadas.

El segundo paso consiste en identificar las cargas controlables, las cuales pueden ser desenergizadas para obtener el límite deseado.

Para poder reducir y controlar su demanda, los usuarios deben reorganizar sus operaciones según el proceso se lo permita, para distribuir su demanda fuera de las horas pico; o bien limitar en forma automática la demanda mediante algún sistema controlado. En ambos casos el primer paso consiste en hacer un análisis que permita conocer las características de la demanda durante un periodo dado. En este análisis se debe considerar los siguientes factores:

- ◆ Factor de carga.
- ◆ Valor y duración de los picos de demanda.
- ◆ Horario de los picos de demanda.
- ◆ Causa de los picos de demanda.

2.6 FACTOR DE POTENCIA

El factor de potencia se expresa como la relación entre la corriente productora de potencia y la corriente total de circuito.

$$\text{Factor de potencia} = kV$$

$$kW = kVA * FP$$

Las facturas de consumo de energía se basan en las mediciones de la demanda y consumo de energía activa, de la fórmula anterior se desprende que para enviar cierta cantidad de potencia a un consumidor, la central tendrá que transmitir una corriente mayor hacia un sistema que tenga un factor de potencia bajo, que hacia otro cuyo factor de potencia sea mas alto. El valor de la corriente adicional no es registrada por el wathhorímetro del consumidor y por lo tanto

representa una pérdida para la compañía suministradora. Esta condición exige la instalación de cables mas gruesos y en algunos casos cambio de transformadores, generadores y otros equipos donde la capacidad lo exige.

En algunos casos la compañía suministradora requiere invertir, para mantener la demanda de carga de factor de potencia bajo. La compañía eléctrica ha introducido una cláusula donde se ofrece una reducción en las cuotas de consumo para cargas con factor de potencia de 90 % o más, con esta medida el usuario procurará estar más cerca al 100 % del factor de potencia.

Los cargos y bonificaciones relacionados con el factor de potencia de acuerdo a la compañía suministradora son que abajo de 90 % de factor de potencia se hará un cargo según fórmula.

Fórmula de recargo:

$$3 / 5 \times ([90 / FP] - 1) \times 100 \quad \text{Para un factor de potencia} < 90 \%$$

CARGO POR BAJO FACTOR DE POTENCIA

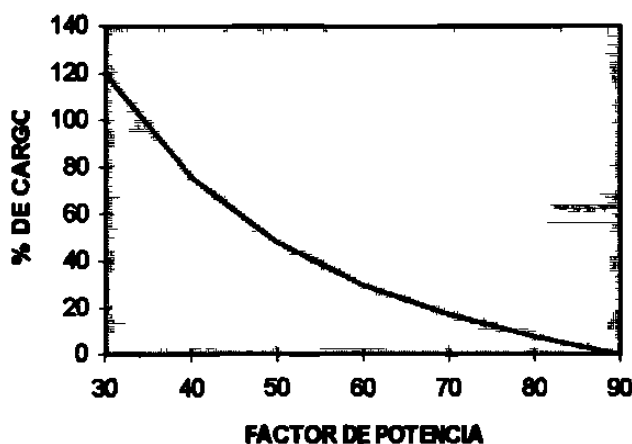


FIGURA 2.2

Cuando se tiene un factor de potencia mayor a 90 % el suministrador de energía eléctrica tiene la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según fórmula.

Fórmula de bonificación:

$1 / 4 \times (1 - [90 / FP]) \times 100$ Para un factor de potencia > 90 %

BONIFICACION POR ALTO FACTOR DE POTENCIA

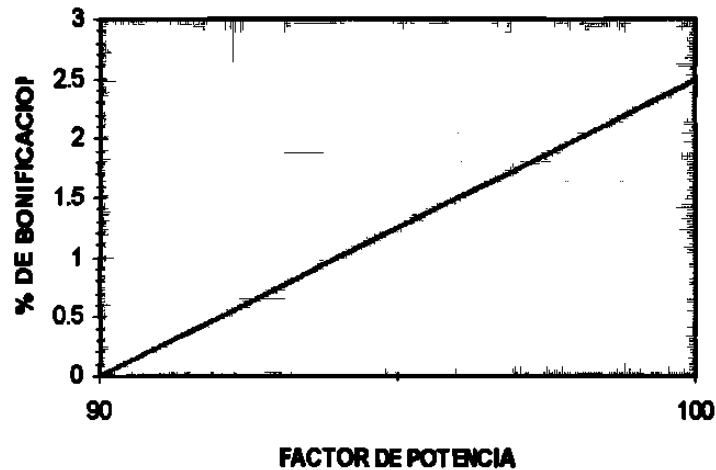


FIGURA 2.3

2.7 FACTURACION

La compañía suministradora de energía (CFE) emite un recibo por mes, donde desglosa los consumos eléctricos que fueron medidos con sus aparatos para la tarifa contratada en los diferentes períodos. Dentro de los desgloses está la demanda máxima, factor de carga, factor de potencia, y consumos por período, en el anexo A se ilustra un recibo que a continuación describimos.

En la parte superior del recibo se especifica el mes de facturación, el tipo de tarifa, en este caso H-SL, la región, la demanda contratada y la carga conectada.

La demanda contratada la fija inicialmente el usuario, su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, solo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

La compañía suministradora tiene equipos de medición en la subestaciones de la industria a facturar en la cual mide los kw de energía totalizada consumida la

que representa en diferentes horarios y tienen diferentes cuotas por período. Otra medición que hace la compañía suministradora es el factor de potencia, el cual puede causar un cargo o un reembolso dependiendo donde se encuentre. La última medición que hacen es la demanda máxima, la que registra los valores máximos en los diferentes períodos.

El cargo tarifario para la demanda máxima medida mensualmente, tomando en cuenta el periodo en que ocurre, en forma de potencia reducida ,ésto es, sobre una demanda facturable definida como:

$$DF = DP + FRI \times (DI - DP) + FRB \times (DB - DP)$$

Donde DP, DI, y DB son las demandas máximas medidas en los periodos de punta intermedia y de base, respectivamente, y FRI y FRB son factores de reducción.

El factor de carga que se representa en porciento es el consumo por periodo promedio entre la demanda máxima del mismo período:

$$\text{Consumo promedio} = \text{Consumo eléctrico total} / \text{numero de horas por mes.}$$

$$FC = (\text{consumo promedio} / \text{demanda máxima}) \times 100$$

El consumo eléctrico total en kw, es lo que se consumió de energía eléctrica en el mes facturado, y si se divide entre el número de horas totales, da el consumo promedio el cual al dividirse entre la demanda máxima medida por período y multiplicarse por 100 da el factor de carga en porciento.

En la gráfica 3 se observa el costo unitario de la energía eléctrica contra el factor de carga del cual se concluye que entre más alto se tenga el factor de carga menor es el costo de la energía, ya que la operación es mas estable.

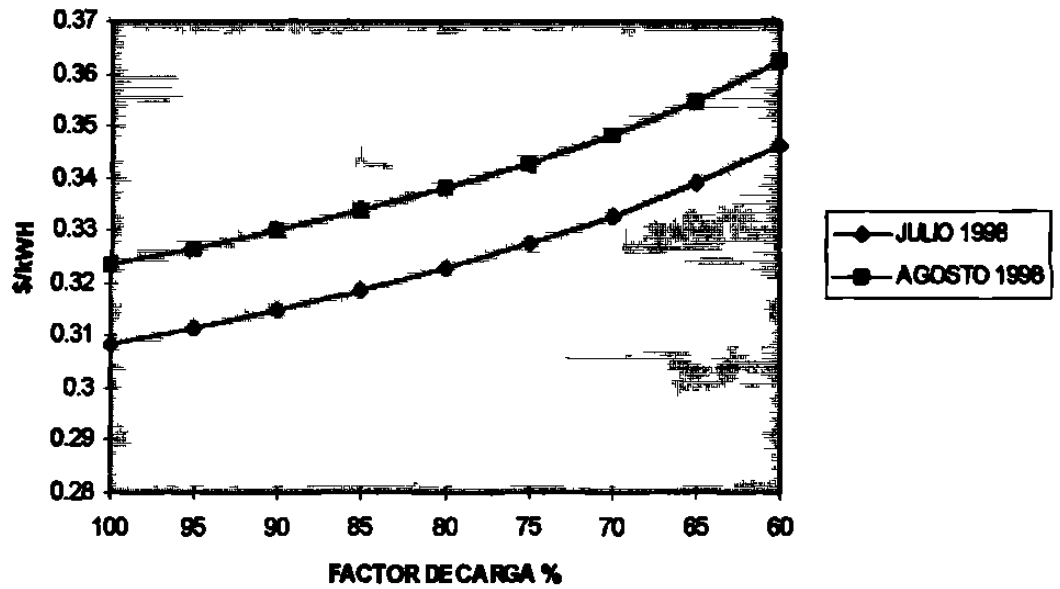
COSTO UNITARIO vs FACTOR DE CARGA

FIGURA 2.4

Observando la factura, la información que te dá es muy útil, y es importante sacarle el máximo provecho.

3. MOTORES ELECTRICOS

3.1 INTRODUCCION A LOS MOTORES ELECTRICOS

Los motores eléctricos son aparatos convertidores de energía, esto es, que transforman la energía eléctrica recibida de la red de distribución, en energía mecánica en la flecha del motor.

Estudios realizados, señalan que alrededor del 70% del consumo de energía generada se debe al funcionamiento de los motores, por lo tanto, los motores mueven los accionamientos industriales, por lo que la operación y conservación de los motores en la industria, representan una oportunidad de ahorro de energía, que se traduce en reducción de costos y una mayor competitividad.

El ahorro de energía comienza desde la selección apropiada de los motores. Siempre hay uno adecuado a las características que se tienen, tanto en lo que respecta a su tipo, por condiciones ambientales de operación, por condiciones de arranque o regulación de velocidad, así como por su tamaño o potencia. Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el motor y su carga operan a su máxima eficiencia.

En este estudio nos abocaremos más a los motores de inducción que son los que Industria del Alkali tiene.

3.2 TIPO DE MOTORES

El primer motor construido fué en 1833 y era de corriente directa (DC), el primer motor de corriente alterna (AC) fué construido en 1899 y era más simple y robusto que el de (DC).

El motor de corriente alterna (AC) convierte energía eléctrica en energía mecánica por el principio de inducción electromagnética que consiste en: si un

conductor es movido a través de un campo magnético, un voltaje es inducido; y si el conductor es parte de un circuito cerrado, también se inducirá una corriente. Si en el motor se utiliza el principio en modo contrario es un generador.

Los motores se dividen en dos tipos: los de inducción y síncronos, en los motores de inducción el campo magnético y el rotor corren a diferente velocidad y en el síncrono corren a la misma velocidad.

3.3 APLICACION DE LOS MOTORES

Los motores son ampliamente utilizados debido a su gran diversidad de aplicaciones, principalmente en los sectores comercial e industrial. Entre algunas de sus aplicaciones se anotan las siguientes: bombas, ventiladores, compresores, máquinas y herramientas, herramientas manuales, equipo de refrigeración y aire acondicionado, elevadores, bandas transportadoras y muchas otras. Como puede verse, son equipos muy comunes y conocidos, su principio de funcionamiento y operación son también ampliamente conocidos. Sin embargo, es muy importante conocer las características particulares de funcionamiento para su uso adecuado y aprovechar al máximo la energía consumida para su funcionamiento.

3.4 EFICIENCIA EN MOTORES ELECTRICOS

La eficiencia o rendimiento de un motor eléctrico es una medida de su habilidad para convertir la potencia eléctrica que toma de la línea en potencia mecánica útil.

$$\eta = P_{\text{salida}} / P_{\text{entrada}}$$

$$\eta = \sqrt{3} V_L I_L \cos\alpha - \Sigma \text{perdidas} / \sqrt{3} V_L I_L \cos\alpha$$

El valor depende del tamaño de motor y es típico que ande entre 0.7 y 0.9.

Las pérdidas del motor consisten en:

Pérdidas de cobre, el cual es el resultado de la resistencia ohmica en el estator y rotor.

Pérdidas de hierro, la cual consiste en pérdidas de histerisis y corriente de eddy. La pérdidas por histerisis ocurren cuando el hierro es magnetizado por una corriente alterna.

Pérdidas por ventilación, la cual consiste en la resistencia al aire del abanico del motor.

Pérdidas por fricción, la cual consiste en pérdidas en las chumaceras del rotor por rozamiento.

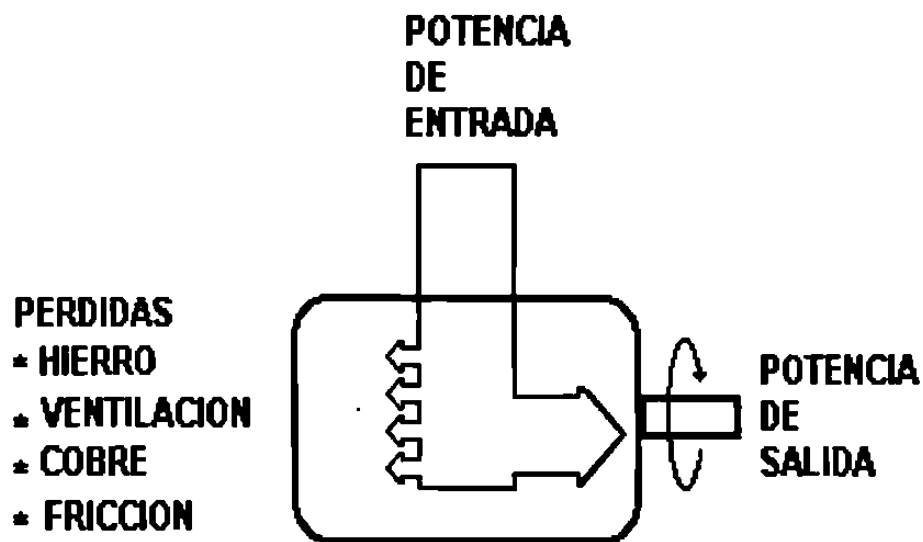


FIGURA 3.1 Pérdidas en el motor

Muchas plantas operan a sus motores con factores de carga de menos del 65 %. Por ejemplo, la carga normal de un bomba es 80 hp con un requerimiento pico de 106 hp. En esta situación se usa un motor de 125 hp totalmente cerrado con enfriamiento de abanico, por lo tanto un motor de 100 hp con un factor de servicio de 1.15 y este motor puede aceptar cargas pico de 115 hp. Lo interesante de esto es que el motor de 125 hp al operar a 80 hp de carga tiene una eficiencia de 91.3%, y el motor de 100 hp con la carga de 80 hp tiene una eficiencia de 92.3% esto da un punto porcentual de ahorro en pérdidas.

Una curva típica de eficiencia para un motor de 40 HP y 1800 rpm es mostrado en la figura 3.2 e indica lo siguiente: la eficiencia a plena carga es

89.5%; la eficiencia al 80% de la carga es 89.8%; y la eficiencia al 65% de la carga es 88.5%. La mayoría de los motores son diseñados para que trabajen al 75-80% de su carga.

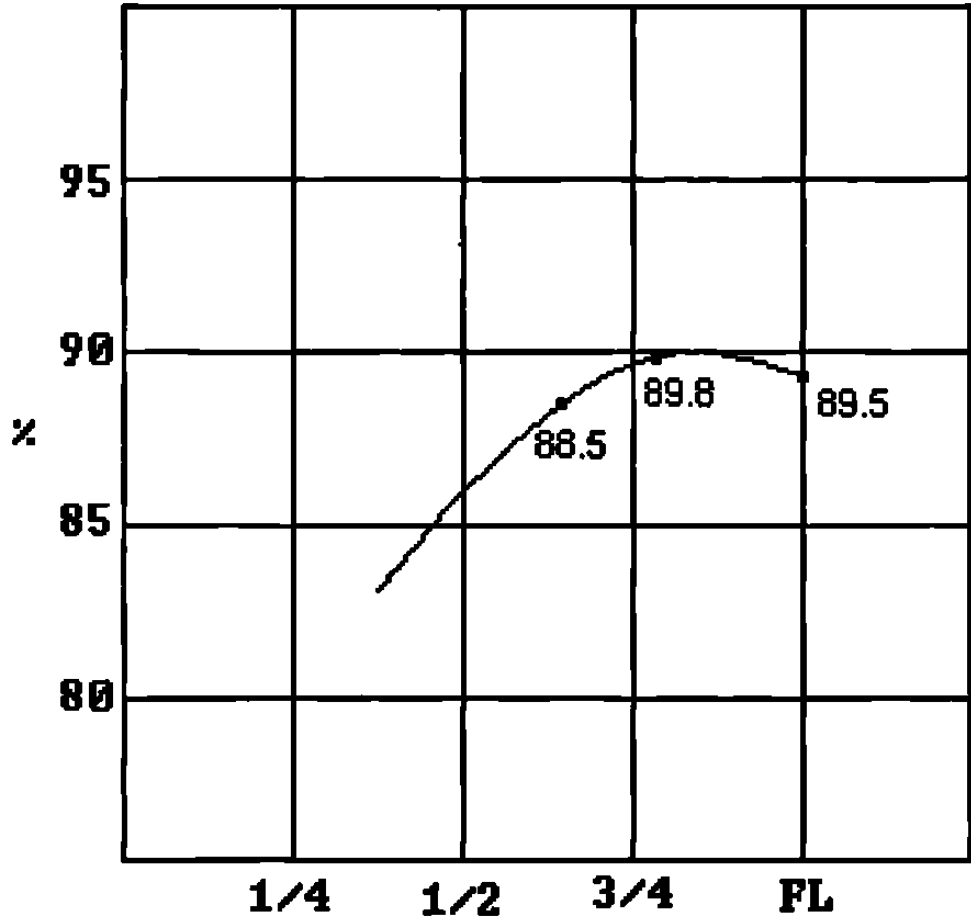


FIGURA 3.2 Curva de eficiencia de motor 40HP

En la tabla 3.1 se muestra la eficiencia de los motores estándar de 3 hasta 200 Hp para diferentes cargas y en la tabla 3.2 se muestra la eficiencia de motores de alta eficiencia para la misma capacidad y carga.

EFICIENCIAS COMPARATIVAS POR CARGAS - MOTORES ESTANDAR		
HP	65% DE CARGA	80% DE CARGA
200	92.1	--
150	91.5	92.5
125	91.3	92.4
100	91.3	92.3
75	90.0	91.7
60	89.2	91.0
50	89.0	90.6
40	88.5	89.8
30	88.5	89.8
25	87.6	89.1
20	87.5	88.5
15	85.6	87.0
10	84.7	85.8
7.5	83.0	84.2
5	80.7	82.1
3	75.0	77.8

TABLA 3.1

EFICIENCIAS COMPARATIVAS POR CARGAS - MOTORES ALTA EFICIENCIA		
HP	65% DE CARGA	80% DE CARGA
200	93.1	--
150	93.1	94.1
125	92.0	93.1
100	92.0	93.1
75	91.0	92.7
60	90.7	92.5
50	90.7	92.5
40	90.4	91.7
30	90.4	91.7
25	89.6	91.1
20	89.6	91.1
15	88.6	90.0
10	88.5	90.0
7.5	87.0	88.3
5	84.5	86.3
3	83.0	86.2

TABLA 3.2

4. VARIADORES DE VELOCIDAD

4.1 INTRODUCCION A LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

Los variadores de velocidad o frecuencia, conocidos también como AFD (The Adjustable Frequency Drive) se han desarrollado desde el primero, que fue sacado al mercado al final de los 60's. Hoy en día los semiconductores y los microprocesadores han mejorado substancialmente los variadores de velocidad.

La utilización de variadores de velocidad electrónicos, en el control de velocidad de un motor de corriente alterna AC: es cada vez más común en la industria. Actualmente la tendencia sobre el ahorro de energía esta llegando a todo tipo de sectores, principalmente al sector industrial, son varias las formas y los medios y una de ellas es los variadores de velocidad.

Un variador de velocidad es una unidad electrónica de control de velocidad de un motor de corriente alterna (AC), el principio de operación es que la señal de voltaje y frecuencia de la fuente es convertida en valores variables de frecuencia y voltaje.

