

CONTENIDO

CAPITULO I METODOLOGIA PARA UN DIAGNOSTICO EN ENERGETICOS

- 1.0. INTRODUCCIÓN
- 2.0. DIAGNOSTICO ENERGÉTICO
- 3.0. ANÁLISIS ENERGÉTICO
- 4.0. EQUIPO DE MEDICIÓN
- 5.0. ÉL DIAGNOSTICO ENERGÉTICO EN LA INDUSTRIA
- 6.0. ELABORACIÓN Y REALIZACIÓN DEL REPORTE FINAL.

CAPITULO II TARIFAS ELECTRICAS

- 1.0. CONCEPTOS FUNDAMENTALES
- 2.0. FACTOR DE CARGA
- 3.0. ESTRUCTURA TARIFARIA

CAPITULO III CONTROL DE DEMANDA

- 1.0 CONCEPTOS FUNDAMENTALES
- 2.0 CONTROL DE LA DEMANDA
- 3.0 EJEMPLO DE APLICACIÓN

CAPITULO IV MOTORES ELECTRICOS Y LA APLICACIÓN DE VARIADORES DE VELOCIDAD

- 1.0 CLASIFICACION GENERAL
- 2.0 PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN
- 3.0 CARGAS Y EFICIENCIAS
- 4.0 SISTEMAS BOMBEO
- 5.0 AHORRO DE ENERGIA MEDIANTE LA APLICACIÓN DE VARIADORES DE VELOCIDAD

CAPITULO V SISTEMAS DE ILUMINACION

- 1.0 INTRODUCCIÓN.
 - CLASIFICACIÓN DE LAS LAMPARAS
-

CAPITULO I

METODOLOGIA PARA DIAGNOSTICOS ENERGETICOS

1. INTRODUCCIÓN

1.1. ADMINISTRACIÓN DE LA ENERGÍA.

Durante los últimos años, las organizaciones han visto como la energía ha pasado de representar un factor marginal en su estructura de costos a ser capítulo importante en la misma. Debido al incremento paulatino en su precio, han tenido que afrontar el reto de disminuir la participación de la energía en los costos, o por lo menos mantener su mismo nivel. Para ello, es preciso conocer claramente el tipo y la cantidad de energía que se utiliza en cada uno de los procesos que conforman la operación industrial y determinar las acciones pertinentes para abaratar los costos de producción por concepto de energía, sin afectar la calidad ni la cantidad de producción.

Para lograr lo anterior es necesario implementar u operar un programa de ahorro de energía cuya estrategia central es el ahorro y uso eficiente de la energía. Estos programas mejoran la competitividad, amplían el horizonte energético y liberan recursos económicos para destinarlos a otras actividades productivas.

El concepto de administración se encarga de la planificación, dirección y seguimiento de los esfuerzos individuales encaminados hacia el mejor uso de los recursos. Es por ello, que la administración de la energía debe estar firmemente apoyada por un programa de conservación de energía, encargado de reducir el desperdicio de la misma, la mejor utilización por parte de los consumidores (uso racional) y la sustitución de fuentes energéticas.

Así, la definición e implantación de un programa de ahorro de energía se inserta dentro de un programa global de administración de la energía. Este programa de ahorro de energía requiere de un soporte adecuado para identificar y evaluar las oportunidades existentes en una organización.

El ahorro de energía no puede llevarse a cabo si no se conoce dónde y cómo se está 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 pérdidas de energía que generalmente se le conoce como *diagnóstico energético*.

El *diagnóstico energético* es una herramienta técnica utilizada en la evaluación del uso eficiente de la energía. Sin embargo, no se podría alcanzar ahorros significativos a largo plazo sin el respaldo de un programa de ahorro de energía dentro de la empresa.

Para desarrollar eficientemente y con éxito un programa de ahorro de energía en una organización debe cumplirse las siguientes condiciones:

- ✓ Compromiso en recursos y tiempo, tanto de la gerencia como del personal de la empresa, para implementar y desarrollar un programa energético con un esfuerzo permanente.
- ✓ Debe existir una base de datos consistente, sobre consumos energéticos de la empresa.
- ✓ Los proyectos viables deben ser evaluados de acuerdo con las normas y técnicas financieras de la compañía.
- ✓ El programa de ahorro de energía debe manejarse como cualquier programa gerencial o administrativo de la empresa.

En resumen, un programa de ahorro de energía en una empresa, implica un compromiso y una organización permanente a largo plazo, que se integra a la administración diaria de la empresa y que sienta las bases y desarrolla un plan de acción para un *diagnóstico energético* mientras que éste, representa una intervención temporal que identifica los ahorros potenciales.

2.0. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

2.1. OBJETIVOS DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.

El objetivo final es la identificación de medidas técnicas y administrativas rentables para el ahorro de energía en toda la empresa. Para llegar a ese objetivo, deben emplearse las siguientes metas:

- ✓ El análisis preliminar de datos sobre consumos, costos de energía y de producción para mejorar el entendimiento de los factores que contribuyen a la variación de los índices energéticos de la planta.
- ✓ Obtener el balance energético global de la planta, así como balances energéticos de los equipos y líneas de producción intensivas en consumos de energía para su cuantificación.
- ✓ Identificar las áreas de oportunidad que ofrecen potencial de ahorro de energía.
- ✓ Determinar y evaluar económicamente los volúmenes de ahorro alcanzables y las medidas técnicamente aplicables para lograrlo.
- ✓ Analizar las relaciones entre los costos y los beneficios de las diferentes oportunidades dentro del contexto financiero y gerencial de la empresa, para poder priorizar su implementación.
- ✓ Desarrollar un plan de acción para la realización de todos los proyectos de ahorro de energía, incluyendo fechas, metas y responsabilidades; tal plan permitirá dar continuidad al programa de ahorro de energía de la empresa.

2.2. CLASIFICACIÓN DE DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS.

El diagnóstico energético es la herramienta técnica utilizada para la evaluación sistemática del uso eficiente de la energía, definiendo la situación del consumo y las posibles oportunidades potenciales de ahorro. Existen básicamente dos tipos de diagnóstico según su nivel de análisis.

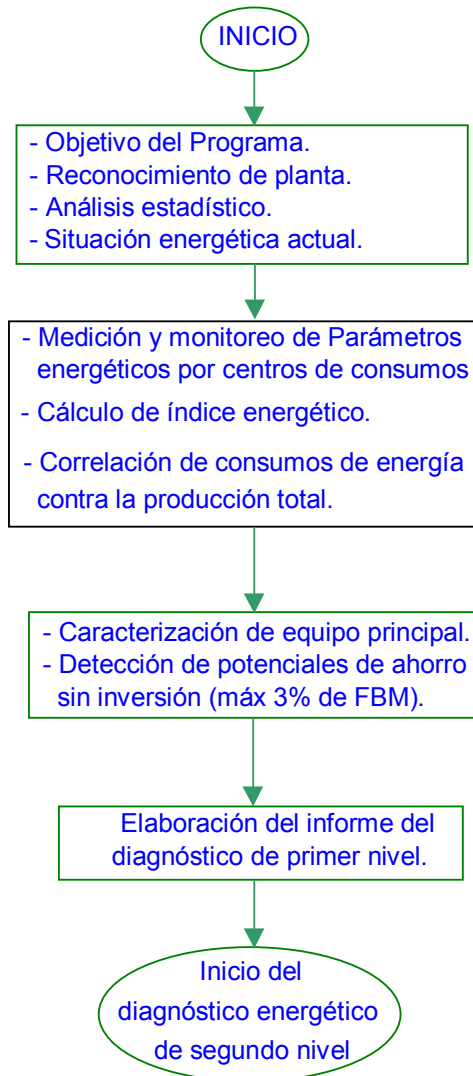
- **Diagnóstico Energético de Primer Nivel (DEN-1):** Su objetivo principal es la obtención de un balance global de energía y potenciales de ahorro que no requieren de inversión, como por ejemplo: El control de encendido de luminarias cuando sea sólo necesario, apagado de motores que estén trabajando en vacío sin ningún beneficio, etc.
- **Diagnóstico Energético de Segundo Nivel (DEN-2):** Su objetivo principal es la obtención de balances específicos de energía, así como potenciales de ahorro de energía sin y con inversión, aplicados al proceso.

A continuación se presenta una tabla comparativa entre un DEN-1 y un DEN-2

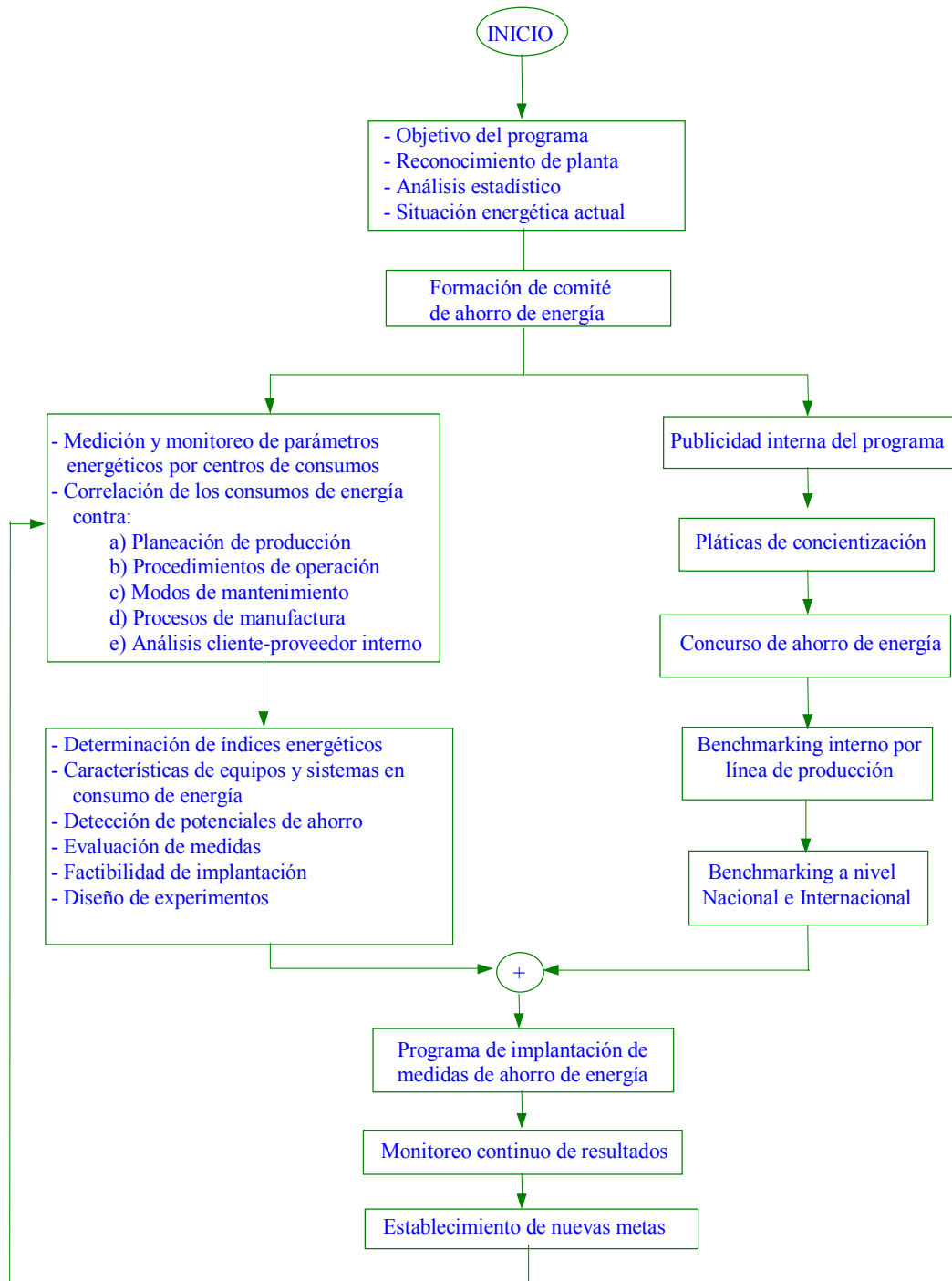
Categoría	Diagnóstico de Primer Nivel	Diagnóstico de Segundo Nivel
Alcance del Diagnóstico.	Inspección visual; análisis histórico de consumos y mediciones puntuales.	Análisis de consumos basados en el balance de materia y energía.
Objetivos.	Iniciar un programa de ahorro de energía para detectar áreas de oportunidad.	Obtener un plan de acción de actividades para asegurar la eficiencia energética.
Trabajo de campo.	3 a 10 días.	5 a 25 días.
Preparación del informe.	4 a 10 días.	15 a 60 días.
Tiempo corrido.	3 a 4 semanas.	1.5 a 4 meses.
Análisis de calderas.	Medición de eficiencias.	Balance energético detallado.
Medición de equipos.	Mediciones instantáneas.	Registros a través del tiempo.
Compromiso de la planta.	Apoyo general.	Apoyo y compromiso general.
Análisis costo-beneficio.	Periodo simple de recuperación.	Periodo simple, tasa interna de retorno.
Ahorros identificados.	10 a 20 %	10 a 30 % o más.
Resultados.	Base del programa de ahorro de energía.	Plan de medidas de baja y alta inversión.

1.2.3 METODOLOGÍA DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.

- Diagnóstico de Primer Nivel.



• **Diagnóstico de Segundo Nivel.**



3.0. ANÁLISIS ENERGÉTICO

3.1. INDICADORES ENERGÉTICOS.

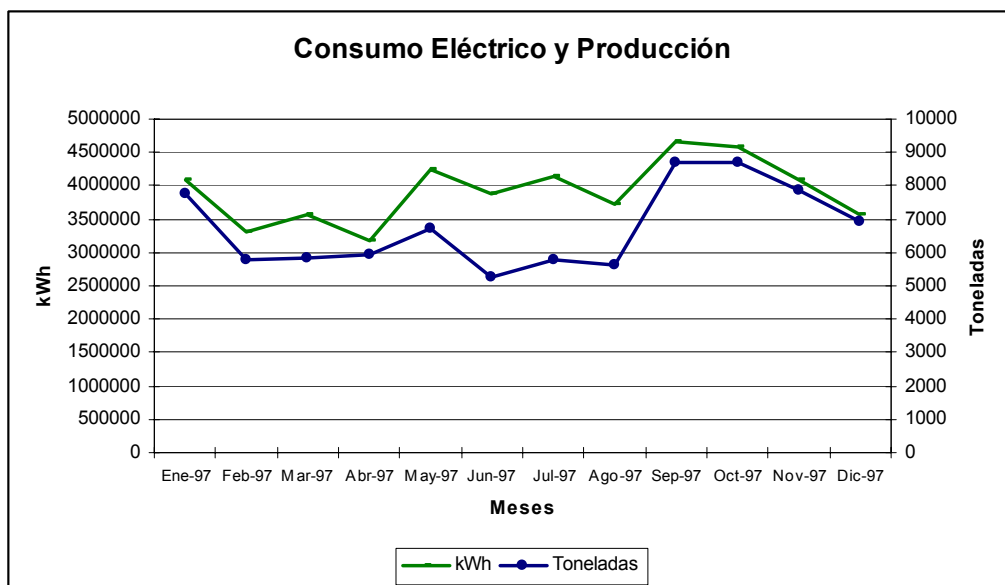
En las labores de gestión energética dentro de una empresa, uno de los primeros pasos que generalmente se debe llevar a cabo es la conformación de una base de datos compuesta básicamente por cifras sobre producción y consumos de energía; es parte de la necesidad de conocer con mayor precisión la eficiencia energética con la que opera la empresa y se hace indispensable relacionar el consumo de energía con la producción, en un mismo periodo de tiempo, el cual casi siempre es mensual en virtud de que la facturación energética así se presenta. Es indudable que para una primera aproximación en la determinación de las eficiencias, esta relación es de suma utilidad, pero es necesario sacarle el mayor provecho como herramienta de análisis. La ejecución de varios diagnósticos energéticos en distintas empresas altamente consumidoras de energía, ha dado la oportunidad de aplicar este análisis utilizando datos reales, obteniendo resultados ilustrativos sobre sus ventajas dentro de un proceso de gestión energética.

El objetivo de este escrito se centra en un intento por mostrar la importancia que tiene el análisis histórico-estadístico del consumo energético y su relación con la producción en la gestión del ahorro de energía, a partir de una exposición de la metodología que se debe aplicar y utilizando varios ejemplos basados en casos reales de equipos altamente consumidores.

3.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

En el análisis de la relación de consumo de energía y el nivel de producción, dentro de un proceso de gestión energética, el paso inicial, es la elaboración de gráficas que relacionen los dos parámetros sobre datos registrados en un periodo de tiempo, tal y como se presenta en la figura 1. Aquí se tomarán las cifras reales de una línea de producción (toneladas de producto), donde se puede observar que, en el transcurso de 12 meses, hay casi siempre una relación de continuidad entre la producción y el consumo de energía, salvo en algunos meses donde se observa como el consumo de energía fue mayor y la producción menor. Para llevar un mejor control de estas variaciones, se recomienda que este análisis se realice sobre datos generados diariamente, en el lapso de un mes, con medidores de consumo de la empresa, instalados directamente en la línea de alimentación del equipo.

Figura 1. Consumo Eléctrico y Producción.



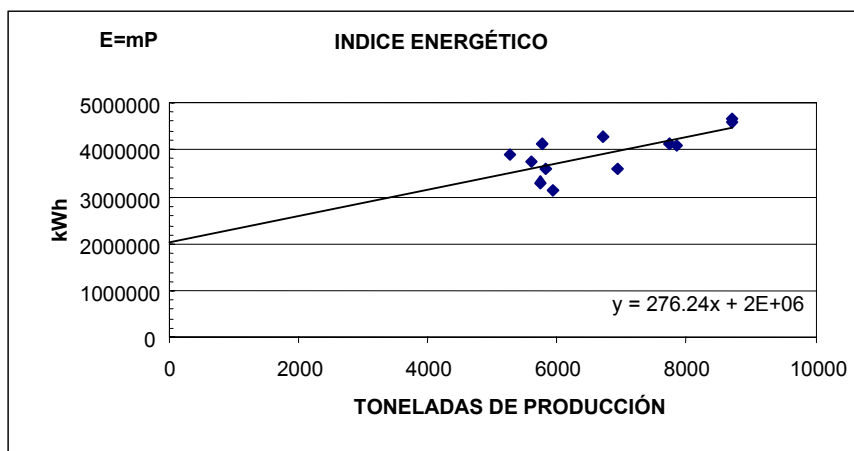
ANÁLISIS CORRELACIONAL.

Consumo de energía dependiente e independiente de la producción.

Aunque resulta de utilidad contar con la variación que se presenta en la Figura 1, que también refleja la tendencia que presenta el consumo de energía eléctrica, no es en realidad suficiente para entender bien la relación entre consumo y producción. Para poder definir mejor esta relación, se puede dividir básicamente el consumo de energía en dos partes:

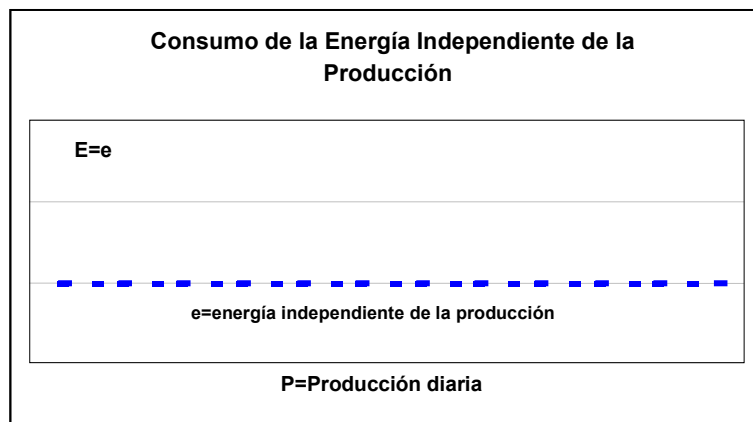
Energía dependiente de la producción: Este consumo se puede ilustrar como una línea proporcional a la producción, tal y como se presenta en la Figura 2; la ecuación de tal línea es $E = mP$, donde E es el consumo energético, P es la producción, y m una constante correspondiente a la pendiente de la línea.

Figura 2. Consumo de la Energía Dependiente de la Producción.



Energía independiente de la producción: Este consumo es aquel que se deriva del funcionamiento de servicios (iluminación, pérdidas de calor, fugas de vapor o de aire comprimido, uso de equipo eléctrico de oficina, ventilación, etc.) y se presenta como una línea punteada horizontal representada con la ecuación $E=e$, donde e es el valor del consumo independiente (Figura 3).

Figura 3. Consumo de la Energía independiente de la producción.

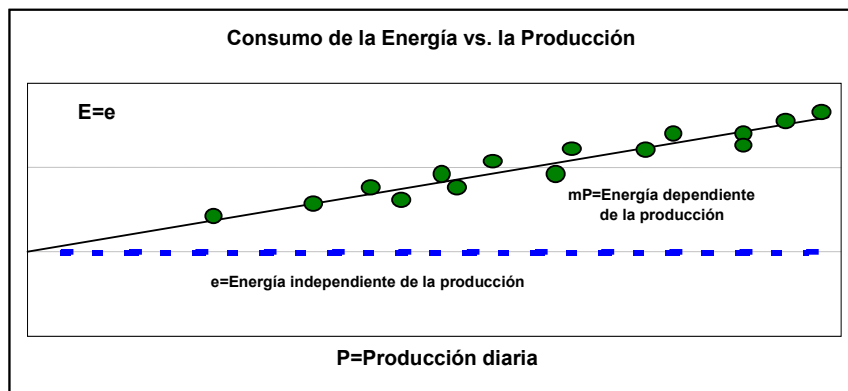


Consumo de energía contra producción.

La ecuación $E = e + mP$ integra las dos figuras anteriores y pone en evidencia por un lado, el consumo de energía independiente de la producción y el dependiente, haciendo énfasis que conforme aumenta la producción, el consumo se incrementa en igual forma tal y como se presenta en la Figura 4.

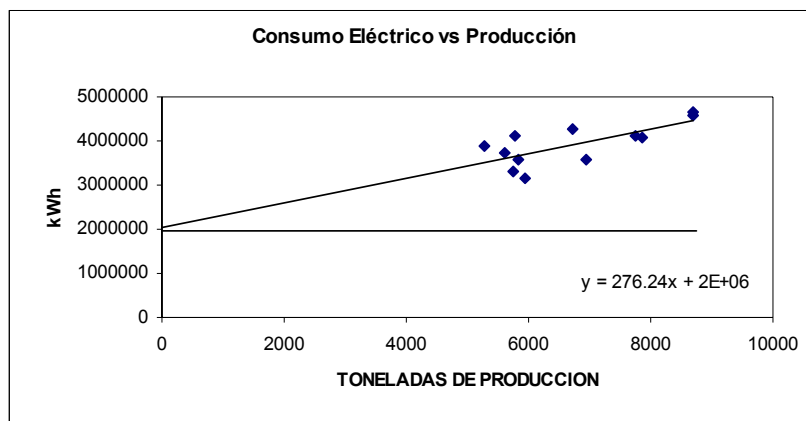
El espacio señalado por e , que en este caso es hipotético, porque los datos no son reales, es donde en principio se debe presentar mayor atención en el contexto de un programa de ahorro, pues generalmente los consumos independientes a la producción se pueden disminuir con medidas administrativas y obtener ahorros de energía sin inversión; en tanto que la inclinación de la pendiente puede ser menos pronunciada si se aplican medidas de ahorro directamente en los procesos, aunque éstas si requieran inversión.

Figura 4. Consumo de la Energía v.s. La Producción.



Para contrastar lo arriba expuesto con un caso elaborado con datos reales, retomemos el ejemplo de la línea de producción presentada en la Figura 1, para generar la Figura 5, donde se puede apreciar que el área correspondiente al consumo de energía independiente de la producción es considerable, pues comprende un poco más del 40% del total de consumo de energía de esta línea de producción. Esto se explica en parte porque el proceso presenta irregularidades en su operación, de tal manera que se generan muchos “tiempos muertos” por problemas en la calidad de la materia prima y en el desgaste de los mismos equipos. Además, en un análisis de largo plazo, de más difícil control, se pierde objetividad en la determinación de las causas reales que originan ineficiencias en el consumo de energía. En todo caso, el ejemplo ilustra un potencial de ahorro significativo que deberá aprovechar el responsable de la gestión energética en la empresa.

Figura 5. Consumo Eléctrico v.s. Producción.



Consumo específico de energía contra producción.

El consumo específico de energía (unidad de energía consumida por unidad de producto terminado) se genera por la ecuación $C=E/P$, donde C es el consumo específico, E la energía y P la producción. Para una empresa que opera con una alta eficiencia en el consumo energético, que no tiene consumos por servicios o pérdidas, la ecuación deviene en: $C = E/P = m$ (esto es, una constante).

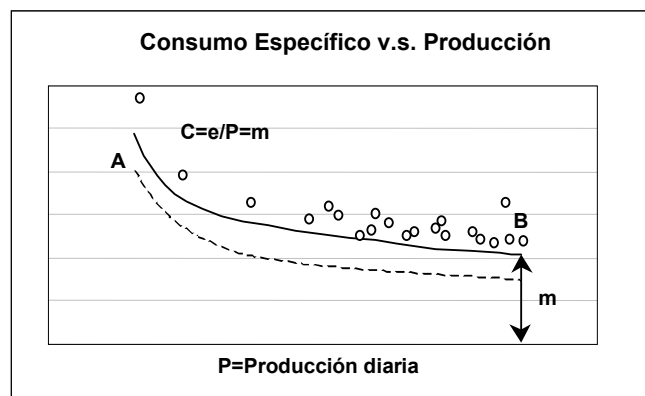
Para ilustrar la configuración típica del consumo específico y partiendo de la ecuación: $C = E/P = e/P + m$, se obtiene la Figura 6, cuando la producción es muy alta e/P disminuye y el valor de C se acerca a m , por el contrario si P es menor por una baja en la producción, se vuelve más significativo y C se incrementa rápidamente.

En la Figura 6, se muestra cómo el consumo específico de energía C varía con la producción P . La curva punteada señalada con **A** representa el movimiento de C ante medidas que efficienten el consumo. Así toda empresa puede fijarse sus propias metas de consumo y buscar reducir el espacio de m con un monitoreo constante para tener un mayor control en el consumo. De los puntos **A** y **B**, el punto **A** sería el más deseable de obtener pues muestra mayor eficiencia en tanto que **B** implica un deterioro. Aquí es recomendable, con datos históricos de producción y consumo, elaborar las gráficas del consumo específico contra la producción correspondiente a varios periodos y compararlas entre sí para determinar si en el transcurso del tiempo m se ha incrementado y hacia dónde se ha desplazado la curva. Esta observación permite fijar metas de consumo específico, pues si en el pasado se pudo operar con menos consumo específico, habrá que analizar qué circunstancias en la operación actual están incidiendo para provocar ineficiencias en el consumo.

La gráfica del consumo específico es la inversa de la correspondiente al consumo contra producción (Figura 4). La curva que se genera en la Figura 6 generalmente se traza en forma manual, a diferencia de las Figuras 4 y 5 que se genera a partir de una regresión lineal. Sin embargo, aplicando una regresión polinomial también se puede crear la curva.

Cabe destacar que al observar la Figura 6 sobresale un punto que es el que registra el mayor consumo específico. Aquí, la tarea del responsable de la gestión energética radica principalmente en indicar qué factores provocan ese consumo específico tan alto. Dependiendo del equipo analizado, se podría deducir que su consumo específico alto es consecuencia del pico de demanda provocado por el arranque del motor principal de este proceso, si es que se trata de un consumo de energía eléctrica; o que es motivado por el alto consumo de gas o combustóleo que se utiliza para iniciar el proceso de calentamiento de un horno, por si fuera el caso. De cualquier manera, esto es parte de la gestión y el objetivo será reducir los consumos, sin afectar el nivel de producción ni la calidad del producto final.

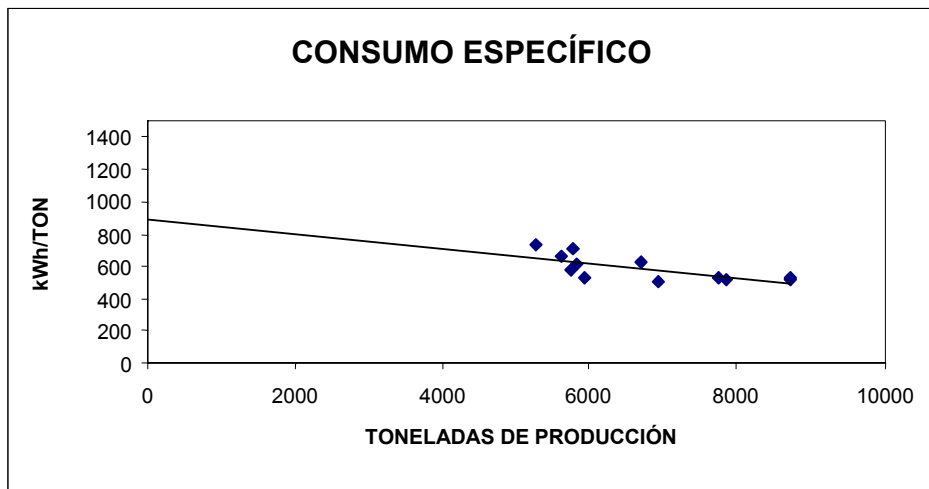
Figura 6. Consumo Específico v.s. Producción.



Al contrastar lo expuesto con los datos reales de la línea de producción analizada, tenemos como resultado la Figura 7, en la que se ha trazado la curva a partir de una regresión polinomial. Es evidente

que los consumos específicos se encuentran agrupados en un rango que fluctúa de 90 a 100 kWh/TON, aproximadamente. En apariencia no hay descenso del consumo específico aún cuando se registren aumentos en la producción. Por otro lado, hay que descartar que la magnitud de m es reducida, aunque el tamaño de la escala en la figura nos induzca a pensar lo contrario. Si se observa con detenimiento, los puntos más altos del consumo específico se acercan a los 800 kWh/TON, pero no exceden esta cantidad, con lo que el espacio ocupado por m representa aproximadamente un 50% del total de la figura. La razón de haber manejado una escala de 1400 kWh/TON obedece a que sólo con esa medida se puede generar la curva (regresión polinomial en grado 3). No obstante, sirva esto para que en la elaboración de las gráficas se manejen las escalas adecuadas a fin de evitar una mala interpretación de la magnitud de m .

Figura 7 Consumo Específico de Energía v.s. Producción.



4.0. EQUIPOS DE MEDICIÓN

4.1. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS.

- **AMPERÍMETRO DE GANCHO.**

El amperímetro de gancho es una tenaza amperímetra que nos va a mostrar los parámetros de intensidad de corriente en una línea. En el mercado existen una gran variedad de modelo y marcas por lo que sus rangos varían de acuerdo al modelo y la capacidad a medir, aquí se muestra algunos rangos de operación de algunos equipos:

CARACTERÍSTICAS: En Baja Tensión los rangos de medida son: 60/150/300/600/1200 Amperes y en Alta Tensión existen equipos para medir, directamente en redes de alta tensión, voltaje, corriente, factor de potencia, armónicas, energía, etc. Miden voltaje hasta 40 kV y corrientes de hasta 3000 Amperes en redes de 230 kV.

- **FACTORÍMETRO.**

El factorímetro es una tenaza fasimétrica, se utiliza para realizar mediciones del factor de potencia en redes monofásicas y trifásicas. Nos da una idea de si estamos trabajando con cargas inductivas o capacitivas.

CARACTERÍSTICAS: En Baja Tensión la intensidad nominal es de 10 a 1000 Amperes para tensiones nominales de 100 V (+/- 20 V), 200 V (+/-40 V) y 300 V (+/-80 V). Para Alta Tensión la intensidad nominal es de hasta 3000 Amperios para voltajes nominales de hasta 1000 V.

- **ANALIZADOR ELÉCTRICO DE REDES.**

El analizador de energía eléctrica que nos permite la visualización e impresión de parámetros eléctricos de interés en una instalación eléctrica monofásica o trifásica. Este aparato nos va a permitir controlar y racionalizar cualquier utilización de la energía eléctrica de una instalación.

CARACTERÍSTICAS: El empleo previsto es en baja tensión (460 V máx. C.A.) con corrientes de fase de hasta 1000 Amperes. La tensión de alimentación se toma directamente de los cables para voltímetros de conexión de la red. LA frecuencia de alimentación. 50/60 Hz. y la forma de conexión de las pinzas puede ser en tres elementos o dos elementos.

- **ANALIZADOR DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS Y ARMÓNICAS.**

El analizador de distorsión de armónicas, es un equipo portátil y de fácil manejo. Este equipo determina la calidad de la energía eléctrica, analiza la distorsión armónica en voltaje y corriente, gráfica la forma de onda en voltaje y corriente, Watts, Var's, VA, Factor de Potencia, distorsión de Volt-Amperes. El equipo puede guardar la información para después cargarla a la computadora por medio de un software para visualizarla y analizarla mejor.

CARACTERÍSTICAS: Estos equipo son para uso en baja tensión por lo que el voltaje va de 1 a 600 V, la corriente de 0 a 1000 Amperes r.m.s. y la potencia va de 0-600 kW. El software contenido tiene capacidad para guardar 21 datos y permiten una distorsión armónica en el voltaje hasta la 31 THD y una distorsión armónica en corriente hasta la 31 THD.

4.2. EQUIPOS DE MEDICIÓN DE PARÁMETROS TÉRMICOS.

- **ANALIZADOR ELECTRÓNICO DE COMBUSTIÓN.**

El analizador electrónico de combustión, es un analizador portátil de gases de combustión. Las mediciones son puntuales, determina la eficiencia de combustión de manera rápida y sencilla, para afinar la carburación de calderas, hornos ó cualquier otro proceso. Este aparato esta destinado a para controlar el rendimiento de la combustión, medir la temperatura de salida de los gases y controlar las emisiones de gases contaminantes procedentes de la combustión exclusivamente.

CRACTERÍSTICAS: Existen para diferentes tipos de combustibles como por ejemplo: combustible No.2, combustible No.6, gas natural, combustibles sólidos, etc. Se puede medir directamente oxígeno (O₂) en rangos de 0 a 25% en volumen; monóxido de carbono (CO) en rangos de 0 a 1000 PPM; combustibles equivalentes al CH₄ en rangos de 0 a 5% y temperaturas en rangos de 0 a 1200 °C o de 32 a 2200 °F. En forma indirecta (calculada) se puede obtener el bióxido de carbono (CO₂) en rangos de 0 a 20% y la eficiencia ó rendimiento de la combustión en rangos de 0 a 99.9%

- **TERMÓMETRO.**

Los termómetros son aparatos destinados a medir temperaturas. En le mercado existen infinidad de casas comerciales que nos ofrecen una gran variedad de termómetros. Existe un termómetro apropiado para cada aplicación.

CARACTERÍSTICAS: El campo de medida es muy variada y por tanto los rangos de medición también. Dentro de los análisis que se realizan en las industrias, se suelen utilizar termómetros con rangos de medición desde -30 °C a 1,100 °C. Por lo anterior, el termómetro lo debemos de elegir en función de la medición a realizar, por ejemplo, si vamos a medir temperatura de paredes, elegiremos un termómetro con un rango superior máximo de 300 ó 350 °C., asimismo, se habrá de utilizar una sonda de contacto de baja temperatura. Por otro lado, si las mediciones se realizan en una chimenea, a la salida de los gases de combustión, necesitaremos un termómetro de un rango superior hasta 1000 °C ó 1200 °C y se requerirá una zona de inmersión.

- **TERMO-ANEMÓMETRO.**

El termo-anemómetro, es un equipo de medición portátil y de fácil manejo este instrumento nos puede medir la velocidad del aire o de los gases de la combustión, así como temperaturas. Para análisis posteriores de balances de energía. Este equipo es utilizado para medir la velocidad del aire a la salida de las puertas o espacios donde existan perdidas por la salida del aire frío en cuartos de refrigeración u otro sistema.

CARCTERÍSTICAS: Los rangos de flujo de aire en diferentes unidades son: de 80 a 4925 ft/min; 0.9 a 55.9 m.p.h.; 0.4 a 25.0 m/seg o bien de 1.4 a 90.0 km/hr. Los rangos de temperaturas van de 32.0 a 140.0 °F o de 0 a 60.0 °C.

