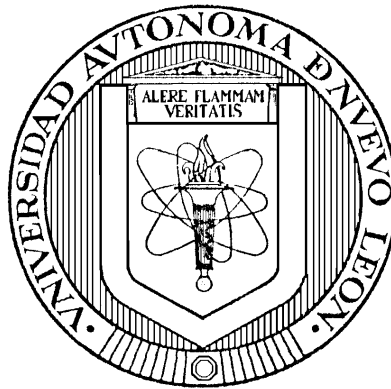


UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CECYTE PLANTEL
MARÍN**

POR

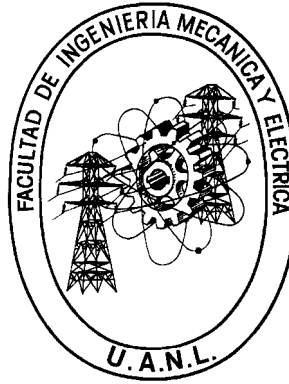
ING. MOISES MUÑOZ SANCHEZ

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ELÉCTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA NUEVO LEÓN
MARZO DE 2007**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**OPTIMIZACIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CECYTE PLANTEL
MARÍN**

POR

ING. MOISES MUÑOZ SANCHEZ

TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ELÉCTRICA CON ESPECIALIDAD EN POTENCIA**

SAN NICOLAS DE LOS GARZA NUEVO LEÓN
MARZO DE 2007

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo a las personas más importantes de mi vida:

Mi esposa, Claudia Cecilia, por toda la paciencia que una esposa puede tener.

A mi hija, Andrea, quien con su nacimiento a traído una razón más para existir.

A mis padres Hilario y Florencia, por darme la vida y sus enseñanzas que bien he utilizado.

A mis 7 hermanos con quien he compartido grandes momentos.

Con Amor: Moises Muñoz

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios la oportunidad que me ha dado de llegar a la culminación de este trabajo que hoy veo realizado.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todo el grupo de compañeros que labora en el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Nuevo León Plantel Marín, quienes colaboraron directa o indirectamente en la realización del presente trabajo. Muy especialmente a: mi gran amigo y colega Dr.Cs. Mario Dena Silva por el apoyo y orientación que me dio en la realización de este documento.

Al Dr. Fernando Manuel Betancourt Ramírez por la paciencia otorgada a quien escribe.

A los revisores del trabajo el M.C. Enrique Betancourt Ramírez y al M.C. Paz Vicente Cantu Gutiérrez.

A todos y cada una de las personas que de una u otra forma ayudaron en la culminación del presente trabajo.

Muchísimas gracias:

Moises Muñoz Sánchez

PROLOGO

Considerando el consumo de energía eléctrica debido al uso de luminaria tradicional en conjunto con otros dispositivos, es indispensable buscar dentro de los avances tecnológicos que existen en estas áreas, alternativas en cuanto a eficiencia y ahorro, esto con la finalidad de aprovechar al máximo el energético.

Áreas como la industria, el comercio, el sector educativo entre otros, deben empezar a buscar opciones que le beneficien económicamente a través del ahorro. De la energía eléctrica, la cual se ha incrementado tanto en los costos de producción como de consumo.

Actualmente la electrónica ha avanzado en el diseño con pocos y reducidos componentes sistemas que ayudan a darle un mejor aprovechamiento a los recursos energéticos. Cabe mencionar que el área de potencia eléctrica ha desarrollado mejoras y ventajas técnicas en sus equipos y dispositivos, ventajas dentro de las cuales se puede señalar la alta eficiencia de los sistemas, lo que lleva como beneficio un ahorro de energía utilizándose principalmente en aplicaciones como la luminotecnica, control de sistemas eléctricos en los que se monitorean diversos parámetros, dándose una marcada optimización del recurso.