El principio de operación de el variador depende de la fórmula de velocidad de los motores. Considerando que en dicha formula el número de polos y la frecuencia son fijos, entonces al instalarle un variador de velocidad genera una señal de frecuencia variable. La cual va ha producir velocidad variable en el motor eléctrico de inducción.

$$n = f \times 60 / p$$

donde:

n = velocidad del motor en RPM

f = frecuencia de fuente en Hz

p = número de polos del motor

Los motores de inducción son elementos muy importantes de la producción, por eso es importante encontrar el método óptimo del control de velocidad de un motor.

4.2 VENTAJAS DE LOS VARIADORES DE VELOCIDAD

Tradicionalmente cuando se requería controlar la velocidad de un motor se utilizaba un motor de corriente directa (DC) y un sistema que permitiera el control de velocidad para este tipo de motores, este tipo de control de velocidad para motores de corriente directa (DC), no es sofisticado, sin embargo, actualmente el mantenimiento a los motores de corriente directa (DC), resulta más costosa que los de corriente alterna (AC).

Los variadores de velocidad controlan muchos motores de corriente alterna (AC) que son usados en muchos tipos de plantas automatizadas, y aparte de optimizar los procesos los variadores de velocidad nos dan las siguientes ventajas:

Ahorro de energía

El ahorro de energía en la velocidad de los motores es continuo porque dependen de la demanda; un buen ejemplo de esto puede ser en bombas y ventiladores, donde el consumo de potencia se reduce al cubo de la velocidad.

Mejoras en el proceso

Los variadores de velocidad son usados en procesos de producción, donde requieren un control, que a su vez incrementa la producción, reduce el consumo de materiales y reduce rechazos en muchos casos.

Menor mantenimiento

Los variadores de velocidad no requieren mucho mantenimiento.

4.3 CARACTERISTICAS

Los variadores de frecuencia pueden ser divididos en 4 etapas.

1.- El rectificador trifásico, que convierte la fuente de voltaje de corriente alterna (AC) en corriente directa (DC).

- 2.- El circuito intermedio, convierte el voltaje de directa (DC) en un valor de corriente de directa (DC).
- 3.- El inversor controla la frecuencia del voltaje del motor, otro tipo convierte el voltaje de directa DC en una variable de voltaje de alterna AC.
- 4.- La electrónica del controlador puede transmitir señales al rectificador, circuito intermedio y el inversor, dependiendo de la configuración que se le de.

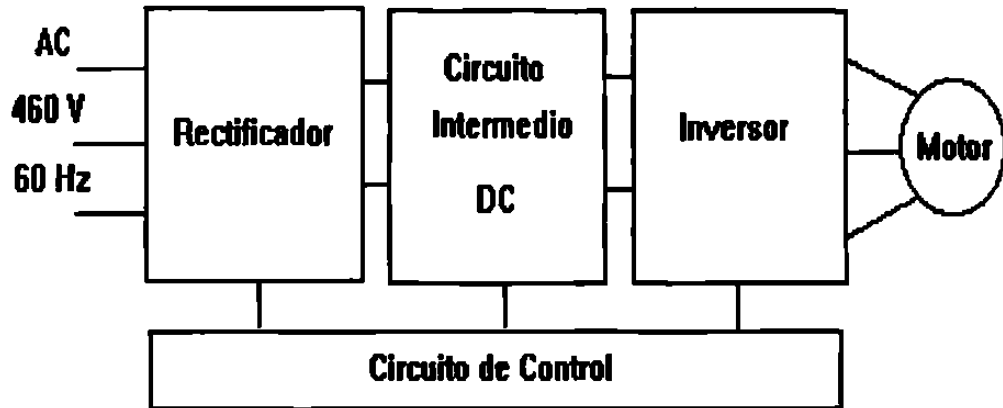


FIGURA 4.1 Diagrama esquemático del variador

4.3.1 EL RECTIFICADOR

El suministro de voltaje de un variador de frecuencia es de 3 fases, 460 Volts, 60 Hz. La frecuencia de 60 Hz quiere decir que la onda senoidal cruza el 0 Volts 120 veces o realiza 60 ciclos en un segundo, que a su vez es 16.66 milisegundos en un periodo o un ciclo.

La etapa de rectificación es como cualquier fuente de corriente directa (DC), un puente de diodos trifásico como el de la figura 4.2, en algunos casos se usan tristores o combinación de tristores y diodos. Un diodo permite el paso de la corriente en una sola dirección desde ánodo a cátodo, si un cambio de sentido de corriente sucede el diodo se cierra, y no deja pasar el flujo de corriente.

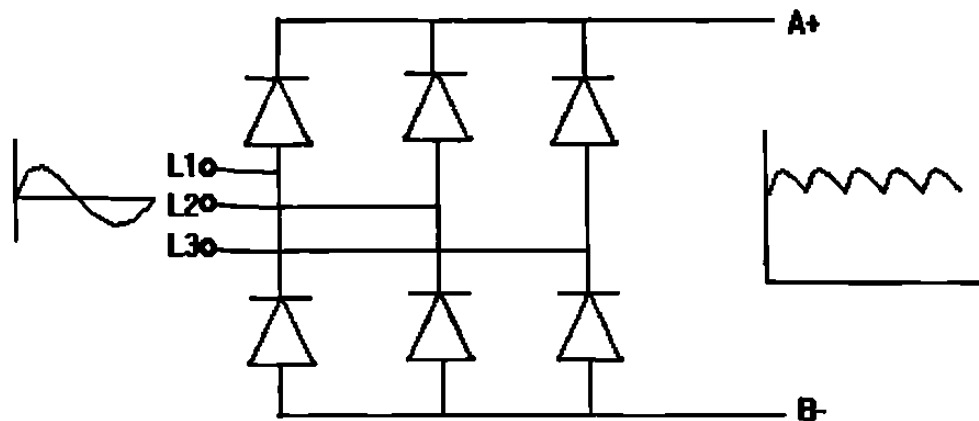


FIGURA 4.2 Señales de entrada y salida de el rectificador

La salida del puente rectificador compuesto por diodos, es una salida con rizados pulsantes, por esa razón se usan los tristores que tienen el mismo funcionamiento del diodo; pero la diferencia, es que éste solo conduce la corriente de ánodo a cátodo cuando una tercer terminal, llamada compuerta (gate), recibe una señal eléctrica y solo conduce hasta que pase por cero volts.

4.3.2 CIRCUITO INTERMEDIO

El circuito intermedio llamado Bus consiste de una bobina, y un capacitor, la bobina convierte el voltaje de directa del rectificador a una variable de corriente directa. En esta parte del variador se coloca el chopper, el cual solo se usa en algunas aplicaciones. El chopper es un interruptor electrónico que al detectar que el motor es desenergizado para pararse y el sistema tiene mucha inercia (el motor se convierte en generador) el interruptor actúa y desvía la energía para que la absorba la línea. En algunos casos es necesario un banco de resistencias.

4.3.3 INVERSOR

El inversor es el último módulo del variador antes del motor, el diseño de los inversores varía pero el principio es el mismo. Originalmente los inversores usaban tristores para convertir el voltaje de directa en pulsos de alta frecuencia,

que simulan una onda senoidal de corriente alterna (AC), después fueron los transistores bipolares (darlington) pero tenían la desventaja de consumir alta corriente, poco después salieron los IGBT que son una combinación de transistores bipolares y MOS-FET, los IGBT son los más usados (ver figura 4.3) y sus ventajas son: el consumo de potencia es bajo y la buena conductividad. Después están los MOS-FET que tienen la característica de manejar un alta frecuencia de interrupciones.

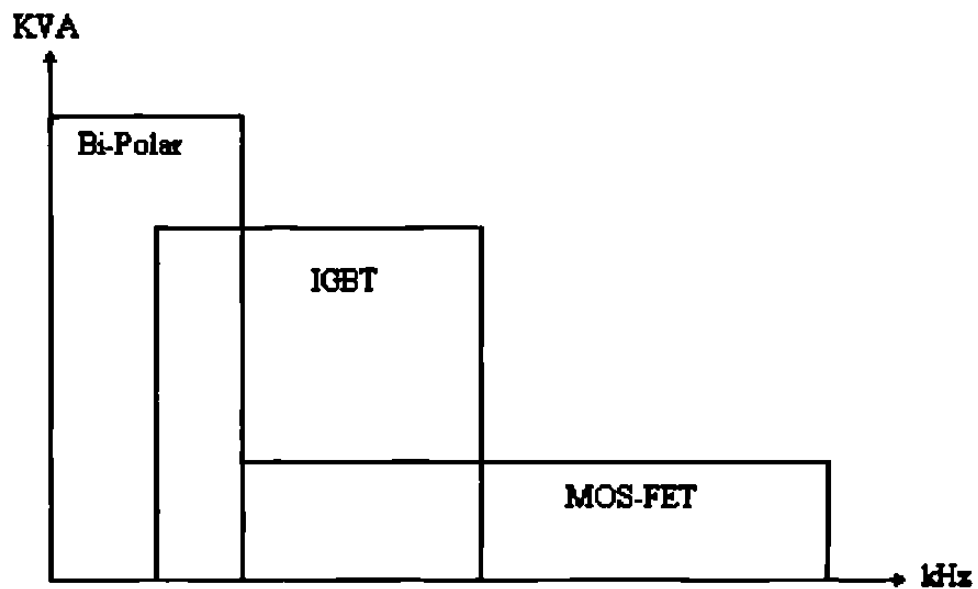


FIGURA 4.3 Rangos de potencia y frecuencia de los transistores de potencia

El inversor varía la amplitud y frecuencia de voltaje de salida por pulsaciones de los módulos de potencia (transistores de potencia) que generan una onda cuadrada a alta frecuencia la cual simula una onda senoidal. Esto genera algunos problemas como armónicos y calentamiento de los motores pero esto es un tema muy amplio que no se va tratar.

4.4 EFICIENCIA

El uso de energía eléctrica para mover máquinas involucra pérdidas en la etapa de generación, transmisión, distribución, transformación en energía mecánica y aprovechamiento final de ésta. De todas ellas, en la primera y en la

última etapa, es donde se tienen las pérdidas más cuantiosas y por lo tanto, es en ellas donde existe el mayor potencial de ahorro. En lo que se refiere al aprovechamiento final de la energía; esto es, a los dispositivos que aprovechan la energía mecánica en la flecha del motor eléctrico y en particular a las máquinas rotativas tales como bombas, compresores, ventiladores y sopladores, el uso de variadores de velocidad electrónicos representan una excelente alternativa para disminuir pérdidas de energía.

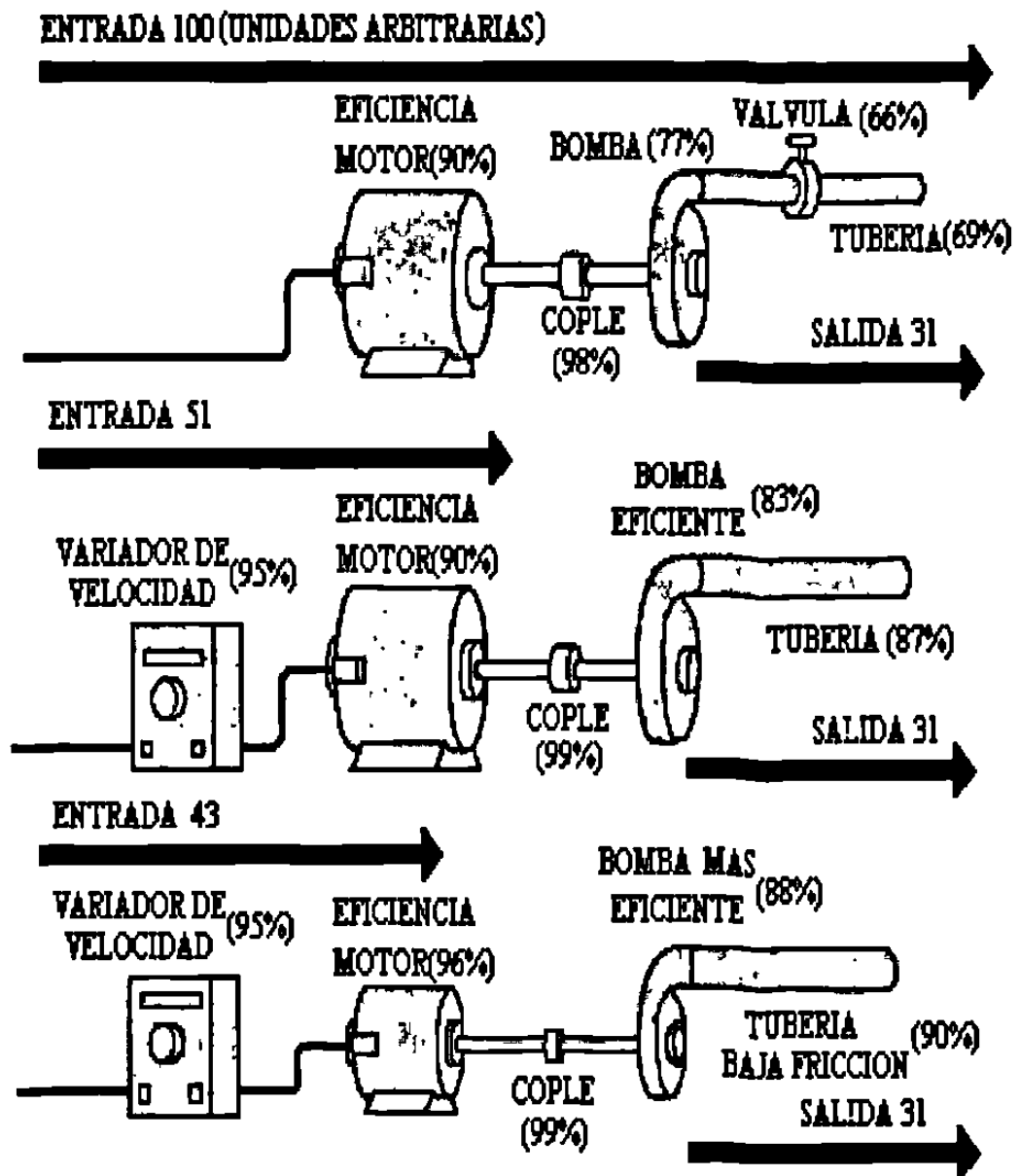


FIGURA 4.4 Comportamiento bomba, motor y variador de velocidad

La eficiencia de un sistema motor bomba que cuenta con válvula de modulación para el flujo, puedes llegar a tener pérdidas de 60 a 70% de energía. En la figura 4.3 se puede observar como la energía se comporta con diferentes arreglos, si tu logras bajar el consumo de energía entre un 30 a 70% el sistema se paga en uno o dos años en algunos casos en menos incluyendo costos de mantenimiento.

5 BOMBAS

5.1 INTRODUCCION A BOMBAS

Una necesidad muy antigua presentada al ser humano, fue la necesidad de transportar agua de un lugar a otro, por lo que empezó a idear diversos mecanismos para su solución, iniciando así el desarrollo tecnológico en sistemas de bombeo.

Sin considerar la energía que requieren los procesos de extracción de hidrocarburos, transportación a refinerías, refinación y transportación a las centrales de generación eléctrica, en la figura 5.1 se ilustra el flujo de generación y distribución eléctrica hasta su uso final en bombas. Como se puede apreciar, por cada kilowatt de trabajo útil, se requieren 6 kilowatts de energía en el combustible, esto significa que para cada kilowatt ahorrado en la última etapa, estamos ahorrando 6 kilowatts de combustible. Esta situación nos hace poner los ojos en las maquinas rotativas (bombas, compresores, ventiladores y sopladores) para ahorrar energía.

Por la gran cantidad de tipos de bombas solo se mencionarán los mas comúnmente utilizados en la industria.

5.2 TIPO DE BOMBAS

Hay una gran diversidad de mecanismos de bombeo, desde bombas dosificadoras hasta grandes volúmenes de líquidos bombeados. Estos mecanismos tienen diferentes principios de operación, cada una de los cuales utiliza bombas especiales para cualquier tipo de aplicación.

Debido a la diversidad de bombas ya mencionadas, hay muchas formas de clasificarlas, por rangos de volúmenes a manejar , por fluidos a mover , etc. Sin embargo la clasificación más general es en función de la forma en que imprimen el

movimiento al fluido, separándose en dos tipos principales: dinámicas (centrífugas) y de desplazamiento positivo (rotatorias). De estos dos tipos vamos hablar de las bombas rotatorias y de las centrífugas.

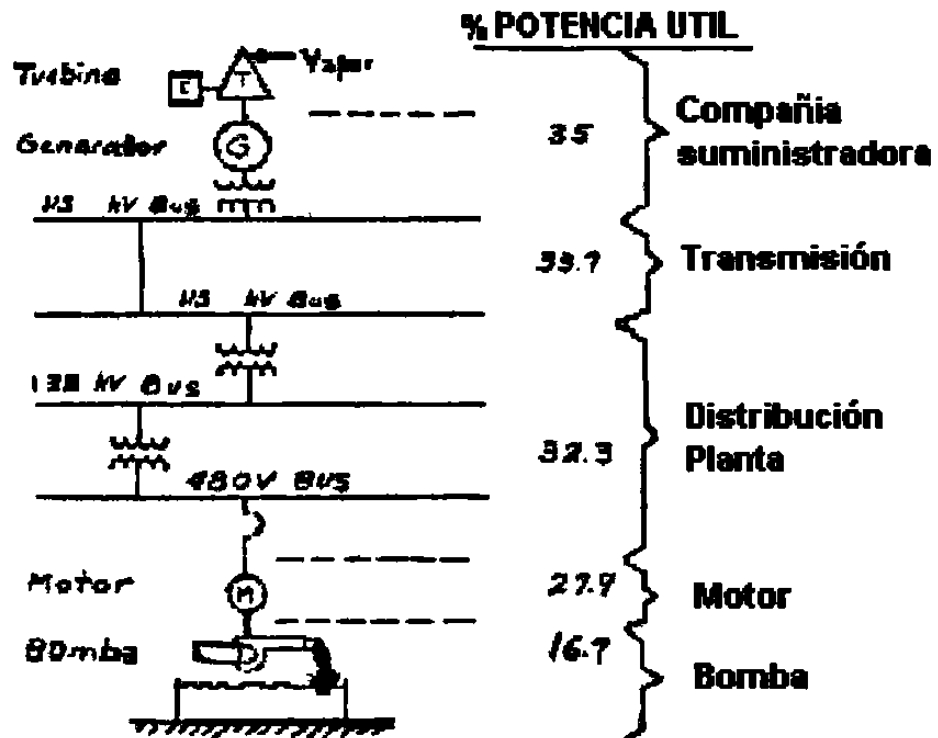


FIGURA 5.1 Flujo de generación y transmisión de energía eléctrica

5.3 CARACTERISTICAS

5.3.1 BOMBAS ROTATORIAS

Las bombas rotatorias en sus diferentes variedades, se consideran de desplazamiento positivo, pues su principio de operación está basado en un transporte directo del fluido de un lugar a otro.

Los elementos rotatorios de la bomba crean una disminución de presión en el lado de la succión, permitiendo así que una fuerza externa (en ocasiones la presión atmosférica) empuje al fluido hacia el interior de una cavidad; una vez llena ésta, los elementos rotatorios, en su propia rotación, arrastran o llevan el fluido que queda atrapado en la mencionada cavidad, formada por la parte rotatoria de la bomba y la carcasa (estacionaria), siendo empujado hacia la

descarga, forzándose a salir. El fluido así es prácticamente desplazado de la entrada.

Por sus características de operación, la capacidad de manejo de flujo en una bomba rotatoria, está en función de su tamaño y velocidad de rotación.

5.3.2 BOMBAS CENTRIFUGAS

Imaginando un impulsor en reposo dentro del agua, si dicho impulsor se pone a girar, el agua saldrá impulsada por entre los alabes del mismo, a medida que el agua es arrojada fuera de los alabes, más agua llega al centro del impulsor, por ser esta la zona de menos presión; por ello es ahí donde se coloca la solución.