4.3. OTROS EQUIPOS DE MEDICIÓN DIVERSOS.

- **LUXÓMETRO**

El luxómetro es el aparato que nos va a determinar la intensidad de iluminación existente en un punto. Dependiendo del tipo de trabajo a desarrollar en cierto punto, habrá un nivel óptimo de iluminación.

CARACTERÍSTICAS: Los rangos de medición pueden ir de 0 a 20/60/200/600/2000/6000 Foot Candle, o bien, de 0 a 400/1200/4000/12000/40000/120000 luxes.

- **TACÓMETRO.**

El tacómetro es un equipo de medición utilizado para la medición de las revoluciones por minuto de al cualquier equipo que este girando sobre algún eje, como por ejemplo la flecha de los motores eléctricos, las aspas de los ventiladores, engranes, cojinetes, etc.

CARACTERÍSTICAS: Los rangos de medición van de 6 r.p.m. a 5,000 r.p.m. para equipos de contacto y de 5,000 rpm-30,000 r.p.m. para equipos de no contacto. Los tacómetros más recomendables para la medición son los de no-contacto por que solo emiten un rayo de luz estroboscópica que se enfoca en el lugar donde se desea realizar la medición, por lo que no existe ningún peligro de que la persona que realice las mediciones tenga contacto con las partes en movimiento.

- **TERMÓGRAFO**

El termógrafo es un instrumento de análisis destinado principalmente para mantenimiento preventivo-predictivo, aunque también pueda tener otras aplicaciones como control de calidad, detección de fugas, etc. todo elemento o superficie donde haya una variación de temperatura puede ser utilizada mediante la termografía. La termografía nos va determinar estados anómalos de elementos mediante el análisis de su temperatura.

CARACTERÍSTICAS: Los rangos de medición van de -20 hasta 500 °C (Ampliables hasta 1500 °C mediante la introducción de un sistema de filtros). La termografía es equivalente al análisis integrado de 10,000 pirómetros ópticos. El termógrafo procesa 10,000 datos de temperatura en cada imagen y la sensibilidad puede oscilar desde 0.1 °C a hasta 30 °C. El nivel de sensibilidad lo ha de elegir el usuario, dependiendo del rango de temperaturas que este analizando. La emisibilidad oscila entre 0 y 1.

5.0 EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN LA INDUSTRIA

5.1. PLANIFICACIÓN DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.

Este primer paso tiene lugar antes de las visitas de campo y se realiza en la oficina. Su objetivo es asegurar que el equipo esta bien preparado y organizado, para poder maximizar el aprovechamiento del tiempo que se invierta en la realización del diagnóstico energético. Se deberán revisar todos los antecedentes y juntar toda la información disponible sobre la instalación, para poder hacer una planificación adecuada del trabajo. Dentro de esta información puede incluirse:

- Una copia de posibles diagnósticos energéticos realizados anteriormente.
- Información general sobre la instalación, tamaño de la planta, tipos de línea de producción y productos principales, consumos energéticos anuales, costos de combustibles y tarifas eléctricas aplicables, etc.
- Información de comunicaciones con el personal de la planta y actas de las reuniones mantenidas.
- El contrato con la planta para la realización del diagnóstico energético y sus requerimientos.
- El personal técnico (auditores) disponible y su experiencia.
- Capacidad y disponibilidad del personal que opera las instalaciones.

El resultado de la revisión y evaluación de toda esta información debería de conducir a un plan de trabajo, incluyendo el cronograma, para la ejecución del diagnóstico energético.

Este plan incluirá los alcances del diagnóstico energético en la planta, la identificación de las tareas a realizarse con los expertos responsables de cada una de ellas, y el tiempo y presupuesto que se debe aplicar a cada tarea. Asimismo, se debe identificar la posible instrumentación que será utilizada para obtener datos durante el mismo y asegurarse de su estado, a fin de tomar las medidas necesarias para que este en condiciones adecuadas en el momento en que se requiera su utilización.

5.2. SOLICITUD DE INFORMACIÓN.

Si no se ha llevado a cabo con anterioridad algún tipo de diagnóstico energético se deberá entregar al cliente, para su llenado, un Cuestionario Básico que contenga entre otras cosas, consumos de energía correspondientes a los últimos 12 meses de operación; producción correspondiente durante esos mismos 12 meses así como sus diferentes productos, estructura administrativa de la planta, tipos de líneas de producción. propiedades y consumos de materias primas, horarios típicos de operación de la planta, etc.

- **Ejemplo del Cuestionario Básico:** La Figura 8 muestra un cuestionario básico para obtener la información de la planta donde se realiza el diagnóstico energético.
-

Figura 8 Cuestionario básico

1.- DATOS GENERALES.			
Nombre de la empresa:			
Rama Industrial:			
Productos Principales:			
Año de Inicio de Actividades:		m ² construcción:	m ² terreno:
2.- UBICACION.			
Calle:	Cooperativo y Oficinas	Planta	
Colonia:			
Localidad:			
Municipio y Estado:			
C.P.:			
Teléfono:			
Fax:			
Altitud M S N M:			
3.- TIEMPO DE OPERACIONES Y PERSONAL.			
Regimen de operación:		Continuo	Por temporada
Días por semana:		Número de turnos:	
Horarios de operación:			
Horas de operación por año		Teóricas:	Reales:
Número de empleados:		Número de obreros:	
4.- MATERIAS PRIMAS Y PRODUCTOS PRINCIPALES.			
Materia Prima	Consumo Anual	Producto	Producción Anual
5.- CONSUMOS ENERGETICOS, CONSUMO ANUAL.			
Electricidad:	kW h	Demanda Máxima:	kW
Gas Natural:	Combustóleo:	Diesel:	
Gas L.P.:	Gasoleo:	Agua:	Otros:
6.- PERSONAL RELACIONADO CON EL DEN1.			
Nombre:		Cargo:	
Gerente del DEN:		Responsable de la Información:	

Si ya se ha efectuado algún diagnóstico energético previo no será necesario el envío del cuestionario. Sin embargo es absolutamente necesario que todos los datos existentes se revisen y comprueben con el personal adecuado de la fabrica.

5.3. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN RECOPIADA.

El objetivo de este paso es la preparación de todo lo necesario para la visita a fábrica y asegurar que todo esté a punto para el trabajo de campo.

Los siguientes son algunos aspectos importantes a revisar por los auditores.

- Análisis de los datos recibidos.
- Estudio del proceso productivo.
- Recopilación de información sobre el equipamiento del proceso productivo.

5.4. REALIZACIÓN DE MEDICIONES.

El objetivo del trabajo de campo es obtener datos e información operacional de los equipos y sistemas en la investigación detallada de la operación de los mayores consumidores de energía en la planta. El trabajo consta, principalmente, de tres partes: entrevistas, inspección y mediciones.

Los pasos a dar durante la visita a un establecimiento para la realización de un diagnóstico energético son las siguientes:

- Comprobar que se llevan todos los equipos de medición necesarios para la visita y que éstos funcionen correctamente.
- Reunión con la persona responsable de la empresa.
- Descripción somera del proceso productivo.
- Revisión del cuestionario para completar y/o modificar datos.
- Visita a planta para ver el proceso productivo y reuniones con todos los jefes de departamentos.
- Preparación por parte de cada jefe de departamento de los datos complementarios necesarios: número de lámparas, tipo y potencia, metros de tubería y número de válvulas sin aislar, etc.
- Elección, por parte del responsable de la empresa, de las personas que deberán estar a disposición de los auditores energéticos para la realización práctica de las mediciones.
- Realización de las mediciones.
- Fijar un orden de trabajo.
- En cada caso particular:
 - Decidir los puntos necesarios y suficientes en los que se van a efectuar mediciones.
 - Dar instrucciones oportunas al personal de fábrica para que realice el trabajo necesario (conexión de equipos de medición, etc.).
- Calibrar y/o constatar equipos de medición.
- Realizar mediciones.
- Recopilación de datos complementarios.
- Reunión con el responsable de la empresa.
- Repaso del inventario de equipos de medición utilizados.

5.5. CÁLCULOS PRELIMINARES.

Todas las actividades descritas en los pasos anteriores deberían conducir a la identificación de oportunidades y medidas para el ahorro de energía.

Las oportunidades de ahorro de energía se identifican basándose en la experiencia de los auditores, antecedentes, referencias bibliográficas, etc., y siempre, a través del análisis detallado de los sistemas de la instalación en particular. Para cada oportunidad detectada se deben identificar las medidas necesarias para aprovecharla, calculando su rentabilidad basándose en el costo de realización y ahorros esperados.

Las medidas de ahorro se clasifican generalmente, en tres categorías:

Medidas sin costo o de bajo costo: tienen un periodo de recuperación muy corto (por ejemplo 6 meses). Estas medidas afectan normalmente a cambios de operación, mejoras en mantenimiento y procedimientos para racionalizar el uso de la energía.

Medidas de inversión media: implican mejoras o cambios de equipos y con periodos de recuperación de 6 meses a 2 años.

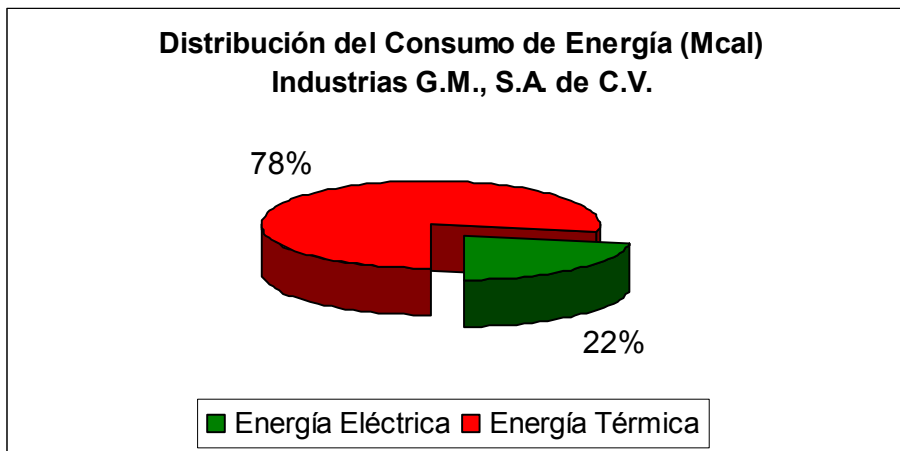
Medidas de inversión mayor: implican cambios de equipo importante o de líneas de producción. Estas medidas pueden tener periodos de recuperación de 18 meses o superiores y normalmente, por el monto de la inversión requerida, pueden justificar estudios de factibilidad antes de ser realizados.

Para asegurar que la empresa tenga la disposición de aceptar las recomendaciones del equipo auditor y confirmar que todas ellas son aceptables a sus condiciones particulares, es recomendable que se revisen las conclusiones del diagnóstico con el personal de la empresa antes de llevarlos a un informe final.

5.6. REALIZACIÓN DE BALANES DE MATERIA Y ENERGÍA.

En este paso se hace el balance de materia y energía de todos los elementos estudiados tanto del área térmica como del área eléctrica, además, fluidos energéticos empleados en los procesos como: agua y combustibles. Esta información debe permitir entender la operación y la eficiencia de la instalación y compararla con otras similares. Esta misma información es la que sirve de base de todos los cálculos de ahorro y de inversión. Un ejemplo típico de un balance de materia y energía se presenta a continuación.

Balance global de energía térmica y energía eléctrica.



6.0. ELABORACIÓN Y REALIZACIÓN DEL REPORTE FINAL.

6.1. ÍNDICE DEL INFORME

La preparación del informe es un paso sumamente importante, el informe es el producto final del diagnóstico energético. Al presentar los resultados y las conclusiones del diagnóstico, el informe debería convertirse en un plan de acción para la empresa en su programa de ahorro de energía.

Este informe también deberá presentar todos los datos energéticos básicos de la planta en una forma consistente, para que se puedan comparar los parámetros energéticos de diferentes plantas.

Como plan de acción, el informe debe contener un cronograma para la ejecución de la serie de medidas recomendadas, priorizadas según su rentabilidad y el nivel de inversión requerida. Se recomienda que el informe y el plan de acción incluyan lineamientos sobre los procedimientos para el seguimiento de los ahorros, sugiriendo la utilización de datos de consumo y de producción, y los índices energéticos, para comprobar los ahorros. Como el informe es el único resultado inmediato del diagnóstico energético, su redacción y su presentación es de gran importancia. El informe debe contener tres secciones:

El resumen ejecutivo, dirigido al ejecutivo y otras personas con poder de decisión. Representa un sumario conciso de las conclusiones del diagnóstico y contiene la lista de medidas recomendadas, el plan de acción, resumen financiero y comentarios generales sobre la operación de la planta existente y la futura.

La Presentación técnica, dirigida a los ingenieros y técnicos de la empresa, con la explicación clara, concisa, lógica de cada una de las recomendaciones, y la manera de llevarlas a la práctica.

Los apéndices o anexos. Recopilando toda la información de apoyo utilizada en los cálculos técnicos y financieros. Aquí se incluyen diagramas, mediciones, curvas de operación de equipos, cotizaciones, memorias de cálculo y demás datos empleados. Un informe típico presentará los capítulos siguientes:

Índice del informe.

Resumen ejecutivo.

Presentación de la situación energética actual; global y por sistema.

Evaluación técnica y económica de las áreas de oportunidad.

Tablas resumen de los resultados; Recomendaciones generales.

6.2. RESUMEN EJECUTIVO.

La finalidad de este resumen es permitir a la alta gerencia de la empresa conocer los resultados importantes del diagnóstico energético en unas pocas páginas, y entender de inmediato el alcance, el costo y los beneficios de las recomendaciones.

La parte clave del resumen es un cuadro consolidado indicando las medidas propuestas (Tabla 1), cada una con la inversión requerida, sus ahorros esperados y su periodo de recuperación. El orden de presentación de las medidas corresponde al orden de realización recomendado.

TABLA RESUMEN DE POTENCIALES DE AHORRO DE ENERGIA
Planta G.M.

No.	IMPLEMENTACIÓN	AHORRO DE ENERGIA MENSUAL			RENTABILIDAD				R.D.I. AÑOS	
		KW D.F.	kWh Base	kWh Intermedia	kWh Punta	Combustible m ³	AHORRO MENSUAL \$(M.N.)	% AHORRO F.B.M.		INVERSION \$USD
1	Sistema de Control de Demanda y Administración de la Energía.	397.00	****	****	16,674.00		33,905.14	6.12	48,265.78	1.2
2	Sistema de Medición y Monitoreo de parámetros de energía eléctrica.	****	****	Estimado	33,678.00		16,597.50	3.00	18,520.00	1
3	Sustitución de Motores Estándar por Motores de Alta Eficiencia.	99.56	13,104.16	30,576.37	8,736.11		24,067.99	4.35	138,094.53	4.78
4	Sustitución de lámparas HID por lámparas de A.M.	14.40	2,419.20	1,728.00	576.00		2,249.29	0.40	5114.42	1.89
5	Instalación de reflectores ópticos en gabinetes de lámparas fluorescentes.	9.28	1,734.26	4,046.61	578.61		3,040.98	0.55	3,200	0.87
6	Aislamiento y reparación de fugas de vapor en tuberías de distribución de vapor.	****	****	****	****	26.06	4,446.39	5.75	8,938.37	1.68
TOTAL		520.24	17,257.62	36,350.98	60,242.72	26.06	84,307.29	20.17	222,133.10	2.19

Tabla 1 Cuadro consolidado indicando las medidas propuestas

6.3. PRESENTACIÓN DE LA SITUACIÓN ENERGÉTICA: GLOBAL Y POR SISTEMA.

En este capítulo se describirán los consumos de energía durante el periodo de referencia, relacionados con datos de producción durante el mismo periodo de tiempo. Estos datos se representan en forma global para toda instalación y desglosados para los diferentes procesos o áreas de interés.

Este capítulo debe incluir la información sobre energía y producción en la instalación y debe permitir entender su forma de operar y compararla con otras similares. Esta información es la que sirve como base para todos los cálculos de ahorro y de inversiones.

Así mismo, se plasman los balances de energía tanto eléctrica como térmica, de los equipos y procesos más representativos y sus índices energéticos.

6.4. EVALUACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS ÁREAS DE OPORTUNIDAD Y ELABORACIÓN DE TABLAS RESUMEN DE RESULTADOS.

Todas las recomendaciones, sobre oportunidades de ahorro y las medidas propuestas que incluyen comentarios sobre cómo hacer más eficiente la operación, se incluyen este capítulo.

Cada medida de ahorro de energía debe documentarse para contener:

Acción concreta: una definición clara y concisa de las acciones a tomar para asegurar el logro de los ahorros previstos; incluyendo una lista de pasos requeridos para implementar la medida.

Descripción y antecedentes: la descripción de la situación actual, qué es lo que se encontró, cómo se midió, y el por qué se recomienda esta medida.

Beneficios: presentación de todos los beneficios que va a obtener la empresa al implementar la medida, incluyendo ahorros de energía térmica y/o eléctrica, suposiciones y la memoria de cálculo del ahorro, restando en su caso aumentos en consumos de algunas energías u otros costos que se incrementarían al implementar la medida.

Costos de inversión: detalles de los costos requeridos para realizar la medida, incluyendo equipos, ingeniería, instalación, impuestos, y otros costos.

Rentabilidad financiera: para medidas que se requieren baja inversión, la rentabilidad se puede definir sencillamente con el periodo simple de recuperación en años. Para medidas con periodos de recuperación de dos años o más, se sugiere agregar un análisis de flujo de caja, y calcular la tasa interna de retorno.

Contexto técnico: a veces la implementación de una medida puede afectar a otras medidas, o requiere de alguna consideración especial. En esta sección se describen estas interrelaciones y consideraciones.

Plan de acción: se presentan los pasos a seguir en la realización del proyecto o de la medida recomendada, con su programación, para poder estimar el tiempo total de la realización.

Un ejemplo de una medida de ahorro se presenta a continuación.

FICHA DE AHORRO DE ENERGIA No. 1

NOMBRE: CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA EN AREAS PRINCIPALES

TABLA RESUMEN

Instalación	:	Area 4 y Servicios Auxiliares
Costo de Implementación	:	\$176,608.00 M.N
Retorno de Inversión	:	0.47 Años
Ahorro Económico Mensual	:	\$ 31,082.51 M.N. (1.23% de la F.B.M.)
Ahorros de Energía Mensual	:	720 kVAR

1. ACCIÓN CONCRETA.

Se propone la instalación de bancos de capacitores del tipo automático en el lado secundario (480 v), de los transformadores de las subestaciones 1 y 3, que corresponden a las Areas 4 y de Servicios Auxiliares respectivamente para elevar el factor de potencia a un 97% permitiendo además, elevar el factor de potencia global de la planta.

2. DESCRIPCIÓN Y ANTECEDENTES

Actualmente la planta Emulsión tiene un factor de potencia por debajo del 90% mínimo permitido por C.F.E. afectando en forma directa al factor de potencia en la subestación principal (115 kV), lo que ocasiona una penalización por parte de la C.F.E.

Dentro de la planta Emulsión, los CCM's que tienen instaladas mayores cargas son los del Area 4 y Servicios Auxiliares, constituyendo los puntos de consumo de energía eléctrica que gobiernan el comportamiento del perfil de demanda general de la planta.

Se conectaron equipos analizadores de redes eléctricas (OPH-03), los cuales tienen la capacidad de tomar mediciones de la forma en que la C.F.E. lo hace, esto es, integrando intervalos de 15 minutos cada 5 minutos.

El transformador del Area 4 (1000 kVA) mostró estar trabajando con valores promedio de factor de potencia del 76.2%, a un 90.4 % de su capacidad. Su demanda máxima llegó a 775 kW.

El transformador de Servicios Auxiliares (2000 kVA) operó con 87.4% de factor de potencia a un 62.25 % de su capacidad. Su demanda máxima fue de 1308 kW.

3. BENEFICIOS

Al elevar el factor de potencia en estas dos subestaciones, no sólo se mejorará este parámetro a nivel de dichas subestaciones, sino también será posible elevar el factor de potencia global de la planta.

Por este motivo se consideró elevar el factor de potencia al 97% en ambas, con la idea de contribuir de manera definitiva a mantener un factor de potencia superior al 90% en la planta.

Se estima que la planta en su conjunto alcanzará un factor de potencia superior al 90%, con lo cual no sólo se eliminará la penalización que actualmente se paga a C.F.E., por bajo factor de potencia, sino que además se obtendrá una bonificación por la misma.

Lo anterior se verá reflejado en una reducción del 1.23 % de la F.B.M. lo cual representa \$31,082.51 M.N.

Los transformadores no seguirán operando con índices de carga tan elevados, aumentando con ello su funcionalidad, especialmente en el caso del Area 4 en donde el transformador permanentemente está cargado por arriba del 90%. La medida propuesta permitirá reducir su porcentaje de carga al 71%.

Al liberar de carga reactiva a los transformadores se disminuyen las pérdidas en los mismos y se aumenta la capacidad disponible para futuras expansiones de carga.

Los cálculos de capacidad requerida en cada banco de capacitores se basan en la metodología siguiente:

$$kVA^2 = kW^2 + kVAr^2$$

$$FP = \frac{kW}{kVA}$$

$$\% \text{ Carga} = \frac{kVA_{\text{medidos}}}{kVA_{\text{nominales}}}$$

Las fórmulas para la aplicación de multas y bonificaciones de la C.F.E. son las siguientes:

$$\% \text{ Penalización} = 3/5 ((90/FP) - 1) * 100$$

$$\% \text{ Bonificación} = 1/4 (1 - (90/FP)) * 100$$

Subestación 1 Area 4 (Acabado)

	Actual	Propuesto
kW	689	689
Factor de Potencia	76.2 %	97 %
kVA	904	710
% Carga	90.4%	71 %

kVAr	585.23	172.65
-------------	--------	--------

Para llegar al estado propuesto se requiere de un banco de capacitores automático de **420 kVAr**. El banco debe ser automático debido a que por norma, sólo se pueden instalar bancos de capacitores fijos hasta por el 10% de la capacidad nominal del transformador en kVA.

Se propone instalarlo en el lado de baja tensión, para lograr el beneficio de liberar carga al transformador, además de que es mucho más sencillo su mantenimiento y en el caso de falla, no produciría la salida de operación de todo el circuito de 4160 V del que depende.

El bajo contenido de armónicas en el lado secundario del transformador permite hacer la corrección del factor de potencia en este punto sin problema alguno.

Subestación 3 Area de Servicios Auxiliares

	Actual	Propuesto
kW	1088	1088
Factor de Potencia	87.4 %	96.3 %
kVA	1245	1129.8
% Carga	62.25 %	56.49 %
kVAr	605.21	304.48

Para llegar al estado propuesto se requiere de un banco de capacitores automático de **300 kVAr**.

Se propone instalarlo en el lado de baja tensión por las mismas razones que el anterior. El beneficio económico se calculó de la siguiente manera:

Se tiene en la subestación general (115 kV) un consumo de 7,742,536 kWh con un factor de potencia promedio de 88.53% por lo que:

$$F.P. = \frac{kWh}{(kWh^2 + kVArh^2)^{1/2}}$$

$$kVArh = ((kWh / F.P.)^2 - kWh^2)^{1/2} = 4,066,911 \quad \text{si se consideran 720 hrs. al mes} = 5,648.48$$

Si se le añade a la red 720 kVAr de capacitores entonces:

$$kVAr_{propuesto} = 4928.48$$

$$kVArh_{propuesto} = 3,548,505.6$$

$$F.P. = \frac{7,742,536}{((7,742,536)^2 + (3,548,505.6)^2)^{1/2}}$$

$$F.P._{propuesto} = 90.9 \%$$

$$\% \text{ de Ahorro} = \% \text{ de Bonificación}_{propuesta} + \% \text{ de Penalización}_{actual} = 0.24 + 0.99 = \mathbf{1.23 \%}$$

$$F.B.M._{prom.} \text{ de la planta} = \$ 2,527,033.75 \text{ M.N.}$$

$$\mathbf{Ahorro Económico Mensual = \$ 31,082.51 \text{ M.N.}}$$

Nota :El ahorro económico mensual, se verá reflejado en la factura de C.F.E.

4. COSTO DE INVERSIÓN.

El costo de la implementación es el siguiente:

AREA 4

Banco automático de capacitores:

Para el Area 4 se propone un banco automático de capacitores de 420 kVAr integrado por 7 pasos de 60 kVAr cada uno. Incluye interruptor termomagnético para su conexión y desconexión, fusibles, relevadores, medidor controlador y transformador de corriente para medición. Todo lo anterior está contenido en un gabinete autosoportado tipo NEMA 1.

Precio unitario:

\$82,495.00 (ochenta y dos mil cuatrocientos noventa y cinco pesos 00/100 M.N.)

Este costo considera al equipo puesto en planta.

Mano de obra, cable, canalizaciones y accesorios:

Para la conexión de este equipo, será necesaria la instalación de cable, zapatas de conexión, tubería o charola y accesorios. Todo esto tendrá un costo aproximado de **\$22,000.00** (veintidos mil pesos 00/100M.N.)

AREA DE SERVICIOS AUXILIARES

Banco automático de capacitores:

Para el Area de Servicios Auxiliares se propone un banco automático de capacitores de 300 kVAr integrado por 5 pasos de 60 kVAr cada uno. Incluye interruptor termomagnético para su conexión y desconexión, fusibles, relevadores, medidor controlador y transformador de corriente para medición. Todo lo anterior está contenido en un gabinete autosoportado tipo NEMA 1.

Precio unitario:

\$53,113.00 (cincuenta y tres mil ciento trece pesos 00/100 M.N.)

Este costo considera al equipo puesto en planta.

Mano de obra, cable, canalizaciones y accesorios:

Para la conexión de este equipo, será necesaria la instalación de cable, zapatas de conexión, tubería o charola y accesorios. Todo esto tendrá un costo aproximado de **\$19,000.00** (diecinueve mil pesos 00/100M.N.)

Nota: Los costos no incluyen I.V.A.

5. RENTABILIDAD FINANCIERA.

Se considera una rentabilidad buena, ya que la inversión se recuperará en tan sólo aproximadamente 6 meses (0.47 años).

$$\text{R.D.I.} = \frac{\$ 176,608 \text{ M.N.}}{\$ 31,082.31 * 12 \text{ meses}}$$

$$\text{R.D.I} = 0.47 \text{ años (aprox. 6 meses)}$$

Considerando una tasa de rentabilidad mínima anual del 28% proyectando el beneficio en un panorama a 5 años:

VPN = \$ 767,805.24 M.N.

TIR = 210.46%

6. CONTEXTO TÉCNICO.

No existe riesgo alguno para la implementación de la medida, por el contrario, y como ya se mencionó, esta actuará en beneficio de la funcionalidad de los transformadores, al disminuir los índices de carga a los que se encuentran, ya que los transformadores alcanzan una mayor eficiencia al operarlos de entre un 70 % a un 80 % de su capacidad nominal.

PLAN DE ACCIÓN.

Llevar a cabo esta medida de ahorro a la brevedad para obtener los resultados de forma inmediata siguiendo el siguiente plan de acción:

No.	Actividad	Duración (Semanas)
1	Refinar cotización	½
2	Requisición de equipo	2
3	Instalación de Capacitores	1
4	Monitoreo de Transformadores	1
5	Revisión de Obra	½
	Total	5 Semanas

Así es como se realizan las fichas de Ahorro de Energía o mejoras propuestas, donde la tabla resumen de cada una de ellas será colocada en la Tabla Resumen del Resumen Ejecutivo.

6.5. RECOMENDACIONES GENERALES.

Todas las recomendaciones, sobre oportunidades de ahorro y las medidas propuestas, incluyendo comentarios sobre como eficientizar la operación se conjunta en este capítulo. Las recomendaciones se presentan normalmente en tres categorías, como se discutió anteriormente.

Cabe hacer notar que existen dos maneras de presentar las medidas de ahorro de energía correspondientes a las oportunidades identificadas: a) Cada medida se presenta en forma independiente de las demás. b) Se presenta sencillamente una lista de oportunidades, y es al cliente quien da la prioridad de su implementación. c) En el orden de realización recomendado por los auditores, en este caso, la realización de cada oportunidad supone que todas las anteriores ya están realizadas o en vía de realización, el resultado es más que una lista de oportunidades; es un plan de acción.

Se sugiere utilizar la tercera manera, ordenando las medidas en base a la experiencia del autor y su conocimiento de la situación en la instalación. Esto facilita la planificación para la etapa de realización y permite estimar ahorros potenciales en una tabla resumen.

6.6. CONCLUSIONES

Es indudable la utilidad que proporcionara el análisis histórico-estadístico del consumo de energía y su relación con la producción, factor que más le impacta. A partir de la evaluación de esta herramienta, podemos detectar, con relativa precisión, la eficiencia en el consumo de la energía, como operan las

empresas y aproximarnos a determinar el potencial de ahorro, así como el tipo de medidas que se pueden implementar en un programa de gestión energética. Solo que es necesario considerar los factores que adicionalmente inciden en el consumo, de tal manera que si son considerables, establecer acciones con este propósito y medir la forma de cómo transformarlos para ser más precisos en la determinación de las eficiencias, y así, poder establecer metas de consumo que contribuyan a una mayor competitividad de la empresa. Estas acciones sin duda refuerzan la gestión en el ahorro de la energía.

CAPITULO II TARIFAS ELECTRICAS

1.0. CONCEPTOS GENERALES DE TARIFAS.

Todas las Compañías Distribuidoras de Energía Eléctrica en el Mundo, extienden facturas sobre el consumo de ésta, obedeciendo un mismo patrón.

Existen tres conceptos fundamentales para formular estas facturas:

- Demanda Máxima (kW).
- Energía Consumida (kWh).
- Factor de Potencia (F.P.).

También existen otros conceptos que forman parte de la facturación y que en ocasiones se utilizan para realizar cobros adicionales o bonificaciones, en la actualidad para fomentar el ahorro de energía se han creado tarifas preferenciales en las que se hace referencia a estos conceptos.

- Horas de Facturación
- Factor de Carga.
- Medición en Baja Tensión.
- Cargos por Mantenimiento.
- Cargos por Ajuste de Combustible.

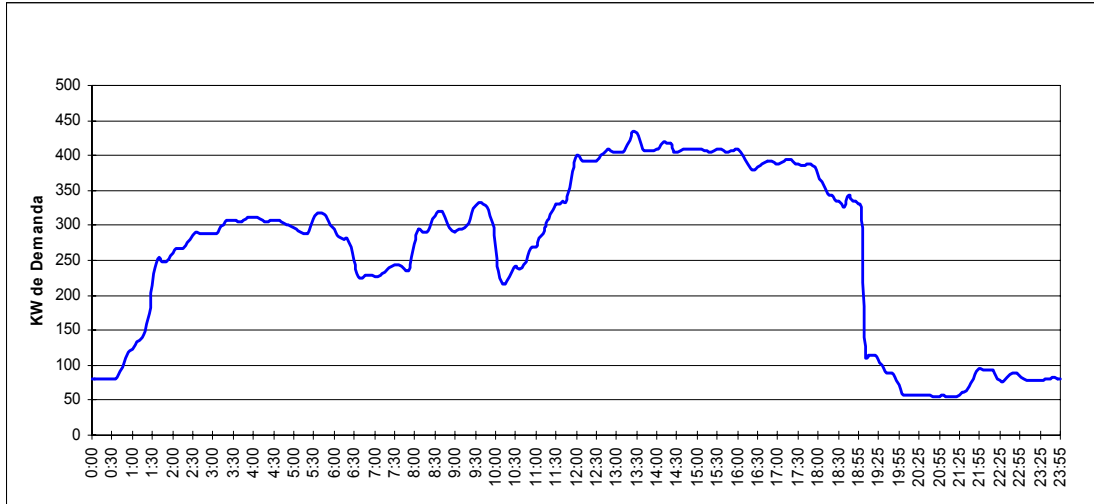
Conceptos Generales.

En este punto se hará mención de términos y definiciones relacionadas con el tema de tarifas eléctricas, con la finalidad de obtener un mayor aprovechamiento y hacer más comprensible al lector, dicho tema.

Demanda de Energía Eléctrica. Es la potencia eléctrica que presentan todos los dispositivos que requieren de energía eléctrica para su operación.

Demanda Media de Energía Eléctrica. Es la demanda de energía eléctrica promedio en un período de tiempo determinado.

Demanda Máxima Medida de Energía Eléctrica. La demanda máxima medida se determina mensualmente por instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos rodado a 5 minutos, en el cual dicha demanda sea mayor que en cualquier otro período de 15 minutos.



Energía Consumida: Los costos de operación de la planta generadora se representan en los costos por consumo de energía o **kWh**, se basan en el número de **kilowatts** hora registrados en el término de cierto período, normalmente un mes. La manera en que se registra éste parámetro es a través de un sistema de medición ya sea por medios analógicos o digitales, en donde se registrará el consumo total de energía en el período de facturación.

$$\text{kWh} = \text{kW de demanda} \times \text{Número de horas de uso}$$

Facturación Básica Mensual (F.B.M.): Está compuesta por los costos por demanda, consumo de energía y factor de ajuste por combustible.

Factor de Potencia: En el sector eléctrico nos podemos encontrar tres tipos de carga:

- ❖ **Carga Activa:** Es la carga que convierte toda la energía consumida en trabajo útil, por **ejemplo:** todos los sistemas que utilizan resistencias. Eléctricamente hablando es una carga en donde no hay desasimiento entre voltaje y corriente. Por lo anterior este dispositivo representa una demanda de Potencia Activa (**kW**).
- ❖ **Carga Reactiva:** Son las cargas que requieren de una cantidad de energía para magnetización por lo que del 100% de la energía consumida no toda se convierte en trabajo útil. En este sector encontramos **dos tipos de carga:** La Carga Reactiva Inductiva, por **ejemplo:** Motores, transformadores, balastos, y la Carga Reactiva Capacitiva, por **ejemplo:**
- ❖ Los capacitares y algunos motores.

Eléctricamente hablando en la carga reactiva inductiva la corriente se retrasa al voltaje y en la reactiva capacitiva la corriente se adelanta al voltaje, presentando comportamientos totalmente opuestos. Por lo anterior, éste dispositivo representa una demanda de potencia reactiva ya sea inductiva o capacitiva (**kVAr**).

- ❖ En la actualidad la mayor parte de las cargas son combinadas Activa + Reactiva por lo que se representan como una demanda de Potencia Apárente (**kVA**) ó total del sistema. De lo anterior se deriva un parámetro que es el Factor de Potencia (**F.P.**), el cuál se expresa como la relación entré la Potencia Activa o Real y la Potencia Apárente o Total del sistema.

1.1. Medición de la energía.

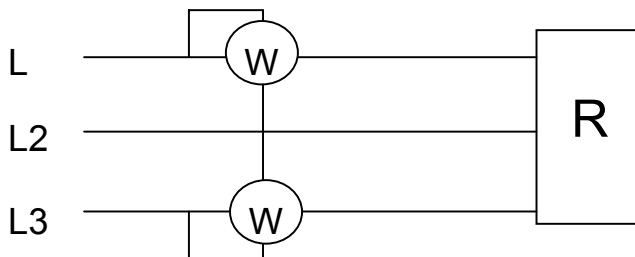
El principio de funcionamiento de un medidor de potencia se encuentra fundamentado en las **leyes de Faraday**, que aplicadas a la medición de potencia se explican en forma más simple de la siguiente manera:

Dos electromagnéticos son colocados en el medidor y se alimentan con el voltaje y la corriente. El flujo resultante induce el tórque del disco el cuál es proporcional a la potencia. La acción de frenado del disco es proporcionada por un mangote permanente.

Medición de la energía activa

En una red de energía eléctrica sin neutros dos **wattmetros** pueden ser usados para medir la energía reactiva.

Con el neutro, la corriente en las tres fases debe ser medida.



Medición de la Potencia Reactiva.

Él principiú es él mismo qué para la potencia activa, pero él flujo debido al voltaje en la bobina tiene que estar desfasado **90°**. Para esté propósito, se usa el valor de voltaje de las otras dos fases diferentes para la medición de corriente.

Los costos de operación de la porción de la factura de consumó de energía eléctrica, se basa en el número de **kilowatt** hora registrados en el término de cierto período, normalmente de un mes. Para establecer comparaciones, sé debe tomar en consideración este período de facturación. El número de días de trabajó y el número de días cubiertos tendrá diferencias.