4.5.12 Impacto en la vida de los equipos	¡Error! Marcador no definido.
4.5.13 Condiciones de resonancia	¡Error! Marcador no definido.
4.5.14 Efectos en los transformadores	¡Error! Marcador no definido.
4.5.15 Efectos en los motores	¡Error! Marcador no definido.
4.5.16 Reducción de armónicas	¡Error! Marcador no definido.
REACTORES DE LÍNEA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
FILTROS DESINTONIZADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5. TÉCNICAS DE AHORRO DE ENERGÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.1 EQUIPOS AHORRADORES DE ENERGÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.1.1 Filtros	¡Error! Marcador no definido.
5.1.2 Balastos electrónicos	¡Error! Marcador no definido.
5.1.3 Lámparas ahorradoras de energía	¡Error! Marcador no definido.
5.2 TÉCNICAS QUE REDUCEN EL CONSUMO ELÉCTRICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.2.1 Uso de luminarias eficientes	¡Error! Marcador no definido.
5.2.2 Balastos electrónicos	¡Error! Marcador no definido.
5.2.3 Mantenimiento de las luminarias	¡Error! Marcador no definido.
5.2.4 Diseño arquitectónico eficiente	¡Error! Marcador no definido.
5.2.5 Separación de circuitos	¡Error! Marcador no definido.
5.2.5 Aumentar el factor de potencia.	¡Error! Marcador no definido.
5.3 APORTACIONES TÉCNICAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
5.3.1 Automatización de sistema de cisterna	¡Error! Marcador no definido.
5.3.2 Control de Llenado de Tinacos	¡Error! Marcador no definido.
5.3.3 Condiciones de operación	¡Error! Marcador no definido.
5.3.4 Circuito de control	¡Error! Marcador no definido.
5.3.5 Consumo actual contra consumo anterior	¡Error! Marcador no definido.
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.1.1 Uso de luminarias más eficientes	¡Error! Marcador no definido.
6.1.2 Apagado automático de las luminarias	¡Error! Marcador no definido.
6.2 CONSUMO ANTERIOR CONTRA ESTIMADO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.3 COSTOS DE OPTIMIZACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6.3.2 Inversión	¡Error! Marcador no definido.
6.3.3 Recuperación	¡Error! Marcador no definido.
6.3.4 Comentarios	¡Error! Marcador no definido.
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
7.1 CONCLUSIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
7.2 RECOMENDACIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
BIBLIOGRAFÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
INDICE DE TABLAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
INDICE DE FIGURAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
INDICE DE FIGURAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
GLOSARIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
GLOSARIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
AUTOBIOGRAFÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

SÍNTESIS

En los últimos años el consumo de energía eléctrica se ha elevado a un ritmo superior al crecimiento económico, ya que suple las necesidades del aparato productivo, y está relacionado con mayores niveles de vida esto lleva a reflexionar, sobre todo si se tiene en cuenta que en energía se gasta una importante cantidad.

Debido a este ritmo de crecimiento se deben tomar una serie de acciones que impidan aumente el índice físico del consumo energético, y para esto resulta imprescindible identificar y explotar todas las reservas de eficiencia, extendiéndose el proceso al acomodo de carga, lo que es sinónimo de eliminar todas las producciones y servicios que no están haciendo trabajo útil en el horario de máxima demanda. Es fácil para cualquier persona observar como se está desperdigando el agua cuando vemos una toma mal cerrada o detectamos una fuga en la tubería, pero cuesta trabajo percibir que está sucediendo lo mismo cuando se deja encendida una lámpara, se tiene la radio, el televisor y el calentador funcionando mientras se está haciendo una actividad fuera del área de estos aparatos.

Esta situación pone de manifiesto que la electricidad no es sólo ese enchufe donde se conectan los equipos, es el final de la inmensa cadena que se origina en las grandes centrales de generación y para que llegue hasta un hogar, debe ser generada en grandes y costosas plantas, en el mismo instante en que se requiera; transportada hasta los centros poblados, recorriendo muchos kilómetros y utilizando inmensas torres, transformadores y cantidades de cables; distribuida en menores bloques de energía, hasta su hogar, utilizando cientos de transformadores, postes y kilómetros de cable; entregada, medida y facturada, para lo cual se requiere de equipos de medición, herramientas, personal para emitir y entregar facturas, así como para atender reclamos y

solicitudes. Todo este sistema eléctrico debe mantenerse al día, lo cual requiere personal especializado y alta tecnología en materiales y equipos.