Al continuar girando el impulsor, más agua es expulsada y más agua llega al centro del impulsor, manteniéndose así un flujo continuo, sin variaciones de presión; estas son las características principales de las bombas centrífugas. Si el impulsor se coloca dentro de un envolvente o una carcasa, el flujo es dirigido hacia donde es requerido, para lograr el objetivo deseado.

El impulsor es el corazón de la bomba centrífuga, pues es el componente que imprime la velocidad al fluido; consiste en un cierto número de aspas o alabes curvados con una forma tal que permita un flujo continuo del fluido a través de ella. El diseño de los impulsores se hace en función del fluido a bombear, pudiendo ser abiertos, semicerrados y cerrados.

5.4 CURVAS DE BOMBAS

Existen curvas características típicas de bombas, donde se puede interrelacionar la presión de descarga (carga), capacidad, potencia requerida y eficiencia de operación. Las variables que intervienen en el comportamiento de la curva característica de una bomba se describen a continuación.

Capacidad

Se refiere al volumen de fluido bombeado por unidad de tiempo. También llamado "gasto", y se expresa en litros por minuto, metros cúbicos por minuto, o alguna unidad equivalente.

Presión de Descarga, Succión y Carga Total

En un sistema típico de bombeo, se involucran tres términos diferentes de presión, que deben identificarse claramente, éstos son: Presión de descarga, presión de succión y presión de carga total, de donde:

$$P_t = P_d - (P_s) \quad P_s \text{ puede ser negativo o positivo}$$

La presión de descarga se refiere a la altura a la cual puede ser bombeado un fluido, expresándose en unidades de longitud de columna de agua. La presión de succión se refiere a la altura desde la cual el fluido puede ser succionado por la bomba, pudiendo ser presión de succión positiva o negativa, dependiendo de la posición relativa de la bomba con el nivel del fluido. La presión total se refiere a la diferencia entre la presión de descarga y la presión de succión.

Carga neta positiva de la succión

Se define como la lectura de presión, medida en pies o metros de columna de líquido, tomada de la boquilla de succión, referida a la línea del centro de la bomba, menos la presión de vapor del líquido correspondiente a la temperatura del líquido, más la carga de velocidad en el mismo punto.

$$NPSH = [(P_s - P_{vp}) * 2.31 / \text{densidad relativa}] + h_s - h_{fs}$$

P_{vp} = Presión de vapor del fluido

h_s = Carga estática

h_{fs} = Perdidas por fricción a la succión

Leyes de afinidad

Un grupo de fórmulas que son usadas para predecir la operación de la bomba. Las leyes de afinidad son las siguientes:

$$Q_2 / Q_1 = N_2 / N_1; \quad P_2 / P_1 = (N_2 / N_1)^2$$

Donde N = Velocidad de la bomba

Q = Flujo

P = Presión

Curvas características

La carga, capacidad y potencia requerida de una bomba varían con la velocidad, de tal manera que la curva de desempeño retiene sus características. A

esta variación se le conoce como “Leyes de Afinidad”, aplicable en cualquier punto de la curva carga vs capacidad.

En la figura 5.2 se muestra una típica curva de una bomba donde muestra dos curvas independientes. Una es la curva de la bomba la cual es únicamente una función de las características físicas de la bomba. La otra curva es la curva del sistema, la cual depende del diámetro de la tubería, el largo de la tubería, el número y localización de codos en el sistema.

Donde estas dos curvas interseccionan, se le llama punto de operación natural. Esto es cuando la presión de la bomba se iguala a las pérdidas del sistema y todo está balanceado. Nótese que este balance solo ocurre en un punto, y lo más cercano a este punto es el punto de operación estable o deseado.

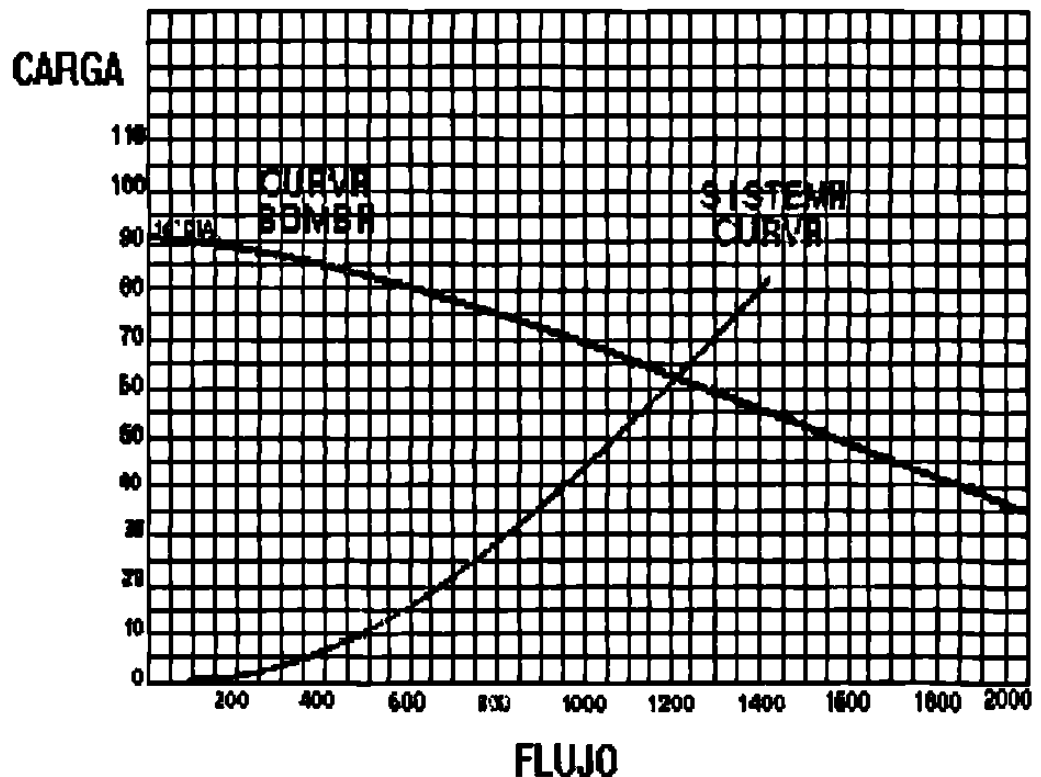


FIGURA 5.2 Curva característica de una bomba con impulsor de 14 pulgadas

5.5 EFICIENCIA DE BOMBAS

El grado de perfección mecánica o hidráulica de una bomba es juzgada por su eficiencia bruta .

$$E = (\text{salida bomba}) / \text{BHP}$$

BHP = Potencia recibida por la flecha de la bomba

Toda la carga de una bomba centrífuga se genera en el impulsor. El resto de las partes no contribuyen a la creación de presión, sin embargo constituyen a pérdidas que son inevitables, hidráulicas, mecánicas y fugas. Todas las pérdidas de carga entre los puntos de succión y descarga, constituyen las pérdidas hidráulicas.

$$E_h = H / H_i = (H_i - \text{pérdidas hidráulicas}) / H_i$$

La capacidad disponible de una bomba de descarga, es menor que el flujo que pasa a través del impulsor, debido a la recirculación interna que ocurre por los claros entre el impulsor y la carcasa. La relación entre los dos es llamada eficiencia volumétrica.

$$E_v = Q / Q_i = Q / (Q + Q_i),$$

Q_i = recirculación interna

Q = capacidad o gasto ft^3/seg .

E_v = eficiencia volumétrica

Las pérdidas mecánicas incluyen la pérdida de energía en baleros o chumaceras; sellos o estoperos y fricción del impulsor con el fluido. La eficiencia mecánica es la relación que existe entre la potencia entregada al impulsor y convertida a carga de la bomba, con respecto a la potencia entregada en la flecha.

$$E_m = (\text{BHP} - \text{pérdidas mecánicas}) / \text{BHP}$$

La eficiencia total de la bomba es:

$$E = E_h * E_v * E_m$$

Las pérdidas en bombas pueden ocurrir en uno o varios de los siguientes lugares:

- ◆ Pérdidas por fricción en el disco del impulsor. Es la pérdida mecánica mas importante de una bomba centrífuga. Se reduce cuando se utilizan impulsores pulidos, y las paredes de la carcasa con acabados superficiales suaves.

- ◆ **Pérdidas mecánicas por fricción en chumaceras y estoperos. Las pérdidas en estoperos dependen del arreglo, tamaño y lubricación empleada. Las pérdidas en chumaceras depende del tipo de resistencia al empuje axial usado, así como de la carga axial recibida.**

Un fenómeno que sucede en bombas es la “cavitación” que se refiere a ciertas condiciones dentro de las bombas, cuando debido a una pérdida de presión localizada, el fluido manejado hierve en ese punto, formando burbujas o cavidades llenas de vapor. Esto provoca pérdida de eficiencia de la bomba y produce erosión, en los álabes de los impulsores.

6. ESTADO ACTUAL

6.1 DESCRIPCION DEL SISTEMA ELECTRICO

El proceso eléctrico en Industria del Alkali S.A. de C.V. se explicará mostrando el diagrama unifilar de la figura 6.1 donde se puede observar los siguientes datos básicos, comentarios y observaciones.

Se tiene la subestación principal que es alimentada con 110 kV por CFE, que corresponde al contrato principal, se dispone de dos transformadores (conexión trifásica delta-estrella) principales en el contrato de planta bajo la tarifa H-SL; dichos transformadores tienen una capacidad de 15/20/26 MVA (OA/FA/FA: la capacidad se incrementa en función de la cantidad de abanicos de enfriamiento que operan, desde ninguno -OA- hasta todos, para una cantidad máxima de 26 MVA) reducido a un voltaje de distribución interior de 13.8 kV a diferentes partes de la planta, donde se tiene instalados 21 transformadores para bajar a 480 Volts, que es el voltaje de utilización de las cargas principales, y están localizados en los centros de control de motores, concentrados en los cuartos de la subestación derivadora. Existen también algunos transformadores para bajar a 220/127 Volts, principalmente para alimentación de alumbrado y cargas auxiliares menores.

Se dispone de un generador operado por turbina de vapor, la capacidad nominal del generador es de 1850 kVA, 60 Hz generando un voltaje de 480 Volts, sincronizado a CFE en el lado de baja tensión de uno de los circuitos de distribución. La turbina usa un vapor de alta presión a 30 kg/cm², y un flujo de 18 toneladas.

En los diferentes centros de motores se encuentran equipos de monitoreo de potencia, que miden en tiempo real, variables de estado estable, como la corriente, voltaje , frecuencia, potencia real, reactiva, factor de potencia,

armónicos, etc. así como otros valores que se almacenan en su memoria y se sacan por medio de una computadora para que se analicen posteriormente.

Industria del Alkali S.A. de C.V. tiene la varios contratos de los cuales el principal se alimenta en 110 kilovolts aplicando la tarifa H-SL; y otros 4 contratos en las tarifas OM y HM,

El sistema de distribución de energía eléctrica está basado en una red de 13.8 kV para alimentar transformadores reductores a 480 volts, principal voltaje de alimentación de fuerza.

Se dispone de otro suministro de energía eléctrica en 34.5 kV para sistemas de bombeo que se encuentra alejado de las instalaciones primarias.

La energía térmica en Industria del Alkali es muy importante ya que se utiliza para evaporación, secado y para mover compresores de gas CO₂, y turbina de un generador. Para la generación de vapor se utiliza gas natural y en ocasiones combustóleo, y para esto cuenta con 5 calderas, las cuales generan alrededor de 232 Ton de vapor por hora a 31 kg/cm².

El empleo de la energía eléctrica en la industria se destina principalmente a convertirla a energía mecánica o hidráulica; en el caso de Industria del Alkali esto se logra con motores de inducción, básicamente se usa el motor - bomba hidráulica para el manejo de los diferentes licores.

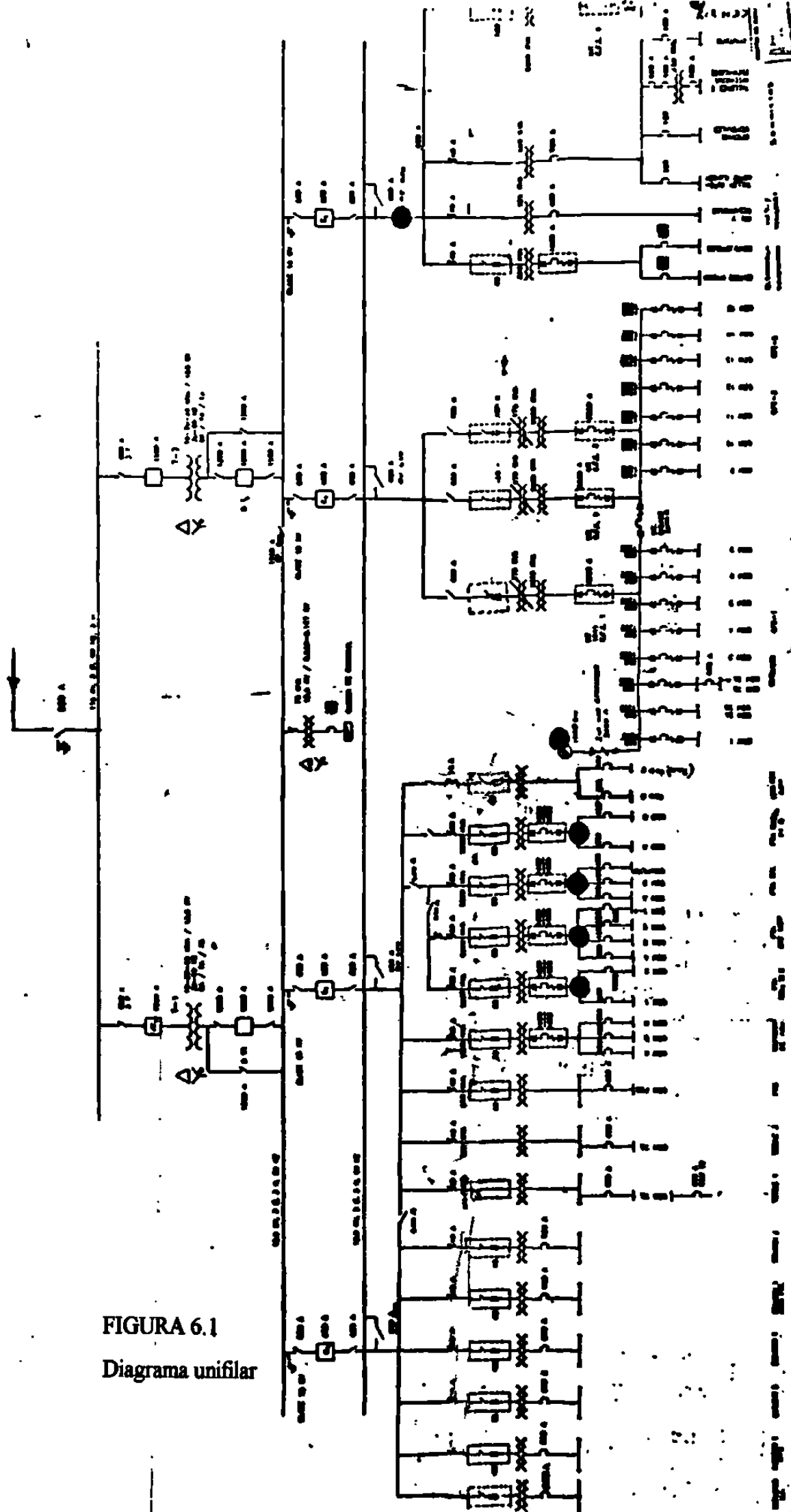


FIGURA 6.1
Diagrama unifilar

INDUSTRIA DEL ALCA	
UNIDAD N.º 1	
PLANTA CARBONATO	
SECCION PUE.	
DISEÑO UNIFILAR	
1	PROYECTO
2	REVISADO
3	APROBADO
4	FECHA

ASADOR POWER LOGIC

6.2 DESCRIPCION DEL PROCESO

6.2.1 PLANTA CARBONATOS

El proceso Solvay utiliza sal común, NaCl, la cual es extraída de los pozos que se encuentran a 14 km de distancia de la planta. La extracción se hace bombeando agua para formar cloruro de sodio (agua con sal), para después purificarla y disolver por medio de absorción NH_3 puro, el cual no se considera materia prima porque es reciclado, y solo se utiliza para formar compuestos intermedios; después se pasa a carbonatar, que es inyectarle gas CO_2 a una concentración de 40 a 45%, y con esto produce cristalización de bicarbonato de sodio, el cual pasa a filtración para ser separado. El bicarbonato de sodio pasa a ser calcinado en unos secadores rotatorios, en donde libera agua y dióxido de carbono (es retornado a los reactores) para obtener a la salida del secador carbonato de sodio.

Para producir el gas CO_2 (dióxido de carbono) se utilizan 4 hornos que calcinan piedra caliza y producen el gas y cal. La cal producida en hornos es hidratada para el proceso de recuperación de amoníaco en la sección de destilación donde se recupera el amoníaco y se produce cloruro de calcio como exausto que es mandado a la planta separadora de sólidos y después a la de cloruro de calcio al 38% y 94%.

También Industria del Alkali cuenta con 5 calderas, para la generación de vapor, necesario para mover turbinas de compresores (para el gas CO_2), un generador, y calcinación en el proceso, también en el manejo del agua se tiene una planta de osmosis inversa, y tratamiento de agua, la cual es utilizada en calderas y para servicios especiales en el proceso.

6.2.2 PLANTA DE SAL

A partir de la salmuera que es extraída de los pozos, la planta utiliza un sistema de 4 efectos de evaporación, usando vapor como medio de calentamiento y obteniendo un magma, el cual es centrifugado para hacer la separación de sólidos y agua y así obtener la sal húmeda.

Una parte del magma es enviado a la denominada planta de sal seca, donde en un filtro secador se recibe y seca con aire caliente, a esta sal se le agrega yoduro y flúor de acuerdo a las especificaciones sanitarias para su consumo humano.

6.2.3 PLANTA CaCl 38%

Esta planta recibe el cloruro de calcio al 10% de la planta separadora de sólidos. Su proceso inicia en un carbonatador, donde en contacto con cloro y CO₂, se asegura una conversión completa a cloruro de calcio, si no la hubiese hasta ese momento.

Los pasos siguientes del proceso son básicamente de concentración en evaporadores, eliminación de sulfatos y un proceso físico de sedimentación y centrifugación para obtener finalmente el cloruro de calcio al 38% que constituye producto final como alimentación para la planta de cloruro de calcio 94%.

6.2.4 PLANTA CaCl 94%

Tomando como materia prima el cloruro de calcio al 38% se tiene un primer paso de evaporación para obtener la concentración de 56%, el cual, después de filtrado se alimenta a un evaporador de lecho fluidizado donde es secado con aire caliente, resultante de una combustión de gas natural. El producto es peletizado, cribado y enfriado en un enfriador también de lecho fluidizado, para ser enviado a empacado.

6.2.5 PLANTA BICARBONATO DE SODIO GRADO ALIMENTICIO USP

La finalidad de esta planta es producir bicarbonato de sodio USP este nombre es de las siglas en inglés UNITED STATES PHARMACOPHEA la cual regula y avala la calidad de cualquier producto, ya sea químico o de origen animal y/o vegetal, para su uso en medicinas de consumo humano.

La materia prima es el carbonato de sodio, el cual viene de la planta de carbonato y es disuelto en un licor, el cual se agita hasta disolver a una

concentración deseada, para después pasar a ser calentado por medio de vapor, pasando a la columna de carbonatación donde se inyecta gas CO₂ de 41-42% de concentración para reaccionar el carbonato a bicarbonato de sodio en forma de cristales y después pasa a las centrifugas donde se controla la humedad a la descarga de estas para después pasar a secado, cribado y embolsado.