Existen cuatro situaciones en las que se debe considerar las pérdidas en los transformados.

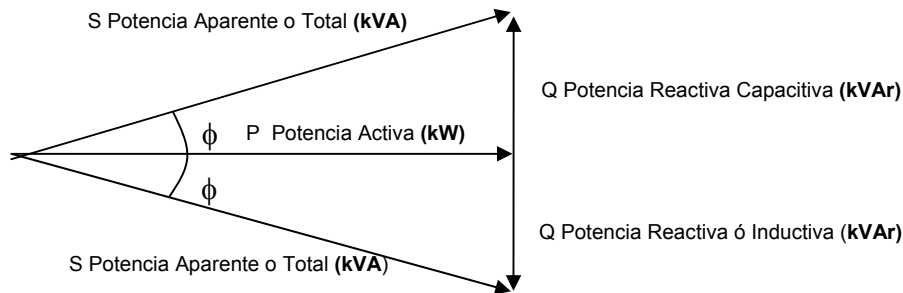
1. Si el usuario tiene una contratación en baja tensión, las pérdidas en los transformadores las absorbe la compañía que suministra el servicio.
2. Si el usuario tiene su contratación en media tensión y su medidor de consumo se encuentra en el secundario del transformador, la compañía que suministra el servicio efectúa un cargo del **2%** por concepto de las pérdidas en el transformador.
3. Si el usuario tiene su contratación en media y alta tensión y el medidor se encuentra en el primario del transformador, no se realiza cargo ya que las pérdidas del transformador, quedan incluidas en el medidor.
4. Si el suministro del servicio tiene disponible sólo baja tensión y el usuario requiere aumentar su voltaje a media o alta tensión mediante la instalación de un transformador, el suministrador del servicio bonifica el **2%** al usuario o se recurre a otro convenio para hacerse cargo de las pérdidas del transformador.

Factor de Potencia = kW / kVA = Cos Φ

Entonces:

KW = kVA x Factor de Potencia

Triángulo de Potencias



F.P. = Potencia Activa / Potencia Aparente

F.P. = Cos ϕ = kW / kVA = Cos (A Tan (kVArh / kWh))

Las facturas de consumo de energía se basan en las mediciones de la demanda y consumo de energía activa.

Por lo anterior se desprende que para enviar cierta cantidad de potencia, la central generadora deberá transmitir una corriente adicional para los sistemas con factor de potencia bajo, y dicha corriente no es registrada por el medidor de demanda. Esto es aparte de las pérdidas generadas por trabajar con bajo factor de potencia.

Por lo anterior la compañía suministradora establece que se deberá mantener un factor de potencia por lo menos de **90%**, en caso de no cumplir se aplicarán multas cuando el factor de potencia sea menor de **90%** y se hará acreedor de una bonificación cuando el factor de potencia sea superior a **90%**.

Las bonificaciones se determinan de la siguiente manera:

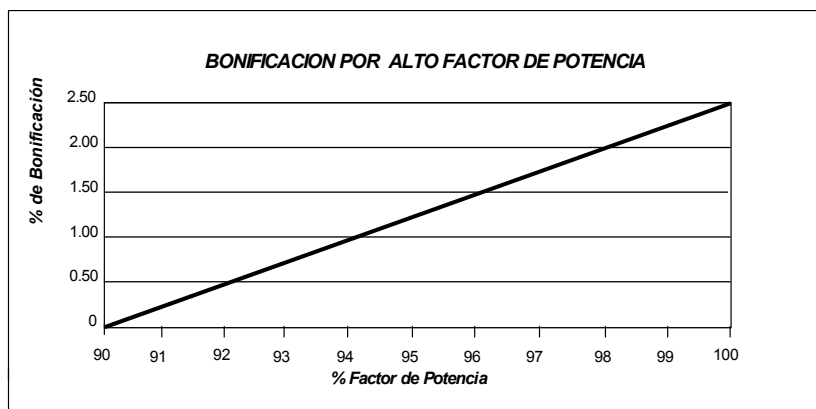
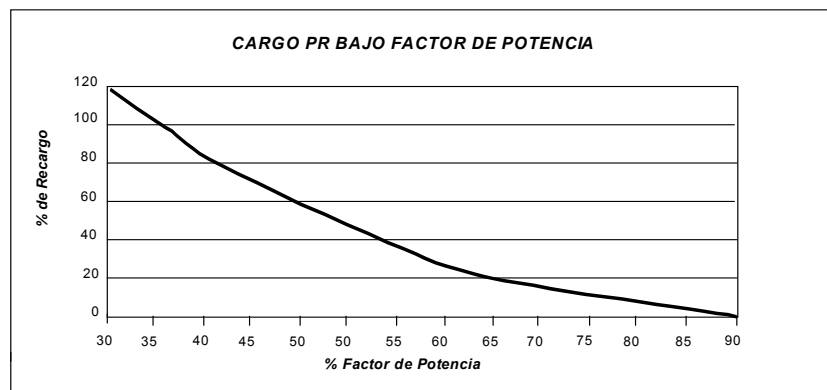
Fórmula de Recargos:

$$\text{Porcentaje de Recargos} = \frac{3}{5} \times ((90 / \text{FP}) - 1) \times 100$$

Fórmula de Bonificaciones:

$$\text{Porcentaje de Bonificaciones} = \frac{1}{4} \times (1 - (90 / \text{FP})) \times 100$$

En donde el máximo porcentaje de bonificación es de **2.5%** sobre la Facturación Básica Mensual, y la penalización máxima será de **120%** sobre la Facturación Básica Mensual.



Horarios de Facturación: Las tarifas eléctricas varían en sus costos de energía según la demanda en **kW**, el horario en que se consume, la tensión de suministro y la región tarifaria para distintas temporadas del año, debido a esto, se tienen diferentes períodos u horarios de consumo los cuáles **son:**

- a) Período Punta.
- b) Períodos Semipunta.
- c) Período Intermedio.
- d) Período Base.

Para los diferentes horarios ver la tarifa correspondiente.

2.0. FACTOR DE CARGA

Factor de Carga: Es la relación que existe entre la carga promedio y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, es decir, la demanda máxima durante las 24 horas, diariamente, se dice que está operando al **100%** de su carga o de su factor de carga.

Factor de Carga = $\text{kW Demanda Promedio} / \text{kW demanda Máxima}$.

$\text{kW Demanda Promedio} = \text{kWh Mensuales} / \text{Número de horas del mes de facturación}$.

Mantener altos índices de factor de carga se pueden hacer uso de las tarifas preferenciales en donde se tienen menores costos por energía consumida en el período base.

Cargos por Medición en Baja Tensión: Si el usuario tiene contrato en baja tensión las pérdidas en los transformadores los absorbe la compañía suministradora. Si el usuario tiene contrato para media o alta tensión y la medición se encuentra en el secundario del transformador la compañía suministradora efectúa un cargo por **2%** por concepto de las pérdidas en el transformador. Si el usuario tiene suministro en media o alta tensión y la medición se encuentra en el primario del transformador la compañía suministradora no efectúa ningún cargo ya que las pérdidas en el transformador quedan incluidas en el medidor.

Cargos por Mantenimiento: A todas las tarifas existentes se les aplicará un cargo mensual por concepto de mantenimiento.

3.0. ESTRUCTURA TARIFARIA

Estructura de las Tarifas: La estructura actual de las tarifas de energía eléctrica se basa en los costos de suministro a los usuarios, por lo cual se ha tomado en cuenta las diferencias regionales, estaciones del año, horarios de consumo, nivel de tensión de suministro y demanda.

La compañía suministradora clasifica las tarifas según dos parámetros:

1. La región geográfica donde se localiza el centro de consumo.
2. La tensión de suministro al centro de consumo.

Regionalización Tarifaria: Por lo anterior **C.F.E.** ha dividido el territorio nacional por regiones, principalmente para diferenciar el uso de la energía eléctrica en media y alta tensión.

A continuación se detallan los municipios y estados de la República Mexicana que corresponden a cada zona.

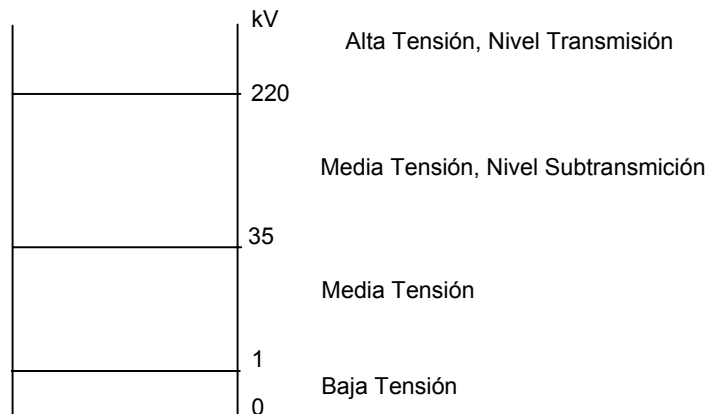
- 1) **Región Baja California.** Todos los municipios del estado de Baja California. Municipios del estado de Sonora: San Luis Río Colorado.
 - 2) **Región Baja California Sur.** Todos los municipios del estado de Baja California Sur.
 - 3) **Región Noroeste.** Todos los municipios del estado de Sonora, excepto San Luis Río Colorado. Todos los municipios del estado de Sinaloa.
 - 4) **Región Norte.** Todos los municipios de los estados de Chihuahua y Durango. **Municipios del estado de Zacatecas:** Clalchihuites, Jiménez del Teúl Sombrerete, Saín Alto, Jerez, Juan Adama, Río Grande, General Francisco Murguía, Mazapil, Melchor Acampo,. **Municipios del estado de Coahuila:** Torreón, San Pedro de las Colonias, Matamoros, Viésca, Parras de la Fuente y Francisco I. Madero.
 - 5) **Región Noreste.** Todos los municipios de los **estados de Nuevo León y Tamaulipas.** Todos los municipios del **estado de Coahuila**, excepto los comprendidos en la región norte. **Municipios del estado de Zacatecas:** Concepción del Oro y el Salvador. **Municipios del estado de San Luis Potosí:** Vanegas, Cedral, Cerritos, Guadalcázar, Ciudad Fernández, Río Verde, San Ciró de Acosta, Lágunitas, Santa Catarina, Rayón Cárdenas, Alaquines, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles, Tamazopo, Aquismon, Axtla de Terrazas, Tamasunchale, Vicente Tancuayalab, Ebano, Xilitla, Yampacan, Tanquían de Escobedo, Municipios del **estado de Veracruz:** Panúco, Tempoal, Pueblo Viejo, Tampico Alto, ozuluama de Mazcareñas, El Higo, Huayacocotla.
 - 6) **Región Central:** Todas las delegaciones del D.F. Municipios del **Estado de México:** Tultépec, Tultilán, Ixtápaluaca, Chalco de Días Covarrubias, Huixquilucán de Degollado, San Mateo Atenco, Toluca, Santa Cruz Atizapán, Cuautitlán, Coacalco, Cuautitlán Itzcálli, Atizapán de Zaragoza, Tlanepántla, Naucálpán de Juárez, Ecatépec, Chimaluacán,
-

Chicoloapán, Téxcoco, Netzahuaycoyotl, Los Reyes la Paz. Municipios del estado de Morelos: Cuernavaca.

- 7) **Región Sur:** Todos los municipios de los **estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Aguascalientes, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Guerrero, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Tabasco**. Todos los municipios de los **estados de Zacatecas, San Luis Potosí, y Veracruz** no comprendidos en la región norte o noreste. Todos los municipios de los **estados de México y Morelos** no comprendidos en la región central.
- 8) **Región Peninsular:** Todos los municipios de los **estados de Yucatán, Campeche y Quintana Roo**.

Clasificación y Descripción. Para la aplicación e interpretación de las tarifas se considera que:

- a) Baja Tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión menores o iguales a **1.0 kV**.
- b) Media Tensión es el servicio que se suministra en niveles de tensión mayores a **1.0 kV**, pero menores o iguales a **35 kV**.
- c) Alta Tensión a nivel subtransmisión es el servicio que suministra al nivel de tensiones mayores a **35 kV**, pero menores a **220 kV**.
- d) Alta Tensión a nivel transmisión es el servicio que se suministra a niveles de tensión iguales o mayores a **220 kV**.



CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

TARIFA	DENOMINACION	CONDICIONES DE SUMINISTRO
1	<i>Residencial</i>	<i>Baja Tensión sin límite de carga.</i>
2	<i>Servicios Generales</i>	<i>Baja Tensión y hasta 25 kW.</i>
3	<i>Servicios Generales</i>	<i>Baja Tensión y cargas mayores de 25 kW.</i>
5 y 5A	<i>Alumbrado Público</i>	<i>Alta o baja tensión sin límite de carga.</i>
6	<i>Bombeo de Aguas</i>	<i>Medía o baja tensión sin límite de carga.</i>
7	<i>Servicio Temporal</i>	<i>Baja tensión sin límite de carga.</i>
8	<i>Bombeo Agua Riego Agrícola</i>	<i>Media o baja tensión sin límite de carga.</i>
OM	<i>Ordinaria Media Tensión</i>	<i>Medía tensión y cargas mayores a 20 kW y menores a 100 kW.</i>
HM	<i>Horaria Media Tensión</i>	<i>Media tensión y cargas igual o mayores a 100 kW.</i>
HS	<i>Horaria Alta Tensión</i>	<i>Alta tensión nivel subtransmisión de 35 a 220 kV.</i>
HT	<i>Horaria Alta Tensión</i>	<i>Alta tensión nivel transmisión de 220 o más kV.</i>
H-SL	<i>Horaria Alta Tensión Larga Utilización</i>	<i>Alta tensión nivel subtransmisión de 35 a 220 kV.</i>
H-TL	<i>Horaria Alta Tensión Larga Utilización</i>	<i>Alta tensión nivel transmisión de 220 o más kV.</i>
I-15	<i>Servicio Interrumpible</i>	<i>Alta tensión nivel transmisión y subtransmisión para cargas iguales o mayores a 10,000 kW</i>
I-30	<i>Servicio Interrumpible</i>	<i>Alta tensión nivel transmisión y subtransmisión para cargas iguales o mayores a 20,000 kW</i>

TARIFA O-M

TARIFA ORDINARIA PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSION, CON DEMANDA MENOR A 100 KW

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a **100 kW**.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE (mes de Julio de 2000)

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda máxima medida y por la energía consumida.

Región	Cargo por kW de demanda Máxima medida.	Cargo por kilowatt-hora de Energía consumida.
Baja California	\$ 49.74	\$ 0.380
Baja California Sur	\$ 54.12	\$ 0.462
Noroeste	\$ 55.43	\$ 0.422
Central	\$ 62.09	\$ 0.465
Noreste	\$ 57.09	\$ 0.431
Norte	\$ 57.32	\$ 0.432
Peninsular	\$ 64.11	\$ 0.467
Sur	\$ 62.09	\$ 0.447

3. MINIMO MENSUAL

Él importé que resulté de aplicar 10 (diez) veces el cargo por **kilowatt** de demanda máxima medida.

4. DEMANDA CONTRATADA

La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario, su valor no será menor del **60%** (sesenta por ciento) de la carga total conectada, ni menor de **20 kilowatts** o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el **60 %** (sesenta por ciento) de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de **90%** (noventa por ciento).

5. TEMPORADAS DE VERANO Y FUERA DE VERANO

Para la aplicación de las cuotas aplicables en las regiones de Baja California, Baja California Sur y Noroeste se definen las siguientes temporadas.

VERANO

Región Baja California: del 1º de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Región Baja California Sur: del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Noroeste: del 16 de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.

FUERA DE VERANO

Región Baja California: del último domingo de octubre, al 30 de abril.

Región Baja California Sur: del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril.

Noroeste: del último domingo de octubre, al 15 de mayo.

6. DEMANDA MAXIMA MEDIDA

La Demanda Máxima Medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en **kilowatts**, durante cualquier intervalo de **15** (quince) minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor en cualquier otro intervalo de **15** (quince) minutos en el período de facturación.

Cualquier fracción de **kilowatt** de Demanda Máxima Medida se tomará como **kilowatt** completo.

Cuando la Demanda Máxima Medida exceda de 500 **kilowatts**, el usuario deberá solicitar al suministrador su incorporación a la medida H-M. De no hacerlo, al tercer mes consecutivo en que exceda la demanda de 500 **kilowatts**, será reclasificado por el suministrador en la tarifa H-M, notificándole al usuario.

7. DEPOSITO EN GARANTIA

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por Demanda Máxima Medida a la Demanda Contratada.

TARIFA H-M

TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN MEDIA TENSION, CON DEMANDA DE 100 KW O MÁS

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 **KW** o más.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE (mes de Marzo de 2002)

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía intermedia y por la energía de base.

Región	Cargo por kilowatt de demanda facturable	Cargo por kilowatt-hora de energía de punta	Cargo por kilowatt-hora de energía intermedia	Cargo por kilowatt-hora de energía de base
Baja California	\$ 92.82	\$ 1.2683	\$ 0.3510	\$ 0.2760
Baja California Sur	\$ 89.17	\$ 1.0178	\$ 0.4872	\$ 0.3448
Central	\$ 64.34	\$ 1.2155	\$ 0.3889	\$ 0.3248
Noreste	\$ 59.14	\$ 1.1229	\$ 0.3611	\$ 0.2957
Noroeste	\$ 111.73	\$ 1.0762	\$ 0.3856	\$ 0.3101
Norte	\$ 59.42	\$ 1.1311	\$ 0.3645	\$ 0.2968
Peninsular	\$ 66.46	\$ 1.2718	\$ 0.4075	\$ 0.3125
Sur	\$ 64.34	\$ 1.1904	\$ 0.3720	\$ 0.3089

3. MINIMO MENSUAL

El importe que resulte de aplicar el cargo por **kilowatt** de demanda facturable al **10%** de la Demanda Contratada.

4. DEMANDA CONTRATADA

La Demanda Contratada la fijará inicialmente el usuario, su valor no será menor del **60%** (sesenta por ciento) de la carga total conectada, ni menor de **100 kilowatts** o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el **60 %** (sesenta por ciento) 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%** (noventa por ciento).

5. HORARIO

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio establecidos en el **artículo 74** de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la **fracción IX**, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

6. PERIODO DE PUNTA, INTERMEDIO Y BASE.

Estos períodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación:

Región Baja California

Del 1º de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes		0:00 – 12:00 18:00 – 24:00	12:00 - 18:00
Sábado		0:00 – 24:00	
Domingo y festivo		0:00 – 24:00	

Del último domingo de octubre al 30 de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 17:00 22.00 - 24:00	17:00 – 22:00	
Sábado	0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 – 21:00	
Domingo y festivo	0:00 - 24:00		

Región Baja California Sur

Del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes		0:00 – 12:00	12:00 - 22:00

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

Sábado		22:00 – 24:00 0:00 – 19:00	19:00 - 22:00
Domingo y festivo		22:00 – 24:00 0:00 – 24:00	

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 – 22:00	
Sábado	0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 – 21:00	
Domingo y festivo	0:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 – 21:00	

Regiones Central, Noreste, Norte y Sur

Del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
Domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 – 24:00	19:00 - 21:00
Domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 – 24:00	

Región Noroeste

Del 16 de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes		0:00 – 13:00 17:00 – 20:00 23:00 – 24:00	13:00 - 17:00 20:00 - 23:00
Sábado		0:00 – 24:00	
Domingo y festivo		0:00 – 24:00	

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

Del último domingo de octubre al 15 de mayo.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 17:00 22:00 - 24:00	17:00 – 22:00	
Sábado	0:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 – 22:00	
Domingo y festivo	0:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 – 21:00	

Región Peninsular

Del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 8:00	8:00 – 19:00 22:00 – 24:00	19:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 9:00	9:00 – 24:00	
Domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 – 24:00	

Del último domingo de octubre, al sábado anterior al primer domingo de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 9:00 23:00 - 24:00	9:00 – 18:00 21:00 – 23:00	18:00 - 21:00
Sábado	0:00 - 17:00	17:00 – 24:00	
Domingo y festivo	0:00 - 18:00 23:00 - 24:00	18:00 – 23:00	

7. DEMANDA FACTURABLE.

La Demanda Facturable se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI \times \max(DI - DP, 0) + FRB \times \max(DB - DPI, 0)$$

Donde:

DP es la Demanda Máxima Medida en el Período Punta

DI es la Demanda Máxima Medida en el Período Intermedio

DB es la Demanda Máxima Medida en el Período Base

DPI es la Demanda Máxima Medida en los Períodos Punta e Intermedio.

FRI y **FRB** son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Región	FRI	FRB
Baja California	0.141	0.070
Baja California Sur	0.195	0.097
Central	0.300	0.150
Noreste	0.300	0.150
Noroeste	0.162	0.081
Norte	0.300	0.150
Peninsular	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

En las fórmulas que se definen de las Demandas Facturables, el símbolo "max" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Las Demandas Máximas Medidas en los distintos períodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en **kilowatts**, durante cualquier intervalo de **15** minutos del período en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de **15** minutos en el período correspondiente.

Para las regiones de **Baja California, Baja California Sur y Noroeste, DP** tomará el valor cero durante la temporada que no tiene el Período Punta.

Cualquier fracción de **kilowatt** de Demanda Facturable se tomará como **kilowatt** completo.

Cuando el usuario mantenga durante **6** meses consecutivos valores de **DP, DI y DB** inferiores a **500 kilowatts**, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa **O-M**.

8. ENERGIA DE PUNTA, INTERMEDIA Y DE BASE.

Energía de punta es la energía consumida durante el período de Punta.

Energía intermedia es la energía consumida durante el período Intermedio.

Energía de base es la energía consumida durante el período de Base.

9. DEPOSITO EN GARANTIA.

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

TARIFA H-S
TARIFA HORARIA PARA SERVICIO GENERAL EN ALTA TENSION, NIVEL SUBTRANSMISION.

1. APLICACION

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en alta tensión, nivel subtransmisión, y que por las características de utilización de su demanda soliciten inscribirse en este servicio, el cual tendrá vigencia mínima de un año.

2. CUOTAS APLICABLES MENSUALMENTE (mes de marzo de 2002)

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía de semipunta, por la energía inmediata y por la energía de base.

Región	Cargo por kilowatt de demanda facturable	Cargo por kilowatt-hora de energía de punta	Cargo por kilowatt-hora de energía intermedia	Cargo por kilowatt-hora de energía de base
Baja California (*)	\$ 69.66	\$ 1.3269	\$ 0.3092	\$ 0.2628
Baja California Sur	\$ 75.42	\$ 0.9494	\$ 0.4326	\$ 0.3242
Central	\$ 39.35	\$ 1.2872	\$ 0.3482	\$ 0.3050
Noreste	\$ 38.65	\$ 1.2491	\$ 0.3281	\$ 0.2791
Noroeste	\$ 77.34	\$ 1.1912	\$ 0.3462	\$ 0.2911
Norte	\$ 38.87	\$ 1.2557	\$ 0.3288	\$ 0.2779
Peninsular	\$ 40.02	\$ 1.3268	\$ 0.3593	\$ 0.2909
Sur	\$ 39.35	\$ 1.2578	\$ 0.3274	\$ 0.2849

(*) En la región de Baja California, el cargo por kilowatt-hora de energía semipunta será \$ 0.5755

3. MINIMO MENSUAL

El importe que resulta de aplicar el cargo por **kilowatt** de demanda facturable al **10%** de la Demanda Contratada.

4. DEMANDA CONTRATADA

La Demanda Contratada la fijará inicialmente el usuario, su valor no será menor del **60%** (sesenta por ciento) de la carga total conectada, ni menor de la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el **60%** (sesenta por ciento) 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%** (noventa por ciento).

5. HORARIO

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio establecidos en el **artículo 74** de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la **fracción IX**, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

6. PERIODO DE PUNTA, SEMIPUNTA, INTERMEDIO Y BASE

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación:

Región Baja California

Del 1º de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta	Semipunta
Lunes a viernes		0:00 - 12:00 22:00 - 24:00	12:00 - 18:00	18:00 - 22:00
Sábado		0:00 - 24:00		
Domingo y festivo		0:00 - 24:00		

Del último domingo de octubre al 30 de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 17:00 22.00 - 24:00	17:00 - 22:00	
Sábado	0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00	
Domingo y festivo	0:00 - 24:00		

Región Baja California Sur

Del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes		0:00 - 12:00 22:00 - 24:00	12:00 - 22:00
Sábado		0:00 - 19:00 22:00 - 24:00	19:00 - 22:00
Domingo y festivo		0:00 - 24:00	

Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00	
Sábado	0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00	
Domingo y festivo	0:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00	

Regiones Central, Noreste, Norte y Sur

Del 1° de Febrero, al sábado anterior al primer domingo de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 19:00 22:00 - 24:00	19:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
Domingo y festivo	0:00 - 19:00 23:00 - 24:00	19:00 - 23:00	

Del primer domingo de abril al 31 de Julio.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	1:00 - 6:00	0:00 - 1:00 6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
Sábado	1:00 - 7:00	0:00 - 1:00 7:00 - 24:00	
Domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

Del 1° de agosto, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 19:00 22:00 - 24:00	19:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
Domingo y festivo	0:00 - 19:00 23:00 - 24:00	19:00 - 23:00	

Del último domingo de octubre al 31 de enero.

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
Domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Región Noroeste

Del 16 de mayo, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes		0:00 - 13:00 17:00 - 20:00 23:00 - 24:00	13:00 - 17:00 20:00 - 23:00
Sábado		0:00 - 24:00	
Domingo y festivo		0:00 - 24:00	

Del último domingo de octubre al 15 de mayo.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 17:00 22:00 - 24:00	17:00 - 22:00	
Sábado	0:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00	
Domingo y festivo	0:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00	

Región Peninsular

Del primer domingo de abril, al sábado anterior al último domingo de octubre.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	1:00 - 8:00	0:00 - 1:00 8:00 - 19:00 22:00 - 24:00	19:00 - 22:00
Sábado	0:00 - 9:00	9:00 - 24:00	
Domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

Del último domingo de octubre, al anterior al primer domingo de abril.

Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
Lunes a viernes	0:00 - 9:00 23:00 - 24:00	9:00 - 18:00 21:00 - 23:00	18:00 - 21:00
Sábado	0:00 - 17:00	17:00 - 24:00	
Domingo y festivo	0:00 - 18:00 23:00 - 24:00	18:00 - 23:00	

7.- DEMANDA FACTURABLE

La Demanda facturable se define según región tarifaria como se establece a continuación:

Región Baja California

$$DF = DP + 0.199 \times \max (DS - DP, 0) + FRI \times \max (DI - DPS, 0) + FRB \times \max (DB - DPSI, 0)$$

Regiones Baja California Sur, Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur.

$$DF = DP + FRI \times \max (DI - DP, 0) + FRB \times \max (DB - DPI, 0)$$

Donde:

DP es la Demanda Máxima Medida en el Período de Punta

DS es la Demanda Máxima Medida en el Período de Semipunta.

DI es la Demanda Máxima Medida en el Período Intermedio

DB es la Demanda Máxima Medida en el Período de Base.

DPS es la Demanda Máxima en los Períodos de Punta y Semipunta.

DPSI es la Demanda Máxima Medida en los Períodos de Punta y Semipunta e Intermedio.

DPI es la Demanda Máxima Medida en los Períodos de Punta e Intermedio

FRI y **FRB** son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Región	FRI	FRB
Baja California	0.066	0.033
Baja California Sur	0.124	0.062
Central	0.200	0.100
Noreste	0.200	0.100
Noroeste	0.101	0.050
Norte	0.200	0.100
Peninsular	0.200	0.100
Sur	0.200	0.100

En la fórmula que definan las Demandas Facturables, el símbolo “**max**” significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Las demandas Máximas Medidas en los distintos períodos se determinarán mensualmente por medio de Instrumentos de medición, que indican la demanda medida en **kilowatts**, durante cualquier intervalo de **15** (quince) minutos del período en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de **15** (quince) minutos en el período correspondiente.

Para las regiones **Baja California Sur** y **Noroeste**, **DP** tomará el valor durante la temporada que no tiene Período de Punta. Así mismo, para la región **Baja California** **DP**, **DS** y **DPS** tomarán al valor cero durante la temporada que no tiene Período de Punta y de Semipunta.

Cualquier fracción de **kilowatts** de demanda Facturable se tomará como **kilowatt** completo.

8.- ENERGIA DE PUNTA, DE SEMIPUNTA, INTERMEDIA Y DE BASE

Energía de Punta es la energía consumida durante el Período de Punta.

Energía de Semipunta es la energía consumida durante el Período de Semipunta.

Energía Intermedia es la energía consumida durante el Período Intermedio.

Energía de Base es la energía consumida durante el Período de Base.

9.- DEPOSITO DE GARANTIA

2 (dos) veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda facturable a la demanda contratada.

CAPITULO III CONTROL DE LA DEMANDA.

1.0 Conceptos Fundamentales

Demanda Acumulada: Es la potencia promedio consumida durante un período de tiempo fijo.

Período de Demanda: Es el período, en el cual se promedia el consumo de potencia para calcular la demanda acumulada. En el caso de medición de CFE, el período de demanda es igual a 15 minutos.

Demanda Máxima: Es al valor más alto de la demanda acumulada, obtenido en cualquier período de demanda que se encuentre dentro del período de facturación. Esta demanda máxima es utilizada para el cobro en la facturación mensual.

Demanda Estimada: Es el valor de la demanda máxima que se tendría al finalizar el período de demanda que está transcurriendo en un momento dado, si la potencia instantánea de dicho momento se mantiene en el mismo valor hasta el final del período de demanda.

Relación Entre Potencia, Energía y Demanda.

En las figuras 8, 9, 10 y 11 se muestran las relaciones entre la potencia instantánea, consumo de energía y demanda acumulada. El período de demanda, está definido de acuerdo con el procedimiento utilizado por el suministrador (en este caso Comisión Federal de Electricidad y Compañía de Luz y Fuerza del Centro), es decir períodos de 15 minutos rodado a 5 minutos.

En la figura 8, se observa la potencia instantánea consumida en el período de demanda.

En la figura 9, se observa la gráfica de consumo de energía por período de demanda. La forma gráfica de consumo de energía es determinada por la gráfica de potencia instantánea.

Al inicio de cada período de demanda, se puede observar que la gráfica de consumo de energía en cero. Una vez que inicia el consumo de potencia, se consume energía y la línea de la gráfica de energía crece.

En la gráfica 10, se muestra la gráfica de la demanda acumulada en cada período de demanda, se observa que esta gráfica tiene la misma forma de la gráfica de consumo de energía. La diferencia entre ellas es que la magnitud de la demanda acumulada, de cualquier instante de tiempo, es igual a la magnitud de la energía dividida entre el período de demanda, para nuestro caso 15 minutos.

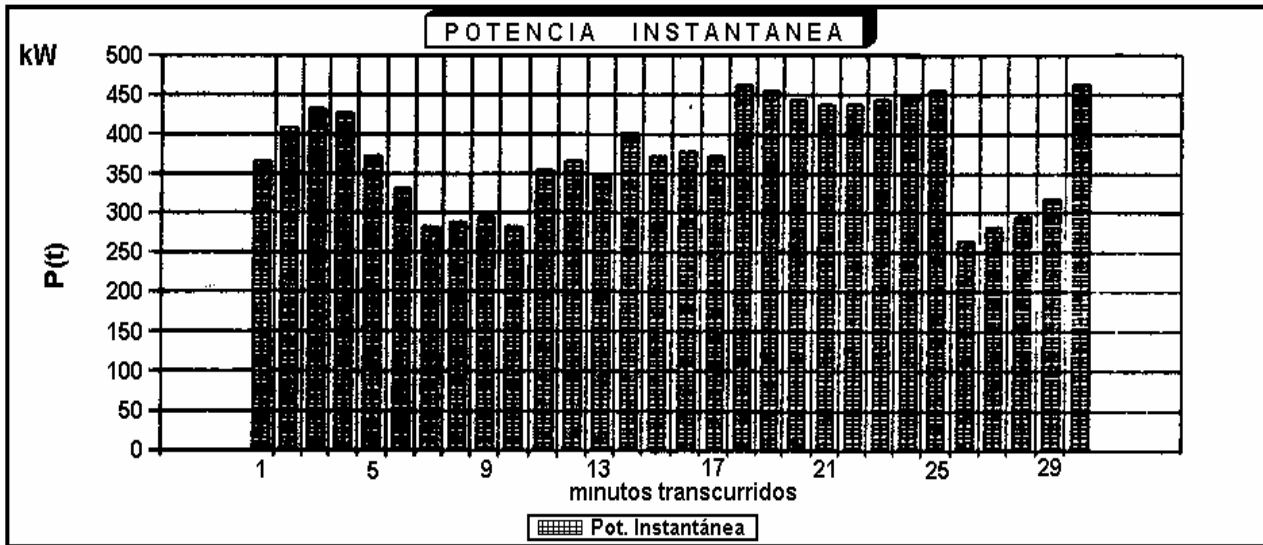


Figura 8.- Potencia Instantánea

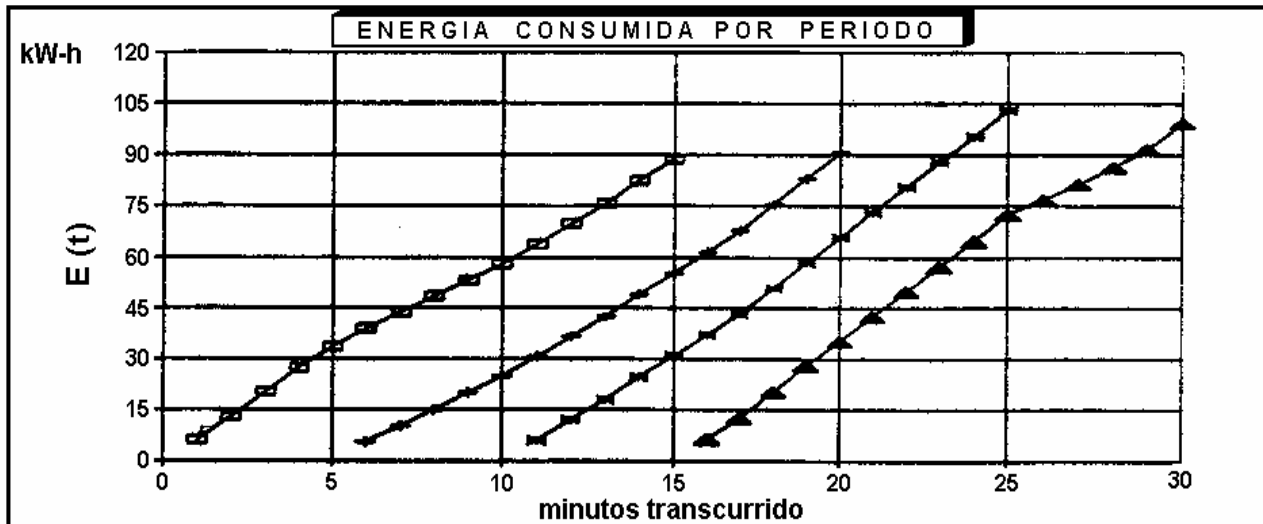


Figura 9.- Energía consumida por período de demanda

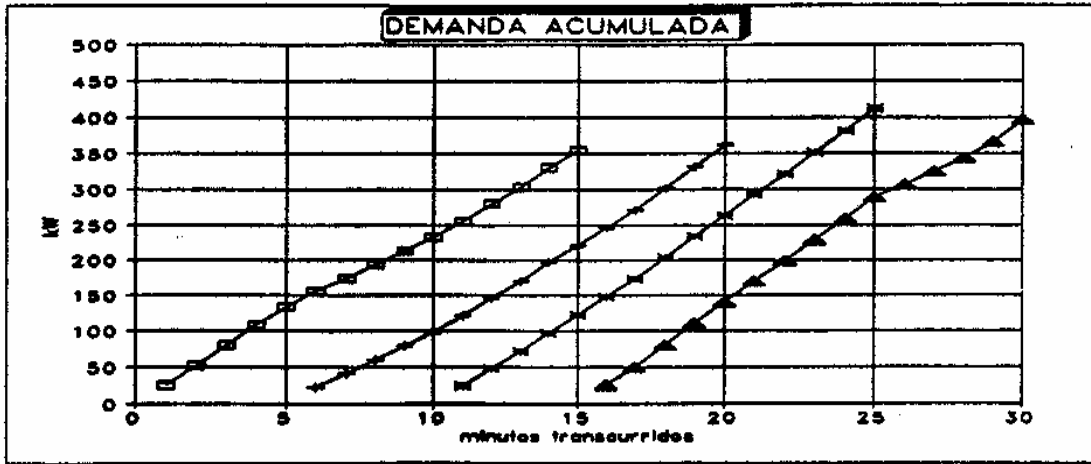


FIGURA 10.- Demanda acumulada por período de demanda

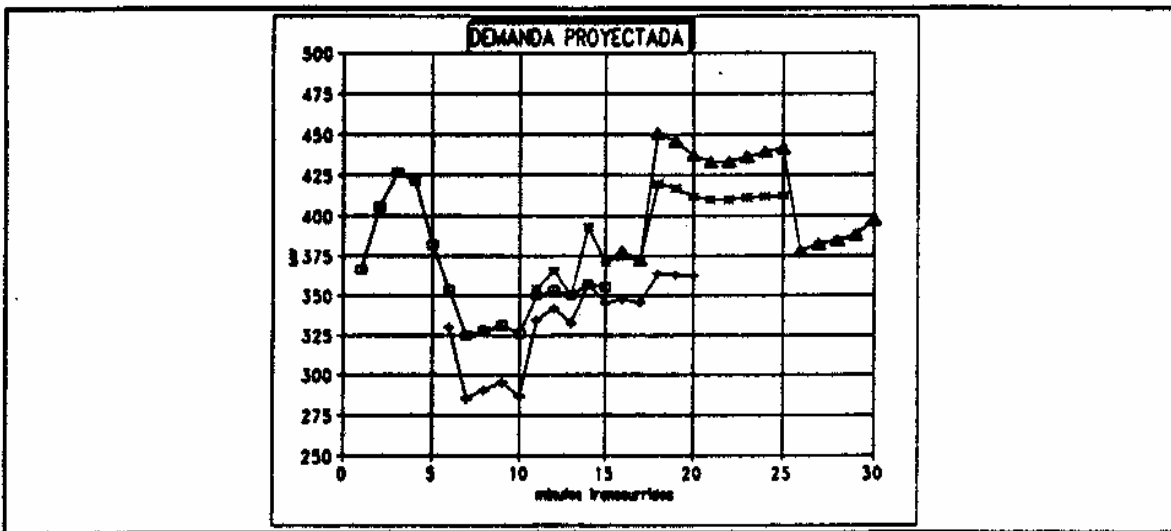


FIGURA 11.- Demanda proyectada por período de demanda

MEDICION DE LA DEMANDA.