Debemos de imaginar cómo se podría vivir sin la vital electricidad, actualmente dependemos casi totalmente de este servicio, sería un caos si un día dejara de existir. Es el tiempo de reflexionar y pensar en la necesidad de no malgastar este recurso, ni los que la hacen posible. En vista de esto se están emprendiendo planes, programas económicos y energéticos, con la finalidad de aumentar las reservas existentes y parar el uso desproporcionado que se tiene de la energía eléctrica.

El presente trabajo enmarca dentro de sus lineamientos, un programa de ahorro de energía eléctrica por iluminación en una institución educativa, ya esta área es la responsable de por lo menos del 20 % del consumo de energía, abarcando en este número la industria, el comercio y las residencias.

Además, son muchas las posibilidades de reducción del consumo de energía que se gasta en iluminación, desde el simple cambio de una lámpara hasta la implementación de nuevos sistemas con equipamiento electrónico inteligente. Pensando en ello se ha desarrollado una tecnología de bajo consumo de energía, lámparas, balastos, controles electrónicos y sistemas de iluminación que además de ahorrar energía, tienen una mayor duración y ayudan de esta forma a evitar riesgos de racionamiento.

Para una mejor comprensión de este trabajo se ha dividido en 7 capítulos, donde se explican los procedimientos realizados para cumplir con los objetivos propuestos.

El capítulo I, muestra un marco problema que permite visualizar de una manera clara lo que es el planteamiento del problema, la justificación e importancia, el alcance y delimitación y los objetivos que fueron planteados.

El capítulo II, hace referencia a una serie de términos y conceptos técnicos y de conocimiento general, se dan los antecedentes de la investigación y las bases teóricas sobre los sistemas eléctricos que se retoman a lo largo de este trabajo.

El capítulo III, presenta un historial del crecimiento de la institución y da una referencia de como ha ido incrementándose el consumo de energía debido a la instalación de nuevos equipos.

El capítulo IV, presenta un marco diagnóstico de la situación eléctrica que tiene la institución actualmente, para tener una referencia de cómo funcionan los equipos; además se muestra la demanda eléctrica de las instalaciones de dicho instituto, haciendo énfasis en los sistemas de iluminación. Este diagnóstico se realizó con la finalidad de considerar, no solamente las necesidades actuales de energía eléctrica, sino también desarrollar las bases para optimizarla.

El capítulo V, presenta las alternativas existentes para generar una optimización del recurso energético por concepto de iluminación, muestra los calculos que arrojaron resultados de inver con un consecuente ahorro de energía en el sistema eléctrico de la institución.

EL capítulo VI presenta un análisis de los beneficios de una posible implementación de técnicas de ahorro por reemplazo de equipos, hace mención a las características de estos equipos y presenta una aportación personal para la solución de una problemática en el sistema de cisterna..

El capítulo VII, muestra los cálculos y datos obtenidos de los consumos estimados por el cambio viable de tecnología, presenta la inversión estimada por esta actividad y presenta las conclusiones y recomendaciones que resultaron de esta investigación.

CAPITULO

1. INTRODUCCION

1.1 Descripción del problema

A través de la historia el hombre ha buscado en múltiples servicios confort a su subsistencia, tal es el caso de la energía eléctrica que ha sido de vital importancia en el desarrollo de la sociedad porque permite el avance de la tecnología en la vida moderna. Estos logros han hecho que el consumo de energía eléctrica se halla disparado en los últimos años. Esto constituye un factor preocupante hoy en día, ya que este energético representa el principal factor que mantiene el avance de la tecnología y el desarrollo del mundo. Se debe poner de manifiesto la necesidad de reflexionar y pensar en no malgastar el uso de la energía eléctrica.

Son muchos los sectores en donde la energía eléctrica es aprovechada y entre ellos no deja intervenir el sector educativo. Los diferentes planteles educativos tienen un alto consumo de energía eléctrica, debido a las actividades propias de los mismos, a su crecimiento constante, en algunos casos al mal uso de la energía y a la falta de una modernización en los sistemas eléctricos empleados y este gasto se ve reflejado en gran parte al uso de sistemas de iluminación.