6.3 DATOS HISTORICOS DE ENERGIA ELECTRICA

Datos históricos de facturación eléctrica:(tarifa H-SL)

CONSUMOS mwh TARIFA H-SL				
MES/AÑO	TOTAL	PUNTA	INTERMEDIA	BASE
Julio/97	6,854	405	4,447	2,001
Agosto/97	6,875	557	3,875	2,442
Septiembre/97	6,777	574	3,781	2,421
Octubre/97	7,069	699	4,023	2,355
Noviembre/97	7,105	835	3,670	2,599
Diciembre/97	6,920	881	3,661	2,378
Enero/98	7,164	897	3,792	2,473
Febrero/98	6,336	524	3,503	2,307
Marzo/98	6,951	546	3,639	2,765
Abril/98	6,306	402	4,011	1,891
PROMEDIO	6,835	632	3,840	2,363

TABLA 6.1 Consumos de energía

DEMANDA kw TARIFA H-SL				
MES/AÑO	DEMANDA	PUNTA	INTERMEDIA	BASE
Julio/97	9,547	9,421	10,050	9,966
Agosto/97	9,802	9,642	10,320	10,557
Septiembre/97	10,071	9,815	11,092	10,390
Octubre/97	10,262	10,261	10,266	9,915
Noviembre/97	10,790	10,784	10,741	10,841
Diciembre/97	10,233	10,233	10,166	10,180
Enero/98	10,547	10,547	10,447	10,409
Febrero/98	10,460	10,460	10,368	10,350
Marzo/98	10,191	10,116	10,489	10,251
Abril/98	10,271	10,260	10,288	10,336
PROMEDIO	10,217	10,139	10,481	10,488

TABLA 6.2 Demanda eléctrica

7 ANALISIS DE OPORTUNIDADES

7.1 INTRODUCCION

Este capítulo tiene como objeto presentar en forma resumida seis áreas de oportunidad y determinar su aprovechabilidad, así como revisar la información necesaria para el estudio. Dentro de estas áreas, dos de ellas están terminadas la cual una de ellas fue presentada en el concurso interno de Vitro Reconocimiento a la Mejora Incremental (RMI).

7.2 RECOPIACION DE INFORMACION

La capacitación de información inicio con un conocimiento básico de la planta, tarifas eléctricas y su análisis, como de motores eléctricos, bombas, aspectos básicos del proceso, situación energética, diagrama unifilar y consumos eléctricos etc.

Los consumos energéticos históricos y datos de la producción; constituyen la base para la determinación de índices de referencia y el conocimiento de la forma en que la energía se ha estado consumiendo.

El análisis de estos datos nos proporcionan información acerca de los consumos promedio, datos de demanda máxima variaciones mes a mes de los mismos relacionados contra producción, factores de carga promedio, variaciones estacionales si las hubiera, etc.

7.3 INVENTARIO DE CARGAS

En Industria del Alkali se cuenta con 820 motores registrados con sus datos básicos nominales así como su contribución individual, en un estudio anterior se sacaron también las cargas de iluminación y aire acondicionado.

Derivado de esta información general, se presentan a continuación algunos resultados analizados acerca de como están distribuidas las cargas.

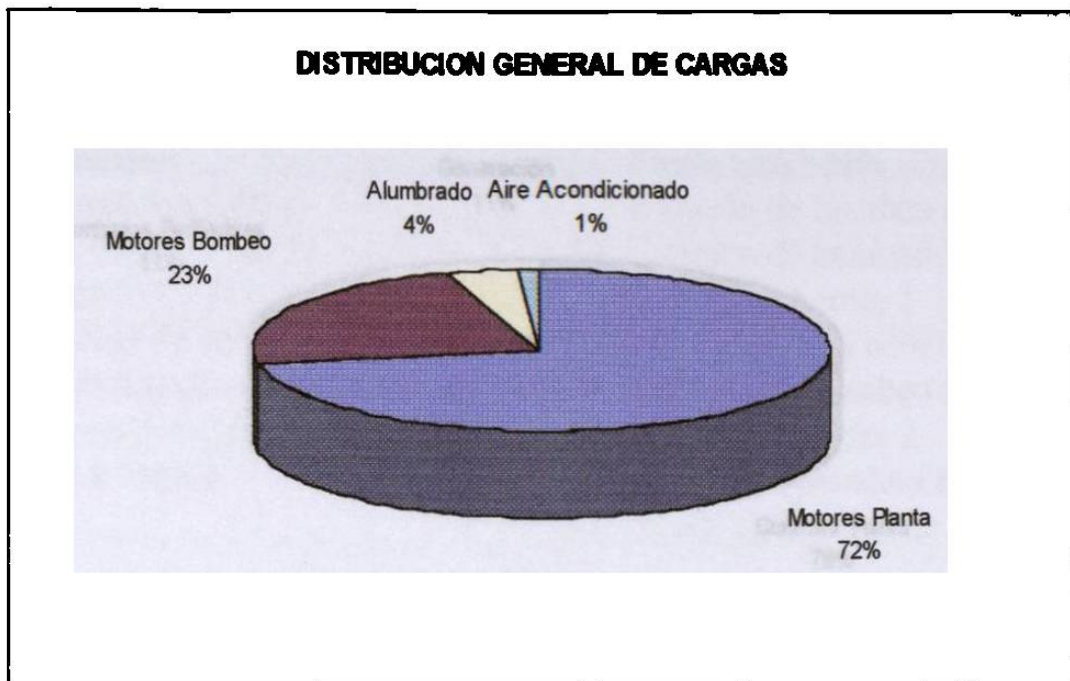


FIGURA 7.1 Distribución general de cargas

Como se puede observar en la figura 7.1 la carga mayor es representada por motores la cual nos indica la mayor área de oportunidad.

en la figura 7.2 se presentan las diferentes contribuciones en energía eléctrica en Industria del Alkali englobado bajo el nombre de contratos periféricos el suministro de CFE en 34.5 kV . Los otros conceptos corresponden a la generación propia del generador y el suministro en tarifa H-SL recibida en planta 110 kV.

En la figura 7.3 se muestra la distribución de cargas de la planta en las diferentes subestaciones. Como se puede observar en las cargas del 1 al 8 pertenecen la planta de carbonato que es la de mayor consumo.

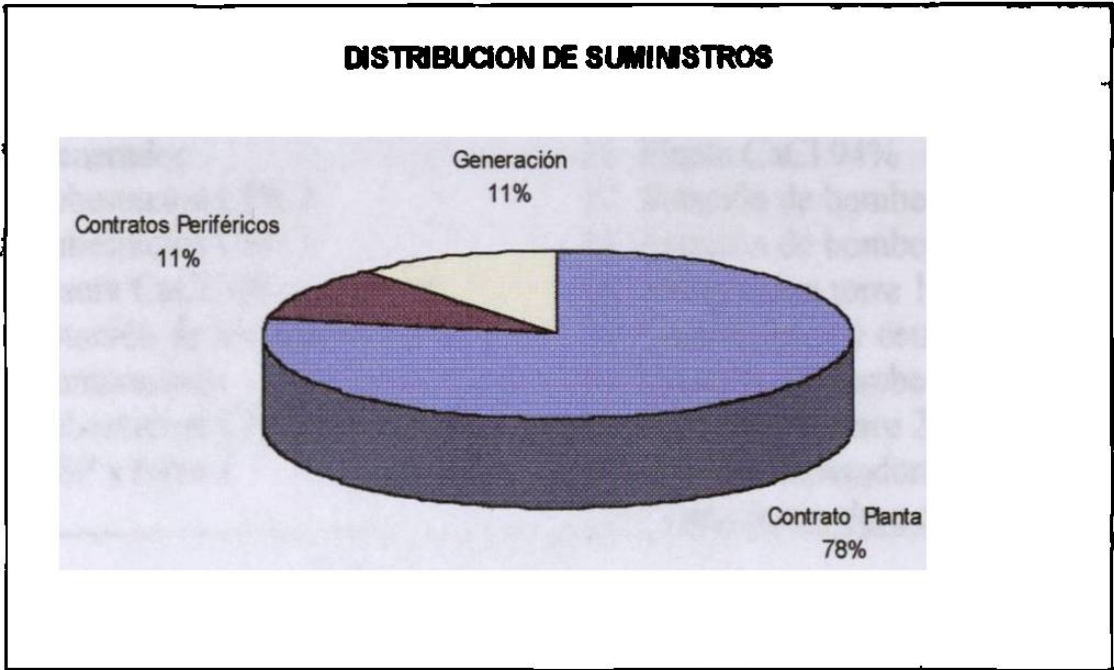


FIGURA 7.2 Distribución de suministro

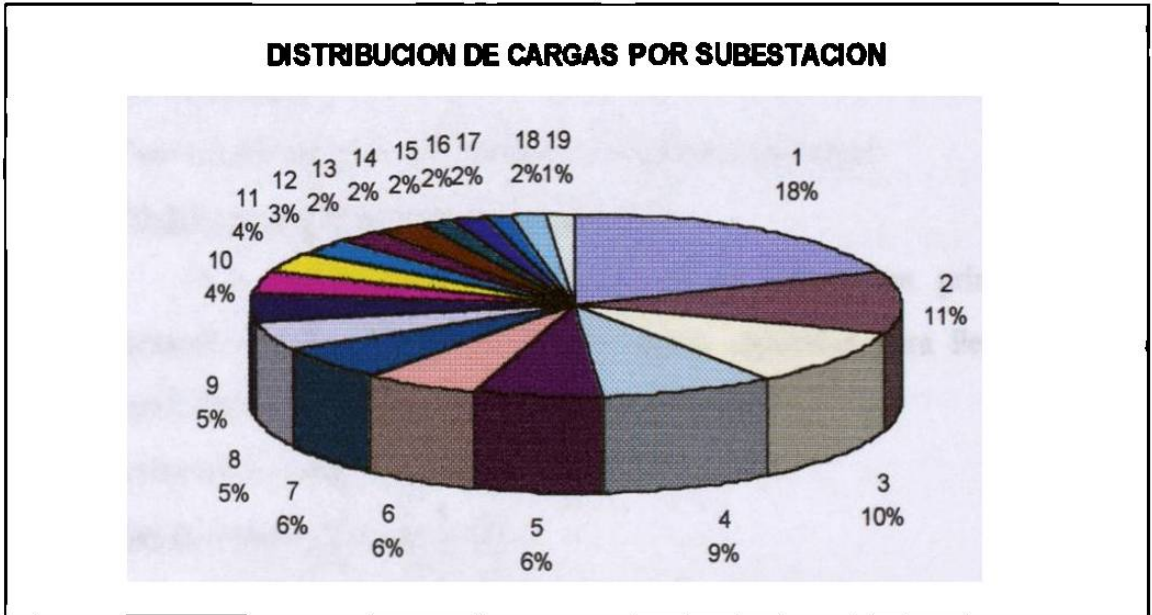


FIGURA 7.3 Distribución de cargas por subestación

DISTRIBUCION DE CARGAS POR SUBESTACION	
1 Subestacion CFE 1	10 Planta de sal
2 Generador	11 Planta CaCl 94%
3 Subestacion CFE 2	12 Estación de bombeo dur. 1 y 2
4 Subestacion CFE 3	13 Estación de bombeo 2
5 Planta CaCl 38%	14 Subestacion torre 1
6 Estación de bombeo 1	15 Combustoleo y osmosis
7 Compresores	16 Estación de bombeo 5
8 Subestacion CFE 4	17 Subestacion torre 2
9 USP y torre 4	18 Planta recuperadora de agua
	19 Planta separadora de sólidos

TABLA 7.1 Distribución de cargas por subestación

7.4 ANALISIS

7.4.1 DESDE EL PUNTO DE VISTA PERDIDAS Y ENERGIA APROVECHABLE

-Desconexión de un transformador de subestación principal.

-Perdidas en subestacion principal (110 kV)

Los transformadores instalados en la subestación principal, están operando actualmente en paralelo, teniendo capacidad para llevar un solo transformador la carga total de Industria del Alkali

-Integración de cargas en tarifas H-SL.

-Desde el punto de vista tarifario

En Industria del Alkali es alimentado de energía eléctrica con 110 kV para la planta principal y algunas estaciones de bombeo y otros contratos (4) con 34.5 kV que les llamamos periféricos.

Existe una oportunidad de ahorro al integrar todas las cargas a un solo contrato con tarifa H-SL, aprovechando los precios mas bajos.

-Manejo de cargas durante horario punta para disminución de demanda.

-Desde el punto de vista del manejo de demanda máxima

Analizando las gráficas del apéndice B relativas al comportamiento de la demanda de la planta se observan variaciones de la demanda en los diferentes meses del periodo de facturación usado como referencia con un valor máximo en el periodo punta de 10,784 kw y un valor mínimo de 9,421 kw para una variación de 1,363 kw representando el 12.63 %

7.4.2 CONTRIBUCIÓN DE CARGAS INDIVIDUALES AL CONSUMO GLOBAL

-Uso optimo de bombas de vacío en filtros rotatorios de planta carbonato.

Dentro de este sistema, específicamente las bombas de vacío son oportunidades interesantes para obtener mejoría en el uso de energía eléctrica

-Optimización de generador eléctrico para evitar desperdicios de vapor.

El manejo de vapor en Industria del Alkali merece un estudio aparte pero por ahorros que se pueden medir esta el tiradero de vapor en vapor de baja donde el generador juega un papel importante.

-Optimización de centrifuga con variador de velocidad.

En la planta de USP existen 7 centrifugas que trabajan aproximadamente 20 horas diarias en promedio con motores de 50 HP, Por lo tanto tenemos una área de oportunidad usando variadores de velocidad.

8. DESARROLLO

8.1 DESCONEXION DE UN TRANSFORMADOR DE SUBESTACION PRINCIPAL.

8.1.1 GENERALIDADES

En Industria del Alkali se tiene dos transformadores utilizados en la subestación principal (ver figura 6.1) donde se recibe de la compañía suministradora de energía eléctrica 110 kV, reduciendo a 13.8 kV para la distribución en la planta.

Dado esto se detecto una área de oportunidad de ahorro de energía, basándose en la desconexión de uno de los transformadores ya que la demanda máxima de la planta es del orden de 10,000 kw, y cada uno de los transformadores existentes en la subestación mencionada tiene capacidad hasta de 26,000 kVA, se tiene capacidad suficiente con uno solo para atender la demanda total.

8.1.2 ACCION A REALIZAR

Se sugiere desconectar uno de los transformadores de la subestación principal, basado en lo siguiente:

◆ **Demanda máxima de la planta:**

10,000 kw

◆ **Datos de la subestación:**

Dos transformadores con capacidad de 15/20/26 MVA, OA/FA/FA cada uno. 110 kV conexión delta en el primario 13.8 kV conexión estrella en el secundario, la corriente nominal en alta es 126 Ampers.

- ◆ La capacidad de la planta puede ser atendida con solamente uno de los transformadores existentes, el cual operaría con un factor de carga de 38.5 % con respecto a su capacidad máxima.

Este tipo de transformadores tienen una confiabilidad de operación muy alta, pero suponiendo que Industria del Alkali deseara contar con un respaldo para alguna situación de emergencia, el transformador desconectado no sería removido de la subestación, pero requiere que sea llenado con una presión positiva de nitrógeno para evitar entrada de aire que humedeciera los aislamientos, y también se podría alternar la operación de los transformadores en periodos de tiempo cortos y definidos.

Al dejar de operar uno de los transformadores, las pérdidas en vacío serían evitadas, con lo cual se obtiene un ahorro importante, sin inversión para Industrias del Alkali. No se consideran reducción en las pérdidas con carga, por que se transferirían al otro transformador, aunque en la realidad habría un beneficio adicional, por que la respuesta de pérdidas con carga no es lineal, siendo más notorias con bajas cargas como es el caso actual.

De acuerdo a la capacidad de los transformadores, sus pérdidas en vacío son del orden de 451.75 kw, con este dato se ha calculado el ahorro potencial, aplicado a la tarifa H-SL a una utilización continua.

8.1.3 CALCULOS Y RESULTADOS

Si la corriente de alta es de 126 ampers y se considera el 2% de corriente de magnetización en vacío que equivale a 2.52 ampers.

En base a la información del párrafo anterior, el ahorro logable es el siguiente:

$$kw = V \times 10^{-3} \times I \times \sqrt{3} \times fp$$

$$kw = 115 \times 2.52 \times \sqrt{3} \times 0.90$$

$$kw = 451.75$$

Disminución en el consumo mensual alrededor de 325,000 kwh mensuales.

PERIODO	HORAS	CUOTA	AHORRO
Punta	63	0.66783	\$19,006.60
Intermedio	420	0.23740	\$45,043.00
Base	261	0.21117	\$24,898.30
TOTAL	744		\$88,947.90

TABLA 8.1 Ahorros logrables en consumo referencia mes Agosto 1998

- ◆ Disminución en la demanda en 451.75 kw, si tenemos una demanda calculada facturable de 10,328 kw y una cuota de \$43.844, con el ahorro de 466.81 kw tenemos en el mes un ahorro de \$20,466.80 por demanda.

Para la implantación de esta medida de ahorro no se requiere inversión por lo que los ahorros son totales alrededor de \$109,414.70 aplicados en factura.

8.2 INTEGRACION DE CARGAS EN TARIFAS H-SL.

8.2.1 ANTECEDENTES

En Industria del Alkali se tienen varios contratos con la compañía suministradora para alimentar diferentes consumidores; un contrato principal en la tarifa H-SL, otro contrato en la tarifa HM para alimentar salmuera-potrero, otro con la tarifa OM alimentado los pozos 3 y 4 y un ultimo contrato, también en tarifa OM alimentando el pozo 1, este ultimo con consumos muy bajos.

CONTRATO	TARIFA	kwh	kw	\$/MES	\$/kwh
Contrato principal	H-SL	6,855,471	9,778	1,708,626	0.2492
Contrato salmuera	HM	430,500	576	121,004	0.2810
Contrato salmuera	HM	291,000	564	74,003	0.2543
Contrato pozo 2 y3	OM	30,600	206	9,774	0.3194
Contrato pozo 2 y3	OM	3,720	111	1,188	0.3193

TABLA 8.2 Tabla comparativa de contratos Alcali

Como se puede observar, y es lógico, los precios promedio por kwh difieren entre el contrato H-SL, OM y HM.

Estas diferencias hacen pensar en una área de oportunidad aprovechable, si se alimentan todas las cargas desde la planta principal, para integrarlas a la tarifa mas baja (H-SL), obteniendo así una ventaja económica con respecto a la actualmente pagada.

8.2.2 PROPUESTA

La acción a realizar consiste en la sustitución de la acometidas actuales a los contratos en tarifa HM correspondiente al área denominada salmuera-potrero, y a la tarifa OM correspondiente a los denominados pozos 2 y 3 con alimentación directa de la compañía suministradora en 34.5 kV, por alimentación que provenga directamente de la planta a través de la subestacion principal, aprovechando que esta contratado en tarifa H-SL.

Para hacer la sustitución deben hacerse las modificaciones que esquemáticamente se muestran en la figura 8.1, adjunta a esta medida de ahorro. Para esta propuesta se requiere un transformador de 13.8 kV a 34.5 kV y sus protecciones correspondientes.

Basado en que las alimentaciones actuales están recibiendo 34.5 kV, existiendo ya los transformadores y sus correspondientes subestaciones receptoras para cada una de los diferentes usuarios individuales.

Es necesario la instalación de una línea de transmisión en 34.5 kV para la alimentación que sustituirá la actualmente suministrada directamente por la compañía suministradora (CFE) a las estaciones denominadas salmuera potrero y pozos 2 y 3. Se estima una longitud total de 14 km., considerando que existe un tramo de línea en 13.8 kV para alimentar otros pozos, de donde se tomara la alimentación al transformador de 13.8 kV a 34.5 kV.