El desconocimiento asociado al cargo por demanda máxima, produce que se asuma que el cargo está basado en un pico instantáneo de demanda. No lo es, en su lugar el pico de demanda instantáneo o es promediado o integrado sobre un período prefijado de 15 minutos.

Para la medición de la demanda, se utiliza el siguiente método: Se realiza la medición del consumo de energía por un período de 15 minutos. El consumo de energía en los 15 minutos, es dividido entre el período de demanda de 15 min. para obtener una demanda promedio. Posteriormente, el siguiente período de medición es desplazado en 5 minutos, tomando un período de demanda de 15 minutos nuevamente.

En las siguiente figura se observa un diagrama de los períodos de demanda y el desplazamiento de tiempo entre período y período.

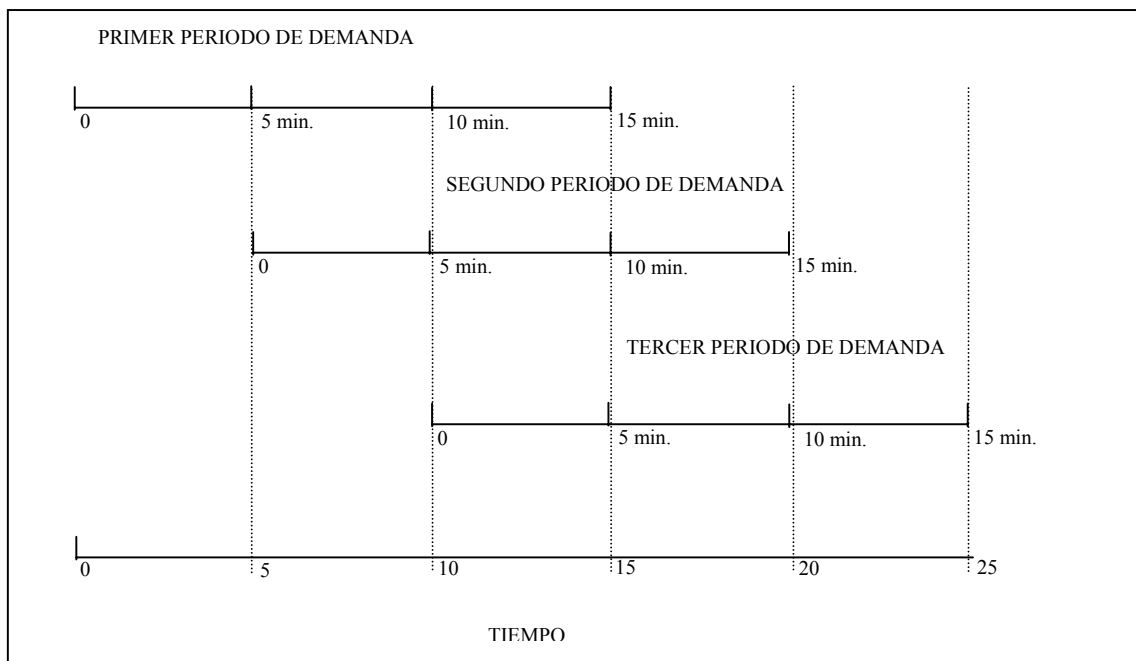


Figura 12.- Medición de la Demanda.

2.0 CONTROL DE LA DEMANDA.

Los intervalos de 15 minutos utilizados para la determinación de la demanda máxima ofrecen una posibilidad de control ya que existe cierto tiempo disponible para apagar o reducir cargas que pueden estar contribuyendo al pico de demanda.

Los primeros pasos para establecer un programa de administración de la demanda están enlistados a continuación.

1. Entender la factura de energía eléctrica y determinar si existe un potencial de reducción de demanda.
2. Determinar cuando ocurre la demanda máxima, el día y hora del período de facturación.
3. Identificar las cargas que contribuyen a generar los picos de demanda e identificar cuales se pueden disminuir o sacar de operación cuando se presenta el pico.

Demanda Eléctrica Específica.

La demanda eléctrica específica en un período determinado, es el índice que relaciona a la Demanda Máxima Medida con el Consumo, y está definida como el cociente de la Demanda Máxima Medida en un período determinado (un mes, por lo general), medido en kW, y el Consumo de energía, medido en kWh, en el mismo período, esto es:

$$\text{Demanda Específica} = \frac{\text{Demanda Máxima Medida}}{\text{Consumo}}$$

La demanda máxima medida es uno de los conceptos con los que la Comisión Federal de Electricidad integra la facturación eléctrica (para mayores detalles sobre la integración de la facturación eléctrica, ver el capítulo de Tarifas); por tal motivo, es importante mantener ésta medida bajo control en el valor más bajo posible. La demanda eléctrica específica es un indicador de la situación de la Demanda Máxima Medida, e indica, hasta que punto ésta se encuentra bajo control.

Cada instalación eléctrica, tiene un valor "ideal" del índice de Demanda Específica. Cuando se instala un sistema de control de demanda, se busca que el índice real de la instalación se aproxime lo más posible al valor "ideal". En este sentido podemos decir, que la demanda específica nos indica que tan alejado se encuentra el valor de la Demanda Máxima Medida del valor "ideal".

La principal aplicación de este índice radica en el análisis histórico del comportamiento del mismo, pues con éste, se detecta de inmediato alguna situación anormal en el manejo de la demanda máxima medida, que pueda estar redundando en dispendios energéticos.

Un aspecto que hay que cuidar cuando se realiza un análisis sobre una serie histórica de datos, es que todos deben referirse a un intervalo de tiempo igual. Desafortunadamente la facturación eléctrica no nos llega por períodos de tiempo iguales; éstos suelen ser desde 28 hasta 33 días, por lo que emplear esta información sin el debido cuidado, puede acarearnos errores. Para resolver esta situación, habrá que afectar el valor de la demanda específica por "*un factor de ajuste por número de días*". Dicho factor está dado por la siguiente relación.

$$Fd = N / 30$$

Donde: N es el número de días del período de facturación.

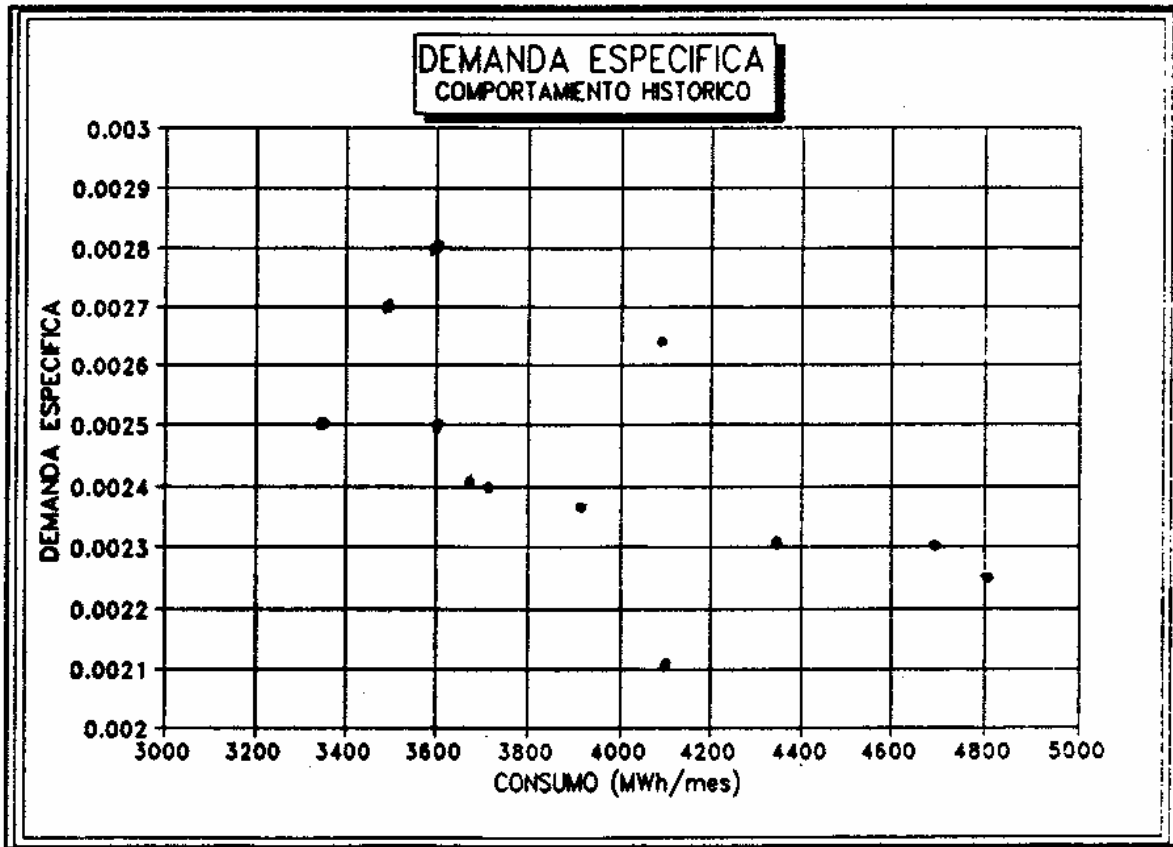
Entonces la Demanda Específica estará dada por:

$$\text{Demanda Específica} = \frac{\text{Demanda Máxima Medida}}{\text{Consumo}} \times Fd$$

Ejemplo de Aplicación:

Determinar el potencial de ahorro mediante el análisis de la demanda específica, con la instalación de un sistema de control de demanda en una planta que tiene los siguientes datos de facturación:

DATOS DE FACTURACIÓN				fd	Dem. Esp. (kW/kWh)
MES	No. Días	Demanda Máxima (kW)	Consumo (kWh)		
Junio'93	31	10,533	4,719,590	1.03	0.00230
Julio'93	32	10,397	4,861,789	1.06	0.00226
Agosto'93	30	10.253	4,384,639	1.00	0.00233
Septiembre'93	29	10,645	3,603,319	0.96	0.00283
Octubre'93	31	10,613	4,098,513	1.03	0.00266
Noviembre'93	30	9.160	3,613,799	1.00	0.00253
Diciembre'93	30	9,413	3,494,202	1.00	0.00269
Enero'94	31	9.016	3,916,646	1.03	0.00237
Febrero'94	30	8,858	3,648,859	1.00	0.00242
Marzo'94	30	8,922	4,139,819	1.00	0.00215
Abril'94	30	8,920	3,709,022	1.00	0.00240
Mayo'94	29	8,928	3,385,843	0.96	0.00253



FACTOR DE CARGA.

Un parámetro útil para determinar el efecto relativo de la demanda máxima sobre la factura eléctrica y que ayuda a evaluar la oportunidad de reducción de la demanda es el Factor de Carga de la Planta.

El factor de carga se define como la razón del consumo eléctrico actual y la demanda máxima, y se puede explicar como una medida de aprovechamiento de la capacidad instalada.

Por ejemplo, si un consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima, durante las 24 horas diariamente, se dice que está operando al 100% de carga o de su factor de carga. En esta forma se logrará la tarifa más baja por kWh.

El factor de carga se puede calcular para cada factura eléctrica mensual o promedio del año.

El factor de carga para cada facturación está dado or:

$$F.C. = kWh / (kW \text{ máx.} \times \text{Hrs.})$$

Donde:

- KWh = Consumo en el período facturado
- KW máx. = Demanda Máxima
- Hrs. = Número de horas del período de facturación.

Operación de la planta	Consumo de energía	Demanda máxima (kW)	Costo promedio (\$/kWh)**	Factor de carga
------------------------	--------------------	---------------------	---------------------------	-----------------

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

	(kWh/mes)*			
1 turno	118,800	1,650	0.46	0.10
	118,800	1,150	0.36	0.15
	118,800	825	0.30	0.20
2 turno	316,800	1,467	0.24	0.30
	316,800	1,110	0.22	0.40
	316,800	733	0.19	0.50
3 turno	633,600	1,257	0.185	0.70
	633,600	1,100	0.180	0.80
	633,600	978	0.175	0.90

* Número de horas en el período: 720

** Precio promedio calculado sobre la base de 23,086 \$/kW y 0.14 \$/kWh

La tabla anterior muestra una variedad de factores de carga para diferentes condiciones, demostrando también el efecto de una demanda alta sobre el costo promedio de la energía eléctrica.

Es deseable alcanzar el más alto factor de carga posible para que el costo promedio de energía pueda ser reducido. El factor de carga se puede incrementar, ya sea, aumentando el consumo de demanda constante o reduciendo la demanda a consumo constante.

Un factor de carga bajo en una planta puede usarse como indicativo de la posibilidad de controlar la demanda. El factor de carga ideal es de 1.0, es muy difícil de alcanzar, pero mientras más alto es el factor de carga, es mejor la utilización de la capacidad instalada de la planta y menor es el costo promedio de la energía.

Para una planta que opere un solo turno, el factor de carga está limitado alrededor de 0.25 a 0.30, para dos turnos de operación el máximo factor de carga puede ser de 0.55 a 0.60, mientras que para una operación de 3 turnos se pueden alcanzar factores de carga tan altos como 0.85 a 0.90.

CURVAS O PERFILES DE DEMANDA.

Una vez que el análisis de la factura, ya sea a través de la demanda específica o el factor de carga, indica la posibilidad de controlar la demanda, se pueden desarrollar curvas de carga o perfiles y determinar cuando y de donde provienen las contribuciones a la demanda máxima. Las curvas de carga deben graficarse empezando con la escala de tiempo más grande como se muestra a continuación:

Características de las Curvas de Carga		
Curva de Carga.	Período.	Fuente de Datos.
Máxima demanda mensual.	Al menos de dos a tres años.	Facturas Eléctricas.
Diaria.	Un período de facturación.	Wattthorimetro de la planta.
Horaria.	Un día típico máximo.	Un gráficator de demanda o el wattthorimetro de la planta.

Con el perfil de demanda máxima mensual se puede identificar rápidamente el patrón de demanda durante el año y determinar cuales meses pueden contribuir más a la demanda facturable. Si hay meses que activen la cláusula en la que las diferencias de demandas negativa, la siguiente figura muestra un ejemplo del valor de la demanda máxima para un período de 12 meses.

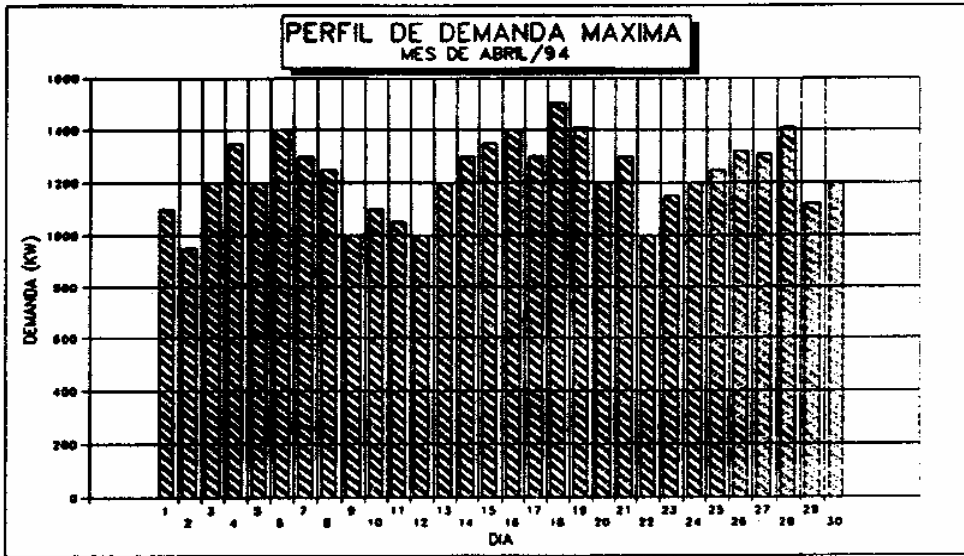


FIGURA 14.- Perfil de demanda máxima diaria

La curva de demanda máxima diaria (figura 14), puede indicar los días de los meses en los que ocurren las demandas más altas, en la siguiente figura se muestra una gráfica de demanda para un mes (30 días).

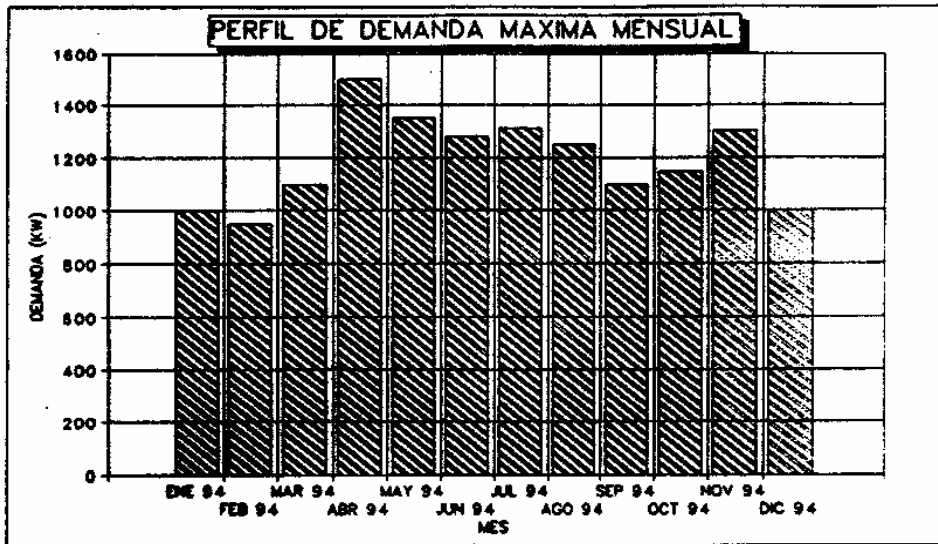


FIGURA 13.- Perfil de demanda máxima mensual

El perfil de demanda (figura 15) indica los momentos del día en que se presentan las demandas más altas, la siguiente figura muestra el perfil de demanda para un día típico.

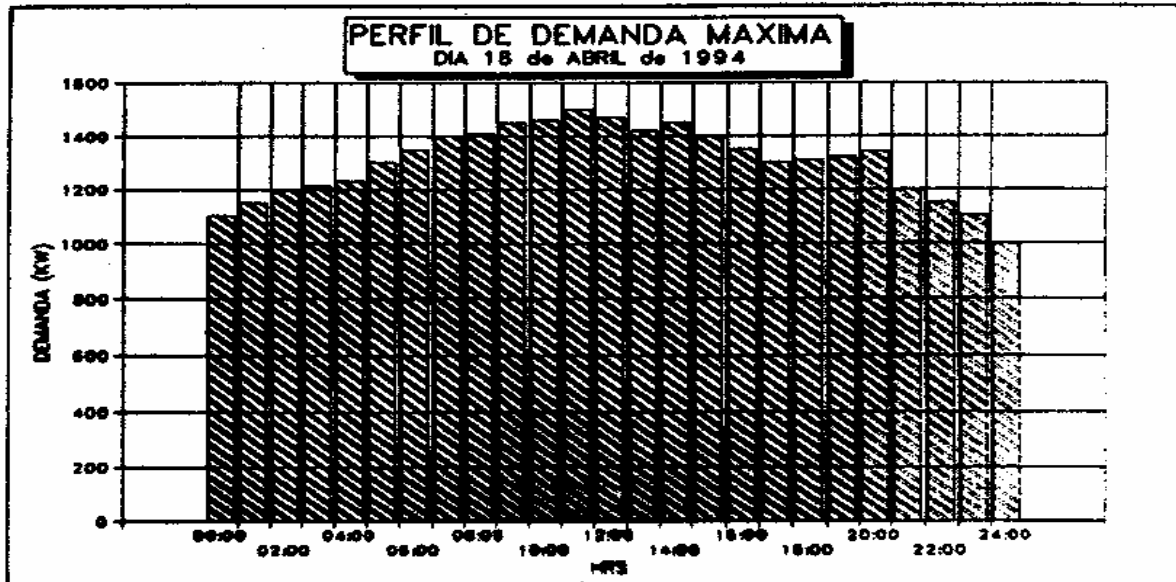


FIGURA 15.- Perfil de demanda máxima horaria

Tan pronto como cualquiera de estas curvas se ha elaborado, aparecen varias preguntas.

- ¿Por qué un determinado mes tuvo el mayor consumo?
- ¿Por qué la variación de mes en mes?
- ¿La producción está variando suficientemente como para explicar los diferentes niveles?
- ¿Las diferencias corresponden con la producción?
- ¿Por qué la demanda no es constante entre un día y otro?
- ¿Por qué el pico diario ocurre en un momento en particular?

Las respuestas a estas y otras muchas otras preguntas pueden permitir identificar las medidas necesarias para controlar la demanda. Pueden requerirse mediciones adicionales para identificar qué equipo en particular está contribuyendo a la demanda y en qué medida, y entonces se estará en posibilidad de adoptar las medidas adecuadas para reducir el valor de la demanda máxima.

IDENTIFICACION DE CARGAS.

Para control de demanda máxima, se deben identificar dos tipos de cargas eléctricas:

La primera es la causada por el equipo instalado, el cual afecta de manera importante los picos de demanda y debe ser el primer objetivo para controlar la demanda. Las lecturas de wathorímetros se deben recopilar para ayudar a identificar las máquinas culpables y cuantificar su contribución al pico de demanda.

La segunda categoría de cargas representa las que no contribuyen significativamente al pico de demanda, pero deben apagarse con muy poco efecto negativo sobre el proceso. El equipo seleccionado para el control de cargas principales incluye equipos que no son de operación continua, cargas auxiliares

no esenciales, o equipos que operen bajo controles termostáticos donde el gradiente térmico no es crítico. Ejemplos de estas carga son:

- ✓ Calentadores de aire.
- ✓ Hornos de inducción.
- ✓ Cámaras frigoríficas.
- ✓ Calentadores de agua.
- ✓ Equipos de aire acondicionado.
- ✓ Ventiladores.
- ✓ Secadores.
- ✓ Cargadores de Batería.
- ✓ Equipos de Bombeo.
- ✓ Molinos, Trituradoras.
- ✓ Compresores de aire.

Para el control de demanda, es muy importante otorgar prioridades a las cargas. Las cargas que tienen poco o nulo impacto sobre la producción o el confort, pueden considerarse como prioritarias para ponerse fuera de operación. Las cargas con mayor efecto negativo sobre el proceso productivo deben ser las últimas en la lista de prioridades.

Una vez que este tipo de análisis ha empezado, la planta esta lista para pasar al segundo paso e iniciar esfuerzos para controlar la demanda máxima.

METODOS DE CONTROL DE DEMANDA.

La demanda máxima puede ser controlada manualmente o con la ayuda de dispositivos automáticos. Con ambos existen ventajas y desventajas y cada uno tiene diferentes niveles de complejidad y sus costos asociados. Mientras que todas las plantas deberían practicar un control de demanda manual sólo las plantas medianas y grandes pueden encontrar atractiva la instalación de controles automáticos.

Control de Demanda Manual.

Con el fin de evitar picos, el control de demanda manual puede dividirse en:

- Programación de cargas.
- Monitoreo de variación de la demanda.

Programación de cargas:

El método de control de carga manual más efectivo, es hacer un itinerario o programación de la operación de diferentes cargas. En algunos casos, esto puede ser al prohibir ciertas cargas durante un tiempo especificado; por ejemplo, en una empresa con tarifa de suministro HM, una quebradora grande nunca debe ser operada durante el horario pico. En otros casos, el itinerario puede definir tiempos de operación para ciertos departamentos, líneas de proceso o máquinas. En muchas plantas es fácil hacer esto y puede involucrar cambios en las costumbres de operación simples pero permanentes.

En otras plantas, los itinerarios de operación pueden necesitar de una revisión constante, a medida que la producción cambie. Normalmente no debe empezarse con un método de control automático sofisticado sin haber pasado por un método manual de programación de actividades. Aun para controles automáticos, se necesitan decisiones y entradas manuales para asegurar niveles de producción continuos y apropiados con el supervisor de algunas cargas.

Monitoreo:

El monitoreo visual de un wattorhímetro y amperímetro, o grupo de amperímetros en el tablero principal de la planta es un método útil, pero no alternativo, para el control de demanda manual. Se debe desarrollar una buena comunicación entre el tablero de control y el operador del equipo que

potencialmente puede ser apagado para que el tiempo de respuesta pueda minimizarse. Esto se practica en algunas plantas como procedimiento normal para prevenir picos de demanda innecesariamente altos.

Alternativamente se puede instalar un sistema manual mejorado., que incluye una alarma sonora que anuncia cuando la demanda excede un valor preseleccionado. Nuevamente esto sólo puede funcionar si se presta atención inmediata y cuidadosa a la alarma.

Control De Demanda Automático.

En muchas plantas, el número de cargas diferentes, con diversas características puede ser simplemente muy grande, y las variaciones posibles ser demasiadas para un control manual. En otras plantas donde ya está trabajando un control manual, aún puede ser posible reducciones a la demanda, al añadirse el control automático. Claro está que el control automático es un forma más sofisticada, versátil y confiable para asegurar el límite al pico de demanda.

El control de demanda automático, debe ser considerado cuando la demanda es muy variable y su control sea económicamente factible debido a la exigencia de las cargas a controlar.

Para la implementación de un control automático de demanda, es necesario realizar previamente las siguientes actividades:

- Determinar la carga base para la administración de la demanda. Estas son las cargas en las cuales no se puede aplicar un control automático de demanda.
- Establecer en qué áreas del proceso o cargas es posible realizar un control de demanda.
- Establecer procedimientos de operación de la planta que ayuden a la implementación de un control de demanda.
- Diseñar la lógica del control de demanda, asignando prioridades a las cargas a ser controladas y establecer el método para el control de demanda.
- De preferencia practicar el método de control mediante procedimientos manuales, para verificar que no se presenten trastornos a la producción y/o confort, para los cuales se tienen operando los equipos.

CASO DE APLICACION.

Datos Históricos de Facturación Eléctrica: (tarifa HM)

MES	DEMANDA (kW)	CONSUMO (kWh)
Enero '93	980	556,640
Febrero '93	947	499,660
Marzo '93	971	534,100

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

Abril '93	1010	537,040
Mayo '93	959	562,100
Junio '93	940	552,160
Julio '93	1023	617,820
Agosto '93	1054	623,255
Septiembre '93	986	582,448
Octubre '93	1037	592,534
Noviembre '93	1013	549,765
Diciembre '93	987	517,360
Enero '94	1016	522,731
Febrero '94	976	499,015
Marzo '94	1015	536,364
PROMEDIO	994	552,333

Análisis de la Información Histórica:

Demanda Máxima:	Valor máximo registrado Valor mínimo registrado: Promedio de la serie:	1,054 kW 940 kW 994 kW
Demanda Específica:	<p>Presenta un "comportamiento esperado" dentro de una franja de 71.8 kW aproximadamente; esto es, 7.2% del valor promedio. Esto deja ver la posibilidad de reducir el valor de la demanda máxima sin necesidad de sistemas automáticos de control hasta en 42 kW en promedio al mes</p> <p>Por otro lado, el hecho de que la franja donde se encuentren los valores de la demanda específica sea tan ancha, deja entrever la posibilidad de reducir su valor aun más, mediante un sistema automático de control.</p>	

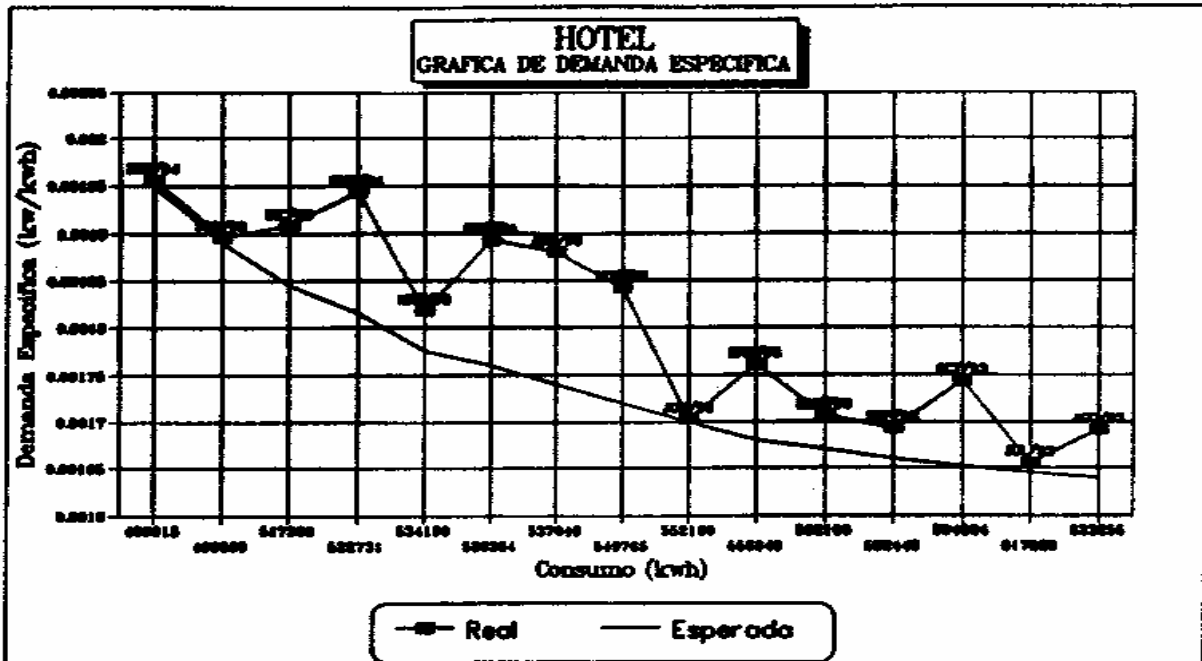


FIGURA 22.- Gráfica de la demanda específica

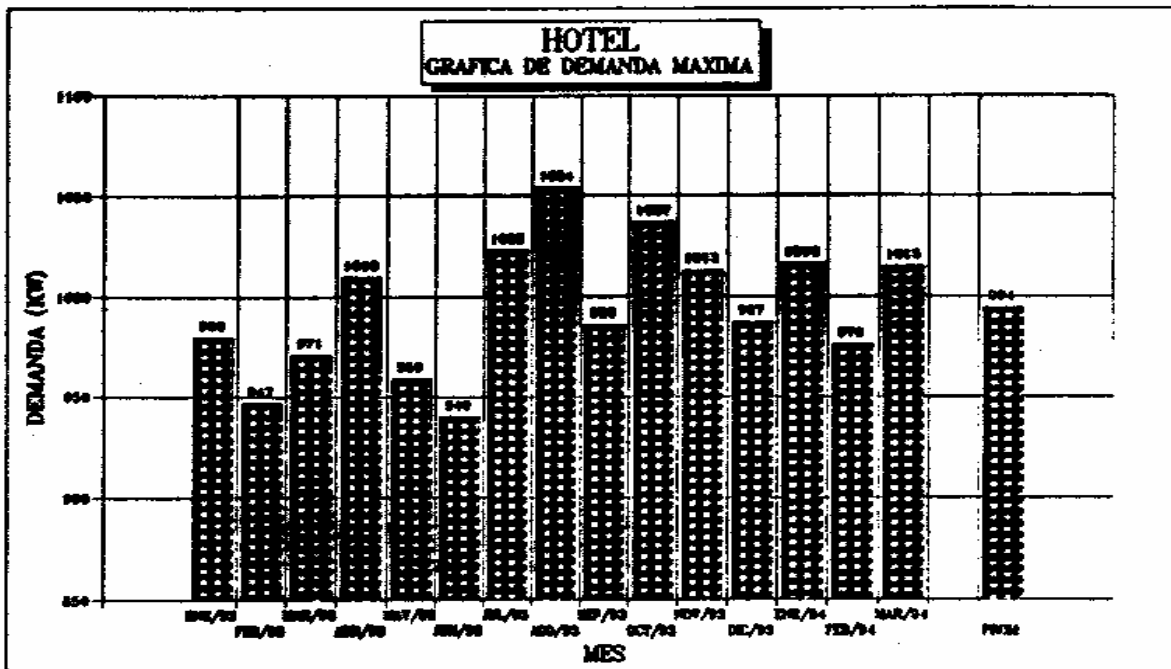


FIGURA 23.- Gráfica de la demanda máxima

Identificación de Cargas Desconectables:

Carga	kW	Tpo. Max. (Min)	Condiciones del proceso	Prioridad
Trituradora de desperdicio A y B	2.81	15	-----	0
Trituradora de desperdicio C	1.27	12	-----	1
Elevador de Servicio A	18.84	15	-----	0
Elevador de Servicio B	18.82	1	-----	3
Chiller A	18.12	5	Temp.	2
Chiller B	216.50	1	Temp.	3
Aire acondicionado oficinas	211.40	15	-----	1
Alumbrado pasillo oficinas	5.49	15	-----	0
Alumbrado oficinas	1.70	12	-----	1
Ventilador torres ento. A,C,E	20.02	12	Temp.	1
Ventilador torres ento. B,D,F	18.42	5	Temp.	1
Bomba filtro alberca	17.47	5	-----	1
Bomba cascada	16.14	2	-----	2
Compresor 2,5 y 3 cuartos fríos	10.05	5	Temp.	2
Compresor 4 cuartos fríos	3.48	2	Temp.	2
Compresor 1 y 6 cuartos fríos	6.73	2.2	Temp.	3

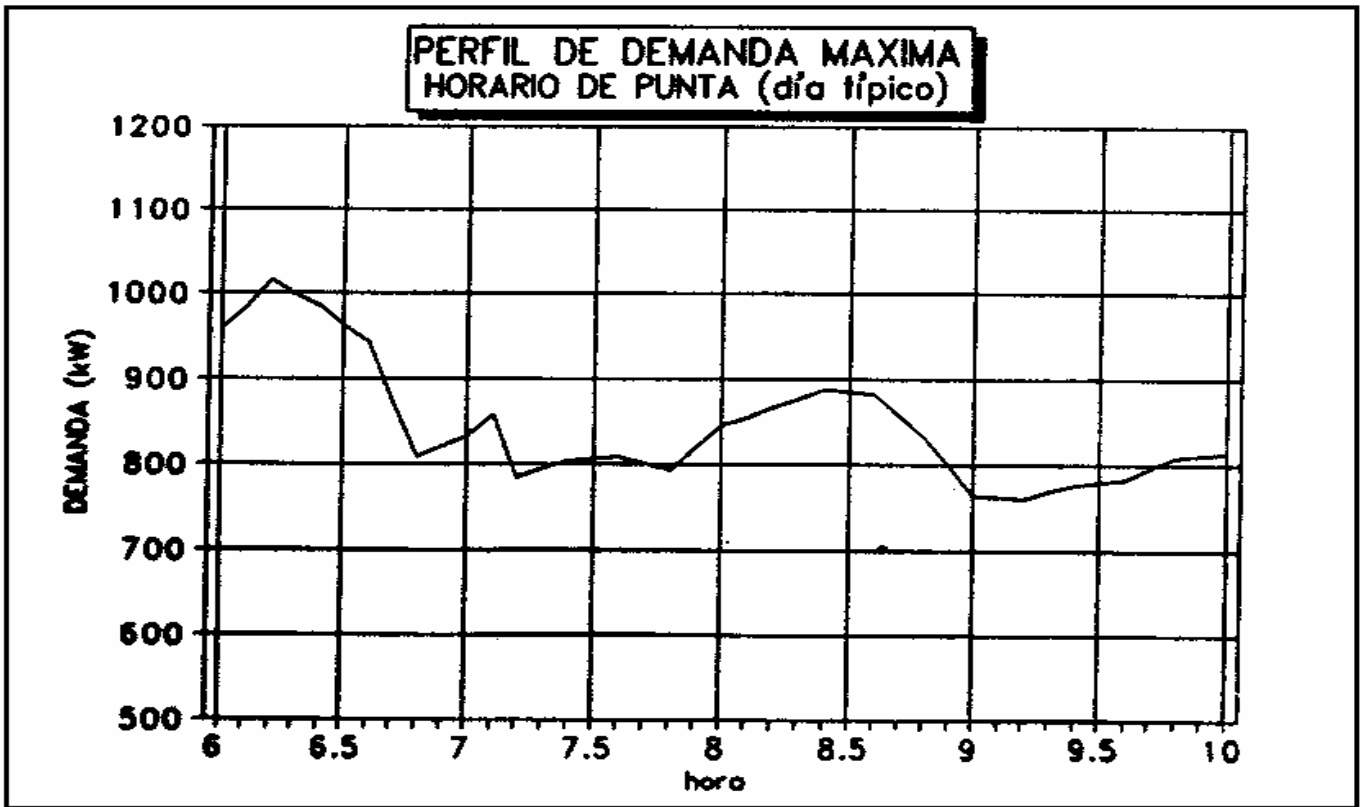


FIGURA 24.- Perfil de la demanda

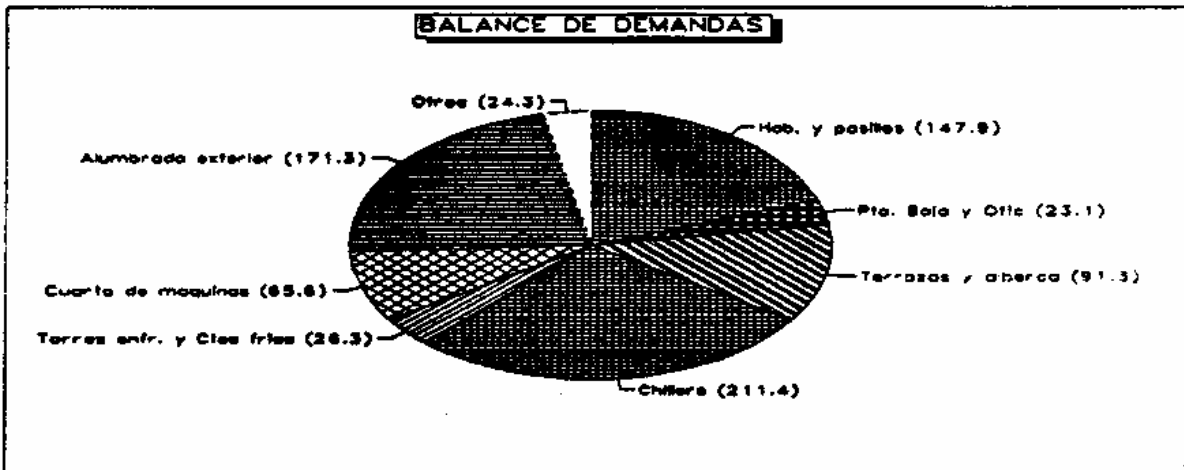
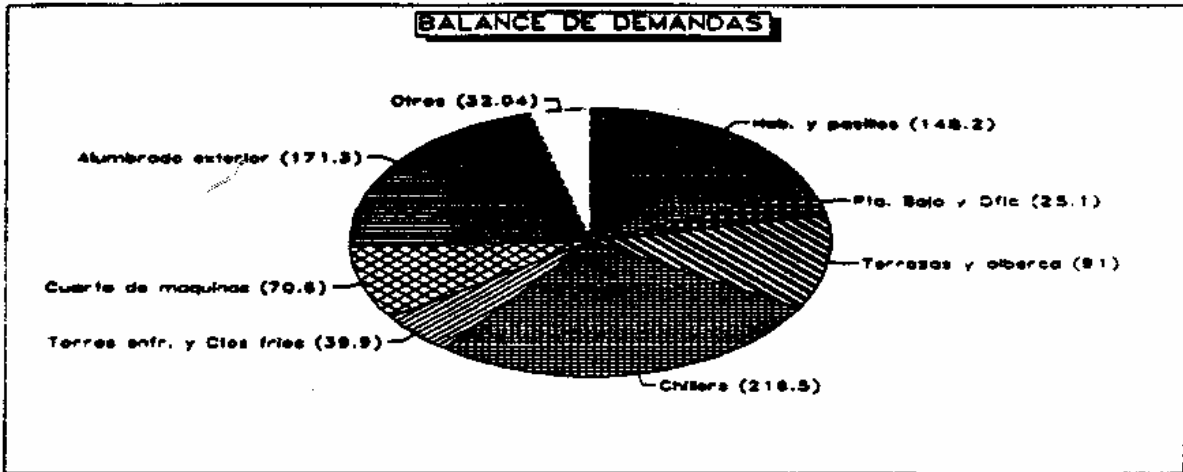
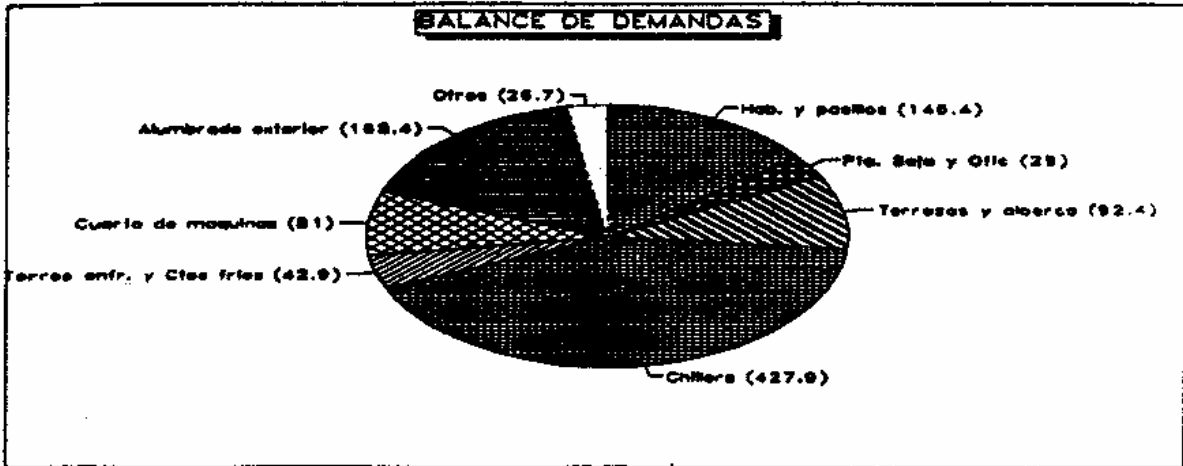


FIGURA 25.- Balances de demandas

Análisis del Perfil de Demanda en Horario Punta:

- * Alrededor de las 18:00 horas se presenta típicamente el horario punta de demanda, que es el que pesa para la facturación, y que suele llegar a los 1000 kW, para posteriormente bajar hasta cerca de los 800 kW alrededor de las 18:45 horas. Entre ésta y las 19:45 se mantiene en el nivel de los 800 kW, ocasionalmente se presenta un pequeño pico entre las 19:00 y las 19:20 horas. A partir de las 19:45 se observa que inicia un aumento en la demanda, hasta llegar a un máximo de cerca de 900 kW a las 20:30, hora que comienza a disminuir hasta un mínimo de 770 kW, que se mantiene por unos minutos, para luego subir ligeramente hasta llegar hasta los 817 kW aproximadamente a las 22:00 horas.

- * El pico registrado entre las 18:00 y las 18:30 horas es ocasionado por la suma de los siguientes acontecimientos:
 - ◆ Arribo de huéspedes en sus habitaciones (el 60% se encuentra en ellas).
 - ◆ Encendido de iluminación exterior.
 - ◆ Retorno de algunos de los empleados de oficinas

- * El pico registrado alrededor de las 20:30 horas es ocasionado por los siguientes acontecimientos:
 - ◆ Presencia de huéspedes en sus habitaciones (el 85% se encuentra en ellas).
 - ◆ Movimientos en la cocina (cuartos fríos) para preparativos de la cena.
 - ◆ Afluencia de huéspedes y visitantes al lobby-bar.

Propuesta para el Control de Demanda:

Instalar un sistema automático que mediante un algoritmo apropiado, controle la entrada y salida de las "cargas desconectables", de manera tal, que la demanda máxima en horario punta no exceda los 777 kW.

Análisis de Factibilidad:

Ahorros esperados = 994 kW – 777 kW = 217 kW
Costo del kW de demanda facturable = \$ 23.086
Ahorros en la facturación = 217 kW x 23.086 \$/kW = 5,009.66 \$/mes
Costo de Inversión = 76,643.00
Período de Recuperación = 1.27 años

CAPITULO IV MOTORES ELÉCTRICOS

1.0. CLASIFICACIÓN GENERAL.

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. Estos aparatos 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 herramientas, herramientas manuales, equipo de refrigeración y aire acondicionado, elevadores, bandas transportadores y muchas otras. Como puede verse son equipos muy comunes y conocidos, su principio de funcionamiento y operación, también son ampliamente conocidos. Sin embargo, es muy importante conocer las características particulares de funcionamiento de cada tipo de motor, a fin de hacer uso adecuado de los mismos en las aplicaciones a que se definen. Esto permitirá aprovechar al máximo la energía consumida para su funcionamiento que puede presentar importantes ahorros de dinero por concepto de energía eléctrica y por menor mantenimiento requerido.

Cabe señalar que alrededor del 70% del consumo de la energía generada se debe al funcionamiento de los motores eléctricos. Es significativo el hecho de que los motores eléctricos, suministran en su mayor parte, la energía que mueve los accionamientos industriales, por lo que la operación y conservación de los motores en la industria, representa uno de los campos más fértiles de oportunidades en el ahorro de energía que se traducen en una reducción en los costos de producción y en 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.

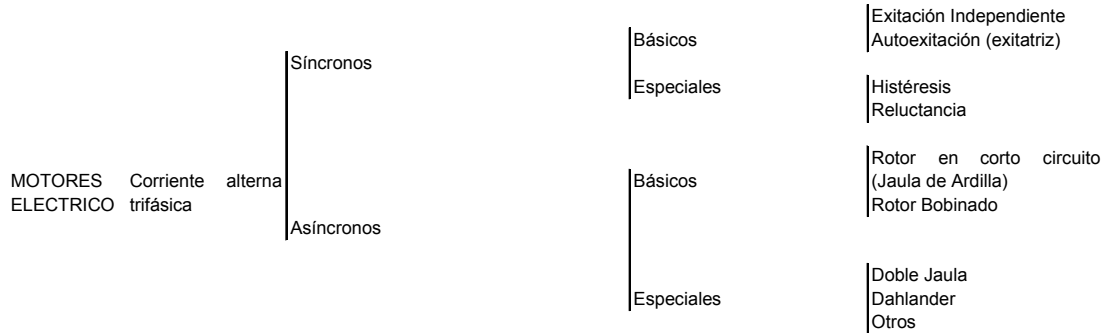
La siguiente clasificación de los motores eléctricos por tipos, se ha efectuado de acuerdo con un criterio clásico, aunque externo al motor, la clase de tensión y corriente principal que le alimenta.

Corriente continua: conexiones Shunt, Serie y Compound.

Corriente alterna trifásica: síncronos y asíncronos de rotor en corto circuito (más conocido como jaula de ardilla) y de rotor bobinado.

TIPOS DE MOTORES ELECTRICOS

MOTORES DE CORRIENTE CONTÍNUA	Excitación independiente	
	Autoexcitados	Shunt (básico) Serie (básico) Compound (básico)
	Reguladores y/o Amplificadores	Metadina Convertidor metadina) Amplidina Rototrol Magnición Grupos convertidores (Generador-motor: Ward-Leonard; Leonard-Linger; Leonard; etc.)
	Otros	Unipolares, magnetos, etc.



Relaciones De Potencia Y Energía

Una de las técnicas más útiles para explicar las pérdidas de potencia de una máquina es el diagrama de flujo de potencia. En la fig. se muestran varios de los diagramas mencionados para el caso de un generador de C.C. y de motores y conexiones. Allí se presenta la potencia que entra a las máquinas y luego se le restan las pérdidas mecánicas y las pérdidas en el núcleo. La potencia que queda se convierte de forma mecánica en eléctrica y viceversa respectivamente.

2.0. PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE OPERACIÓN.

2.1. LEYES FUNDAMENTALES

Bajo las siguientes leyes se basa el principio del funcionamiento de las Maquinas Eléctricas:

- Ley de Inducción de Faraday.
- Ley de Campo Magnetico (ó de Ampere).
- Ley de Fuerzas Sobre Conductores.
- Leyes de Kirchoff de Voltajes y Corrientes.

LEY DE INDUCCION DE FARADAY.- Establece que en un circuito cerrado el cual sea afectado por un campo magnético variante en el tiempo se inducirá una FEM (Fuerza Electromotriz), la cual dependerá en magnitud de:

1. De la intensidad del Campo Magnético.
2. De la Velocidad del Campo Magnético.
3. Del Numero de Vueltas de la Bobina del Circuito.

LEY DEL CAMPO MAGNETICO (Ó LEY DE AMPERE). - Establece que alrededor de un conductor por el cual circula una corriente se generara un campo magnético el cual dependerá del sentido de la corriente, obedeciendo la regla de la mano derecha y dependiendo de la intensidad de corriente y del numero de vueltas de la bobina con que se genera ese campo magnético.

LEY FUERZAS SOBRE CONDUCTORES.- Si se tiene un conductor por el cual circula una corriente y esta en presencia de un campo magnético, sobre este se ejercerá una fuerza la cual dependerá en sentido, de los sentidos de las corrientes y el flujo magnético; y en intensidad de la intensidad de la corriente y de la intensidad del flujo magnético.

LEYES DE KIRCHOFF DE VOLTAJES.- Establece que la suma de los voltajes inducidos y alimentados a un lazo cerrado de un circuito será igual a la suma de las caídas de voltaje de dicho lazo.

LEYES DE KIRCHOFF DE CORRIENTES.- Establece que la suma de las corrientes que entran a un nodo es igual a la suma de las corrientes que salen de dicho nodo.

Perdidas Diversas En Los Motores

Como ya se mencionó en los motores existen pérdidas por diversas causas, las cuales se describen a continuación:

Se dará en primer lugar una visión general de los diferentes tipos de pérdidas y posteriormente se presentará un ejemplo concreto sobre el valor relativo de éstos. Los valores del ejemplo deben tomarse como indicativos, puesto que un rendimiento máximo puede conseguirse desglosando las pérdidas totales de diversas formas. Esto permite al diseñador o al proyectista elegir una curva rendimiento-carga en la que al máximo rendimiento se produzca en la zona de carga donde el motor va a trabajar más tiempo, y que normalmente estará comprendida entre $\frac{3}{4}$ y la carga nominal.

Las pérdidas de energía propias en los motores eléctricos, es decir, la diferencia existente entre la energía eléctrica tomada de la red y la energía mecánica obtenida en el eje del motor, se **dividen en** dos grupos: las pérdidas fundamentales y las pérdidas adicionales.

Las pérdidas resultantes de la aplicación del motor corresponden a la suma de las pérdidas propias del motor más las debidas al acoplamiento de la máquina conducida y a las condiciones de explotación de la máquina (pérdidas mecánicas en los órganos de los equipos de transmisión, energía consumida en frenados y aceleraciones de la máquina arrastrada, etc.)

Pérdidas Fundamentales: Estas pérdidas se originan como consecuencia de los procesos electromagnéticos y mecánicos fundamentales que ocurren en el motor y están constituidas por las pérdidas mecánicas, las pérdidas en el hierro, las pérdidas en el cobre y finalmente las pérdidas en la capa de contactor de las escobillas con los colectores o anillos rozantes, que aparecen en los motores que están dotados de estos elementos.

Pérdidas Mecánicas: Las pérdidas mecánicas incluyen las correspondientes al rozamiento en los cojinetes (P1) las de ventilación (P2) y las de rozamiento de escobillas (Pr).

Pérdidas en el hierro: Las pérdidas en el hierro se originan por dos causas:

Por las histéresis producida en los materiales magnéticos sometidos a remagnetización (temporal o especial) bien sea por variación del flujo o por rotación en un campo variable.

Por la aparición en el seno de la masa de acero de fems que dan origen a unas corrientes denominadas de Foucault.

Las Pérdidas totales en el hierro (P_{11}) serán la suma de $P_{his} + P_r$. Existen unas fórmulas teóricas para el cálculo de estas pérdidas, por los valores que dan son inferiores a los reales porque existe un conjunto de factores tecnológicos y de fabricación, no tomados en cuenta. Un análisis somero revela que las pérdidas teóricas por histéresis se incrementan por la deformación en frío de las chapas magnéticas (orientación de los granos) como consecuencia de los procesos de estampado y recorte de las chapas y que las pérdidas teóricas por corrientes de Foucault se incrementan por la formación de rebanadas durante el montaje de los paquetes de chapas o por deterioro del aislamiento de las chapas durante el

enmangado de los conjuntos a causa de una presión excesivamente alta, que da lugar a corto circuitos entre los paquetes de chapas.

El incremento de estas pérdidas puede controlarse y mantenerse en límites reducidos mediante un adecuado saneamiento de las rebabas, recocido de las chapas después del estampado en hornos de atmósfera de hidrógeno, control exacto de la presión de enmangado; pero no se pueden calcular teóricamente, por lo que se ha propuesto una serie de fórmulas deducidas de las básicas por aplicación de factores de corrección obtenidos experimentalmente, una de las cuales se refleja en el cuadro siguiente:

Como se observa en el mismo, las pérdidas por histéresis dependen linealmente de la frecuencia y de la inducción, mientras que las pérdidas por corrientes de Foucault dependen del cuadrado de la frecuencia y de la inducción.

Pérdidas en el cobre: Las pérdidas en el cobre se descomponen en los siguientes conceptos:

Pérdidas en el circuito del inducido (P₁) (normalmente rotor)

Estas pérdidas están originadas por el paso de las corrientes por los devanados del inducido y por los elementos conectados en serie con el devanado del inducido (polos auxiliares), devanado de comprensión, etc.

El cálculo de estas unidades se realiza después de conocer la configuración de los devanados de comprensión. El cálculo de estas pérdidas se realiza después de conocer la configuración de los devanados.

Pérdidas de excitación (P_{exe}) (estator de motores de corriente continua y rotor de motores síncronos). Vienen determinados por la siguiente fórmula:

$$P_{exe} = V_{exe} I_{exe} \text{ (Watts)}$$

En donde: V_{exe} = tensión de bornes del circuito de excitación (volts)
 I_{exe} = intensidad en el circuito de excitación (amperes)

Pérdidas en el contacto de escobillas (P_{exe})

En los motores dotados de estos elementos, se produce una pérdida de energía en la zona de contacto de escobillas, que se calculará mediante la fórmula:

$$P_{exe} = 1.73 V_c I_a$$

Donde: V_c = caída de tensión
 I_a = intensidad del inducido.

En los motores asíncronos, en lugar de las pérdidas por excitación deben considerarse las pérdidas originales por la circulación de corrientes en los devanados (efecto Joule). Para el cálculo de estas pérdidas debe considerarse la configuración de los devanados.

Pérdidas en las escobillas: Son las que se pierdan en los contactos entre las escobillas y el colector. Están dadas por la ecuación.

$$P_{BD} = V_{BD} I_A$$

Donde: P_{BD} = pérdida por contacto en las escobillas
 V_{BD} = caída de voltaje en las escobillas
 I_A = corriente de armadura

Pérdidas adicionales: Son pérdidas que no se pueden incluir dentro de ninguna de las anteriores. Por muy cuidadoso que sea el análisis que de ellas se haga, siempre quedan algunas que no se pueden incluir dentro de la clasificación precedente. Todas estas pérdidas en conjunto se denominan pérdidas adicionales. Por convención, para la mayoría de las máquinas se toman como el 1% de su potencia.

3.0. CARGAS Y EFICIENCIAS

Una vez conocidas todas las pérdidas de energía se determinan el rendimiento del motor para poder evaluar si está siendo utilizado óptimamente.

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.

Motores de corriente continua:

$$\eta = \frac{V_L I_L - \Sigma \text{pérdidas}}{V_L I_L}$$

Motores de corriente alterna:

Síncronos

$$\eta = \frac{\sqrt{3} V_L I_L \cos \alpha - \Sigma \text{pérdidas}}{\sqrt{3} V_L I_L}$$

donde: V_L = Voltaje de línea
 I_L = Corriente de línea
 $\cos \alpha$ = Factor de potencia

En este caso se ha propuesto que la corriente de excitación procede de una excitatriz movida por el propio motor.

Asíncronos

$$\eta = \frac{\sqrt{3} V_L I_L \cos \alpha - \Sigma \text{pérdidas}}{\sqrt{3} V_L I_L \cos \alpha}$$

Hay que hacer mención de que la manera más correcta de conocer la eficiencia de un motor es llevándolo a un laboratorio, cosa que en nuestro caso no es posible ya que no podemos sacar de operación un motor y perjudicar el proceso.

Los parámetros que influyen en el rendimiento del motor son los siguientes: Potencia nominal del motor, El rendimiento de los motores eléctricos crece con la potencia nominal y Carga relativa del motor

El rendimiento de los motores eléctricos tienen un valor máximo correspondiente a la carga nominal y decrece cuando trabaja a carga parcial o sobrecargado.

Velocidad de giro

A igualdad de potencia, las máquinas más veloces tienen mayor rendimiento

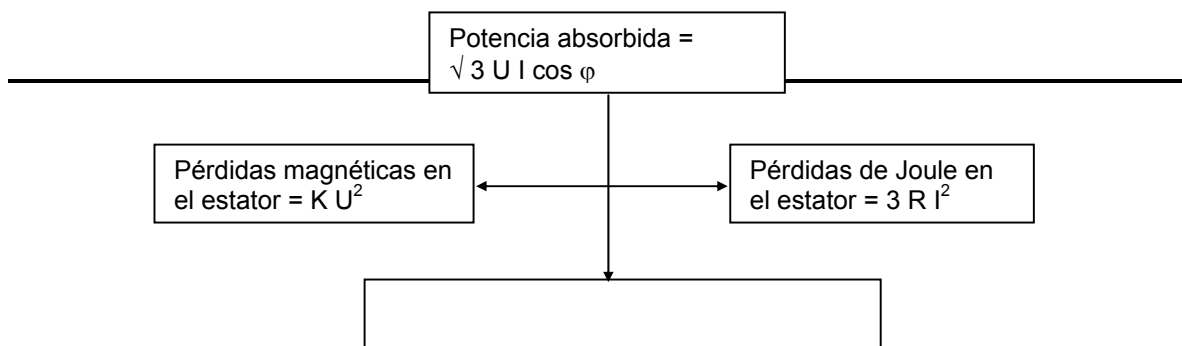


Diagrama energético del motor síncrono

Se ve que el estator, una vez descontadas sus pérdidas, transmite al entrehierro, por interacción electromagnética, la potencia:

$$C_1 w_1$$

En la que C_1 es el par electromagnético y w_1 es la velocidad síncrona. Esta potencia se divide en dos partes:

- $C_1 (w_1 - w_2)$, que pasa en forma de energía eléctrica, y que se disipa en calor en el rotor (w_2 = Velocidad del rotor); $C_1 w_2$, que pasa en forma mecánica y, que salvo las pérdidas, es la potencia útil en el eje.

De aquí se ve que $C_1 (w_1 - w_2)$, potencia disipada en el rotor, es proporcional al deslizamiento. Por lo tanto, con vistas a la mejora de la eficiencia energética hay que tratar de minimizar el deslizamiento.

Pérdidas en vacío (permanentes).

(PE + PV) Pérdidas cojinetes-ventilación	0.060 CV
(PH) Pérdidas en el hierro	0.371 CV
(P _{EXE}) Pérdidas de excitación	0.226 CV
(P _r) Pérdidas por rozamiento de escobillas	0-136 CV
(Pv) Total pérdidas en vacío	0.793 CV

Pérdidas propias a diferentes cargas

Se supone el motor en régimen a la velocidad constante y en consecuencia no se considera la energía consumida en la puesta en marcha, aceleraciones o frenados.

Para una más completa explicación del ejemplo se puede observar la siguiente figura.

Moteres eléctricos. Variación del rendimiento y de las diferentes clases de pérdidas en función de la carga del motor.

Causas Por Las Cuales Varía El Rendimiento De Un Motor

Operación del motor en condiciones anormales de operación

Los motores deben ser adecuadamente seleccionados de acuerdo a sus condiciones de servicio. Las condiciones usuales de servicio se definen en “**NEMA standards publication MG1-1987 Motors and Generators**”, y aquí se incluye:

- Operación en una temperatura ambiente de 0°C a 40°C.
- Instalación en áreas o cubiertas que no interfieren seriamente con la ventilación de la máquina.
- Operación con una tolerancia de +/- 10% del voltaje nominal.
- Operación con una fuente de voltaje senoidal (que no exceda el 10% en el factor de desviación)
- Operación con una tolerancia de +/- 5% de la frecuencia nominal.
- Operación con un desbalance de voltaje de 1% o menos.

Una operación en condiciones de servicio inusuales puede resultar en pérdida de eficiencia y en consumo de energía adicional. Tanto los motores de eficiencia standard como los de alta eficiencia pueden tener una eficiencia y vida útil reducida debido a un pobre mantenimiento en el sistema eléctrico. El monitoreo del voltaje es importante para mantener una operación de alta eficiencia y corregir problemas potenciales antes de que ocurran fallas. El personal de mantenimiento preventivo debe medir periódicamente y registrar el voltaje en terminales del motor en condiciones de plena carga.

Voltaje superior al nominal (over voltage):

A medida que el voltaje aumenta, la corriente de magnetización aumenta exponencialmente. En algún punto dependiendo del diseño del motor, la saturación del núcleo de incrementará y ocurrirá sobrecalentamiento. Del 10 al 15% de sobre voltaje tanto la eficiencia, como el factor de potencia decrecen significativamente mientras que el deslizamiento de plena carga disminuye (el par varía con el cuadrado del voltaje aplicado, siguiente figura). La corriente de arranque, el par de arranque y el par máximo crecen significativamente con las condiciones de sobrevoltaje.

Un voltaje que está en el límite superior de los límites de tolerancia frecuentemente indica que el Tap del transformador sea movido en la dirección incorrecta. Un relevador de sobrecarga no reconocerá ésta situación de sobrevoltaje, si el sobrevoltaje es mayor que el 10%, el motor se puede sobrecalentar. La operación con sobrevoltajes y corrientes reactivas por arriba de los límites aceptables y por tiempo prolongado puede acelerar el deterioro del aislamiento del motor.

- Utilizar motores de inducción trifásicos en lugar de monofásicos. En motores de potencia equivalente, su eficiencia es de 3 a 5% mayor y su factor de potencia mejora notablemente.
- Utilizar motores síncronos en lugar de los motores de inducción. Cuando se requieren motores de gran potencia y baja velocidad la elección de un motor síncrono debe ser considerado. Compiten costo con motor de inducción de características similares, su eficiencia es de 1 a 3% mayor, su velocidad es constante y contribuye a mejorar el factor de potencia de la instalación.
- Sustituir los motores antiguos o de uso intenso. Los costos de operación y mantenimiento de motores viejos o de motores que por su uso han depreciado sus características de operación, pueden justificar su sustitución por motores de alta eficiencia.
- Evitar concentrar motores en locales reducidos o en lugares que puedan dificultar su ventilación. Un sobre calentamiento del motor se traduce en una disminución de su eficiencia.
- Balancear la tensión de alimentación en los motores trifásicos de corriente alterna. El desequilibrio entre fases no debe de excederse en ningún caso del 5%, pero mientras menor sea el desbalance, los motores operarán con mayor eficiencia.
- Evitar hasta donde sea posible el arranque y la operación simultánea de motores, sobre todo los de mediana y gran capacidad, para disminuir el valor máximo de la demanda.
- Sustituir en los motores de rotor devanado, los reguladores con resistencias para el control de la velocidad, por reguladores electrónicos más eficientes. En las resistencias se llega a consumir hasta un 20% de la potencia que el motor toma de la red.
- Sustituir motores con engranes, poleas, bandas u otro tipo de transmisión, para reducir la velocidad del motor, por motores de velocidad ajustable con reguladores electrónicos.
- Preferir el acoplamiento individual, en accionamientos con un grupo de motores, así se consigue mejor que cada motor trabaje lo más cerca posible de su máxima carga.
- Mantener en óptimas condiciones los sistemas de ventilación y enfriamiento de los motores, para evitar sobre calentamientos que puedan aumentar las pérdidas en los conductores del motor y dañar los aislamientos.
- Verificar periódicamente la alineación del motor con la carga impulsada. Una alineación defectuosa puede incrementar las pérdidas por rozamiento y en caso extremo ocasionar daños severos sobre todo en los cojinetes del motor.
- Mantener en óptimas condiciones los cojinetes del motor. Una cantidad considerable de energía se pierde con cojinetes en mal estado o si su lubricación es inadecuada (insuficiente o excesiva). Repárelos o sustitúyalos si tienen algún desperfecto y siga las instrucciones del fabricante para lograr una correcta lubricación.

Voltaje inferior al nominal (under voltage):

Si el motor se opera a voltaje reducido aún dentro del límite del 10%, el motor tomará una corriente mayor para producir los requerimientos de par impuestos por la carga. Esto produce un incremento en las

pérdidas eléctricas del estator y del rotor (pérdidas I^2R). Los bajos voltajes pueden también evitar que el motor desarrolle un adecuado par de arranque. Estos cambios se resumen en la figura.

La operación a eficiencias reducidas debido a bajos voltajes en las terminales del motor se debe generalmente a caídas de voltaje excesivas en el sistema de alimentación. Si el motor está al final de un alimentador largo, puede ser necesaria una reconfiguración. El voltaje del sistema también se puede modificar por medio de:

- Ajuste de taps de los transformadores.
- Instalación de cambiadores automáticos de taps en caso de que las cargas del sistema varíen considerablemente en el transcurso del día.
- Instalación de capacitores para corrección del factor de potencia que eleven el voltaje del sistema.

Debido a que la eficiencia y la vida de operación de los motores se degrada con las variaciones de voltaje, se deben especificar motores con datos nominales de placa compatibles con el voltaje del sistema. Por ejemplo, los motores trifásicos están disponibles con voltajes nominales de 440, 460, 480 y 575 V. El uso de un motor diseñado para un servicio de 460 V en un sistema de 480 V ocasiona una eficiencia y vida de motor reducidas así como un incremento de calor. Un motor de 440 V será afectado más seriamente.

Desbalance de voltaje (phase voltage imbalance):

Ocurre un desbalance de voltaje cuando hay voltajes diferentes en las líneas de un motor de inducción polifásico. Este desbalance en los voltajes de fase produce también que las corrientes de línea estén también desbalanceadas. Las corrientes desbalanceadas producen también pulsaciones de par, vibraciones, incremento en el esfuerzo mecánico del motor y sobrecalentamiento de una y posiblemente dos fases del devanado. Esto da como resultado un aumento considerable en las pérdidas del motor y la generación de calor lo cual hace que disminuya tanto la eficiencia como la vida del motor.

El desbalance de voltaje se define por la NEMA como 100 veces la máxima desviación del voltaje de la línea del voltaje promedio de un sistema trifásico dividido entre el voltaje promedio.

En forma de ecuación:

$$\text{Desbalance de voltaje \%} = \frac{\text{máx. Dif. De los voltajes en relación al voltaje promedio} \times 100}{\text{Voltaje promedio}}$$

Suponga que la medición de los voltajes de línea de un sistema es la siguiente:

462,463,455 V.

El voltaje promedio es de 460 V y el desbalance de voltaje es:

$$\text{Desbalance de voltaje en \%} = \frac{(460-455)}{460} \times 100 = 1.1\%$$

Un desbalance de sólo el 3.5 % puede aumentar las pérdidas del motor aproximadamente en un 20%. Desbalances superiores al 5% indican un problema serio. Desbalances superiores al 1% requieren un factor de disminución de la potencia de salida (derrateo, adaptado de la palabra inglesa derating) de acuerdo a NEMA MG1-14.35, un desbalance del voltaje de 2.5 % requiere que se aplique un factor de derrateo de 0.925 a los valores nominales del motor.

En la figura siguiente se muestran los factores de derrateo para motores de caballaje integral debido a desbalance de los voltajes. Los factores de derrateo se aplican a todos los motores. No hay distinción entre motores standards y motores eficientes en energía cuando se selecciona un factor de derrateo para operación en condiciones de desbalance.

Entre las causas comunes de desbalance se encuentran:

- Falla en la operación de la conexión automática en el equipo de corrección de factor de potencia.
- Fuente de alimentación inestable o desbalanceada.
- Un banco de transformadores desbalanceada que alimenta a una carga trifásica que es demasiado grande para el banco.
- Distribución desbalanceada de las cargas monofásicas.
- Un circuito abierto en el sistema de distribución primario.
- Una falla a tierra no identificada.

Los siguientes pasos aseguran un sistema apropiadamente balanceado:

- Revise el diagrama unifilar de su sistema eléctrico para verificar que las cargas monofásicas estén distribuidas uniformemente.
- Monitoreo periódico de los voltajes en todas las fases para verificar que existe una variación mínima.
- Instale indicadores de falla a tierra.

Motores Sobredimensionados

Cuando un motor tiene un valor nominal significativamente más alto que la carga que está accionando, el motor opera a carga parcial. Cuando esto ocurre la eficiencia del motor se reduce. Los motores a menudo se seleccionan de tal forma que están excesivamente sobredimensionados para un trabajo particular.

Por ejemplo, mediciones de campo realizadas en cuatro plantas industriales en el Norte de California indican que en promedio los motores están operando al 60% de su capacidad nominal. La recomendación para conservación de la energía para 17 de los 29 motores probados fue que los sustituyeran con motores eficientes en energía más pequeños.

A pesar del hecho de que los motores sobredimensionados reducen la eficiencia e incrementan los costos de operación las industrias usan motores sobredimensionados en los siguientes casos:

- Para evitar fallas de motores en procesos críticos.
- Cuando el personal de la planta no conoce la carga real y selecciona un motor más grande que el necesario.
- Para tener la capacidad de acomodar futuros crecimientos en producción.
- Para asegurar de manera conservadora que el motor tiene capacidad de manejar fluctuaciones en la carga.
- Cuando el departamento de mantenimiento reemplaza un motor dañado con la una unidad próxima en tamaño más grande si uno de la capacidad correcta no está disponible.
- Cuando se ha seleccionado un motor sobredimensionado para equipar cargas que no se han definido con certeza.
- Cuando los requerimientos del proceso se han reducido.
- Para operar en condiciones adversas por ejemplo en condiciones de desbalance de voltajes.