8.2.3 AHORRO LOGRABLE

El ahorro logable esta calculado en base a la información usada como referencia, aprovechando la diferencia de tarifas existentes, como se muestra a continuación:

CONTRATO SALMUERA POTRERO, TARIFA HM		
Demanda máxima	564	576
kwh totales	291,000	430,500
Pago Tarifa HM	\$ 74,001.30	\$ 120,970.50
Pago Tarifa H-SL	\$ 72,517.20	\$ 107,280.60
AHORRO	\$ 1,484.10	\$ 13,689.90
CONTRATOS POZOS 2 Y 3, TARIFA OM		
Demanda máxima	206	111
kwh totales	30,600	3,720
Pago Tarifa HM	\$ 9,773.64	\$ 1,187.79
Pago Tarifa H-SL	\$ 7,625.52	\$ 927.02
AHORRO	\$ 2,148.12	\$ 260.76

TABLA 8.3 Tabla de ahorros contratos Alkali

La inversión requerida para la aplicación de la medida de ahorro aquí propuesta, comprenden los siguientes conceptos:

ESQUEMA DE DISTRIBUCION SUGERIDO

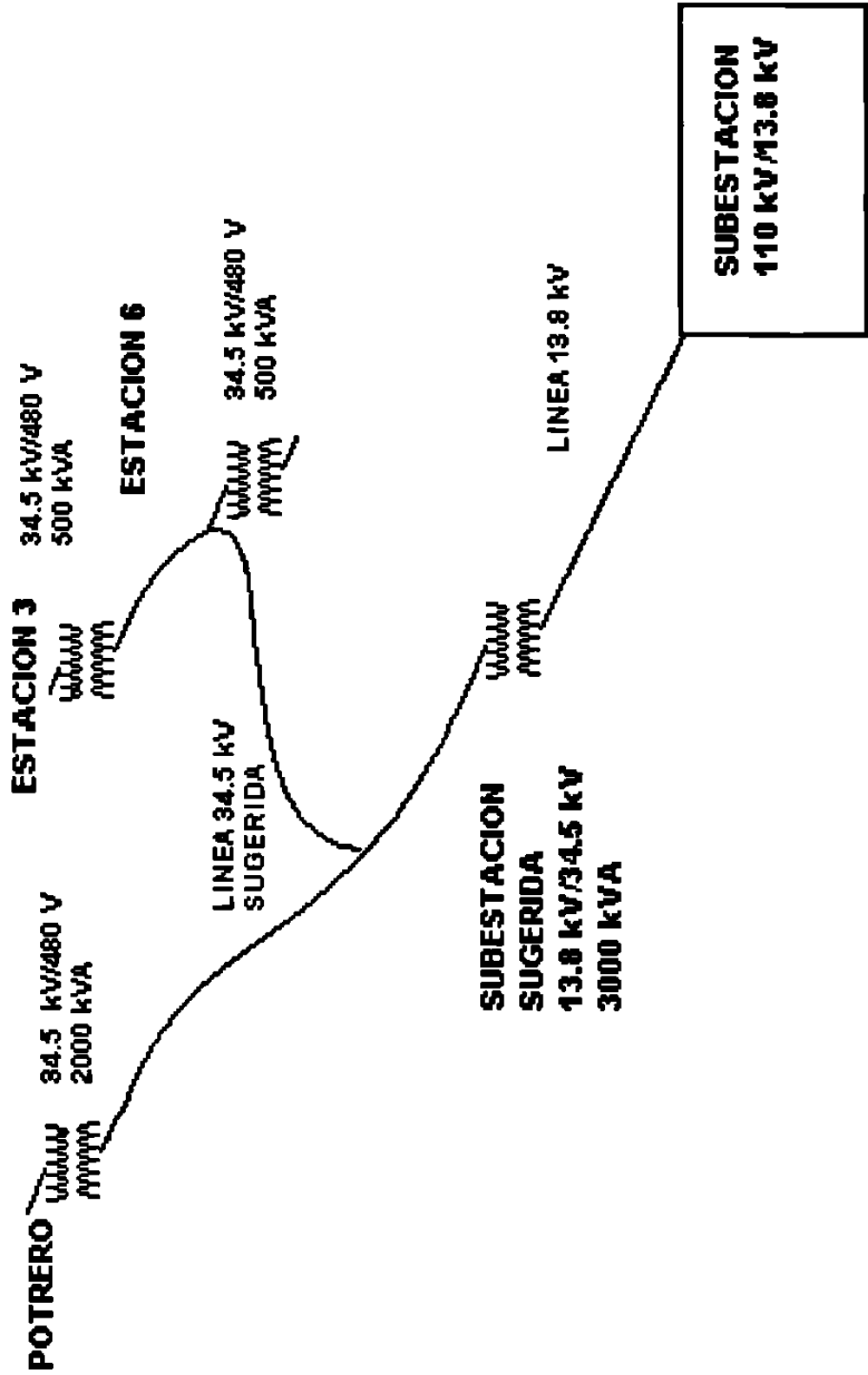


FIGURA 8.1 Diagrama de la subestacion propuesta

◆ Desarrollo de ingeniería	\$ 100,000
◆ Costo línea de transmisión	\$ 400,000
◆ Transformador y subestacion	\$ 230,000
Inversión total estimada	\$ 730,000

De acuerdo a los ahorros logrables, de aproximadamente \$ 18,000.00, esta inversión tendría una recuperación directa de 40 meses

8.3 MANEJO DE CARGAS DURANTE HORARIO PUNTA PARA DISMINUCION DE DEMANDA.

Independientemente de la magnitud del ahorro en energía lograble a partir de la implementación de las medidas aquí reportadas, existen áreas de oportunidad, detectadas y otras por detectar que pueden aprovecharse.

Resulta natural entonces que se piense en la introducción de parámetros de consumo y utilización de energía, basado en mediciones localizadas en cada una de las subestaciones de distribución, para la toma de decisiones de parte del personal de operación sin sacrificar los estándares de operación, buscando la reducción de la demanda máxima en el horario punta.

8.3.1 COMENTARIOS BASICOS

Haciendo referencia a las gráficas de demanda, mensual, diaria e instantánea presentadas en el anexo B, se detecta lo siguiente:

- ◆ Hay una variación en la demanda máxima durante el horario punta en los diferentes meses del periodo de facturación usado como referencia que va de Junio 1997 hasta Abril de 1998, siendo el valor máximo 10,784 kw, y el valor mínimo de 9,421 kw para una variación de 1,363 kw los cuales representan el 12.63 %.
- ◆ Analizando la información de demanda máxima diaria (máxima mínima y promedio) en un mes típico, se detecto que en un día determinado existen

variaciones que van desde 7,378 kw hasta 9,058 kw para una variación de 1,680 kW en el día , representado por 18.57 %.

- ◆ En el estudio de comportamiento típico de demanda en un día, se observan variaciones que van desde 8,594 kw hasta 9,649 kw de ese día en particular, para una variación en el día de 1,055 kw representado 10.93 %.

Dado que la información anterior es resultado de datos históricos reales, que han sucedido en Industria del Alkali, lleva a pensar que bajo circunstancias controladas la demanda máxima puede mantenerse en valores inferiores a los que actualmente están siendo facturados. Ello representa una área de oportunidad para reducir el costo promedio de energía eléctrica.

8.3.2 PROPUESTA

El aprovechamiento del área de oportunidad esta basada en dos acciones básicas generales, señaladas a continuación:

- ◆ Instalación de equipo de medición en subestaciones de distribución.

Con el objetivo de tener información, y estar en posibilidades de monitoriar y controlar las cargas en forma manual a nivel área de consumo, así como tomar decisiones en base al conocimiento mas detallado del comportamiento de las cargas, se recomienda la instalación de una red conectado a los monitores ya existentes para tener la información en una computadora y ver al instante el comportamiento de los consumos y demanda.

Esto es con el fin de hacer una presentación mas entendible para el personal de operación, que es el que en un momento dado maneja las cargas de la planta.

- ◆ Capacitación del personal de operación para manejo de demanda

Con base en el conocimiento del comportamiento de las cargas, influencia de los diferentes parámetros eléctricos en la eficiencia energética y en las tarifas aplicables, así como la relación de las cargas con el proceso

manejado, el personal de operación deberá ser capacitado para reaccionar debidamente en la disminución de la demanda máxima, especialmente en el horario punta.

8.3.3 ANALISIS DE DEMANDA Y RESULTADOS

En este caso no se considera reducción en consumo de energía total, dado que las operaciones de los equipos no son eliminadas, sino controladas.

A manera de ejemplo, y en forma general, se señalan algunos equipos que puedan ser manejados para apoyar la reducción buscada.

- ◆ **Mantener el generador a un valor máximo durante el horario punta.**

En este caso en particular se tiene un proyecto que se habla en el punto 8.5 de este capítulo, pero para fines de ahorro de energía eléctrica se considera de acuerdo a las mediciones de el generador un ahorro potencial de 200 kw.

- ◆ **Separación de sólidos.**

Aprovechando la existencia de almacenamientos o capacitancias naturales en el proceso, que pueden mantener producto antes y después del horario punta, es posible manejar las cargas en esta área, para disminuir la demanda en el horario punta. El ahorro considerado es de 120 kw.

- ◆ **Abanicos en torres de enfriamiento.**

Aprovechando que el horario punta comienza cuando la temperatura del día empieza a disminuir, es posible apagar 1 ventilador por cada torre de enfriamiento, representando un ahorro de 100 kw.

- ◆ **Transportadores.**

En el caso de Industria del Alkali que es un proceso que maneja productos oxidantes los equipos se pegan y requieren lubricación constante por eso se manejan en ocasiones sin carga. Si se capacita al personal en esto para que pueda apagarlos en horarios punta.

La inversión requerida para el sistema de medición no seria muy costosa, porque se cuenta con una red interna que se puede utilizar solo se tendría que

cablear a los nodos, y la planta cuenta con suficientes computadoras para monitorear los valores que entrega el equipo de medición ya instalado, también se cuenta con el paquete para graficar las señales que fue desarrollado en Alcalí.

El ahorro logable es aproximadamente de 500 kw en demanda máxima que representan una cantidad de \$21,435.50 por mes

8.4 USO OPTIMO DE BOMBAS DE VACIO EN FILTROS ROTATORIOS DE PLANTA CARBONATO.

8.4.1 ANTECEDENTES BOMBAS DE VACIO

El sistema de bombas de vacío de la planta carbonato trabaja en conjunto con filtros rotatorios, que recibe el licor de las columnas de carbonatación para una eliminación inicial de humedad. El vacío es requerido para mantener la “torta” (bicarbonato de sodio) de material adherida al tambor del filtro, y así eliminar el agua en que viene suspendido el material sólido, con la succión de las bombas de vacío conectadas al centro del tambor, para tener una adhesión hacia la superficie del tambor causada por la diferencia de presiones entre la atmosférica y el vacío.

Anteriormente el área de filtración en los sistemas se vacío, auxiliares en el proceso de filtración se mantienen continuamente en operación 2 bombas de vacío de 500 HP, y una bomba de vacío de 350 HP, también se cuenta con otra bomba que se tiene de repuesto de 500 HP (ver figura 8.2). Todas las bombas se encuentran interconectadas entre si, de manera que cualquiera de ellas pueda operar sobre cualquier filtro rotatorio.

De acuerdo a las observaciones realizadas y platicas con el personal del área se detecto lo siguiente.

- ◆ Se tienen diversos orificios en los tambores de los filtros rotatorios, ocasionando perdidas de vacío.
- ◆ Se detectaron fugas en las líneas de vacío que conectan bombas a tambores de filtros.

◆ Se mantiene una regulación de carga en los motores de las bombas de vacío, abriendo parcialmente válvulas a la atmósfera en los separadores existentes en el sistema.

De lo anterior se deduce lo siguiente:

- ◆ No se dispone de un adecuado sistema de control de vacío, necesario para controlar el espesor de "torta" de bicarbonato de los filtros y consecuentemente el proceso de secado.
- ◆ Se tiene un control del vacío pero en base a desperdicios del trabajo en las bombas.

8.4.2 PROPUESTA

Para racionalizar la operación, con un enfoque de optimización energética, se propone lo siguiente:

- ◆ Eliminación de fugas.
- ◆ Instalar en ambos lados de la parte central de los filtros, válvulas e instrumentos de medición de vacío, (ver figura 8.2) para controlar el mismo donde realmente interesa en el interior del tambor.
- ◆ Establecer una operación basada en dos bombas de vacío de 500 HP, con cabezal interconectado, controlando el vacío en el tambor solamente con las válvulas, de esta manera las válvulas actualmente usadas para romper el vacío permanecerán cerradas, y las fugas se mantendrán en un mínimo necesario para controlar el vacío.

8.4.3 CALCULOS

Al tener dos bombas de 500 HP y una de 350 HP funcionando, y después de hacer las modificaciones se dejan solo las dos bombas de vacío una de 500 HP y la otra de 350 HP se consigue un ahorro el cual se ve en la siguiente tabla.

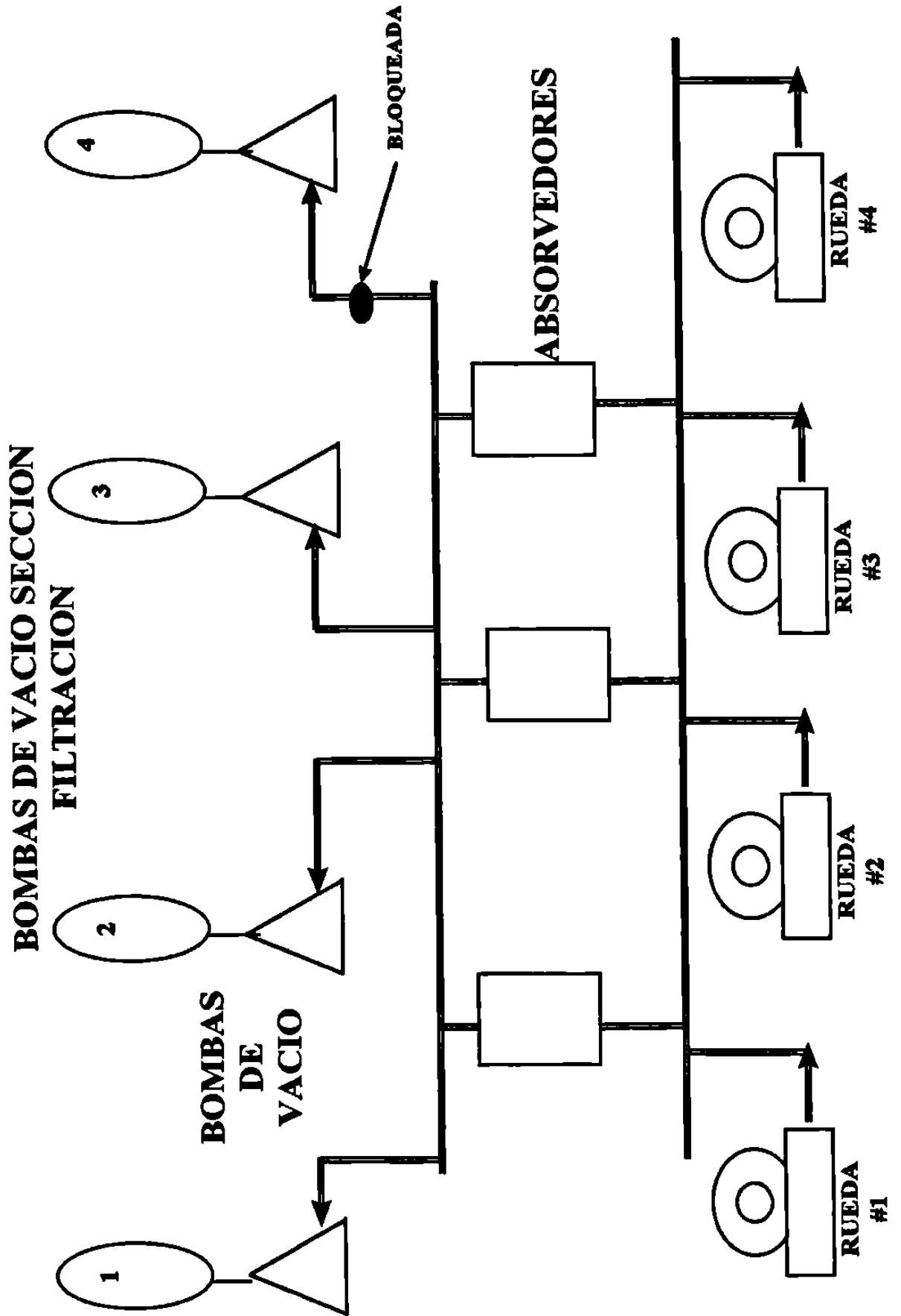


FIGURA 8.2 Bombas de vacío

La corriente medida de una bomba trabajando de 500 HP es: 400 ampers

$$kw = V_{in} \times 10^{-3} \times I_{nom} \times \sqrt{3} \times 0.9$$

$$kw = 0.48 \times 400 \times \sqrt{3} \times 0.9$$

$$kw = 299$$

PERIODO	HORAS	CUOTA	AHORRO \$
Punta	63	0.66783 \$/kw	\$ 12,580.00
Intermedia	420	0.23740 \$/kw	\$ 29,812.70
Base	261	0.21117 \$/kw	\$ 16,479.50
Total	744		\$ 58,872.20

TABLA 8.4 Ahorros en bombas de vacío en el mes de Agosto de 1998

8.5 OPTIMIZACION DE GENERADOR ELECTRICO PARA EVITAR DESPERDICIOS DE VAPOR.

8.5.1 COMENTARIOS BASICOS

La planta carbonatos cuenta con un generador operado por turbina de vapor con capacidad de operación nominal de 1850 kVA, 60 Hz y genera un voltaje de 480 Volts, el cual tiene como finalidad suministrar energía eléctrica a la planta logrando la reducción de consumo de energía proporcionados por CFE. La turbina es alimentada con vapor de alta presión 30 kg./cm² y un flujo de 18 toneladas, el generador le quita energía al vapor y lo transforma en un vapor de baja presión que equivale a 20 PSIG o 1.4 kg./cm², este vapor es utilizado en la planta en diferentes procesos (ver figura 8.3), en el sistema existen unas bombas de alta presión para bombear agua, una de las bombas es eléctrica y la otra es de vapor de alta, la de vapor consume 4 toneladas y la eléctrica es de 150 kw, el sistema cuenta también con una válvula de vapor de alta a baja la cual recupera vapor de baja cuando algunos de los equipos que lo producen están parados o en mantenimiento, aparte de esa válvula existe otra

que desfoga a la admosfera el excedente de vapor de baja cuando las plantas consumidoras están en mantenimiento o paradas.

El objetivo de esta proyecto es evitar desperdicios de vapor sin disminuir la potencia inyectada a la línea de 480 volts. El generador tiene una eficiencia de 75 kw por tonelada de vapor que pasa por su turbina.

Para los cálculos se requirió de datos del cuaderno de costos, donde se tomaron los costos de generación de vapor, la energía eléctrica y el gas natural, con estos datos se puede obtener el costo del vapor que se tira a la admosfera por el desfogue.

Al ver la tabla 8.5 donde se muestra en un mes típico los flujos de vapor de alta-baja y desfogue, el desfogue es un vapor que se tira a la atmosfera por eso se considera que se desperdicia, el de alta-baja no se desperdicia pero el costo es mayor por que no efectúa su trabajo de vapor de alta.