Como regla general, los motores que están bajodimensionados (sobrecargados) tienen una vida esperada reducida con una probabilidad más grande de que el equipo se dañe provocando fuertes pérdidas en producción.

Por otro lado, los motores sobredimensionados y así pues los ligeramente cargados sufren una reducción en la eficiencia y en el factor de potencia.

La máxima eficiencia normalmente no ocurre a plena carga. Mientras que el motor esté operando arriba del 60% de carga nominal la eficiencia no varía significativamente. Las eficiencias de los motores típicamente mejoran hasta el 75% de plena carga y, especialmente para motores pequeños, empiezan a declinar rápidamente cuando trabajan por abajo del 40% de plena carga. Casi siempre es una buena idea

disminuir la capacidad de un motor que está trabajando a menos del 50% de su capacidad nominal. El factor de potencia disminuye rápidamente cuando el motor opera a menos del 75% de la corriente de plena carga, especialmente en capacidades pequeñas. En las figuras se muestran eficiencias y factores de potencia típicos a carga parcial.

Los castigos en costo asociados con usar un motor sobredimensionado pueden ser sustanciales e incluyen:

- Un precio de compra mayor
- Incremento en el costo del equipo eléctrico de alimentación debido a los altos requerimientos de kVA y kVAr.
- Multas por bajo factor de potencia.
- Incrementos en el consumo de energía debido a la disminución en eficiencia.

El reemplazo de motores sobredimensionados (bajo cargados) con motores de eficiencia estándar más pequeños o con motores eficientes en energía la eficiencia mejora. Se debe tener cuidado de conocer completamente las características de la carga antes de cambiar los motores existentes.

Por ejemplo, con una carga variable tal como un sistema de volumen de aire variable, el motor debe ser seleccionado para operar en condiciones de plena carga. Las válvulas u otros dispositivos de estrangulamiento se deben poner completamente abiertos de tal manera que las mediciones de eficiencia y de factor de carga se tomen a la máxima carga. Las poleas y bandas gastadas pueden dar una carga reducida aplicada al motor, dando la impresión que está bajo-cargado. Para eliminar este problema las bandas y poleas gastadas deben ser reemplazadas antes que se hagan pruebas de carga y de eficiencia.

Los diferentes tipos de carga incluyen:

- Cargas constantes de operación continua.
- Cargas intermitentes de operación continua.
- Cargas de velocidad variable
- Cargas cíclicas.

Es más fácil hacer mediciones y dimensionar apropiadamente un motor que acciona una carga constante de operación continua, hay que asegurarse de tomar las características de par en consideración para cargas intermitentes o cíclicas. También esté seguro de proporcionar una circulación de aire y enfriamiento adecuados para motores acoplados a cargas de velocidad ajustable o accionadores de velocidad variable. El sobrecalentamiento es un problema particular ya sea a cargas reducidas o a plena carga con voltajes no ideales y las formas de corriente que se encuentran con variadores electrónicos de velocidad.

Conclusiones y Comentarios

Para auxiliar en la selección y operación de motores eficientes (energy-efficient) se incluyen a continuación las respuestas a algunas de las respuestas técnicas y financieras más comunes. Estas preguntas están adaptadas de "High-efficiency Motors, B.C. Hydro's Power Smart Publication".

1.- ¿Qué es un motor eficiente?

Un motor eficiente produce la misma potencia de salida en flecha (hp), pero usa menos potencia eléctrica de entrada que un motor de eficiencia estándar. Los motores eficientes deben tener eficiencias nominales a plena carga que excedan las eficiencias estándar mínimas dadas en la tabla 2.

Muchos fabricantes producen modelos que exceden considerablemente el estándar NEMA. Estos se conocen como de alta eficiencia o de eficiencia premium (high efficiency, premium efficiency).

2.- ¿Cuáles son las diferencias entre un motor eficiente y un motor de eficiencia estándar?

Los motores eficientes se fabrican usando la misma armazón T de los motores de eficiencia estándar, pero tienen:

- Laminaciones del estator más delgadas hechas de acero de mayor calidad
- Más cobre en los devanados.
- Un entrehierro menor.
- Pérdidas de ventilación menores.
- Menores tolerancias de maquinado.

3.- ¿Todos los motores nuevos son eficientes?

No, generalmente hay que especificar en la orden de compra que se desea que el motor sea eficiente.

4.- ¿En dónde se pueden adquirir motores eficientes?

Los motores eficientes se pueden comprar directamente a la mayoría de los distribuidores de motores. También se puede especificar en cualquier equipo motorizado que se vaya a comprar que el motor sea eficiente.

5.- ¿Hay motores monofásicos eficientes?

Los motores monofásicos eficientes no son comunes. Sin embargo, algunos fabricantes empiezan a producirlos.

6.- ¿Los motores eficientes requieren más mantenimiento?

No. Los motores eficientes requieren el mismo mantenimiento que los motores de eficiencia estándar y frecuentemente son más confiables.

7.- ¿Cuáles son los hps, las velocidades y los rangos de voltaje disponible?

Los motores eficientes están disponibles en tamaños de 1 hp en adelante a velocidades de 3600, 1800, 1200 y 900 r.p.m. voltajes trifásicos de 208,230,460,575, y superiores.

8.- ¿Puede un motor eficiente reemplazar a un motor con armazón T o armazón U?

Sí. Debido a que los motores eficientes generalmente tienen la misma armazón T que los motores de eficiencia estándar el remplazo no debe tener complicaciones. Se requiere de un adaptador o base de transición para el remplazo de un motor con armazón U por uno eficiente con armazón T. Además algunos fabricantes tienen motores eficientes en armazón U.

9.- ¿Es mejor rebobinar un motor de eficiencia estándar o comprar uno eficiente?

Un Motor eficiente ocasiona costos de energía menores que un motor rebobinado. La reducción en el costo depende de las horas anuales de operación, las eficiencias de los motores, el costo del kWh y la diferencia entre el costo de rebobinar y el costo de un motor eficiente.

10.- ¿Se puede rebobinar un motor de eficiencia estándar y en el rebobinado hacerlo eficiente?

Es posible rebobinar un motor con procedimientos conocidos comúnmente como "rebobinados de alta eficiencia". Este procedimiento puede aumentar ligeramente la eficiencia de un motor. Sin embargo, la eficiencia sería aún inferior a la de un motor nuevo eficiente debido al resto de las características de construcción mencionadas en el punto 2.

11.- ¿Cuál es la eficiencia de un motor eficiente a diferentes puntos de carga?.

La eficiencia de cualquier cambia con tales factores como el tamaño, la velocidad y la carga. Los motores eficientes tienen mayor eficiencia que los de eficiencia estándar a plena carga y a carga parcial.

12.- ¿ Se mantiene la ventaja en eficiencia de los motores eficientes sobre los de eficiencia estándar cuando la carga es menor que la nominal?

Sí. La mayoría de los fabricantes están diseñados sus motores para que alcancen eficiencia máxima entre el 75% y el 100% de carga. La eficiencia permanece esencialmente constante del 100% al 50% de carga, pero el factor de potencia disminuye considerablemente.

13.- ¿ Son confiables los motores eficientes?

Sí. Tan confiables como los de eficiencia estándar. En algunos casos tiene una vida útil mayor debido a que las temperaturas de operación son menores.

14.-¿Cuál es el factor de potencia de un motor eficiente?.

El factor de potencia varía mucho dependiendo de la carga del motor y del fabricante. Mientras que algunos modelos de motores eficientes ofrecen un factor de potencia mejorado del 2 a 5 %, otros tienen factores de potencia menores que sus contrapartes de eficiencia estándar. En promedio, cabe esperar un aumento de menos de 1 % en el factor de potencia.

15.-En la literatura existen varios tipos de eficiencias ¿ Cual es el significado de éstas?

Se emplean las siguientes definiciones de eficiencia: Nominal, Promedio, Esperada, calculada, mínima, garantizada y aparente. Las más comunes son la nominal y la mínima definidas como:

Eficiencia nominal es el promedio de la eficiencia medida en un gran número de motores del mismo diseño.

La eficiencia mínima es el valor que aparece en el extremo de la curva de campana de la medición de un gran número de motores.

16.- ¿ Que es NEMA, MG1, IEC 34.2 y JEC 37?

Son estándares para prueba de eficiencia de motores.

NEMA MG1, está basado en el estándar IEEE 112 Método B, es el más usado en Norteamérica

CSA C390-M1985 es un estándar Canadiense más riguroso.

IEC 34.2 es el estándar Europeo para prueba de motores.

JEC37 es el estándar Japonés para prueba de motores.

17.- ¿ Se pueden comprar eficiencias usando los datos nominales de placa?

De acuerdo a NEMA MG1-12.54.2 la eficiencia de los motores Diseño A y B en el rango de 1 a 125 hp y armazones de acuerdo a MG 13 debe estar indicada en la placa de datos nominales. Debido a que las eficiencias de la placa de datos nominales está rodeada a ciertos valores establecidos, es conveniente obtener los valores de eficiencia directamente del fabricante.

18.- ¿ Es distinto el factor de servicio de un motor eficiente comparado al de uno de eficiencia estándar?

El factor de servicio de muchos motores eficientes es al menos de 1.15 y puede ser de hasta 1.30 e inclusive 1.40.

19.- ¿Cuánto cuestan los motores eficientes?

Generalmente cuentan de 15 a 30% más que los motores estándar, dependiendo del motor específico, el fabricante y la competencia. Sin embargo, es posible negociar buenos precios cuando se compran grandes cantidades.

20.- ¿Cuál es el tiempo de recuperación de inversión de reembolso cuando se escoge un motor eficiente contra uno de eficiencia estándar?

El tiempo de reembolso varía de acuerdo al escenario de compra, la diferencia en costos las horas anuales de operación, el costo del kWh y del kW de demanda, el porcentaje de carga del motor y la diferencia de las eficiencias. En decisiones de compra de motores nuevos el tiempo de recuperación de

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

la inversión debido al costo incremental de motores que operan continuamente es de dos años. La recuperación es a través de ahorro de energía y la disminución en demanda.

Pérdidas en vacío (permanentes)

(PE + PV)	Pérdidas cojinetes-ventilación	0.060 CV
(PH)	Pérdidas en el hierro	0.371 CV
(P exe)	Pérdidas de excitación	0.226 CV
(Pr)	Pérdidas por rozamiento de escobillas	0.136 CV
(Pv)	Total pérdidas en vacío	0.793 CV

Pérdidas propias a diferentes cargas.

Se supone el motor en régimen a la velocidad constante y en consecuencia no se considera la energía consumida en la puesta en marcha, aceleraciones o frenados.

Para una más completa explicación del ejemplo se puede observar la siguiente figura.

Evaluación de los motores eléctricos.

FORMATOS PARA EVALUAR MOTORES ELÉCTRICOS.

La evaluación de los motores eléctricos es muy importante ya que los motores representan un buen porcentaje del consumo en las industrias, además de que representan una buena oportunidad de ahorro energético. Para evaluar un motor se requieren de los datos de placa así como de las mediciones a plena carga, para lo cual nos apoyamos en la siguiente tabla.

No.	LOCALIZACION	Vn	Ln	HP	RPM	FU	Vt	Li	RPM	FP
1										
2										
3										
4										
5										

MEDICIONES NECESARIAS

Los parámetros que debemos conocer para evaluar un motor son tanto los nominales como los de trabajo a plena carga. Estos parámetros son los siguientes:

Datos de placa

Vn = voltaje nominal (volts)

In = corriente nominal (amperes)

P = potencia nominal (HP)

ϕ = numero de fases

FP = factor de potencia.

Datos reales

VR = voltaje real

IR = corriente real

FP = factor de potencia real

CÁLCULO DE FACTOR DE CARGA

Es la relación existente entre la carga promedio y la demanda máxima. Si el consumidor utiliza la capacidad total, o sea la demanda máxima durante las 24 hrs diariamente, se dice que está operando al 100% de su carga o de su factor de carga.

Factor de carga = $\frac{\text{kW demanda promedio}}{\text{kW demanda máxima}}$

kW demanda promedio = $\frac{\text{kWh mensuales}}{24 \times 30}$

720 hrs mensuales

Al mantener altos índices de factor de carga se puede hacer uso de las tarifas preferenciales en donde se tiene menores costos por energía consumida en período de base.

EVALUACIÓN Y AJUSTES DE LA EFICIENCIA

Para el cálculo de la eficiencia se toma en cuenta un parámetro mecánico, la velocidad, que es una variable proporcional al par, que es un parámetro importante para el cálculo de la eficiencia.

Entonces:

$$\text{EFICIENCIA} = \frac{(\text{HP})(746 \text{ WATTS/HP}) \times 100}{(1.73)(\text{VL})(\text{IL})(\text{FP})}$$

VL = Voltaje de línea

IL = Corriente de línea

FP = Factor de potencia

HP = Resultante de afectar por parámetros mecánicos.

HP = $\text{RPM} - \text{RPM}'$ HP nominal.

$\text{RPM} - \text{RPM}''$

RMP' = Velocidad a plena carga

RPM'' = Velocidad medida.

ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD DE CAMBIO DE UN MOTOR ESTANDAR POR UN MOTOR DE ALTA EFICIENCIA

Un motor que es reparado porque sufrió desperfectos en sus devanados, disminuye su eficiencia. El proceso de reparación hace que las pérdidas se aumenten en el orden del 2 al 5%.

De lo anterior encontrar la energía pérdida

EP a (Pa) (Horas de uso por año)

Epa = Energía pérdida al año por baja eficiencia de equipo.

Pa = Potencia en kW ahorrado por cambio de motor.

Para obtener los ahorros anuales, sería:

$$\text{\$ Ahorros anuales} = (\text{Epa}) (\text{Costos promedio de la energía})$$

Para entender más claramente lo anterior veamos un ejemplo:

Un motor de 30 HP y 1800 RPM, con una eficiencia de 88.1%, su precio fue de \$ 4,000.00 M.N. Un motor de las mismas características de operación solo que de alta eficiencia, este motor mantiene un rendimiento del 94.5 % y tiene un precio de \$ 5,000.00 M.N. Entonces:

$$\text{Pa} = (0.746 \text{ HP}) (1/\text{E0} - 1/\text{Ee})$$

$$\text{Pa} = (0.746 \text{ HP})(1/0.881 - 1/0.945)$$

$$\text{Pa} = 1.73 \text{ kW}$$

$$\text{Epa} = (\text{Pa})(\text{Horas de uso al año})$$

$$\text{Epa} = (1.72 \text{ kW})(6000 \text{ hrs/año})$$

$$\text{Epa} = (10,320 \text{ kW-h/año})$$

$$\text{\$ Ahorro anual} = (\text{Epa})(\text{Costos promedio de la energía})$$

$$\text{\$ Ahorro anual} = (10,320)(0.20983)$$

$$\text{\$ Ahorro anual} = \text{\$ 2,165.44 M.N.}$$

Si invirtiéramos en lugar de un motor de alta eficiencia en lugar de un motor estándar el retorno de inversión debido a los ahorros sería:

$$\text{Retorno de inversión} = \frac{5,000 - 4,000}{2,165.44} = 0.46 \text{ años}$$

Recomendaciones Generales De Ahorro.

Elegir correctamente la potencia del motor. EL rendimiento máximo se obtiene cuando este opera entre el 75% y el 95% de su potencia nominal y cae bruscamente para cargas reducidas o cuando trabaja sobrecargado. Adicionalmente los motores de inducción a cargas bajas o en vacío tienen un factor de potencia muy bajo.

Seleccionar el motor de acuerdo con su ciclo de trabajo. Operar un motor para servicio continuo, en accionamientos de operación intermitente, con frecuencia arranques y paros, ocasiona una depreciación de sus características de operación y eficiente. Además de que se puede dañar el aislamientos de los devanados por la elevación de la temperatura.

Seleccionar el armazón del motor de acuerdo con el ambiente en que va a estar trabajando. Los motores abiertos son más sencillos y por lo tanto menos costosos, además de operar con mayor factor de potencia. Sin embargo, en condiciones adversas del medio, lo motores serrados están indicados.

Seleccionar correctamente la velocidad del motor. Si la carga lo permite prefiera motores de alta velocidad, son más eficientes y si se trata de motores de corriente alterna, trabajan con un mejor factor de potencia.

Eficiencias nominales a plena carga para motores de alta eficiencia según clasificación NEMA.

12-6B								
	ODP				TEFC			
hp	3600	1800	1200	900	3600	1800	1200	900
1	82.5	77	72	80.5	75.5	72		
1.5	80	82.5	82.5	75.5	78.5	81.5	82.5	75.5
2	82.5	82.5	84	85.5	82.5	82.5	82.5	82.5
3	82.5	86.5	85.5	86.5	82.5	84	84	81.5
5	85.5	86.5	86.5	87.5	85.5	85.5	85.5	84
7.5	85.5	88.5	88.5	88.5	85.5	87.5	87.5	85.5
10	87.5	88.5	90.2	89.5	87.5	87.5	87.5	87.5
15	89.5	90.2	89.5	89.5	87.5	88.5	89.5	88.5
20	90.2	91	90.2	90.2	88.5	90.2	89.5	89.5
25	91	91.7	91	90.2	89.5	91	90.2	89.5
30	91	91.7	91.7	91	89.5	91	91	90.2
40	91.7	92.4	91.7	90.2	90.2	91.7	91.7	90.2
50	91.7	92.4	91.7	91.7	90.2	92.4	91.7	91
60	93	93	92.4	92.4	91.7	93	91.7	91.7
75	93	93.6	93	93.6	92.4	93	93	93
100	93	93.6	93.6	93.6	93	93.6	93	93
125	93	93.6	93.6	93.6	93	93.6	93	93.6
150	93.6	94.1	93.6	93.6	93	94.1	94.1	93.6
200	93.6	94.1	94.1	93.6	93.6	94.5	94.1	94.1

5.0. AHORRO DE ENERGÍA CON VARIADORES DE VELOCIDAD.

5.1. INTRODUCCION.

El motor de inducción de CA es el principio equipo para la conversión de energía. Es encontrado en la Industria, en el Comercio y en los Hogares. Nuestro estilo de vida sería inimaginable sin él, es el mayor convertidor de energía eléctrica en otra mejor forma de uso. Para este propósito cerca de 2/3 de la energía eléctrica producida, es consumida por motores.

Casi toda la potencia que es consumida por los motores de CA va a la operación de ventiladores, sopladores y bombas. Ha sido estimado que aproximadamente el 50% de los motores en uso son para este tipo de cargas.

Estas cargas como ventiladores, sopladores y bombas, son puntos potenciales de ahorro de energía. Varios métodos alternativos para el control de ventiladores y bombas han sido desarrollados recientemente, mostrando ahorro de energía sobre métodos tradicionales.

Básicamente, ventiladores y bombas son diseñados para hacer desarrollar la máxima demanda del sistema en el cual están instalados, aunque sea de vez en cuando la demanda actual puede variar y ser mucho menor de la capacidad para la que está diseñada. Estas condiciones son acopladas a los registros de salida a los ventiladores o válvulas de regulación a las bombas.

Estos son efectivos y simples controles, pero afectan severamente a la eficiencia del sistema. Ahora hay otras formas de control para adaptar ventiladores y bombas de demandas variables que no disminuyen la eficiencia del sistema, nuevos métodos incluyen sistemas de control de velocidad del ventilador o bomba.

Este método produce una mayor eficiencia de control de flujo a los métodos existentes. En adición, drives de frecuencia ajustables ofrecen una ventaja distinta sobre otras formas de controles variable.

5.2. AHORRO DE ENERGÍA EN VENTILADORES.

Ventiladores

El ventilador más común es el ventilador centrífugo que proporciona la energía hacia el aire por fuerza centrífuga. Esto resulta en un incremento en la presión y produce un flujo de aire en la salida del ventilador. Estos tipos de ventiladores son usados en una gran variedad de aplicaciones desde el más simple sistema residencial de calefacción hasta los más grandes sistemas comerciales e industriales.

La figura No. 1 es un ejemplo del típico ventilador centrífugo puede producir en su salida una velocidad dada. La curva es un argumento de la presión de salida (en Plg. Estáticas de agua) contra el flujo de aire (en ft³/min). Curva standard de ventiladores mostrarán usualmente un número de curvas para diferentes velocidades del ventilador e incluye eficiencias del ventilador y requerimientos de H.P. Todos estos son útiles para seleccionar en ventilador óptimo para cualquier aplicación. Son también necesitados para predecir la operación del ventilador y otros parámetros para cuando la operación del ventilador sea variable. El apéndice 1 da un ejemplo de una típica curva de un ventilador

La figura 2 muestra un sistema de curva sumado a una típica curva de ventilador.

La curva del sistema de curva no es un producto del ventilador, sino una curva mostrando los requerimientos del sistema de ventilación en el que el ventilador es usado. Demuestra que tanta presión es requerida por el ventilador para superar las pérdidas del sistema y producir un flujo de aire. La curva del ventilador es un argumento de la capacidad independiente del ventilador en un sistema.

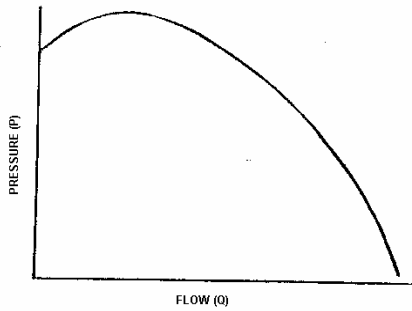


Figure 1 — Fan Curve

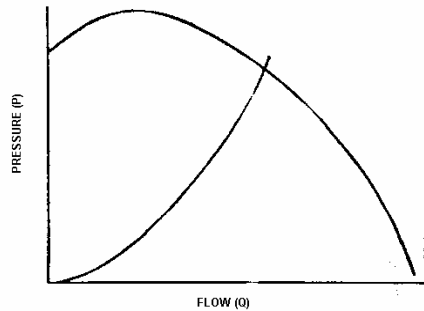


Figure 2 — System Curve

Operación del Ventilador.

Aunque menos sistemas requieren operación en una reducida variedad de puntos la Fig. 3 muestra un perfil de las variaciones típicas de flujo, experimentadas en un típico sistema.

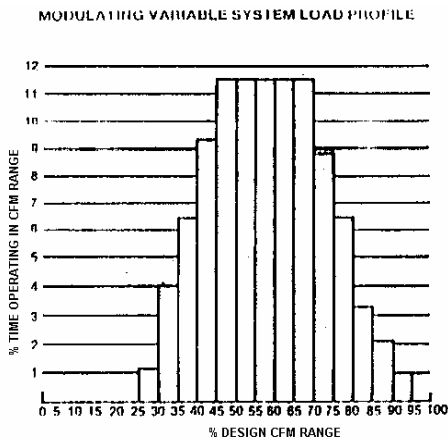


Figure 3 — Fan Operation

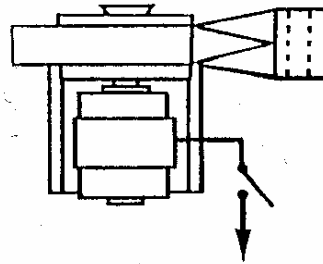


Figure 4 — Cycling: As done in home heating systems. However, this produces erratic air flow and is unacceptable for commercial or industrial uses.

Hay métodos usados para modular o variar el flujo (o CFM) de un sistema para alcanzar los puntos óptimos. Algunos de éstos incluyen:

Fig. 4.- Ciclado: Como es hecho en un sistema de calefacción de un hogar.

Aunque esto produce flujo de aire errático y es inaceptable para usos comerciales e industriales.

Fig. 5.- Registro de salida: Registrados de salida son instalados en la salida del ventilador. Para controlar el flujo de aire, son cambiados, para restringir la salida, que reduce el flujo de aire.

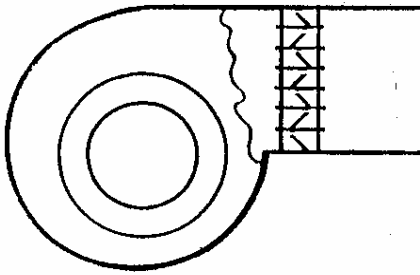


Figure 5 --- Outlet Dampers: Control louvers or dampers are installed at the outlet of the fan. To control air flow, they are turned to restrict the outlet which reduces the air flow.

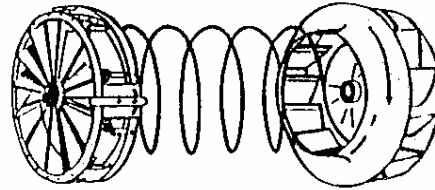


Figure 6 - variable inlet Vanes: By modify the physical characteristics of the air inlet, the fan operating curve is modified which changes the air flow.

Fig. 6.- Venas de Cala de variación: Por modificar las características físicas de la cala del aire, la curva de operación del ventilador es modificado por lo que cambia el flujo de aire.

Cada uno de los 3 métodos más recientes afecta ó al sistema de curva ó a la curva del ventilador para producir un punto natural de operación diferente. Si esto se aplica, también podrían cambiar tanto la eficiencia y los H.P.'s que son requeridos por el ventilador. Abajo están los ejemplos de cada función.

REGISTROS DE SALIDA

Los registros de salida afectan al sistema de curva, incrementando la resistencia al flujo de aire. El sistema de curva es una simple función que puede ser presentada como $P = K \times (CFM)^2$. "P" es la presión requerida para producir un flujo dado en el sistema "K" es una función del sistema y representa la fricción del flujo de aire "CFM" es el flujo de aire designado. Las venas de salida afectan la porción "K" de la fórmula. La fig. 8 muestra varios sistemas de curvas diferentes indicando diferentes posiciones del registro de salida.

Figura 8 sistemas de curvas del registro de salida.

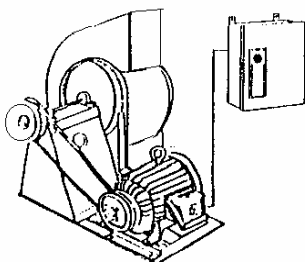


Figura 7 - Variable Speed Drives: By changing the actual fan RPM, the performance of the fan changes producing a different air flow.

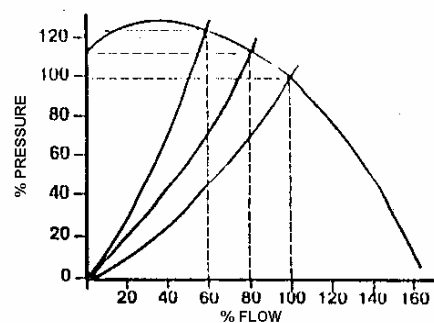


Figure 8 - Outlet Damper - System Curves

La figura 9. Es una curva del H.P. requerido para este tipo de operación, de esta curva se puede observar que los H.P. se disminuye gradualmente mientras el flujo sea disminuido.

Fif. 9.- Requerimiento de H.P. para registro de salida.

VARIACION EN LAS COMPUERTAS DE ENTRADA.

Este método modifica la curva del ventilador para que intercepte la curva del sistema de curva en un punto diferente. La fig. 10 es una representación de los cambios en la curva del ventilador por diferentes puestas de venas ensonadas.

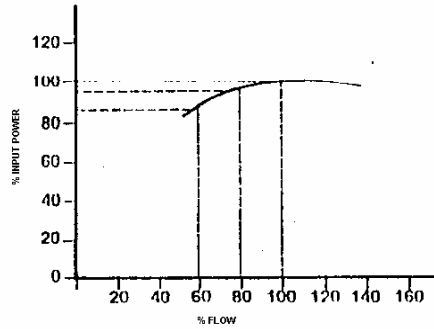


Figure 9- Outlet Damper - Horsepower Requirements

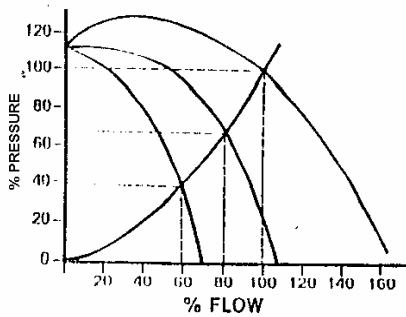


Figure 10 - Variable Inlet Vane Settings

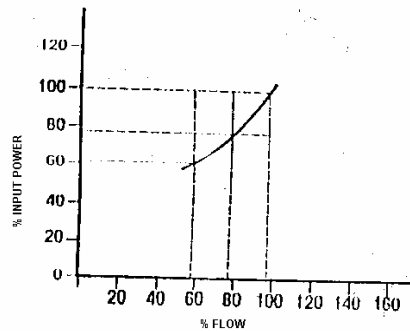


Figure 11 - Variable Inlet Vane - Horsepower Requirement

Fig. 10. Variación de compuertas de entrada – Requerimientos de H.P.

De nuevo, podemos ver en la fig. 11 que los H.P. requeridos por este método, caen a una extensión más grande de la que se hizo en el método de los registros de salida.

DRIVES DE VARIACION DE VELOCIDAD.

Este método toma ventaja del cambio que ocurre en la curva del ventilador cuando la velocidad del ventilador es cambiada. Estos cambios son cuantificados en un conjunto de fórmulas llamadas las reglas de afinidad. Estas reglas son como siguen:

Regla de afinidad:

$$Q_2/Q_1 = N_2/N_1 \quad P_2/P_1 = (N_2)^2 / (N_1)^2 \quad H.P._2/H.P._1 = (N_2)^3 / (N_1)^3$$

Donde: N = Velocidad de ventilador
 Q = Flujo (CFM)
 P = Presión (Pulg. Estáticas de agua)
 H.P. = Caballos de fuerza.

Nótese que cuando las reglas de flujo y presión son combinadas, el resultado es una fórmula que iguala a la fórmula del sistema de curva.

(Sistema en curva = $K \times (\text{CFM})^2$)

$$P_2 = P_1 \times (N_2/N_1)^2$$

$$Q_2/Q_1 = N_2/N_1 \Rightarrow (Q_2/Q_1)^2 = (N_2/N_1)^2$$

SUSTITUYENDO: $(Q_2/Q_1)^2 \times (N_2/N_1)^2$ en la 1 sección nos dá:

$$P_2 = P_1 \times (Q_2/Q_1)^2 \text{ Ó } P_2 = P_1 / (Q_1)^2 \times (Q_2)^2$$

La cantidad $P_1 / (Q_1)^2$ coincide con el sistema constante, "K". Esto demuestra que el ventilador va a seguir el sistema de curva cuando la velocidad cambia.

La figura 12 es una representación del método de variación de velocidades.

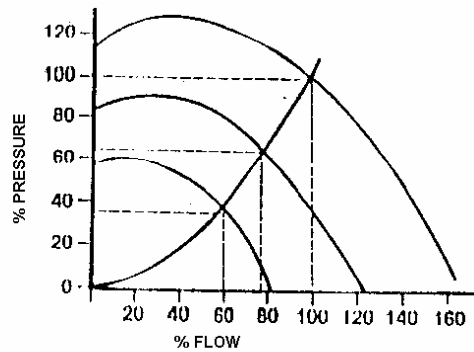


Figure 12 - Variable Speed Method

Figura 12 Método de variación de velocidad.

La figura 13 muestra una significativa reducción en los H.P. conseguidos por este método. La fórmula de los H.P. de las leyes de afinidad cuantifican esta reducción para nosotros.

Figura 13.- Variaciones de velocidad de H.P.

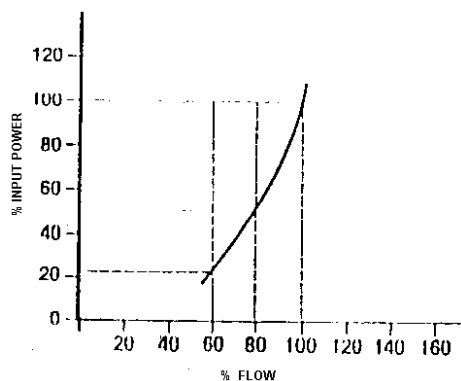


Figure 13 - Variable Speed - Horsepower Requirements

El método de variación de velocidad consigue control de flujo en un modo que casi iguala la curva del sistema de carga. Esto permite al ventilador producir los resultados con el mínimo consumo de energía. Estos otros 2 métodos modifican algunos parámetros del sistema que generalmente resultan en

la reducción del ventilador. Esto es el porque la demanda de H.P. es mayor que el método de variación aplicada.

AHORROS DE ENERGÍA.

Es posible el estimar la energía consumida por cada uno de éstos métodos y asociar el costo de operación con ellos. Para realizar esto, un perfil actual de la carga similar a la encontrada en el apéndice 2 y una curva ventilador como se muestra en el apéndice 1 es requerida.

Como un ejemplo, aquí está un simple análisis del método de variación de velocidad comparado con el método del registro de salida. La curva del ventilador encontrada en el apéndice 2 será usado para este análisis.

Por conveniencia, se asume que el ventilador seleccionado va a ser operado a 300 R.P.M y 100% CFM es para igualar 100,000 CFM, como es mostrado en la tabla:

Asuma el siguiente perfil de cargas:

CFM	Ciclo de trabajo (% de tiempo)
100%	10%
80%	40%
60%	40%
40%	10%

H.P. REQUERIDO.

Para cada punto de operación, podemos obtener el H.P. requerido por la curva del ventilador. Este H.P. es multiplicado por el porcentaje de tiempo (dividido por el 100%), aq que el ventilador trabaje en este punto. Estos cálculos son después sumados para producir un "H.P. promedio" y representa la energía promedio consumida por el ventilador.

CFM	CICLO TRABAJO	H.P.	"H.P. PROMEDIO"
100	10	35	3.5
80	40	35	14.0
60	40	31	12.4
40	10	27	2.7
		TOTAL...	32.6

METODOS DE VARIACION DE VELOCIDAD

Cálculos similares son hechos para obtener un "H.P. PROMEDIO" para operar con variación de velocidad. De cualquier modo, la curva del ventilador no tiene suficiente información para leer todos los valores de H.P. para nuestros puntos de operación. Podemos utilizar las fórmulas de las reglas de afinidad para sobrellevar esto.

El 1er punto se obtiene por la curva del ventilador, 100% de flujo equivale a 100% de velocidad y equivale a 35 H.P.

La fórmula de flujo, $Q_2/Q_1 = N_2/N_1$ puede ser substituida en la fórmula de los H.P.: $H.P._2/H.P._1 = (N_2/N_1)^3$ para darnos: $H.P._2/H.P._1 = (Q_2/Q_1)^3$

Cuando $Q_1 = 100\%$ y el H.P. = 35 H.P. Q_2 y H.P. 2 tendrán los siguientes valores:

Q2	80	60	40
H.P.2	18	7.56	2.24

Estos valores calculadores si igualan los puntos que tenemos en la curva del ventilador ahora suficiente información se dispone para calcular los "H.P.promedio".

CFM	CICLO TRABAJADO	H.P.	"H.P. PROMEDIO"
100	10	35	3.5
80	40	18	7.2
60	40	7.56	3.024
40	10	2.24	0.224
		TOTAL.	13.948

Comparando esta figura con la figura calculada para el método de registro de salida indica la diferencia de consumo de energía. El método de variación de velocidades requiere menos de la mitad de la energía del método de registro de salida (Basado en su típico ciclo de trabajo). Como un ejemplo de la diferencia de costos entre estos métodos, vamos a asumir que el sistema opera 24 horas al día (730 hrs por mes), y el costo de electricidad es de \$.05 por kWh.

Para determinar los kWh usados en 1 mes, se multiplica el H.P. por .746 kW por H.P. y después por 730 hrs por mes. Esta figura puede entonces ser multiplicada por el costo de electricidad para determinar la entrada.

	Registro de salida	Velocidad variable.
"H.P. promedio"	32.613.948	13.948
x kW/H.P.	.746	.746
x Hr/mes	730	730
= kWh / mes	17,753	17,753
x costo	\$.05	\$.05
= Costo total	\$ 887.65	\$ 379.80

Existe un ahorro de \$ 500 por mes por el uso del método de variación de velocidad en lugar del método de registro de salida. Este ejemplo es en algún modo básico en que sólo toma en cuenta la operación en el ventilador. En práctica la eficiencia del motor y la eficiencia del drive deberán de ser tomadas en cuenta. Es impráctico el listar la eficiencia del motor y drive en este papel para todas las posibles condiciones en carga que puedan ocurrir. Sin embargo como se va a utilizar el mismo motor en los 2 ejemplos mostrados aquí, la diferencia en las eficiencias del motor pueden ser minimizadas y no afectar significativamente los resultados que se muestran.

Un cálculo mejor detallado incluyendo las eficiencias del motor y drive pueden ser hechos por nosotros si se tienen aplicaciones específicas que se desean analizar. Este sistema de carga, sistema de curva, y curva de ventilador debe de estar al alcance para este análisis.

DRIVES DE AJUSTE DE VELOCIDAD.

Hay varios tipos de drives de velocidad que pueden ser utilizados en ventiladores. Estos incluyen drives variables de transmisión, drives de corriente EDDy, Drives de DC y drives de frec. Ajustables. Favor de referirse a la sección 4.0; Drives de variación de velocidad para una descripción y un sumario de las características y beneficios para cada uno de estos drives.

5.3. AHORRO DE ENERGÍA EN BOMBAS.

Bombas

Bombas son generalmente agrupadas en 2 anchas categorías, bombas de despliegue positivo que usan medios mecánicos para variar el tamaño (o moverlo), la cámara de fluidos para causar el flujo del fluido. Bombas dinámicas que imparten un ímpetu en el flujo por rotar un impulsor sumergido en el fondo. El ímpetu produce un incremento en la presión ó flujo en la salida de la bomba. La gran mayoría de bombas usadas actualmente son modelos dinámicas ó centrífugas. Solo bombas centrífugas son discutidas aquí, cuando hablamos acerca de bombas, hay varios términos que deben ser familiares, estos términos incluyen:

Carga: Una medición de presión, usualmente en pies de agua, una carga de 30 ft es lo equivalente en presión, a la presión encontrada en la base de una columna de agua de 30 ft de altura (cuando en una temperatura standard y una presión atmosférica estandar).

Carga Estática: La presión requerida para sobrellevar un cambio de elevación en el sistema. Para tomar agua de la base a un canal en tapa de un recipiente de 10 ft. Debería requerir una cabeza estática de 10 ft.

Carga Dinámica: (o fricción de carga) Pérdidas de presión en el sistema de tubería que va a fluir. Para poder hacer fluir, el agua en el canal en el volumen particular puede requerir una carga estática de 10 ft., más una carga dinámica de 1 ft. La carga dinámica de un sistema usualmente se incrementa proporcionalmente al cuadrado del flujo de velocidad.

$Carga = K \times (Q)^2$

Carga del sistema: La curva de la cabeza requerida para satisfacer ambos la cabeza estática y la dinámica para un rango de lujos en un sistema dado.

Carga de la Bomba: La presión que la bomba produce en su salida. Cabezas de bombas centrífugas varían dependiendo en el flujo a través de la bomba y es también un factor de velocidad de impulso (También ver leyes de afinidad en la siguiente página).

Curva de Bomba: Una curva característica de una bomba mostrando la relación carga-flujo de una bomba. La figura 14 demuestra una curva de una bomba típica así como también un sistema de curva.

Carga Neta de succión positiva: Este es un requerimiento característico de una bomba para mantener una operación óptima. Es un requerimiento para una presión externa. En la cala de la bomba; si la presión de la cala es menor que la carga neta de succión, el fluido dentro de la bomba puede cambiar a vapor y causar "picadura", este es un efecto no deseable y puede causar daño.

H.P. de agua: La energía de salida de la bomba se deriva directamente de los parámetros de salida H.P. de agua = $\text{Flujos} \times \text{Carga} / 3960$ – (Para agua, esp. Gravedad 1.0)

H.P. de Frenado: Los H.P. requeridos para operar la bomba en un punto específico H.P. de frenado = $\text{H.P. agua} / \text{eficiencia de bomba}$.

Leyes de afinidad: Un juego de fórmulas que son utilizadas para predecir la operación de una bomba centrífuga en cualquier punto de operación bajado en las características de la bomba original.

Las leyes de afinidad son como siguen:

$$Q_2/Q_1 = N_2/N_1 \quad P_2/P_1 = (N_2)^2/(N_1)^2 \quad \text{H.P.}_2/\text{H.P.}_1 = (N_2)^2/(N_1)^2$$

Donde: N = Vel. De bomba

Q = Flujo (CFM)

P= Presión (Pies de cabeza)

H.P. (caballo de fuerza)

CONTROL DE FLUJO.

La fig. 14 de nuevo se muestra 2 curvas independientes. Una es la curva de la bomba que es solamente una función de las características físicas de la bomba. La otra curva es el sistema de curva. Esta curva es totalmente dependiente del tamaño de una tubería, el largo de la tubería, el número y la localización de codos, etc., Donde estas 2 curvas interceptan el llamado el punto natural de operación . Esto es donde la presión de la bomba iguala a las pérdidas del sistema y todo es balanceado. Notar que este balance sólo ocurre en un punto (o aunque sea debería para un sistema estable de operación) Si ese punto ocurre o al menos llegue cerca del punto deseado de operación, entonces ambos la bomba no el sistema físico tienen que ser alterados para corregir el punto deseado. Si el sistema es parte del proceso que cambia constantemente, entonces algún método de alteración característica a la bomba ó a los parámetros del sistema es necesitado. Hay 2 métodos generalmente usados para llevar a cabo los objetivos continuos de flujo variable. Un método es regulado que cambia la curva del sistema por el uso de un control o una válvula reguladora. El otro método es un control de variación de velocidad de la bomba que modifica la curva de la bomba.

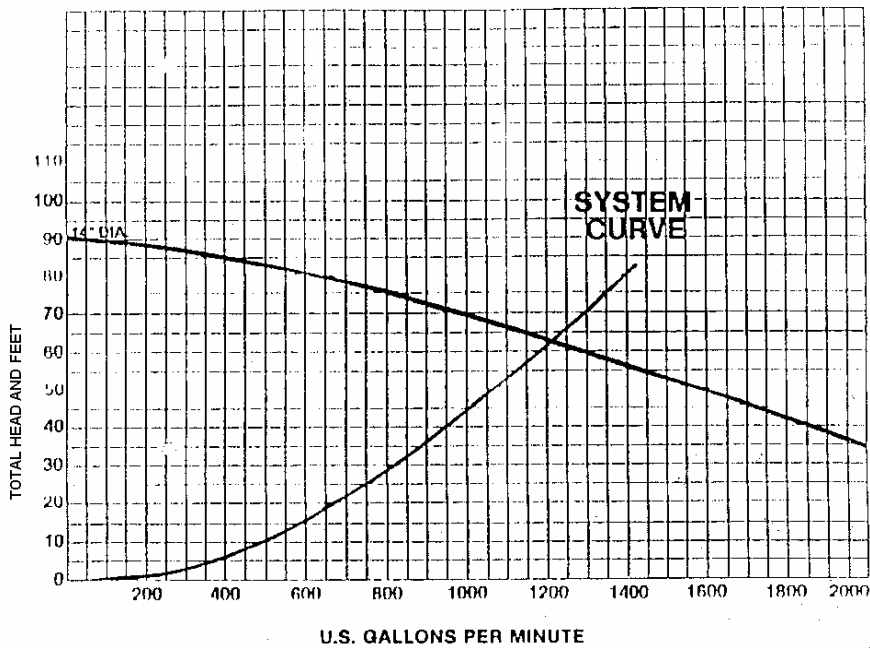


Figure 14 - Pump and System Curves

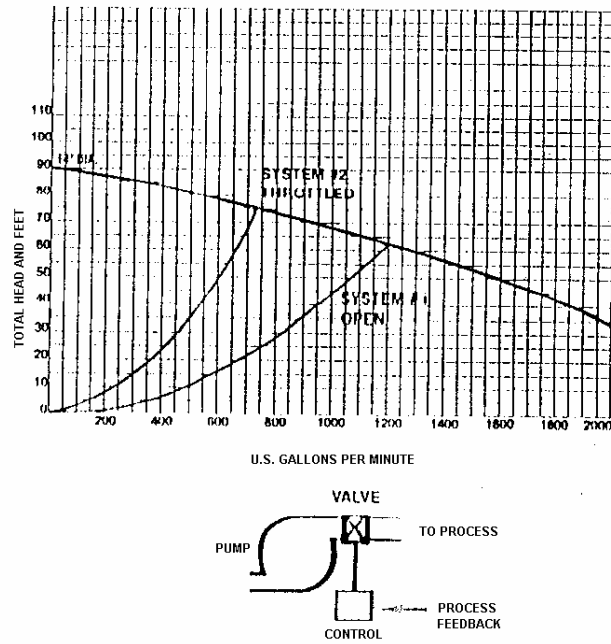


Figure 15 - Throttling System Conditions

Figura 15 Condiciones del sistema de aceleración.

AHORRO DE ENERGÍA.

Para mostrar la diferencia actual en los 2 métodos de operación, un ejemplo se da como sigue. Para referencia, la curva de la bomba, de una bomba en particular (con un impulsor de 14 plg), operando a una velocidad base de 1,150 RPM en uso. Esta curva en el apéndice 3. Esta bomba deberá operar en un sistema requiriendo una carga de 63 ft. A 1,200 GPM para este ejemplo, una carga no estática está presente. Los niveles de flujo de 100%, 80%, 60% y 40% son requeridos en varios tiempos.

OPERACIÓN DE REGULADO.

De la información de arriba y de la curva de bomba, podemos obtener la variedad de H.P. requeridos para el tipo de flujo para un sistema de regulación, estos son:

De la información de arriba y de la curva de bomba, podemos obtener la variedad de H.P. requeridos para el tipo de flujo para un sistema de regulación, estos son:

G.P.M.	1,200	960	720	480
% flujo	100	80	60	40

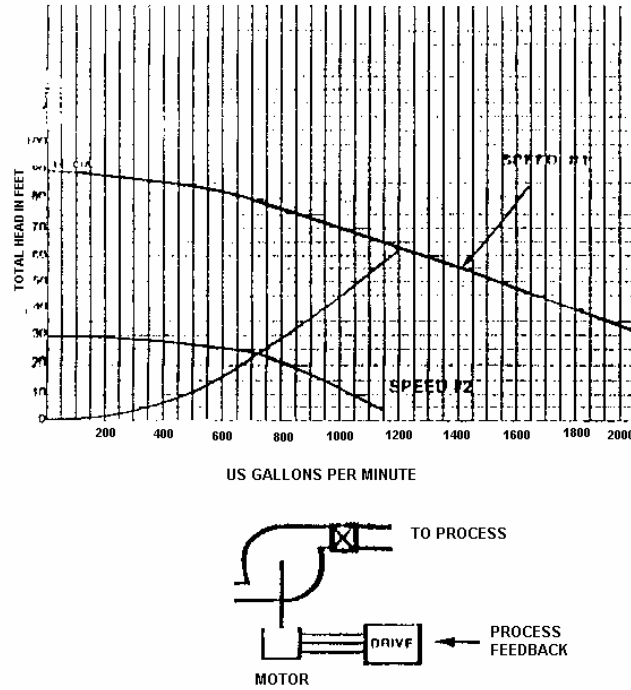
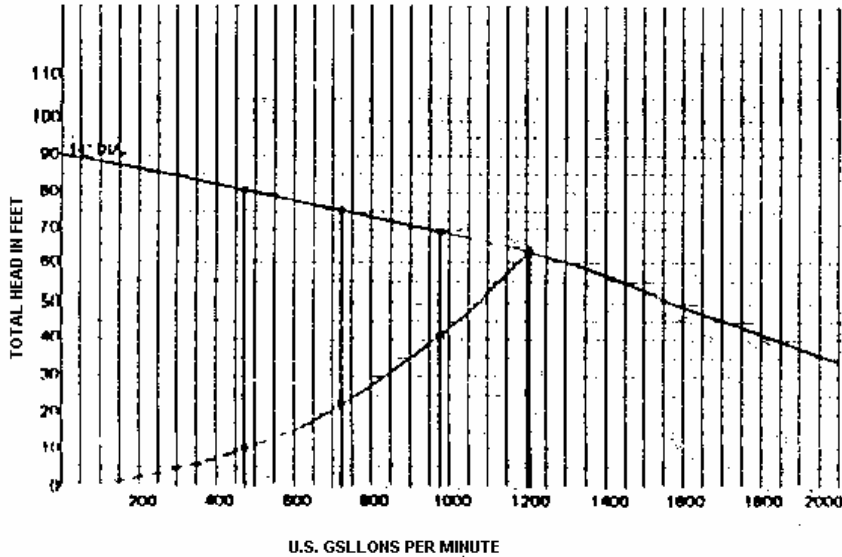


Figure 16 Throttling System - Variable Speed Pump Control

Figura 16.- Sistema de Regulación – Bomba de control de velocidad variable.-



FLOW	THROTTLING		VARIABLE SPEED	
GPM	HEAD (FT)	BHP	HEAD (FT)	BHP
1200	63	25	63	25
960	69	23	40.3	12.8
720	75	21	22.7	5.4
480	81	19	10	1.6

Figure 17 - Variable Speed operation

Figura 17.- Operación variable de velocidad.

OPERACIÓN DE VELOCIDAD VARIABLE.

Para obtener los requerimientos de H.P. para el método de variación de velocidad, podemos usar las leyes de afinado expresadas antes. De estas leyes, podemos ver que el cambio en el flujo es directamente proporcional al cambio de velocidad.

$$Q1/Q2 = N1 / N2$$

Por lo tanto podemos relacionar directamente el porcentaje de velocidad de la bomba y usar los mismos valores porcentuales en la ecuación de los H.P.

$$H.P._1 / H.P._2 = (N_1 / N_2)^3$$

Lo siguiente es una tabla de los requerimientos de los H.P. usamos 25 H.P. por "H.P.₁ y 100% de velocidad por N.

G.P.M	1200	960	720	480
% FLUJO	100	80	60	40
% Vel.	100	80	60	40
H.P. de frenado	25	12.8	5.4	1.6

La figura 17 en la siguiente página muestra ambos métodos graficados.

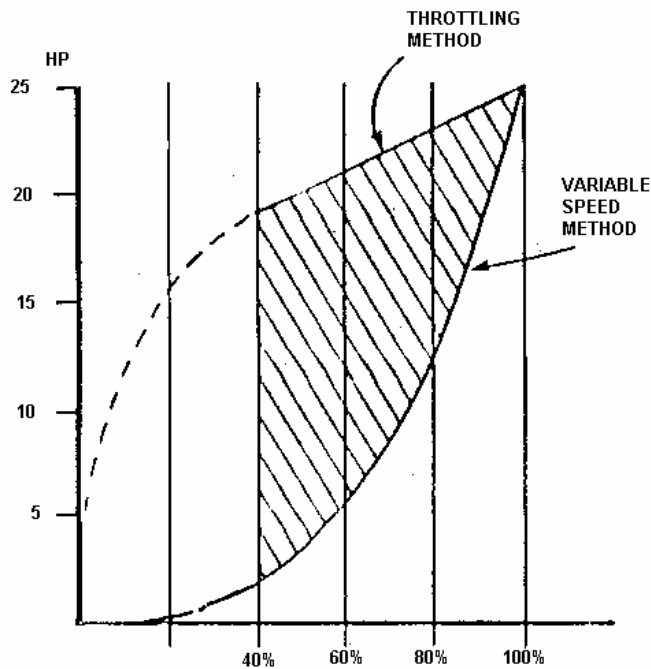


Figure 18 - Horsepower Requirement vs. % of Flow.

En la curva de la bomba, la fig. 18 es una comparación de los requerimientos de H.P. vs. % Flujo.

La diferencia en estas 2 curvas en cualquier punto si indican los posibles ahorros de energía por variación de velocidad en lugar del método de regulación.

En la práctica actual, la eficiencia del motor y el drive deben también ser facturados para tener un cálculo al ahorro más preciso. Los ahorros de energía actual también dependerán en la cantidad de tiempo de operación en cada uno de los puntos de reducción de velocidad operando al punto de 60% de carga para la mayoría del tiempo resultará en un mayor ahorro de energía que operando a un punto de 80% de carga la mayoría del tiempo.

CARGA ESTÁTICA.-

El ejemplo anterior no tenía una carga estática asociada con él. Un sistema con la carga estática si cambia el sistema de curva y los HP cambiarán de los que vimos anteriormente. Antes, las leyes de afinidad dieron la respuesta apropiada porque la fórmula FLUJO/VELOCIDAD es igual a la fórmula del sistema de curva (sin carga).

Fórmula del sistema

$Carga = (flujo) \times 3 \times K$

(donde K = sistema constante)

Leyes de afinidad $P_2 = (Q)^2 \times (P_1 / (Q_1)^2)$

Donde $(P_1 / (Q_1)^2) = K$

LA FORMULA DEL SISTEMA CON CARGA ESTATICA ES COMO SIGUE:

$CARGA = K_1 \times (flujo)^2 + K_2$

Donde $K_1 =$ sist. Cte., $K_2 =$ carga estática

Esto no es igual a la ley de afinidad y las leyes de afinidad no pueden derivar directamente la respuesta para los puntos operables, del sistema de velocidad variable. Todavía es posible calcular la curva de los HP pero el conocimiento preciso de la curva de la bomba y el sistema de curva requerido. Es aconsejable el análisis detallado de una computadora. Como una indicación de los cambios que toman lugar cuando existe una carga estática, la fig. 19 muestra el sistema de curvas para sistemas con diferentes cargas estáticas. La fig. 20 muestra los HP requeridos para cada sistema.

Sistema 1.- No requiere una carga estática (nuestro sistema original) y el flujo de aire a 1,200 GPM a 63 pies. La carga estática es el 31% de la carga total.

Sistema 2,. Requiere una carga estática de 20 pies y todavía tiene un punto de razón 1200 en una carga de 63 pies. La carga estática es el 31 % de la carga total.

Sistema 3.- 00 GPM a 63

Sisti

sistema de
abajo de la
este método

3.8.

Estc
sub:
vari

ar que hay
4.0. discute

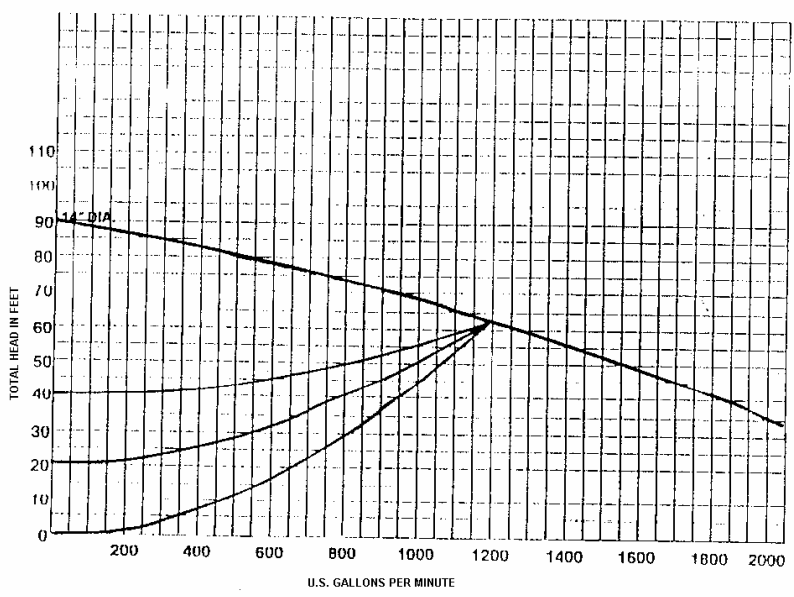


Figure 19 - Static Head System Curves

6.0. DRIVES DE VELOCIDAD VARIABLE.

6.1. DRIVES.

Las Pasadas secciones de ventiladores y bombas han sido generados intencionalmente en el tipo de drive de velocidad variable usado. Esto fue hecho para que la comparación de los métodos de operación entre el ventilador y la bomba no sean obscurecida por el tipo de drive de velocidad variable que es usado. Si ves el drive de la flecha hacia la carga, el análisis previo se mantiene cte. De cualquier modo, cuando un drive de velocidad variable es aplicado, su eficiencia y características, de operación influenciarán las características totales de operación son principalmente dependientes del tipo de drive usado y aunque no sea el ventilador o la carga de la bomba, lo mejor es segregar las características del drive de la discusión previa. Existen varios tipos de drive que pueden ser usados con ventiladores y bombas.

Estos incluyen drives de frecuencia ajustable, drives de CD, drives de corriente EDDY, drives de par variable y motores de rotor devanado. Las siguientes secciones discuten cada uno de estos; su principal operación y algunas de sus desventajas.

6.2. DRIVES DE FRECUENCIA AJUSTABLES.

Estos drives son comúnmente llamados inversores. Están disponibles en un rango de H.P. fraccional hasta 1,000 H.P. Están diseñados para operar motores de inducción standard. Esto les permite ser fácilmente sumados a un sistema existente. Los inversores, la mayoría de las veces se venden por separados porque el motor puede estar ya en su lugar; si es necesario un motor puede ser incluido con el drive o enviado por separado.

El drive básico consiste en un inversor, que convierte los 60 hz. De energía entrante a una frecuencia y un voltaje variable. La frecuencia variable es el requerimiento actual que controla la velocidad del motor. Existen 3 tipos de inversores en la actualidad, estos son conocidos como: inversores de fuente de energía (CSI), inversores de voltaje variable (VVI), e inversores de modulación de pulso ancho (BWM).

6.3. INVERSORES (CSI)

6.3.1. DESCRIPCION

Los inversores CSI controlan la salida de corriente al motor. La velocidad actual del motor es prevista por el uso de otros circuitos. Esta es, entonces comparada con la frecuencia de velocidad y un error es usado para generar una demanda para mayor o menor corriente al motor. Los switch de salida, usualmente SCR's son puestos a la frecuencia deseada para guiar la corriente al motor. Inversores de fuente de energía están disponibles en una gran cantidad de H.P. pero casi siempre son encontrados en el rango de 50 H.P. y hacia arriba.

6.3.2. CARACTERISTICAS DE LOS INVERSORES CSI.

- Usan motores standard.- Los motores de inducción standard están disponibles, confiables y fácil de reparar.
- Buena eficiencia.- El inversor puede alcanzar eficiencias del 90% a velocidad y carga máxima.
- Punteo.- Si el inversor falla, el motor puede ser operado directamente desde la línea para continuar operación.
- Cargas de alta inercia.- El inversor se puede adaptar a su operación para prevenir sobrecargas acusadas por aceleración de altas cargas de inercia encontradas en algunas aplicaciones.
- Corrientes de falta.- El control limita las corrientes de falta que minimizan dalos en una mayor falta o condición de sobrecargo.

6.3.3. DESVENTAJAS DEL INVERSOR CSI.

- Realimentación TACH.- Este inversor puede requerir esta realimentación para la regulación de velocidad. Un generador TACH, debe ser sumado y no es una opción standard para motores de inducción.
- Pérdida TACH.- Si esta realimentación de señal es perdida durante la operación, el drive puede irse a máxima velocidad.
- Igualación de motores.- El inversor puede ser igualado a le motor eléctrico. El inversor es sensitivo a éstas características y la operación impropia puede ocurrir si el motor es cambiado con uno diferente. (Tipo o tamaño).
- Mantenimiento.- El diseño del inversor requiere que el motor se contacte todo. El inversor no puede ser encendido o probado sin el motor.
- Factor de poder.- El inversor usa un rectificador de control de fase para control de corriente. Este método produce bajo factor de potencia a bajas velocidades.
- Tamaño.- El tamaño de componentes mayores usualmente acuda a estos inversores a ser los drives más largos de todo el aparato.
- Conversión de energía.- Toda la energía entregada al sistema debe de ir a través de una conversión del inversor. Deben usarse aparatos de mucha potencia para manejar esto.

6.4. INVERSORES DE VOLTAJE VARIABLE.

6.4.1. DESCRIPCION.

Los inversores VVI controlan el voltaje y la frecuencia al motor que producen una operación de velocidad variable. La característica que distingue a este inversor y el PWM es el esquema usado para controlar el voltaje. Los inversores VVI controlan el voltaje con una sección de salida usada para la controlan el voltaje con una sección aparte de la sección de salida usada para la generación de frecuencia. Usualmente el control de voltaje es hecho usando un circuito rectificador puente de control de fase a la entrada del inversor. El control de frecuencia es alcanzado por el circuito puente de salida que cambia la variación de voltaje al motor, a la frecuencia deseada. Estos drives están disponibles de H.P. fraccionarios hasta cerca de 500 H.P.

6.4.2. CARACTERISTICAS DE LOS INVERSORES VVI

- Usan motores standard.- El motor de inducción standard está disponible, confiable y fácil de reparar.
- Buena eficiencia.- El inversor puede alcanzar eficiencias del 90% a velocidad y carga máxima.
- Puentes.- Si el inversor falla, el motor puede ser operado desde la línea para poder seguir su operación.
- Cargas de alta inercia.- El inversor puede adaptar su operación para prever sobrecargas causadas por la aceleración de cargas de alta inercia encontradas en algunas aplicaciones.
- Instalación.- Solamente algunas conexiones son requeridas. Solo tres líneas de energía al motor son usadas. No se necesita retroalimentación TACH y el drive puede localizado a grandes distancias del motor controlado.
- Mantenimiento.- El drive puede ser probado y operado sin requerir un motor conectado.
- Multi-motor.- Más de un motor puede ser operado por el mismo inversor. También el inversor no es sensible al cambio de combinación de motores operados, mientras la corriente total de carga no exceda la corriente del inversor.

6.4.3. DESVENTAJAS DEL INVERSOR VVI.-

- Costo inicial.- El costo del inversor es alto.
 - Conversión de energía.- La carga total entregada al motor debe ser convertida por el inversor. Esto requiere componentes de alta potencia en el inversor. Esto requiere componentes de alta potencia en el inversor.
 - Servicio. El inversor tiene una gran porción de circuitos sofisticados que requieren técnicos especialistas para su servicio.
-

6.5. INVERSORES DE MODULACION DE PULSO ANCHO.

6.5.1. DESCRIPCION.

Estos inversores alcanzan frecuencia y voltaje en la sección de salida del drive. El voltaje de salida es siempre una cte. Amplitud y por modulación de pulsos, el voltaje promedio es controlado. Estos drives están disponibles de 1 a 1000 H.P.

6.5.2 DESVENTAJAS DEL INVERSOR PWM

Costo inicial.- Es costo inicial del sistema de inversor es alto.

Consumo de energía.- La potencia total entregada al motor debe ser convertida por el inversor. Esto requiere comprobantes de alta potencia en el inversor.

Servicio.- El inversor tiene una gran porción de circuitos sofisticados que requieren técnicos especialistas para el servicio. Sin embargo, el uso de circuito de gran escala y circuito de microprocesadores permiten autodiagnósticos que ayudan con los problemas. Las sustituciones pueden ser hechas por técnicos.

6.6. DRIVES DE CORRIENTE DIRECTA(CD)

6.6.1 DESCRIPCION.-

La tecnología del drive de CD es el control de velocidad eléctrica más antigua. El sistema del drive de un motor CD y un controlador. El motor es construido con armadura y campos de embobinado. Ambos de estos embobinados requieren una excitación de CD para la operación del motor.

Usualmente el campo de embobinado es excitado con un nivel de voltaje, cte. Del controlador. Después, aplicando un voltaje de CD del controlador a la armadura del motor. Las conexiones de armadura son hechas a través de un cepillo y un conmutador. La velocidad del motor es directamente proporcional al cepillo y un conmutador. La velocidad del motor es directamente proporcional al voltaje aplicado. El controlador es un rectificador puente de base con circuitos básicos para controlar el voltaje de entregado a la armadura del motor. El control de velocidad es alcanzado por la regulación del voltaje de la armadura al motor. De vez en cuando un generador TACH es incluido para tener buena regulación de velocidad. El tach se montará en el motor y produce una retroalimentación de velocidad que es usada en el controlador.

6.6.2. Características del Drive de CD.

Simple.- La tecnología del drive es más simple que la del drive de CA. Ha estado en existencia por mucho tiempo y es bien conocida.

Eficiencia.- Los drives CD tienen eficiencia a través del rango de velocidad.

Tamaño.- Los controladores de CD son más chicos que los drives de frecuencia ajustable, pero los motores son más grandes que los motores de innovación.

6.6.3. Desventajas de los drives de CD.

Motores.- El motor de CD no está siempre disponible.

Generador Tach.- Un generador tach es requerido para una buena regulación de velocidad. Si se presentan pérdidas de tach, el drive ese puede disparar a más velocidad.

Factor Potencia.- El factor de Potencia disminuye la velocidad.

Puentes.- El puente no es posible por la construcción del motor.

Conversión de energía.- La máxima conversión de energía de toda la carga enviada al motor es requerida por el convertidor. Se requieren aparatos de alta potencia.

6.7. DRRIVES DE CORRIENTE DE EDDY.

6.7.1. Descripción.

Este drive consiste de 2 partes. Una de ellas, la unidad mecánica consiste del clutch de corriente eddy y un motor de inducción. Este motor trabaja a una velocidad cte. Y produce una fuente de energía para el clutch. Controlando la excitación es alta, la velocidad de salida se incrementa hacia la velocidad del motor. Si la excitación es baja, la velocidad disminuye hasta el paro total. Una velocidad dada es mantenida, balanceando el clutch y la existencia a la carga requerida.

La excitación del clutch es controlada por el controlador de corriente eddy, el controlador usa aplicaciones de alta ganancia y un circuito cerrado de velocidad para sentir la excitación del del clutch. La unidad mecánica tiene un generador Tach montado en el área de salida para producir una retroalimentación de velocidad para el controlador. El drive no puede regular la velocidad sin este tipo de retroalimentación.

Los drives de corriente eddy están disponibles como unidades integradas con el motor de inducción montado ó sólo el eddy acoplado que debe estar conectado a un motor de inducción. Hay también disponibles diseños especiales para aplicaciones de bombas verticales. Los drives están disponibles desde H.P. integrales hasta clutches suficientemente grandes para soportar varios miles de H.P.

6.7.2. CARACTERISTICAS DE CORRIENTES EDDY.

Costo.- El costo es usualmente más pequeño que para drives de frecuencia ajustables.

Tamaño de control.- Los controladores son mucho más chicos que otros drives. Necesitan manejar menos del 10% o menos de la potencia total que se está entregando al sistema.

Electrónica.- Los circuitos de control son menos sofisticados y complejos que los encontrados en otros sistemas.

Cargas altas de Inercia.- El acoplado de la corriente eddy y el control responden favorablemente sin sobrecargarse cuando se opera a cargas de alta inercia.

6.7.3. DESVENTAJAS CORRIENTE EDDY.

Costumbre.- Los clutches de corriente eddy no son comunes. En cuanto a reparación, no siempre pueden estar disponibles.

Puentes.- El clutch especial no permite al motor operar a la carga directamente. Si la unidad del mecanismo o el controlador necesita reparación, el sistema se cae.

Eficiencia.- La eficiencia del sistema se disminuye con velocidad. Esto se debe a la velocidad de salida siendo controlada por errores en el clutch.

Retroalimentación Tach.- Es requerido para mantener el control de velocidad si la retroalimentación se pierde, e drive se dispara a máxima velocidad.

6.8. DRIVES DE PAR VARIABLE.

6.8.1. DESCRIPCION.-

Este método de control de velocidad usa las maneras mecánicas de cinturones y poleas para el cambio de velocidad. La fuente de poder es un motor standard de inducción. Casi siempre esas unidades vienen con el drive y tienen un reductor de utensilios para rangos de velocidad requerida. El rango de los H.P. está generalmente limitado de 5 a 50 H.P.

6.8.2. Características de par variable.

Costo.- Estos sistemas están junto con los métodos de más bajo costo, para alcanzar una velocidad variable.

Simplicidad.- La principal operación es bien conocida y fácil de entender. También la construcción es simple.

6.8.3. Desventajas de par variable.-

Control.- El control remoto no es una característica inherente. Desde que el drive usa maneras mecánicas para variar la velocidad, se deben adaptar señales de control eléctrico a los controles mecánicos existentes.

Uso de Cinto.- El stress de la operación de velocidad variable requiere chequeos periciales y reemplazo de cintos.

Cargas de alta inercia.- Esta condición puede acusar problemas. Puede requerir agrandar el drive o motores. Procedimientos especiales de encendido y apagado pueden ser requeridos para prevenir la sobrecarga del motor.

Uso de Poleas.- Corriendo a una velocidad cte., para períodos extensos de tiempo puede acusar ranuras en las poleas. Esto degrada el control de velocidad y disminuye la vida del cinto

6.9. DRIVES DE MOTOR CON MOTOR DEVANADO.

6.9.1. DESCRIPCION.-

Estos drives usan un motor especialmente construido, para aumentar el control de velocidad. El rotor del motor está construido con embobinados, que son sacados del motor a través de anillos en la flecha. Estos embobinados están conectados a un controlador que pone resistores en serie con los embobinados. La ejecución de la torque del motor puede ser conectada usando estos resistores variables. Motores de rotor devanado son más comunes en el rango de 300 H.P. para arriba.

6.9.2. CARACTERISTICAS DE LOS MOTORES DE ROTOR DEVANADO.

Costo.- El costo inicial es moderado para las unidades de pocos H.P.

Control.- No toda la potencia necesita ser controlada por lo que resulta en un controlador de tamaño moderado y simple.

Construcción.- La simple construcción del motor y su control deja que su mantenimiento sea la necesidad de un nivel alto de entrenamiento..

Cargas altas de inercia. Este drive trabajo bien con este tipo de cargas.

6.9.3. DESVENTAJAS DEL MOTOR DE ROTOR DEVANADO

Motor.- El motor tiene anillos de fricción y no están disponibles.

Eficiencia.- El drive no mantiene una alta eficiencia a bajas velocidades.

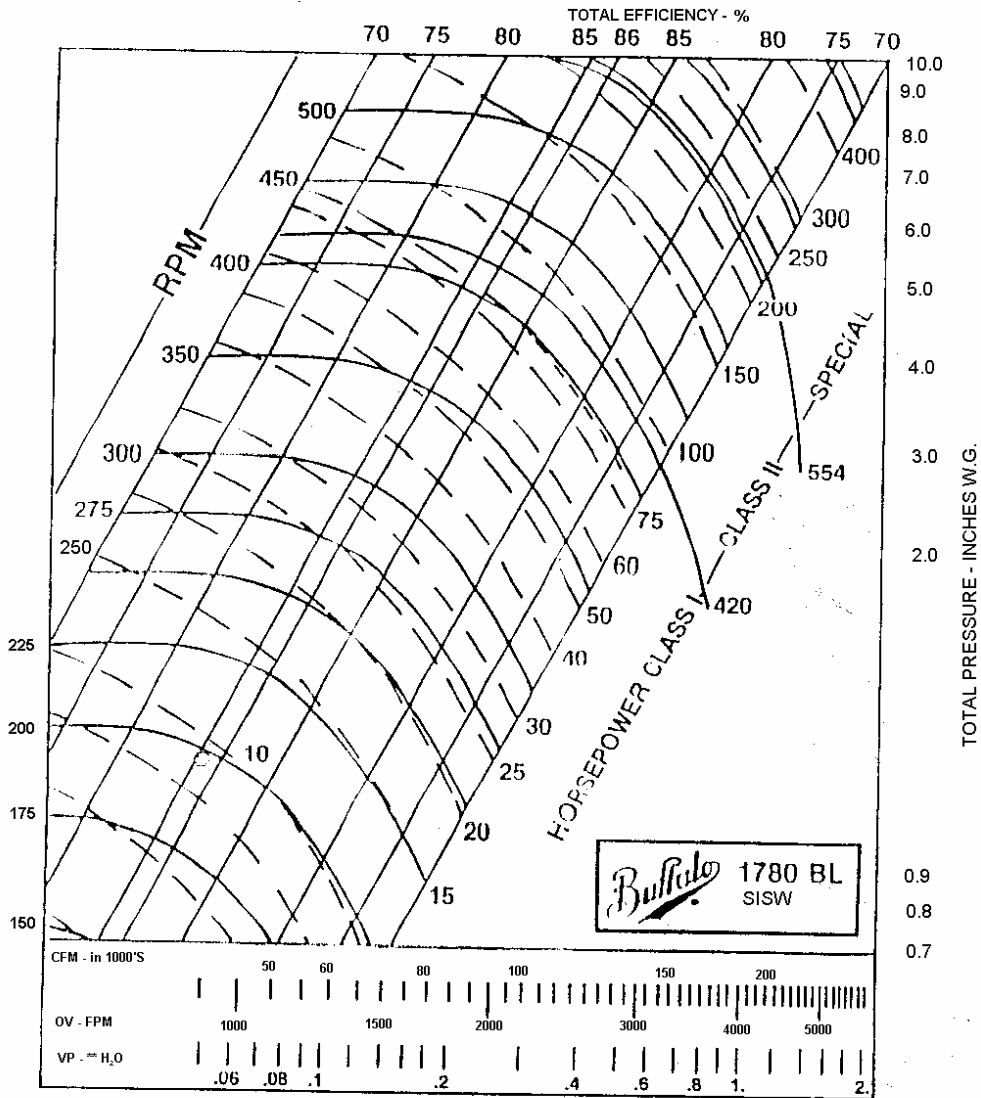
Rango de velocidad.- El drive usualmente está limitado a un rango de velocidad de 2 a 1. La regulación de la velocidad es también pobre en cargas de tipo ventilador.