FEBRERO 1998	FLUJO VAPOR DESF. Ton/h	FLUJO VAPOR ALTA-BAJA Ton/h
1	1.1	6.6
2	1.1	6.6
3	0.5	8.2
4	0.5	9.1
5	0.6	9.6
6	0.5	11.1
7	0.5	7.4
8	1.1	5.8
9	1.4	6.7
10	0.5	7.0
11	2.3	5.4
12	1.8	2.2
13	0.3	3.0
14	0.3	8.6
15	1.1	4.6
16	0.0	12.0
17	1.0	8.0
18	0.0	9.6
19	0.0	7.5

20	0.0	8.8
21	0.0	8.4
22	1.0	9.1
23	2.0	5.6
24	0.0	8.3
25	0.0	7.0
26	5.0	8.5
27	0.5	6.0
28	2.3	7.0
TOTAL	31.1	198.7
PROMEDIO	1.11	7.1

TABLA 8.5 Flujos de vapor en desfogue y alta-baja

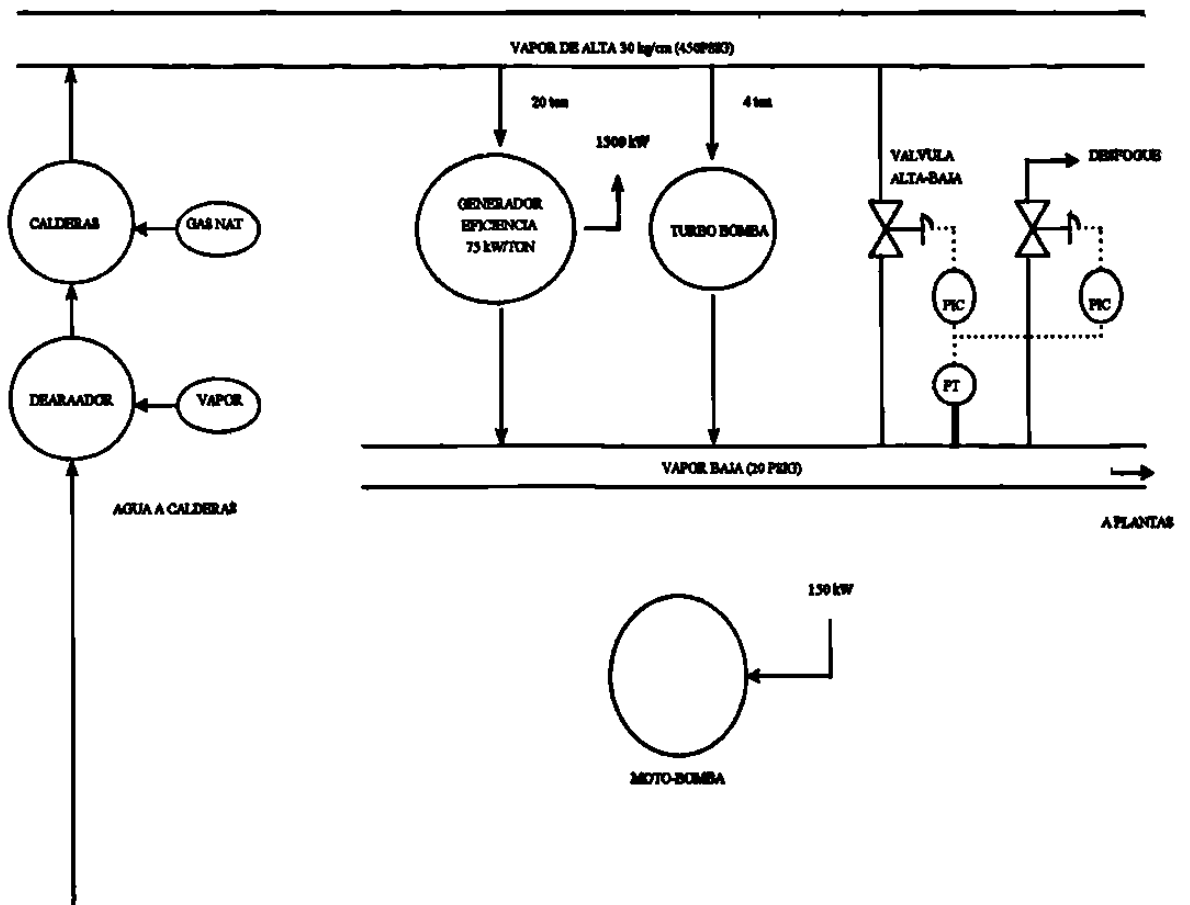


FIGURA 8.3 diagrama del proceso del generador

8.5.2 ACCION SUGERIDA

Para la propuesta, se requiere conocer con lo que se cuenta, para este tipo de sistemas, donde se tiene que tomar decisiones es necesario un calculador o computadora, donde se elaborara un programa que tomara datos del proceso y tomara una decisión de modular el generador.

En la planta carbonatos se cuenta con un sistema de control distribuido WESTINGHOUSE, que en su red cuenta con una micro-vax, donde se elaborara el programa propuesto, las señales de control de vapor alta-baja, el flujo de vapor generador, alta-baja, turbo - bomba y desfogue, están en el control distribuido y solo faltaría una señal que controle el servomotor de la válvula de vapor del generador.

Se necesita 90 m³ de gas natural para producir una tonelada de vapor de alta, por lo tanto con los datos obtenidos del cuaderno de costos el vapor de alta cuesta \$ 59.77, y el vapor de baja tendrá un costo por energía de \$51.73. el costo por energía se saca por los BTU/Ton de vapor que entrega como energía.

Vapor de alta

Presión = 30 kg/cm²

Temperatura = 350 °C

h = 2,972,188.44 BTU/Ton

Vapor de baja

Presión = 1.5 kg/cm²

Temperatura = 126 °C

h = 2,572463.25 BTU/Ton

La relación de h baja/h alta nos da = 0.8655 por lo tanto multiplicas el costo de vapor de alta por la relación y es igual al costo de vapor de baja.

El diagrama de flujo (figura 8.4) empieza tomando datos del control distribuido, como flujo de vapor del generador, flujo de vapor alta-baja etc., después sigue un pregunta (IF) la cual es; si el flujo de alta-baja es mayor a cero, si es mayor a cero quiere decir que hace falta vapor de baja y como el generador es productor de vapor de baja, entonces el sistema pregunta si el generador esta

al máximo, en el caso que no lo sube pero en el caso que si el sistema calculo el costo de energía y costo de vapor y compara para tomar la decisión de meter la moto bomba o turbo bomba (es otro generador de vapor de baja).

En el otro camino del diagrama de flujo es algo similar pero en este caso la comparación la hace con el flujo de vapor desfogue.

Los ahorros no se pueden estimar correctamente, pero la eficiencia del sistema se mejoraría al 100%, por que en este momento se hace manual y no se tienen los datos al momento para tomar la decisión.

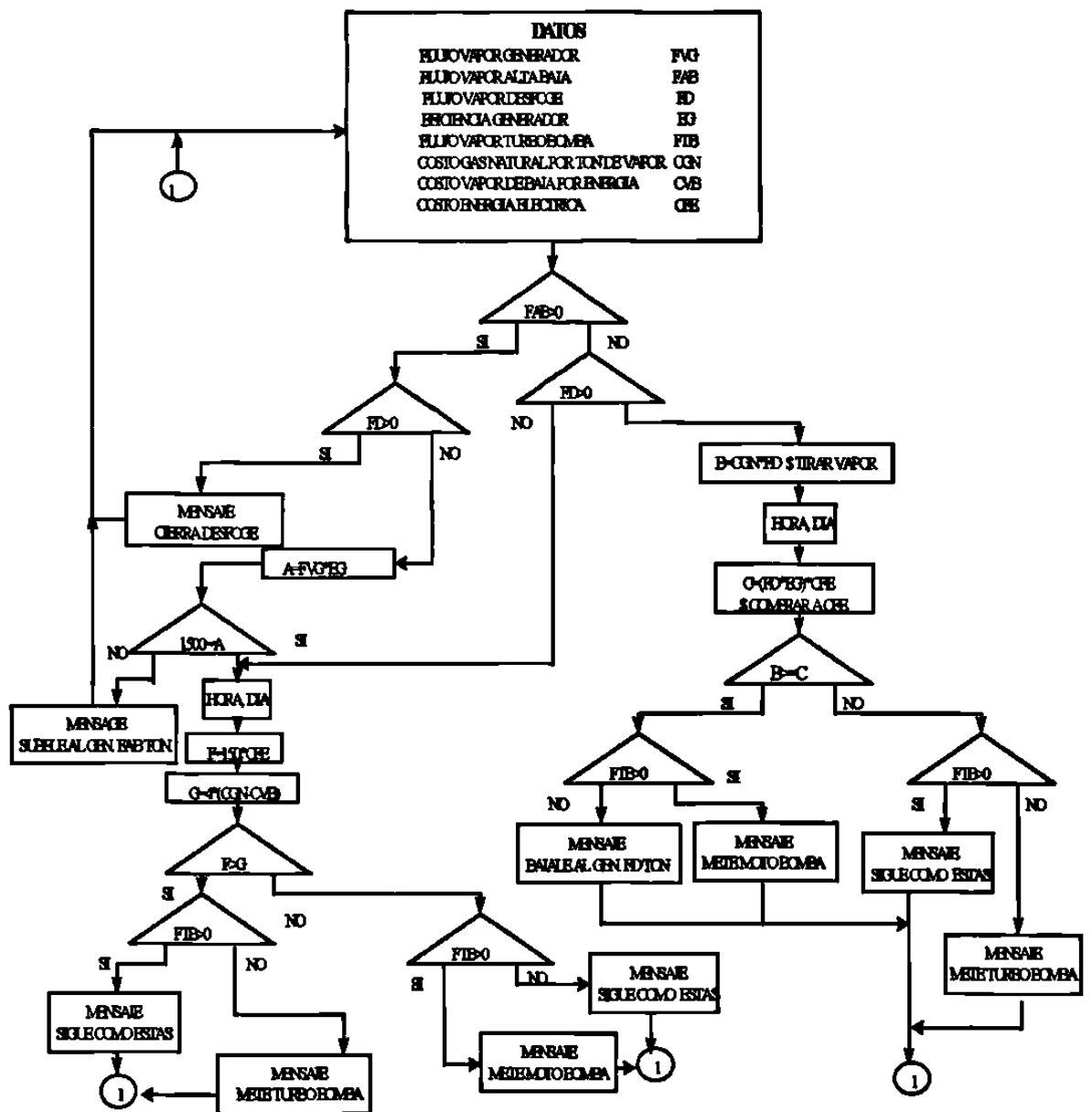


FIGURA 8.4 Diagrama de flujo del programa para control generador

8.6 OPTIMIZACION DE CENTRIFUGA CON VARIADOR DE VELOCIDAD.

8.6.1 ANTECEDENTES CENTRIFUGAS

Este proyecto se llevo a cabo en la etapa de centrifugado del proceso de elaboración de bicarbonato de sodio grado alimenticio. El proceso de centrifugado puede definirse como la operación de retirar el agua contenida en el producto y dejarlo casi seco, y así evitarle consumos altos de gas al quemador que es la etapa posterior al centrifugado.

La centrifuga funciona con diferentes velocidades iniciando con una velocidad media (600 rpm) para alimentarla (entrada de licor), después continua con el secado a una velocidad alta (900 rpm), y por ultimo para descargar con una velocidad baja (100 rpm). Las mediciones de corriente se hicieron a las diferentes velocidades y se puede ver en la gráfica (figura 8.5) el comportamiento y la corriente promedio es de 45 ampers.

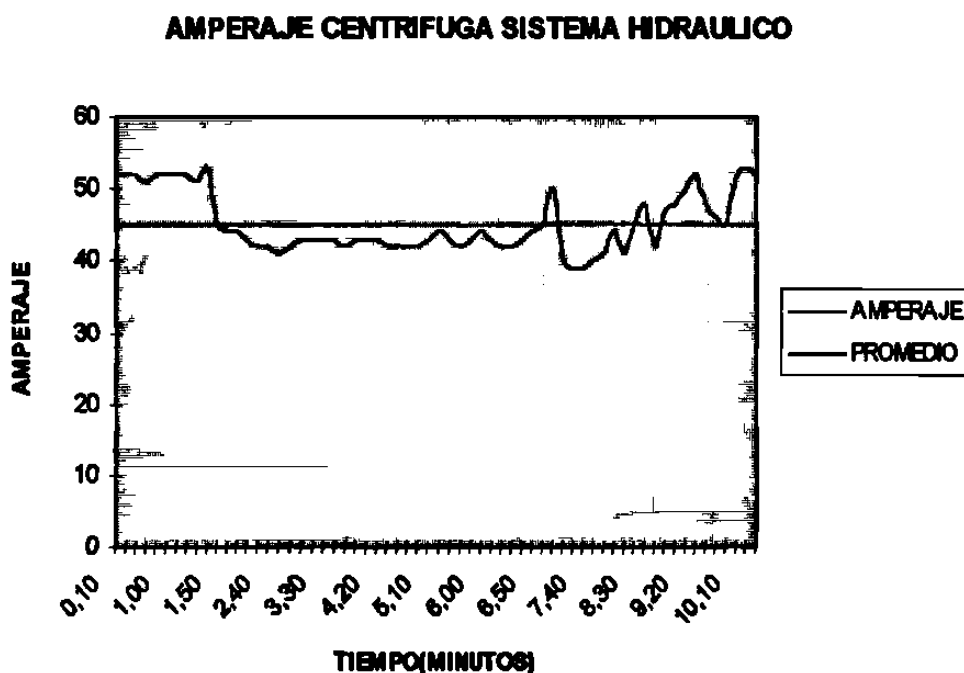


FIGURA 8.5 Comportamiento de la corriente en la centrifuga

En la figura 8.6 se muestra el proceso anterior y posterior de la etapa de centrifugado.

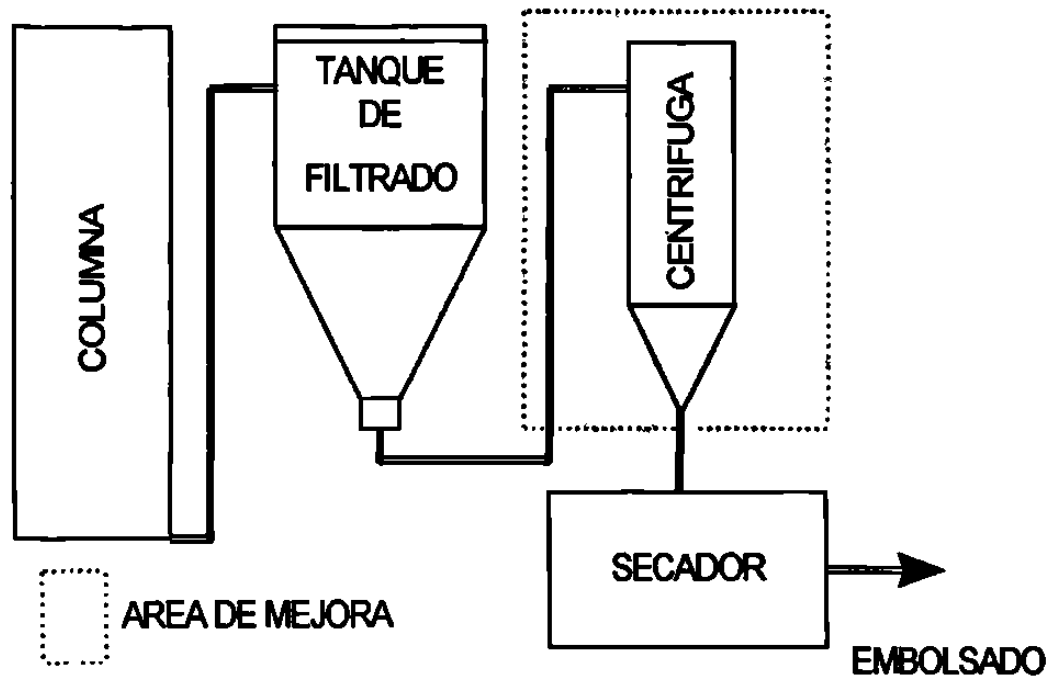


FIGURA 8.6 Diagrama del proceso de centrifugado.

El accionamiento actual es a través de un sistema hidráulica, que consta de las siguientes partes:

- ◆ Motor eléctrico
- ◆ Bomba hidráulica de flujo variable
- ◆ Motor hidráulica

Estos tres componentes son los que forman el sistema motriz de la centrífuga, en la figura 8.7 se presenta el dibujo de las partes principales del sistema motriz de la centrífuga.

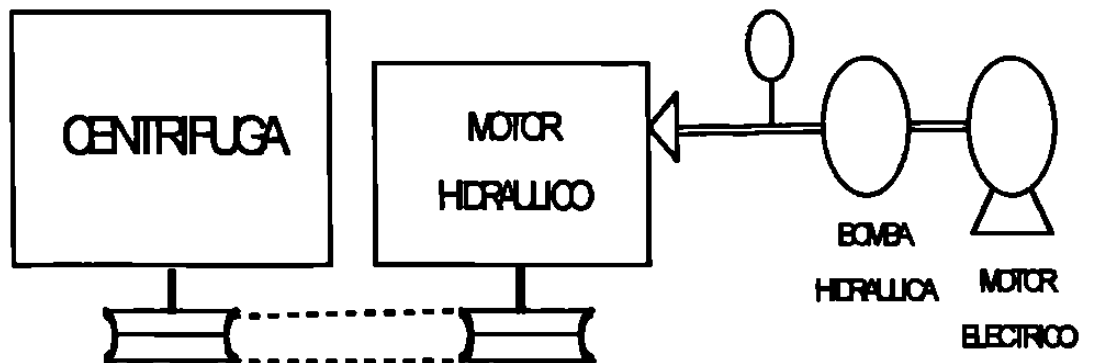


FIGURA 8.7 Sistema motriz de la centrífuga

NOMBRE	ESPECIFICACION
MOTOR HIDRAULICO	Velocidad nominal : 600 rpm Potencia : 50 HP
BOMBA HIDRAULICA	Potencia : 60 HP
MOTOR ELECTRICO	Velocidad : 1200 rpm Potencia : 50 HP Corriente Nominal : 65 Ampers Corriente de operación : 45 Ampers
POLEAS	Relación 1.6 : 1

TABLA 8.6 Especificaciones del sistema hidráulica

En la planta de USP existen 7 centrifugas que trabajan aproximadamente 20 horas diarias en promedio con motores de 50 HP, Por lo tanto tenemos una área de oportunidad usando variadores de velocidad.

8.6.2 PROPUESTA

Eliminar el sistema hidráulica (obsoleto) e instalar un sistema electrónico (figura 8.8) de mayor eficiencia como el variador de velocidad, por que el sistema es costoso en refacciones.

La ventaja de utilizar variadores de velocidad electrónicos, en lugar de los sistemas convencionales, ya sean hidráulicas o mecánicos, radica en el hecho de que mientras en el primero prácticamente no se tiene pérdidas, en los otros, el motor trabaja a su velocidad nominal, proporcionando gran potencia sobre la flecha, parte de la cual es absorbida por el sistema de variación de velocidad.

DIAGRAMA DEL SISTEMAS CENTRIFUGA-INVERSOR

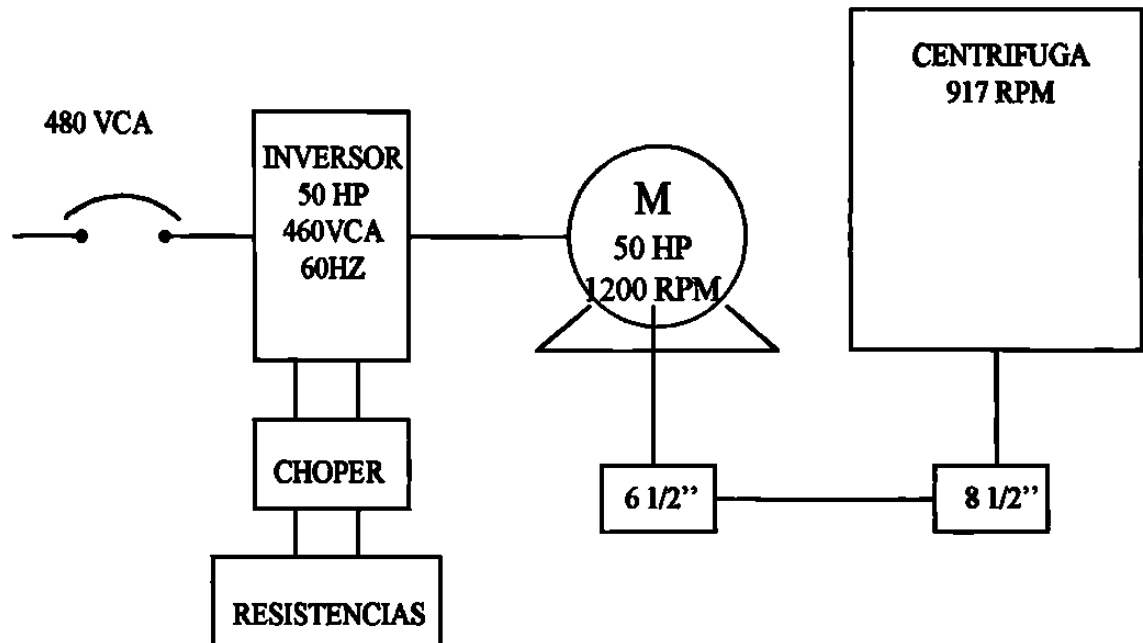


FIGURA 8.8 Representación de la solución propuesta

8.6.3 CALCULOS

El cambio de sistema de por si solo genera ahorros, en este estudio solo se mencionaran los ahorros de energía.