6.10. SUMARIO.

En general. Los drives de velocidad variable permiten operación óptima en los sistemas de bomba y ventilador. Estos drives pueden operar los ventiladores y las bombas en una curva de operación que casi iguala los requerimientos del sistema deseado. También operan a los ventiladores y las bombas en una manera que mantienen la eficiencia del ventilador o la bomba. Estas características resultan en la reducción de energía requerida para operar el ventilador o bomba. Beneficios adicionales son realizados por la extensión de vida y en sello de visa de la bomba resultados de la operación de velocidad variable. La conversión de la velocidad variable en algunos sistemas también ha resultado en la reducción de consumo de energía en áreas que no solo sean energía eléctrica. Costos asociados de HVAC. También pueden ser reducidos por el control óptimo al alcance con drives de velocidad variables.

El drive de frecuencia ajustable si ofrece ventajas particulares para aplicaciones de ventiladores y bombas. Usa el motor de inducción standard que permite una fácil instalación y operación efectiva. El drive acepta señales de sistemas de control y pueden controlar el motor sin retroalimentación de velocidad del motor Puede ser localizada lejos del motor y requiere solo 3 conexiones al motor. Mantiene la eficiencia del sistema de la bomba o el ventilador mientras opera ella misma, generalmente a alta eficiencia. Puede y paga por si misma en sistemas que requieren velocidades variables.

FAN PERFORMANCE CFM, PRESSURE, RPM, HP, EFFICIENCY



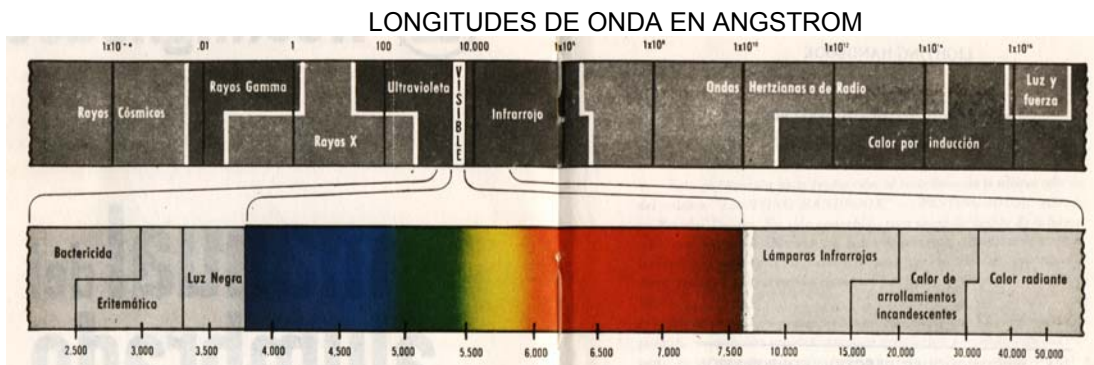
CAPITULO V. SISTEMAS DE ILUMINACION

1.0 Introducción

La luz es el medio mediante el cual el ojo es capaz de percibir visualmente ciertos objetos, la luz físicamente es una radiación electromagnética capaz de propagarse en un movimiento ondulatorio transversal a una velocidad de 300,000 km./seg.

Dentro del espectro electromagnético (figura No.1), la luz visible esta comprendida entre las longitudes de onda de 380 a 780 nanómetros (un nanómetro es igual a 10^{-9} metros).

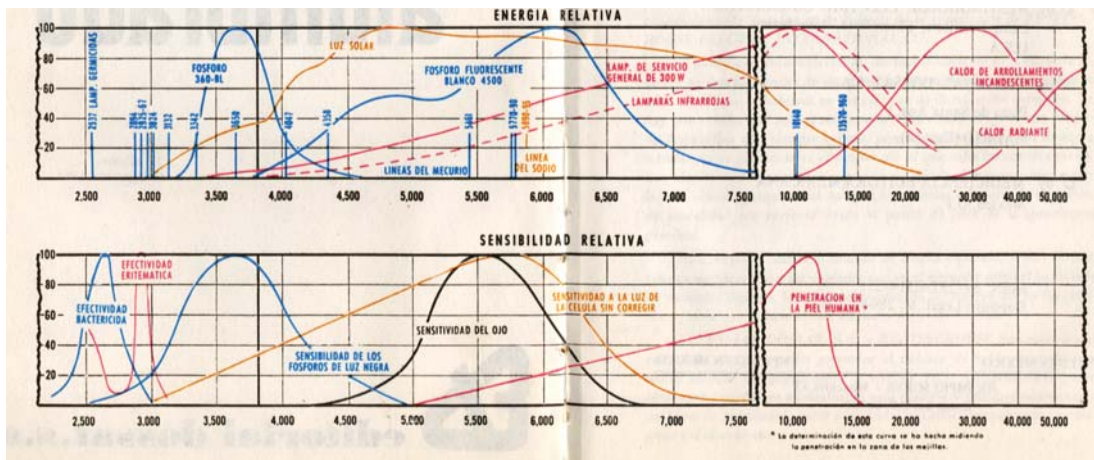
Figura No. 1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO



Antes del espectro visible se encuentra la región correspondiente a la radiación ultravioleta y posteriormente la infrarroja.

El ojo humano normal percibe la luz en diferentes colores de acuerdo a su sensibilidad (figura no.2), la cual es mayor para las longitudes de onda de 550 m nanómetros en la visión de día y para 507 nm en caso de la visión nocturna. En otras palabras el ojo humano no es igualmente sensible para todas las longitudes de onda del espectro visible, incluso la sensibilidad varía según el individuo y/o edad.

Figura No.2



1.1 Terminología de Iluminación.

Brillantez o Luminancia. Es la relación entre la intensidad luminosa de un objeto en cierta dirección y la superficie, vista por un observador situado en la misma dirección.

Lámpara. Es el aparato mediante el cual se transforma la energía eléctrica en energía luminosa. Existen diferentes tipos de lámparas.

Balastro. Es el equipo electromagnético o electrónico empleado para operar las lámparas de descarga eléctrica, proporciona a la lámpara sus condiciones de operación correcta.

Luminaria. Es el gabinete contenedor de lámparas y en algunos casos también del balastro, se utiliza para dirigir y controlar el flujo luminoso de una o más lámparas.

Flujo Luminoso. Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en cierto ángulo sólido, su unidad de medida es el lumen. Un lumen es igual a un flujo emitido por una esfera unitaria de cuya intensidad luminosa es de una candela.

Candela. Se define como la intensidad luminosa, en una dirección dada, de una fuente luminosa que emite radiación monocromática de una longitud de onda de 555 nanómetros y de la cual la intensidad radiante en esa dirección es de 1/683 W en un ángulo sólido de un radian.

Footcandela. Es la iluminación sobre una superficie de un pie cuadrado en área teniendo un flujo distribuido uniformemente de un lumen.

Nivel de Iluminación o Iluminancia. Se define como la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie, su unidad de medida es el lux. Un lux es igual a un lumen por metro cuadrado. El nivel de iluminación se recomienda en un cierto valor mínimo de luxes de acuerdo a la tarea a desarrollar y tipo de lugar de trabajo.

Reflector. Es el dispositivo empleado para controlar los cambios de dirección de un haz luminoso cuando pasa de un cierto medio a otro de diferente densidad. El mejor control de la luz se logra empleando lentes ópticos.

Curva de distribución. Es la representación gráfica del comportamiento de la potencia luminosa emitida por una luminaria, se representa en coordenadas polares y sus valores están dados en candelas.

Curva Isolux. Son curvas que representan iguales niveles de iluminación sobre un plan de trabajo.

Eficiencia de una Lámpara. Es el flujo luminoso emitido por una lámpara entre la potencia eléctrica (watt) que requiere para operar, se expresa como lumen/Watt.

$$\text{Eficiencia} = \text{Lúmenes} / \text{Watt}$$

Eficacia de una Luminaria. Es el flujo luminoso emitido por el conjunto de lámpara que aloja una luminaria entre la potencia eléctrica (watt) que requiere para operar incluido los balastos, se expresa como lumen/watt.

$$\text{Eficiencia} = \text{Lúmenes} / \text{Watt}$$

Temperatura de Color. Es una medida del color de la luz emitida por un cuerpo negro a una temperatura en particular, es expresada en grados Kelvin (K). Las lamparas incandescentes tienen una baja temperatura de color (2800 K) denotada por un tono rojo amarillo; las lamparas luz de día poseen alta temperatura de color (aproximadamente 6000 K) y aparecen como azulado. En la actualidad el fósforo usado en las lamparas fluorescentes puede graduarse para proveer cualquier temperatura de color deseada en un rango de 2800 a 6000 K.

La temperatura de color correlacionada (TCC) de una fuente de luz, es una manera de describir la apariencia o cromaticidad de la fuente. Describe la aparente blancura de la lampara. A las fuentes que tienen una temperatura de color correlacionada baja (2700 K a 3400 K) se les llama de color o apariencia "cálida". A las lamparas fluorescentes con una temperatura de color correlacionada alta se les llama de apariencia "frío". Las lamparas de TCC igual a 3500 K son llamadas de "medio rango" ya que no son ni "cálidas" ni "frías".

Coefficiente de Utilización. Es la relación entre el flujo luminoso saliente de una luminaria e incidente sobre un plano de trabajo y el flujo luminoso emitido por el conjunto de lámparas sin considerar la luminaria. En cierta forma es una medida de la eficiencia de la luminaria, las luminarias con mayores coeficientes de utilización aprovechan en mejor forma el flujo luminoso de las lamparas.

El coeficiente de utilización de la luminaria es dependiente tanto de la geometría de la luminaria como de las características físicas del local a iluminar, estas características son: longitudes y colores internos. El coeficiente de utilización toma en cuenta la iluminación que es absorbida y reflejada por las paredes, colores, y la textura misma. Estos valores se pueden encontrar en los catálogos de los fabricantes de luminarias.

Índice de Rendimiento de Color. El índice de rendimiento de color (IRC) es una escala internacional (sistema numérico) del 1 al 100 que sirve para indicar la calidad relativa de rendimiento de color de una fuente comparada contra una fuente de referencia estándar de la misma temperatura de color. Expresa el grado con el que los colores se aprecian "naturales" bajo una fuente de luz. En general, cuanto más alto es el IRC mejores son las propiedades de rendimiento de color de la fuente medida. El IRC de dos fuentes de luz cualesquiera sólo debe ser comparado si ambas fuentes son de la misma temperatura de color correlacionada.

En aplicaciones comerciales, las lámparas con alto índice de rendimiento de color hacen que la mercancía sea más atractiva al cliente, la comida sea más apetitosa en los restaurantes y la gente en general luzca mejor, saludable y más natural. En las oficinas se incrementa la productividad del trabajador, se reduce el ausentismo, se disminuye el riesgo de cometer errores y accidentes de trabajo.

2.0 Clasificación de las lamparas

Las fuentes luminosas o lamparas son aquellos objetos artificiales capaces de emitir radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda visible para el ojo humano. Las fuentes luminosas artificiales de mayor importancia en nuestra época son las lámparas, estas las podemos clasificar de la siguiente manera:

- **Incandescentes**
- **Fluorescentes**
- **Alta Intensidad de descarga**

Mas detalladamente las podemos clasificar de la siguiente manera:

Incandescentes:

- Incandescente convencional
- Reflector incandescente
- Lampara de tungsteno halógeno (Yodo cuarzo)
- Reflector halógeno
- Lampara halógeno de bajo voltaje (dicroica)

Fluorescentes:

- Compacta fluorescente
- Lampara fluorescente circular
- Lampara fluorescente tubular
- Lampara fluorescente de alta emisión
- Lampara fluorescente de muy alta emisión
- Lampara fluorescente tipo "U"

Alta intensidad de descarga:

- Vapor de Sodio de Alta Presión
 - Vapor de Sodio de Baja Presión
 - Vapor de Mercurio
 - Aditivos Metálicos
 - Luz Mixta
-

2.1 Lámparas Incandescente

La lámpara incandescente fue la primera fuente eléctrica luminosa artificial que desarrolló el hombre. Con este descubrimiento se abrieron las puertas a una nueva dimensión en donde ahora es posible iluminar cualquier espacio que se requiera, tanto interior como exterior.

Las lámparas incandescentes se componen de un filamento de alambre de tungsteno que va colocado en un montaje adecuado y encerrado en un bulbo (bombillo) de vidrio relleno de gas o al vacío. Al conectarse la lámpara a un circuito eléctrico, la corriente que pasa por el alambre del filamento tiene que superar la resistencia y la energía consumida calienta el filamento al punto de incandescencia, haciéndolo que destelle.

BULBO (BOMBILLA)

Generalmente se usa vidrio blando en su fabricación. En algunos tipos de lámparas se usa vidrio duro para resistir altas temperaturas y lograr protección contra roturas debidas a la humedad. También se fabrican en diferentes formas y acabados.

GAS

Generalmente se usa en las lámparas de 40 vatios o más. Es una mezcla de nitrógeno y argón con el objeto de retardar la evaporación del filamento.

FILAMENTO

Generalmente el material que se emplea es tungsteno. Puede

HILO DE TOMA

Hechos de cobre desde la base hasta el prensado del tapón y de cobre niquelado o de níquel desde este último hasta el filamento;

ALAMBRE DE RETENCION

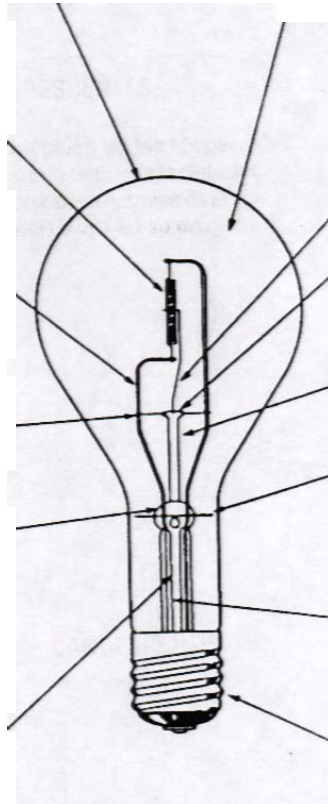
Fabricados de molibdeno y sirven para sostener los hilos de toma o

PRENSADO DEL TAPON

Los hilos de toma van herméticamente sellados en el vidrio y están fabricados de una combinación de una aleación de níquel - hierro en su núcleo y un manguito de cobre (alambre

TUBO DE VACIO

Se usa para extraer el aire e introducir gases inertes durante la fabricación. Originalmente el tubo sobresale del bulbo pero después se sella y se corta debidamente



ALAMBRE DE SOPORTE

Fabricado de molibdeno y sirve para sostener el filamento.

BOTON

El vidrio se calienta durante la fabricación y se colocan los

VARILLA DEL BOTON

Sirve para sostener el botón.

DESVIADOR DE CALOR

Se usa en las lámparas de servicio general de alto voltaje y en otros tipos de lámparas cuando es necesario reducirla circulación de

FUSIBLE

Protege la lámpara y el circuito al fundirse si se producen arcos en el

BASE

Modelo tipo roscado. Uno de los hilos de toma va soldado al contacto central y el otro al borde superior

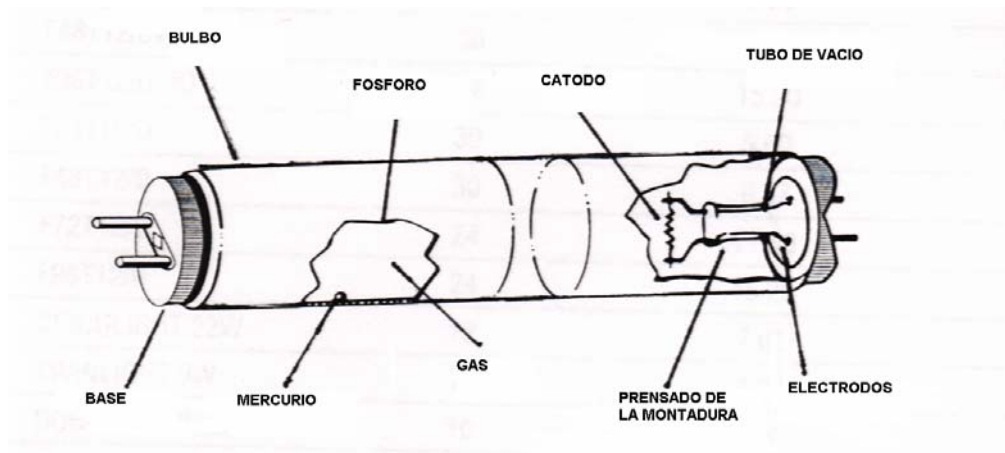
Las radiaciones electromagnéticas emitidas por una lámpara incandescente son en promedio 90% infrarrojas y 10% visibles, esto las convierte como buenas fuentes de calor.

Datos técnicos de lámparas incandescentes

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lúmenes	EFICACIA Lum/W	VIDA Horas
10	78	7.8	1,000
15	120	8.0	1,000
25	250	10.0	1,000
40	415	10.4	1,000
50	440	8.8	1,000
60	675	11.3	1,000
75	1,090	14.5	1,000
100	1,410	14.1	1,000
150	2,200	14.7	1,000
200	3,250	16.3	1,000
300	5,290	17.6	1,000
500	10,100	20.2	1,000
1,000	19,500	19.5	1,000

2.2 Lámparas Fluorescentes

Las lámparas fluorescentes son dispositivos de descarga eléctrica que utilizan un arco de mercurio a baja presión para generar energía ultravioleta (más un poco de energía visible). Esta energía ultravioleta es absorbida por un recubrimiento de fósforo en la pared interior del bulbo y convertida por éste en longitudes de onda visible. Estas longitudes de onda de la luz generada están determinadas por la composición del fósforo. En adición a la pequeña cantidad de vapor de mercurio, el tubo fluorescente contiene una atmósfera compuesta por un gas inerte, usualmente argón, kriptón, neón o una mezcla de dos o más de estos gases. La presión de los gases contenidos en la lámpara es muy baja, por lo general de 2 a 3 torricelis. La presión atmosférica es de 760 torricelis.



La cromacidad de la luz producida es una consecuencia de las características especiales de los polvos fluorescentes.

Una lámpara luz de día hace resaltar los colores azules disminuyendo los rojos; una lámpara blanco cálido por el contrario reproduce en mejor forma los colores rojos mientras que los azules los desplaza hacia el gris; la lámpara blanco frío es una aplicación intermedia, reproduciendo mucho mejor los colores naranja, verde y amarillo opacando un poco los rojos y azules.

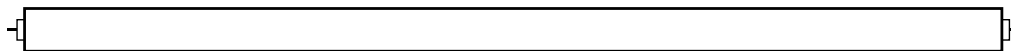
La lámpara fluorescente posee la ventaja de no producir la luz desde un mismo punto focal sino de hacerlo en forma suave y difusa por toda su extensión sin producir resplandores ni sombras acentuadas. Por ello su luz aparece fresca y más eficiente, reduciendo el esfuerzo visual. La limitación de uso de lámparas fluorescentes se encuentra sobre todo en su altura de montaje, ya que para alturas superiores a los 3 metros su aprovechamiento es reducido drásticamente.

Las lámparas fluorescentes requieren de un reactor o balastro para operar, generalmente los balastos se diseñan para operar a la vez con un par de lámparas, recientemente se han diseñado balastos para operar tres o cuatros lámparas. De acuerdo a su tecnología de arranque las lámparas fluorescentes se dividen en tres grupos:

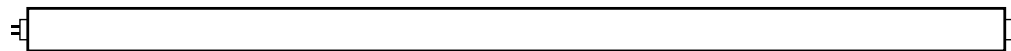
- Arranque instantáneo
 - Arranque Rápido
-

- Arranque por Pre calentamiento

Arranque instantáneo. Estas también reciben el nombre “*SLIM LINE*”, a la vista se identifican por su casquillo de un solo contacto o pin de cada extremo. Estas lámparas no requieren calentamiento previo ni arrancador, pero requieren de un elevado voltaje de arranque. El balastro enciende las lámparas en serie una después de la otra, una vez encendidas las dos lamparas una parte del balastro deja de operar, en caso de que alguna de las lámparas se funda la otra puede seguir operando, no obstante el balastro sigue funcionando y puede recibir daños de gravedad.



Arranque rápido. Las lámparas encienden en forma suave y con un ligero retardo de hasta dos segundos. El balastro suministra una tensión de arranque menor que en el caso de las Slim Line, no obstante el balastro hace que los cátodos de las lámparas estén permanentemente calientes. La identificación simple de estas lámparas se realiza identificando sus dos contactos o pines en cada uno de los casquillos de sus extremos.



Arranque por pre calentamiento. Estas lámparas requieren además del balastro de un arrancador, las lámparas para poder operar deben pasar primero por una corriente mayor que la de su operación normal, con la que se calientan sus cátodos. Estas lámparas se encuentran ya casi fuera del mercado. Estas lámparas también presentan dos contactos o pines en cada extremo.

Datos técnicos de lámparas Fluorescentes Convencionales.

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA Lum/W	VIDA horas	OBSERVACIONES
20	1300	65.0	9000	AR Blanco Frío
20	1075	53.8	9000	AR Luz de Día
21	1030	49.0	7500	AI Luz de Día
22	1050	47.7	12000	AR Circular B. Frío
22	850	38.6	12000	AR Circular L. d/Día
32	1900	59.4	12000	AR Circular B. Frío
32	1500	46.9	12000	AR Circular L. d/Día
39	3000	76.9	9000	AI Blanco Frío
39	2500	64.1	9000	AI Luz de Día
40	2900	72.5	12000	AR TIPO U BF
40	3150	78.8	12000	AR Blanco Frío
40	2600	65.0	12000	AR Luz de Día
75	6300	84.0	12000	AI Blanco Frío
75	5450	72.7	12000	AI Luz de Día

Lamparas T-8

Los sistemas denominados T8, lámparas de una (8/8) pulgada de diámetro, son lámparas fluorescentes que poseen las características más avanzadas en calidad y eficiencia. Con un CRI de 85, un flujo luminoso arriba de los 104 lúmenes por watt operando con balastro electrónico y un diámetro de 25 mm; las lámparas T8 son la mejor opción para diseño de iluminación de oficinas, bibliotecas, tiendas, hospitales y otras múltiples aplicaciones en donde sea importante ahorrar energía y tener una iluminación de alta calidad. Estos productos cuentan con una gran variedad de temperaturas de color para crear ambientes y efectos diferentes. Pueden encontrarse lámparas fluorescentes con un CRI de 85, estas son una excelente opción para oficinas, tiendas comerciales y aplicaciones industriales gracias a su alto CRI. Por otra parte, es posible obtenerlas de diferentes longitudes: 61, 91, 122 y 152 cm. Además, las lámparas T8 incorporan un polvo fluorescente a base fósforos activados con tierras raras, que proporcionan un mayor flujo luminoso de excelente rendimiento de color, y con la posibilidad de elegir entre tres distintas temperaturas de color: 3000 K, 3500 K y 4100 K.

Lamparas fluorescentes Compactas.

Son lámparas pequeñas que funcionan bajo el principio de generación de luz fluorescente, requieren de equipo adicional como balastro o adaptador para poder ser instaladas. Las lámparas fluorescentes compactas son una opción eficiente para sustituir un foco incandescente, ahorran hasta un 75% de energía eléctrica por cada lámpara. Existen lámparas compactas que cuentan con un alto índice de rendimiento de color (un CRI de 82) además utilizan 75% menos electricidad y con un tiempo de vida 10 veces mayor que un foco incandescente. Su aplicación es ideal para pasillos, corredores, anuncios de emergencia, luz exterior y están disponibles en una gran variedad de longitudes, potencias y temperaturas de color.

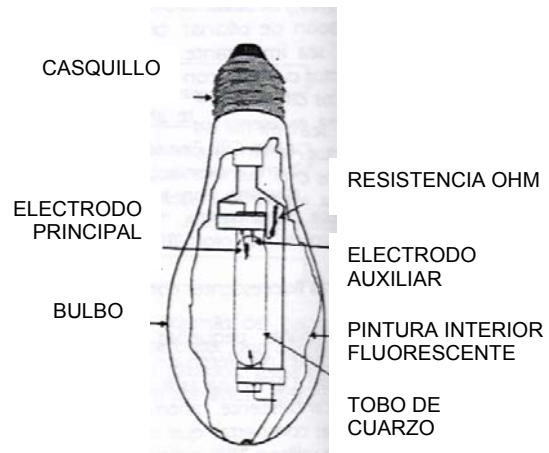
Datos técnicos de lámparas ahorradoras de energía.

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA Lum/W	VIDA horas	TIPO	OBSERVACIONES
7	400	57.1	10000	Fluorescentes Compactas	PL-S
9	600	66.7	10000		PL-S
11	600	54.5	10000		ER-L PL-S
13	900	69.2	10000		PL-S
13	860	66.2	10000		PL-C
17	950	55.9	10000		ER-L SL
18	1200	66.7	12000		PL-L
18	1100	61.1	10000		ER-L SL
17	1400	82.4	20000	Fluorescentes Largas	AR T8
25	2250	90.0	20000		AR T8
32	3050	95.3	20000		AR T8
34	2750	80.9	20000		AR Blanco Cálido T12
34	2650	77.9	20000		AR Blanco Frío T12
34	2350	69.1	20000		AR Luz de Día T12
60	5600	93.3	12000		AI Blanco Cálido T12
60	5400	90.0	12000		AI Blanco Frío T12

Lámparas de Alta intensidad de Descarga (HID)

2.3 Lámparas de Vapor de Mercurio.

Estas lámparas pertenecen a la familia Identificada como Lámparas de Alta Intensidad de Descarga (HID). La luz se Produce al paso de una corriente Eléctrica a través de gas de mercurio Gasificado de baja presión. Las lámparas De alta intensidad de descarga llevan un Tubo de descarga gaseosa que va alojado En el interior de un bulbo protector, este Tubo de descarga opera a presiones y Densidades de corriente de magnitud Suficiente alta para producir la radiación Visible cuando en sus electrodos se aplica Una tensión que da lugar a un arco Eléctrico que posteriormente ioniza el Gas. Esto vaporiza el mercurio, Calentándose rápidamente la lámpara, Hasta alcanzar una condición estable.



La cantidad de mercurio puro que contiene una lámpara se gradúa con exactitud, también se incluye gas argón para facilitar la descarga eléctrica. Las lámparas producen una luz verde azulada blanquecina debido a la ausencia de radiaciones rojas que provoca la combinación mercurio argón.

Datos de Lámparas de Mercurio

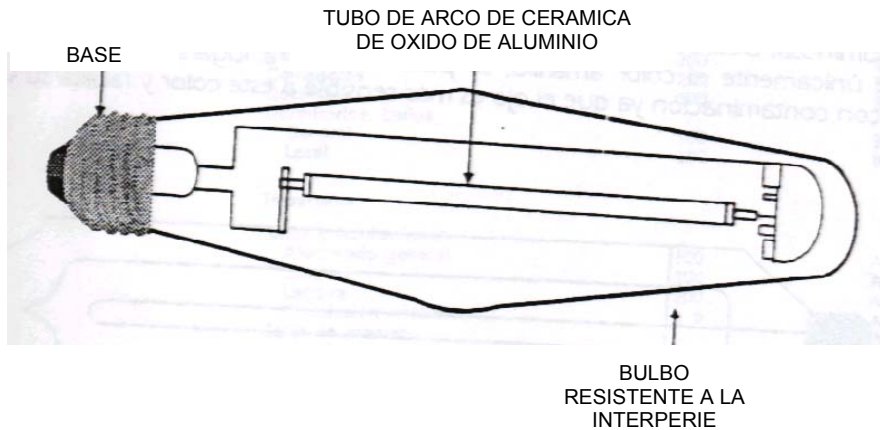
Potencia Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA Lum/W	VIDA horas
100	4,200	42.0	24,000
175	8,600	49.1	24,000

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

250	12,100	48.4	24,000
400	22,500	56.3	24,000
1,000	63,000	63.0	24,000

2.4 Lámparas de Vapor de Sodio en Alta Presión (VSAP).

Estas lámparas funcionan bajo el mismo principio que las de Vapor de Mercurio pero varían en sus componentes y geometría. Sus componentes son sodio, mercurio y un gas noble que puede ser argón o xenón; el principal productor de la luz es el sodio que a diferencia de las lámparas de mercurio se encuentra en alta presión, el mercurio en este caso es un corrector de color y controlador de voltaje, el xenón es empleado para iniciar la descarga eléctrica.



Poseen una alta eficacia luminica pero con bajo rendimiento del color. Requieren de un período de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez, si existe una interrupción momentánea el tiempo de reencendido es casi de un minuto. La función de arranque se efectúa por la intervención de un circuito electrónico llamado ignitor, que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. Estas lámparas producen una luz dorada blanquecina provocada por el predominio del sodio y la corrección de color del mercurio.

Datos de Lámparas de Vapor de Sodio de Alta Presión

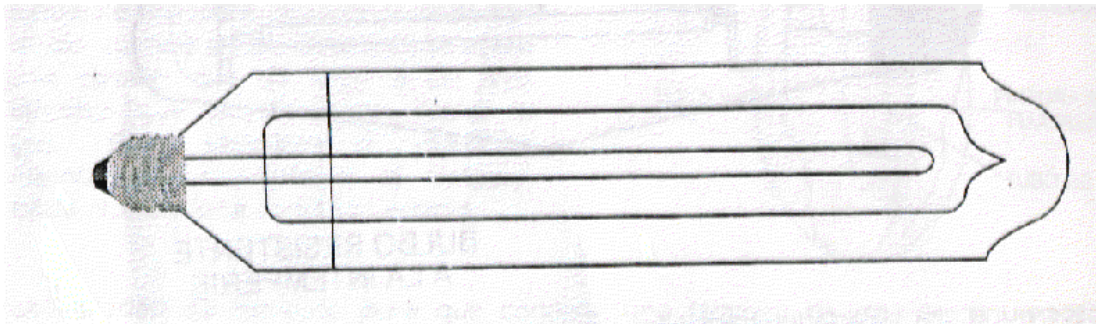
POTENCIA	FLUJO LUMINOSO	EFICACIA	VIDA
Watt	lumenes	Lum/W	Horas
35	2,250	64.3	24,000
50	4,000	80.0	24,000
70	6,300	90.0	24,000
100	9,500	95.0	24,000
150	16,000	106.7	24,000
250	28,500	114.0	24,000
400	50,000	125.0	24,000

1,000	140,000	140.0	24,000
-------	---------	-------	--------

2.5 Lámparas de Vapor de Sodio en Baja Presión (VSBP).

El principio de operación es el mismo que las demás lámparas de descarga, empero el gas de sodio se encuentra a baja presión y su geometría es de mayores dimensiones llegando a presentar una longitud mayor a un metro. Este tipo de fuentes luminosas es la de mayor eficacia luminica; pero también las de menor rendimiento de color tan solo 20%, por ello su brillantez es totalmente monocromática en diferentes tonos de amarillo.

Para iluminación de seguridad, las lámparas de sodio de baja presión ofrecen la mayor eficiencia luminosa. Debido a que en el espectro de frecuencias que emite esta lámparas está presente únicamente el color amarillo, se puede aplicar a lugares con mucha niebla y lugares con contaminación ya que el ojo es más sensible a este color y facilita su visión.

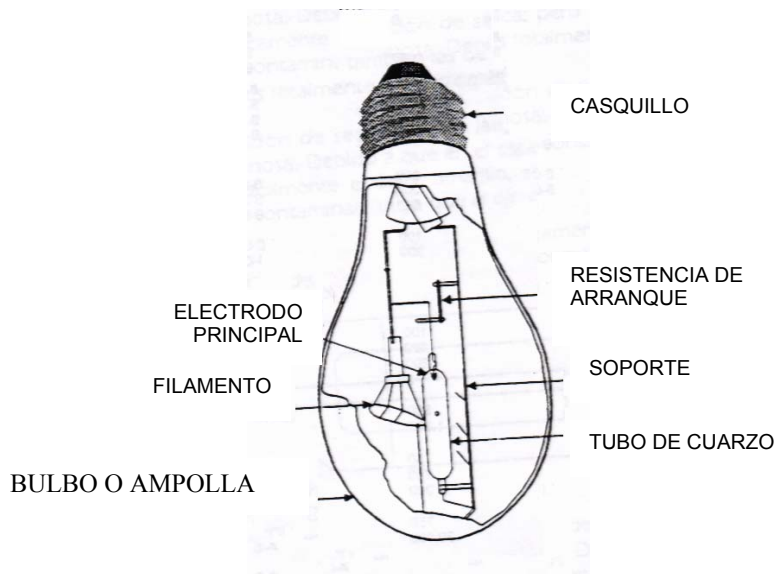


Datos de Lámparas de Vapor de Sodio en Baja Presión.

POTENCIA	FLUJO LUMINOSO	EFICACIA	VIDA
Watt	lumenes	Lum/W	Horas
18	1,800	100.0	10,000
35	4,800	137.1	24,000
55	8,000	145.5	24,000
90	13,500	150.0	24,000
135	22,500	166.7	24,000
180	33,000	183.3	24,000

2.6 Lámparas de Luz Mixta.

Las lámparas de luz mixta fueron creadas para corregir la luz azulada de las lámparas de mercurio y para esto se adiciona dentro del mismo bulbo un filamento incandescente. Estas lámparas se pueden conectar a la red eléctrica sin necesidad de emplear un balastro, puesto que el filamento además de fuente luminosa, actúa como resistencia limitante de la corriente eléctrica. Normalmente operan a un voltaje de 220 V.



Estas lámparas se aplican en el alumbrado de interiores y exteriores sustituyendo directamente a la iluminación incandescente de altas potencias. Su índice de reproducción de colores es de los más altos, pero su eficacia luminica es bajísima, redundando en altos consumos de energía.

Datos de Lámparas de luz Mixta.

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

POTENCIA Watt	FLUJO LUMINOSO lumenes	EFICACIA Lum/W	VIDA horas	OBSERVACIONES
160	3,000	18.8	10,000	LUZ MIXTA
250	5,500	22.0	24,000	LUZ MIXTA
500	12,500	25.0	24,000	LUZ MIXTA
500	10,950	21.9	10,000	iodo CUARZO
1,000	21,400	21.4	24,000	iodo CUARZO
1,500	35,800	23.9	24,000	iodo CUARZO

Illuminancia
En servicio
(lux)

Clase
de calidad

CURSO BASICO DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA

Hogares y Hoteles		
Dormitorios		
General	50	B-C
En las cabeceras de la cama	200	B-C
Cuartos de aseo		
General	100	B-C
Afeltado, maquillado	500	B-C
Cuartos de estar		
General	300	B-C
Zonas de trabajo	500	B-C
Cuartos de trabajo o estudio	300	B-C
Cuartos de niños	150	B-C
Hoteles		
Vestibulos de entrada	300	B-C
Comedores	200	B-C
Cocinas	500	B-C
Dormitorios, baños		
General	100	B-C
Local	300	B-C
Hospitales		
Salas y habitaciones		
Alumbrado general	100	A-B
Examen	300	A-B
Lectura		
Circulación nocturna	5	A-B
Salas de examen		
Alumbrado general	500	A-B
Inspección localizada	1000	A-B
Terapia Intensiva		
Testerros de camas	50	A-B
Observación	750	A-B
Salas de enfermeras	300	A-B
Quirofanos		
General	750	A-B
Local	30,000	A-B
Laboratorios y farmacias		
General	500	A-B
Local	750	A-B
Salas de autopsia		
General	750	A-B
Local	10,000	A-B
Salas de consulta		
General	500	A-B
Local	750	A-B