Consumo con el anterior sistema

Voltaje de alimentación (V_{in}) = 480 VCA

Corriente nominal (I_{nom}) = 45 Ampers

$$kw = V_{in} \times 10^{-3} \times I_{nom} \times \sqrt{3} \times 0.9$$

$$kw = 0.48 \times 32 \times \sqrt{3} \times 0.9$$

$$= 23.94 \text{ kw} \Rightarrow \text{Consumo normal antes del cambio}$$

Consumo con el nuevo sistema

Corriente Nominal con el nuevo sistema ($I_{nomnuevo}$) = 24 Ampers

$$kw = 0.48 \times 19 \times \sqrt{3} \times 0.9$$

= 14.21 kw \Rightarrow Consumo con el nuevo sistema

Ahorro a consumo

kw ahorro = 23.94 kw - 14.21 kw

kw ahorro = 9.73 kw \Rightarrow Ahorro a consumo

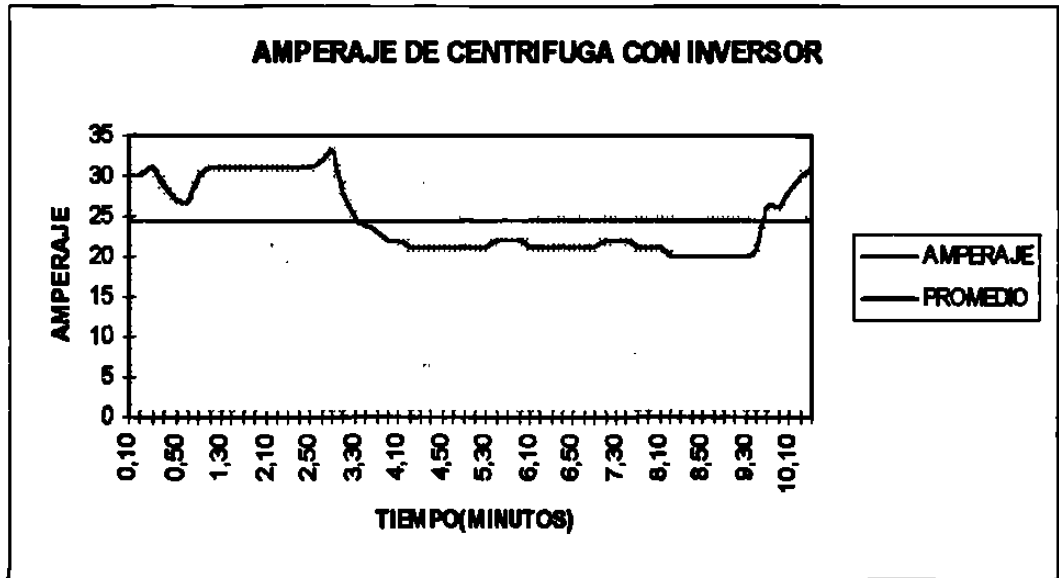


FIGURA 8.9 Comportamiento de la corriente con el sistema nuevo

Ahorro anual

Costo kw-hr = según la tabla 8.2 el costo unitario del kw-hr en la tarifa H-SL

Costo kw-hr = 0.2492

Horas al año en operación = 21 hr / día x 7 días / semana x 52 semanas / año

Horas al año en operación = 7644 hr / año

Ahorro/año = kW x Horas al año x kw-hr x # de centrifugas

Ahorro/año = 9.73 kw x 7644 hr / año x 0.2492 x 7

Ahorro/año = \$ 129,741.70

= 14.21 kw \Rightarrow Consumo con el nuevo sistema

Ahorro a consumo

kw ahorro = 23.94 kw - 14.21 kw

kw ahorro = 9.73 kw \Rightarrow Ahorro a consumo

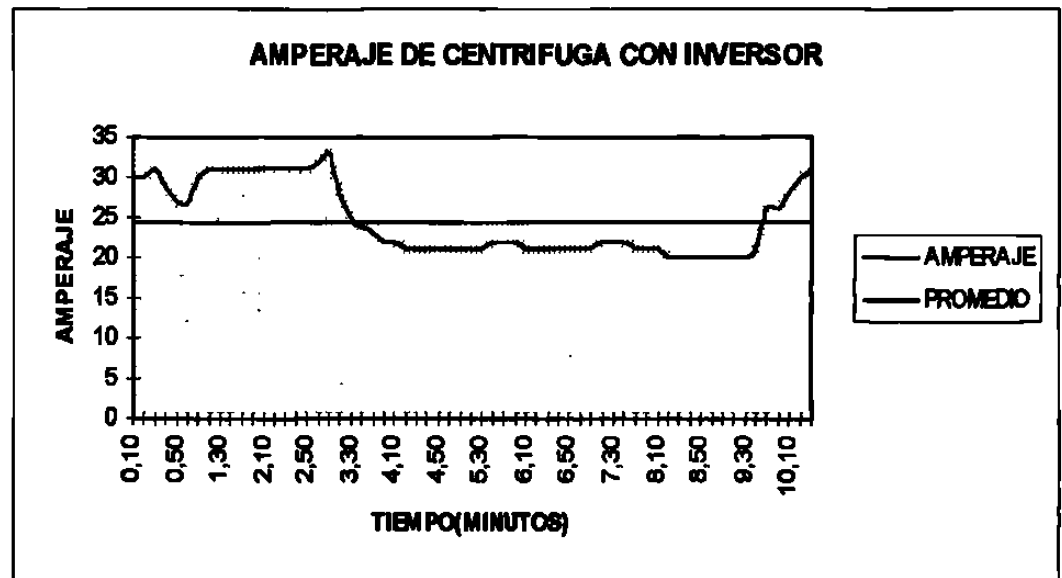


FIGURA 8.9 Comportamiento de la corriente con el sistema nuevo

Ahorro anual

Costo kw-hr = según la tabla 8.2 el costo unitario del kw-hr en la tarifa H-SL

Costo kw-hr = 0.2492

Horas al año en operación = 21 hr / día x 7 días / semana x 52 semanas / año

Horas al año en operación = 7644 hr / año

Ahorro/año = kW x Horas al año x kw-hr x # de centrifugas

Ahorro/año = 9.73 kw x 7644 hr / año x 0.2492 x 7

Ahorro/año = \$ 129,741.70

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como se menciono anteriormente dos de los proyectos están funcionando y proporcionando beneficios de ahorros, estos proyectos son la optimización de las bombas de vacío y de centrifugas, en el caso de las bombas de vacío se esta haciendo otro estudio tomando en base este, para dejar funcionando solo una bomba de vacío. En el caso de la centrifuga se metió en el concurso de Reconocimiento a la Mejora Incremental por la optimización de esta, con variador de velocidad.

El uso de variadores de velocidad de estado sólido, trae consigo además del ahorro de energía otros beneficios, los cuales llegan gratis con el variador de velocidad, aunque en algunos casos, estos suelen ser la razón principal por la que se ha elegido este sistema. Dentro de estos destacan los siguientes: arranque suave, incremento de la vida del motor, baleros, chumaceras, aumento del rango de velocidad de operación.

En el caso de la desconexión de un transformador, se esta preparando para hacer una prueba a mediados de año (1999), el cual trae beneficios alrededor de \$110, 000.00 sin ninguna inversión.

La integración de cargas a una sola tarifa (H-SL) traerá beneficios del orden de \$13,900.00, esta es una cantidad pequeña, pero los costos cambian y se ha presentado diferencias mayores, aparte solo se manejaría un solo contrato.

En el caso de la demanda, estas fluctúan por el tipo de planta pero si se tiene la mediciones en red y al instante, operación podrá tomar decisiones con información suficiente para manipular equipos no críticos y en algunos casos críticos.

En el caso de las bombas de vacío el ahorro logrado fue de \$58,000.00 diarios, este proyecto es otro de los que ya se finalizaron.

El proyecto de optimizar el generador eléctrico esta en fase de prueba, por que todavía no se automatiza, el detalle en este proyecto es que no es frecuente la manipulación del generador.

BIBLIOGRAFIA

- [1] C.M. Ambler, "The Evaluation of Centrifuge Performance," Publicado, 1971, paginas 161-168.
- [2] ABB, "Manual de Variadores de Velocidad ACS601," Marca ABB, Noviembre 1996.
- [3] Alkali, "Manual de Proceso Plantas Carbonato, USP, CaCl₂ 38%, CaCl₂ 94% y Calderas".
- [4] CONAE, "Metodología de las Auditorías Energéticas," Dirección de Calidad y Mejoramiento Ambiental Energéticos, Noviembre 1998.
- [5] CFE, "Tarifas de Venta de Energía Eléctrica ," Noviembre 1996.
- [6] Ing. Juan Carrizales Flores, "Uso de Variadores de Velocidad," XVI Seminario Nacional Sobre Uso Racional de la Energía, Noviembre - Diciembre 1995.
- [7] Chemicals Corporation, "Sharples Instruction Manual," Equipment Division 1974..
- [8] Arnold P. Fickett, Clark W. Gellings and Amory B. Lovins, "Efficient Use of Electricity," SCIENTIFIC AMERICAN, pp. 65-74, September 1990.
- [9] General Electric, "Steam Turbine Set," Small Steam Turbine Department, Nov. 1964.
- [10] Ernest W. Huget, "Squirrel Cage Induction Motors – Performance Versus Efficiency," IEEE 1983, paginas 818-823.
- [11] Herbert N. Hickok, "Adjustable Speed a Tool for Saving Energy Losses in Pumps, Fans, Blowers and Compressors," IEEE, Paper No. PCIC-83-44, pp. 191-204, 1983 PCIC Conference Record.

[12] Gilberto Enriquez Harper, "El ABC de las Maquinas Electricas (Transformadores)," Editorial Limusa, 1992, paginas 33-37.

[13] Robert H. Perry, "Manual del Ingeniero Químico," Centrifuges, paginas 19-89 19-189 Noviembre - Diciembre 1995.

[14] David E. Rice, "A Suggested Energy Saving Evaluation Method for AC Adjustable Speed Drive Application," IEEE, Paper No. PCIC-87-14, 1983 PCIC Conference Record.

LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
2.1.	Clasificación de tarifas eléctricas.....	5
3.1.	Eficiencias comparativas por carga-motores estándar.....	17
3.2.	Eficiencias comparativas por carga motores-alta eficiencia....	17
6.1.	Datos históricos de demanda.....	37
6.2.	Datos históricos de energía eléctrica.....	37
6.3.	Datos históricos de producción.....	38
7.1.	Distribución de cargas por subestación.....	41
8.1.	Ahorros logrables en consumos de referencia Agosto 1999...	46
8.2.	Tabla comparativa contratos Alkali.....	47
8.3.	Tabla de ahorros contrato Alkali.....	48
8.4.	Ahorros en bombas de vacío mes Agosto 1999.....	56
8.5.	Flujos de vapor en desfogue y alta-baja.....	58
8.6.	Especificaciones del sistema hidráulico.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Página
2.1 Regionalización tarifaria.....	6
2.2 Cargo por bajo factor de potencia.....	9
2.3 Bonificación por alto factor de potencia.....	10
2.4 Costo unitario vs factor de carga.....	12
3.1 Perdidas en el motor.....	15
3.2 Curva de eficiencia de motor de 40 HP.....	16
4.1 Diagrama esquemático del variador.....	20
4.2 Señales de entrada y salida de el rectificador.....	21
4.3 Rango de potencia y frecuencia de los transistores de potencia	22
4.4 Comportamiento bomba motor y variador de velocidad.....	23
5.1 Flujo de generación y transmisión eléctrica.....	26
5.2 Curva característica de una bomba con impulsor.....	29
6.1 Diagrama unifilar de Industria del Alkali.....	34
7.1 Distribución general de cargas.....	40
7.2 Distribución de suministro.....	41
7.3 Distribución de cargas por subestacion.....	41
8.1 Diagrama de la subestacion propuesta.....	49
8.2 Bomba de vacío.....	55
8.3 Diagrama de proceso del generador.....	58
8.4 Diagrama de flujo del programa para control generador.....	60
8.5 Comportamiento de la corriente en la centrifuga.....	61

8.6	Diagrama de proceso de centrifuga.....	62
8.7	Sistema motriz de la centrifuga.....	62
8.8	Representación de la solución propuesta.....	64
8.9	Comportamiento de la corriente con el sistema nuevo.....	65

HOJA DE CALCULO CORRESPONDIENTE AL MES DE AGOSTO DE 1998

AD DEL ALCALI SA DE CV
 POTRERO VILLA DE GARCIA
 SAN PEDRO

CUENTA 51DD12D012070470 RPU 417850103494
 TARIFA HM REGION NORESTE
 D. CONTRATADA 1,048 C.CONECTADA 1,500

PERIODO DE FACTURACION DESDE 980731 HASTA 980831

PERIODO	HORAS	% P C	ENERGIA *	CUOTA =	IMPORTE	CARGOS POR:	IMPORTE
PUNTA	42	73.26	24,000	1.70964 =	41,031.36		
INTERMEDIO	446	71.34	252,000	.54980 =	138,549.60		
BASE	256	74.36	150,000	.45024 =	67,536.00		
TOTAL	744	72.30	426,000				123,558.43

DEMANDA MAXIMA

PUNTA	780						
INTERMEDIO	792						
BASE	788						
kVarh	126,000	F.P. 95.89 %	FACTURABLE *	CUOTA	DEMANDA		35,295.68
			784 *	90.040	15% I V A		2,382.81
			BONIF. POR FACTOR DE POTENCIA -		% D A P		23,470.70
					IMPORTE TOTAL		179,942.00

MES	TOTAL	CONSUMO kWh			BASE	H O R A S				F P	IMPORTE
		PUNTA	INTERM	BASE		TOT	PTA	INT	BAS		
9707	390	25	241	123	744	46	456	242	96.47	154	
9708		19	243	136					90.00		
9709	423	21	264	138	720	42	429	249	95.75	160	
9710t		21	198	100	600	36	371	193	93.47		
9710	387	10	34	22	145	20	76	49	93.55	167	
9711	369	39	189	141	720	86	372	262	95.97	160	
9712	475	60	249	166	744	96	394	254	93.62	219	
9801	531	66	279	186	744	94	394	256	91.89	252	
9802	481	51	267	163	672	84	352	236	92.89	223	
9803	510	55	262	192	744	94	386	264	93.50	233	
9804t		6	31	16	96	14	56	26	94.87		
9804	367	16	196	100	623	38	375	210	95.23	157	

MES	PUNTA	DEMANDA kW			FACTURABLE	% FACTOR DE CARGA				TOTAL
		INTERM	BASE	BASE		PTA	INT	BAS	M\$	
9707	698	824	719	736	79.42	64.27	70.69		63.67	
9708	677	696	705							
9709	788	839	825	804	69.45	73.35	67.18		70.02	
9710t	789	810	804	796	73.93	65.89	64.77		65.70	
9710	801	792	663	801	65.54	57.32	69.26		58.12	
9711	758	798	831	775	59.83	63.67	64.76		61.67	
9712	785	816	821	796	79.62	77.45	79.84		77.85	
9801	960	981	897	967	73.14	72.18	81.00		72.75	
9802	978	1,013	1,050	995	62.00	74.88	65.98		68.20	
9803	986	1,010	1,010	994	59.88	67.33	72.81		67.87	
9804t	663	774	795	700	64.64	72.67	79.83		70.75	
9804	669	788	690	705	64.90	66.50	69.36		63.80	

HOJA DE CALCULO CORRESPONDIENTE AL MES DE AGOSTO DE 1998

IND DEL ALCALI SA DE CV
 CARR A GARCIA KM 9
 SAN PEDRO

CUENTA 51DD12D012070450 RPU 417050103486
 TARIFA HM REGION NORESTE
 D. CONTRATADA 810 C.CONECTADA 900

PERIODO DE FACTURACION DESDE 980731 HASTA 980831

					CARGOS POR:	IMPORTE
PERIODO	HORAS	% P C	ENERGIA *	CUOTA =	IMPORTE	
PUNTA	42	6.11	1,500	1.70964 =	2,564.46	
INTERMEDIO	446	75.09	213,000	.54980 =	117,107.40	
BASE	256	77.15	126,000	.45024 =	56,730.24	
TOTAL	744	71.73	340,500			88,201.01

DEMANDA MAXIMA

PUNTA	585					
INTERMEDIO	636					
BASE	638	FACTURABLE *	CUOTA			
		601 *	90.040			
kVAch	145,500	P.P. 91.96 %	BONIF. POR FACTOR DE POTENCIA -	DEMANDA	27,057.02	
				15% I V A	576.29	
				% D A P	17,202.26	
				IMPORTE TOTAL	131,884.00	

MES	TOTAL	CONSUMO kWh			BASE	H O R A S				F P %	IMPORTE \$
		PUNTA	INTERM			TOT	PTA	INT	BAS		
9707	280	6	165	109	744	46	456	242	96.21	96	
9708			139	106					90.00		
9709	255	4	139	111	720	42	429	249	94.98	99	
9710t		19	192	103	600	36	371	193	94.07		
9710	393	11	41	25	145	20	76	49	94.50	156	
9711	345	30	177	138	720	86	372	262	93.53	147	
9712	237	15	136	85	744	96	394	254	90.56	110	
9801	340	22	193	124	744	94	394	256	91.66	147	
9802	267	9	156	102	672	84	352	236	91.97	112	
9803	313	3	172	138	744	94	386	264	91.85	120	
9804t		8	22	12	96	14	56	26	90.70		
9804	231	6	114	69	623	38	375	210	88.87	94	

MES	PUNTA	INTERM	BASE	% FACTOR DE CARGA				TOTAL
				FACTURABLE	PTA	INT	BAS	
9707	374	585	579	438	34.88	61.85	70.10	64.45
9708	12	561	564					
9709	602	606	612	605	17.80	53.66	72.84	57.07
9710t	576	591	591	581	94.04	87.57	90.74	88.83
9710	560	563	563	561	98.21	96.99	92.43	95.55
9711	593	599	591	595	58.83	79.43	89.12	79.99
9712	585	623	588	597	26.71	55.61	57.25	51.13
9801	599	620	614	606	39.96	79.21	79.21	73.02
9802	581	606	599	589	18.44	73.13	72.15	65.86
9803	573	612	612	585	5.57	73.02	85.41	68.85
9804t	585	605	606	592	97.68	64.94	76.16	72.19
9804	168	603	597	299	93.98	50.41	55.04	50.31

HOJA DE CALCULO CORRESPONDIENTE AL MES DE AGOSTO DE 1998

SAN DEL ALCALI SA DE CV
CARR A GARCIA KM 9
SAN PEDRO

CUENTA 51DD12D012010300 RPU 417850100037
TARIFA H-SL REGION NORESTE
D. CONTRATADA 11,132 C.CONECTADA 15,500

PERIODO DE FACTURACION DESDE 980731 HASTA 980831

PERIODO	BORAS	% P C	ENERGIA *	CUOTA =	IMPORTE	CARGOS POR:	IMPORTE
PUNTA	63	91.00	548,124	.66783 =	366,053.65		
INTERMEDIO	420	69.07	3,885,073	.23740 =	922,316.33		
BASE	261	90.96	2,438,045	.21117 =	514,841.96		
TOTAL	744	68.96	6,871,242			ENERGIA	1,803,212.13

DEMANDA MAXIMA

PUNTA	9,561						
INTERMEDIO	13,392						
BASE	10,269						
			FACTURABLE *	CUOTA			
			10,328	43.844			
kVarh	1,750,322	P.P. 96.91 %				DEMANDA	452,020.83
						BONIF. POR FACTOR DE POTENCIA -	40,600.50
						15% I V A	332,313.62
						% D A P	
						IMPORTE TOTAL	2,547,738.00

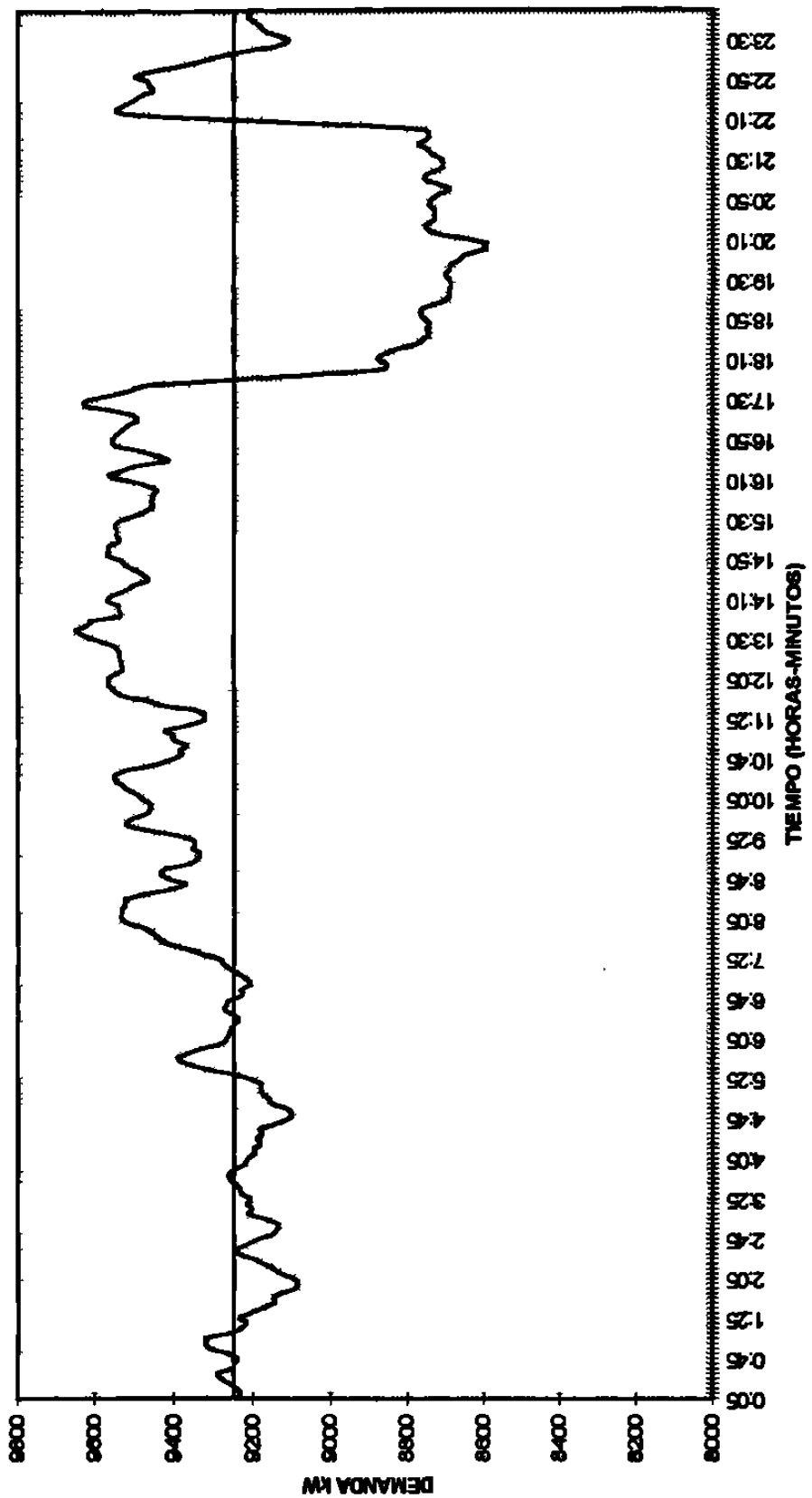
CONSUMO kWh

MES	TOTAL	CONSUMO kWh			H O R A S				P P %	IMPORTE
		PUNTA	INTERM	BASE	TOT	PTA	INT	BAS		
9707	6,854	405	4,447	2,001	744	46	483	215	95.90	2,30
9708	6,875	557	3,075	2,442	744	63	420	261	96.65	2,39
9709	6,777	574	3,781	2,421	720	63	403	254	96.14	2,39
9710t		511	3,314	1,885	600	54	350	196	97.57	
9710	7,069	188	709	460	145	20	76	49	98.09	2,61
9711	7,105	835	3,670	2,599	720	86	372	262	97.84	2,79
9712	6,920	881	3,661	2,378	744	96	394	254	98.23	2,81
9801	7,164	897	3,792	2,473	744	94	394	256	97.70	2,92
9802	6,336	524	3,503	2,307	672	57	373	242	97.66	2,40
9803	6,951	546	3,639	2,765	744	66	405	273	97.44	2,53
9804t		81	580	239	96	9	62	25	96.98	
9804	6,306	321	3,431	1,652	623	38	397	188	97.70	2,33

DEMANDA kW

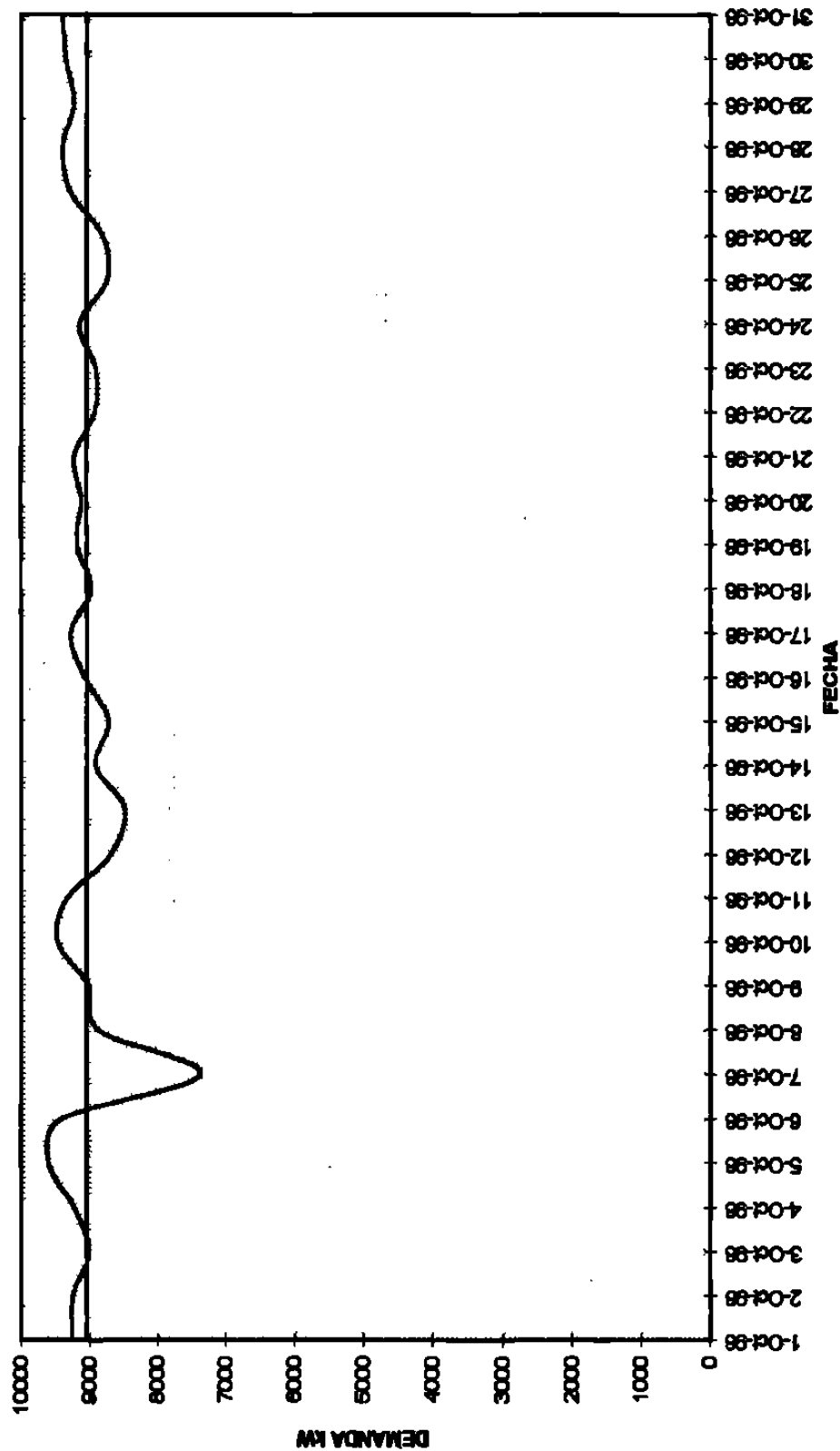
MES	PUNTA	INTERM	BASE	% FACTOR DE CARGA			TOTAL	
				FACTURABLE	PTA	INT		BAS
9707	9,421	10,050	9,966	9,547	93.62	91.61	93.43	91.6
9708	9,642	10,320	10,557	9,802	91.74	89.41	88.65	87.5
9709	9,815	11,092	10,390	10,071	92.83	84.60	91.77	84.8
9710t	10,433	10,358	10,266	10,433	90.73	91.42	93.71	91.2
9710	10,261	10,266	9,915	10,262	91.95	96.92	94.79	91.2
9711	10,784	10,741	10,841	10,790	90.07	91.87	91.50	91.0
9712	10,233	10,166	10,180	10,233	89.70	91.42	91.97	90.9
9801	10,547	10,447	10,409	10,547	90.56	92.14	92.84	91.3
9802	10,460	10,368	10,350	10,460	87.96	90.61	92.14	90.1
9803	10,116	10,489	10,251	10,191	81.84	85.67	98.83	89.0
9804t	10,260	10,280	10,336	10,271	88.51	91.06	92.79	90.9
9804	9,985	11,060	12,177	10,312	84.62	78.15	72.17	71.2

DEMANDA INSTANTANEA EN kW 2/OCT/98

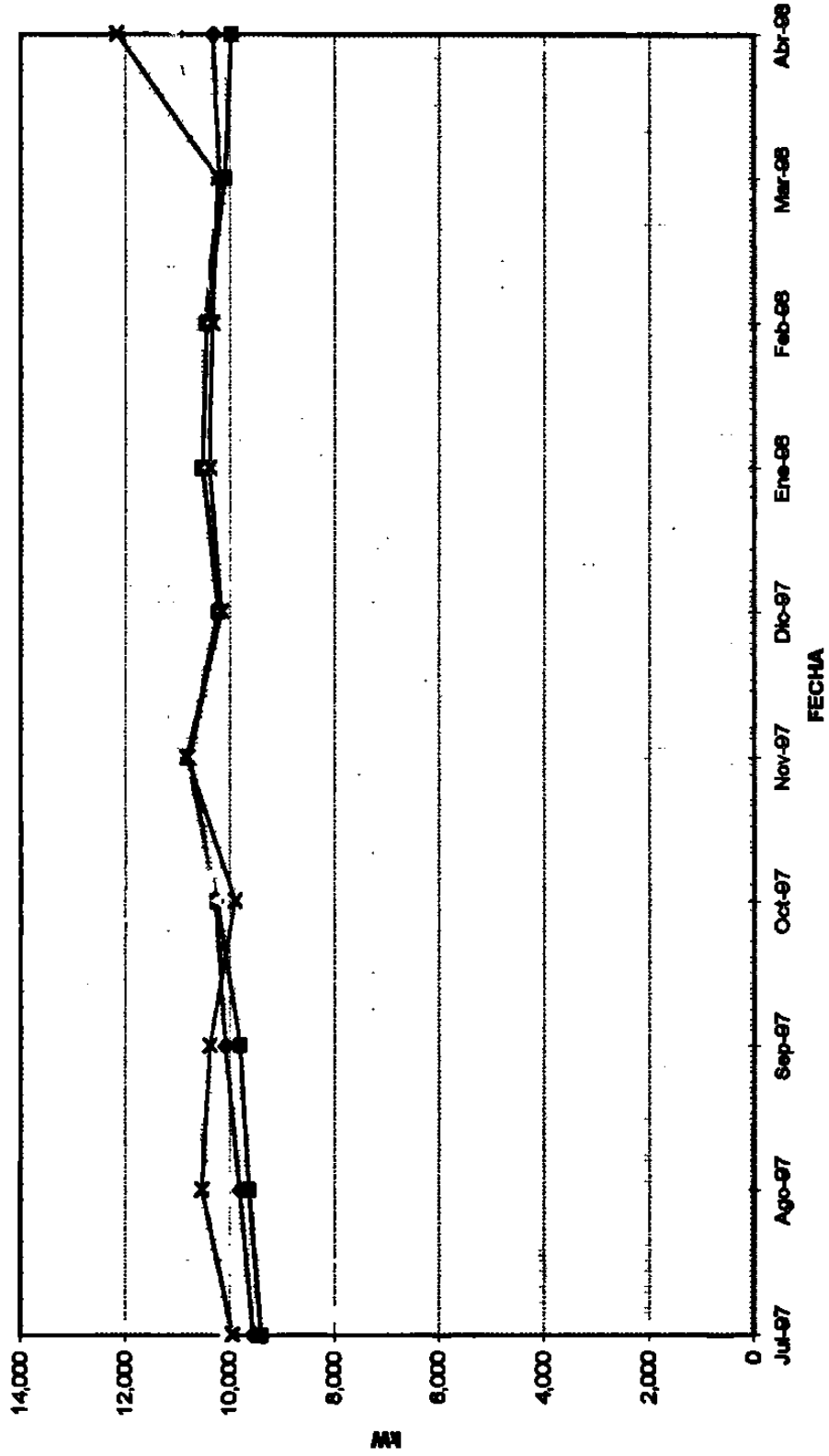


APENDICE B-1

DEMANDA DIARIA MES DE OCTUBRE

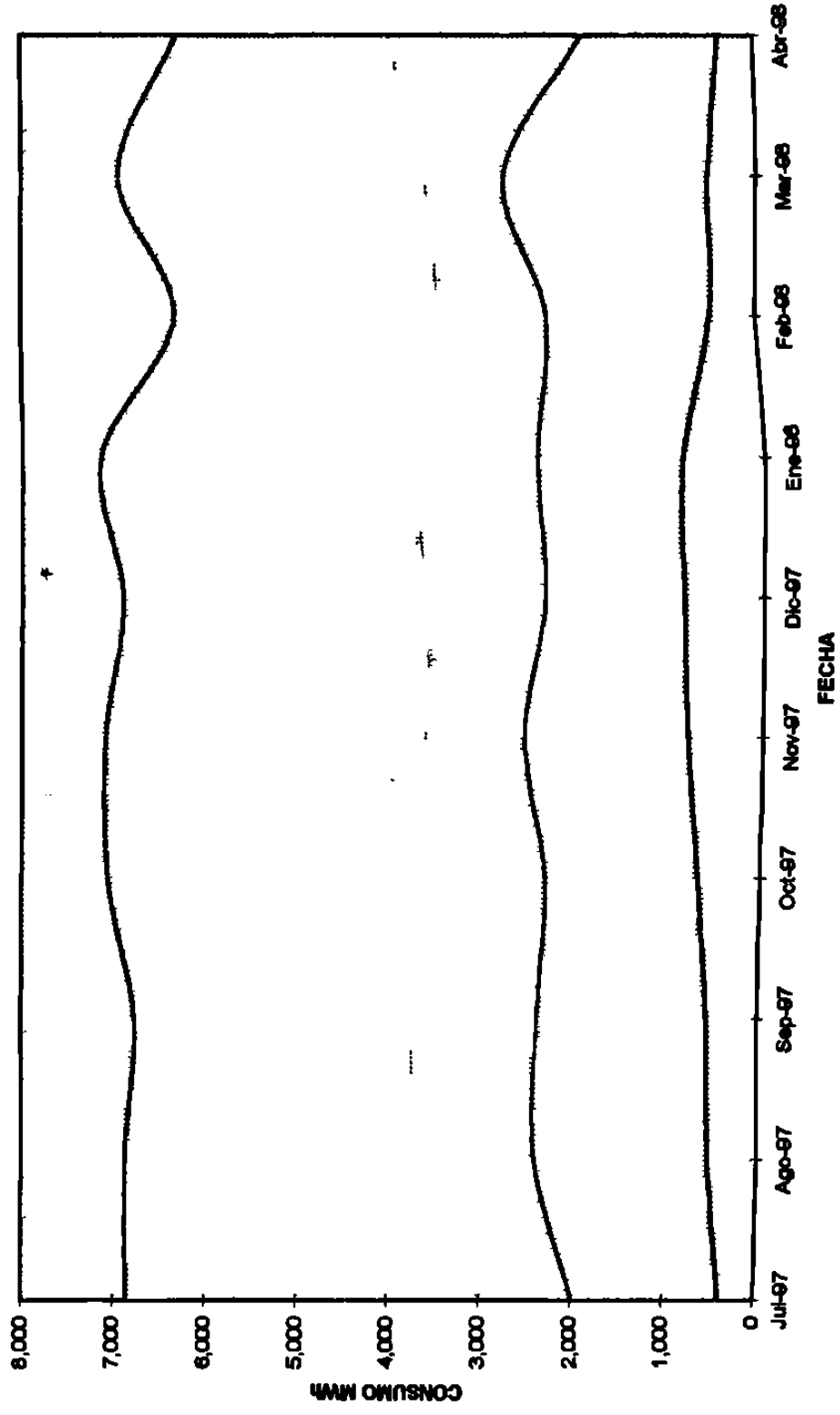


DEMANDA EN kW POR MES



APENDICE B-3

CONSUMOS MWh TARIFA H-SL



APENDICE B-4

GLOSARIO

COGENERACION.- Es una doble generación, en su uso moderno es para generar electricidad y vapor al mismo tiempo.

CARGO POR DEMANDA.- Es un cargo que hace la compañía suministradora para lograr que los clientes demanden energía contratada.

PERDIDAS DE HISTERISIS.- Estas pérdidas ocurren cuando el entrehierro es magnetizado y desmagnetizado repetidamente

CORRIENTES DE EDDY.- Es una corriente inducida en el entrehierro por el campo magnético de los equipos enbobinados y se considera una pérdida.

MOTORES DE INDUCCION.- Conocidos también como motores asincronos, su principio de operación es inducción de un voltaje por un campo magnético que genera una fuerza que mueve a la flecha del motor.

TRISTORES.- Es un componente electrónico de tres terminales que conduce cuando la tercer terminal llamada compuerta recibe una señal eléctrica.

CHOPPER.- Es un circuito que verifica el voltaje de directa en un variador de velocidad y desvía la señal cuando excede ese voltaje

ONDA SENOIDAL.- Es una onda periódica

TRANSISTORES BIPOLARES.- Es un interruptor de dos polos que típicamente esta en un estado de saturación

IGBT.- Es similar al transistor bipolar pero interrumpe a altas frecuencias

MOS-FET.- Es similar al bipolar pero es usado para interrupciones de alta frecuencia, tiene bajas pérdidas y su consumo de potencia es bajo.

ARMONICOS.- Son formas de onda sinusoidales múltiplos de una frecuencia fundamental.

SUBESTACION DERIVADORA.- Transformadores de baja capacidad que separan áreas.

COMBUSTOLEO.- Es usado como combustible en algunos centros de energía y es un derivado del petróleo.

PROCESO SOLVEY.- Es el proceso de extraer sal y por medios químicos transformarla en carbonato de sodio, fue inventado por Ernest Solvay a finales del siglo IX.

EXAUSTO.- Licor de desperdicio (usado en ALCALI)

SALMUERA.- Es sal diluida en agua

MAGMA.- Licor muy caliente y espeso

SEDIMENTACION.- La precipitación de sólidos en suspensión en un medio líquido.

EVAPORADORES DE LECHO FLUIDIZADO.- Es un canal que a contra flujo del producto se le pasan gases calientes para evaporar o quitar agua al producto.

PELETIZADO.- Producir grano en el producto o sea crecer el tamaño del producto.

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Ingeniero en Control y Computación con estudios de maestría en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con especialidad en potencia con su tesis “Determinación y Análisis de Ahorro de Energía Eléctrica en Industria del Alkali.”

Nació en Monterrey N.L. el 21 de Noviembre de 1962. Sus padres son el Sr. Adolfo Omaña del Castillo y Sra. María de Lourdes Garza Garza .

Realizo sus estudios profesionales en la facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la UANL.

Actualmente trabaja en Industria del Alkali S.A. de C.V. en la que tiene el puesto de Coordinador de Instrumentación Electrónica, con 10 años de experiencia en el área de instrumentación, electrónica y potencia.



DONATIVO