Desde los inicios del Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Nuevo León (CECyTE N.L). en 1994 los gastos de consumo eran absorbidos por la Secretaría de Educación Pública, pero a partir del 2002 se cargan al presupuesto asignado a cada plantel lo que reduce la posibilidad de destinar a otros rubros de importancia el destino del recurso económico. El crecimiento de la infraestructura ha llevado a un incremento en el consumo de energía eléctrica.

Por lo anterior, resulta importante una mejoría en la administración del recurso eléctrico, logrando con esto la optimización de este recurso.

1.2 Objetivo de la Tesis

Proponer innovaciones tecnológicas factibles de ser utilizadas en el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado (CECyTE, N.L.) Plantel Marín para lograr una optimización del recurso energético principalmente en los sistemas de iluminación, permitiendo con esto un ahorro económico en la actividad educativa.

1.3 Hipótesis

A pesar del costo inicial que tiene la implementación de nuevas tecnologías en el aprovechamiento y optimización de la energía eléctrica en el plantel Marín del CECyTE, N.L., se estima que esta inversión representará un ahorro en el recurso económico a mediano y largo plazo.

1.4 Límites del Estudio

El ahorro de energía eléctrica no significa sacrificar nuestro grado de bienestar, sino más bien buscar un cambio de actitud y comportamiento que conduzcan a un uso racional de la misma. Es por esto que el uso racional y efectivo de la

energía para minimizar costos y destacar las situaciones competitivas se presenta como el objetivo principal de un programa de ahorro de energía, donde se consideran estrategias para el ahorro, las áreas pertinentes al programa, presupuestos y estimaciones de ahorro, etc. La investigación tiene como finalidad lograr un mejor aprovechamiento y utilización de la energía eléctrica en el CECYTE Plantel Marín enfocándose principalmente en el sistema de iluminación.

1.5 Justificación del trabajo de Tesis

Para la gran mayoría de los usuarios, la electricidad es un servicio que tenemos a nuestro alcance, solo basta con accionar un interruptor y tenemos luz, se conectan los artefactos eléctricos y estos funcionan, pero es muy reducido el número de personas que saben como se genera y se transmite la energía eléctrica. No se conoce verdaderamente que detrás de esos agujeros o de esos botones en la pared hay un largo camino, una gran infraestructura que puede ser afectada por factores climáticos, políticos, económicos o sociales. Es por eso que se presenta la posibilidad de realizar esta investigación, que tratará de plantear algunas soluciones al constante aumento del consumo de energía eléctrica, tomando como base del estudio al CECyTE N.L. Marín, el cual servirá como un aportación para posibles mejoras de la infraestructura eléctrica, repercutiendo en un ahorro económico, lo que permitirá utilizar mejor el presupuesto asignado para el funcionamiento de este plantel educativo.

1.6 Metodología

Para el diseño de un programa de ahorro de energía eléctrica por iluminación y algunas otras áreas como cisternas en las instalaciones de un instituto educativo, comprendido dentro de lo factible y considerando los objetivos propuestos para tal fin, se usaron una serie de instrumentos y técnicas de

recolección de la información, orientada hacia el alcance de los mismos. Para tal efecto se consideró en tres partes fundamentales.

La primera parte está referida a la delimitación de los aspectos teóricos de la investigación, donde se incluyen la formulación y delimitación de la investigación, definición de los objetivos propuestos, elaboración del marco teórico, entre otros. Esta parte está basada en la revisión bibliográfica de libros, revistas, folletos, informes, tesis, periódicos sitios de internet, entre otros, que permitieron darle mayor definición al trabajo, y donde se usaron técnicas documentales como: la observación documental, presentación resumida, resumen analítico y análisis crítico, de igual forma se utilizaron técnicas como el subrayado, fichaje, bibliografía, de citas y notas de referencia bibliográfica y de ampliación de textos, construcción y presentación de índices, presentación de cuadros, figuras y tablas.

La segunda parte está referida a la revisión completa y detallada de todas las instalaciones eléctricas de iluminación de la institución, a través de la técnica de observación directa, para así tener una idea de la situación presentada. Se realizaron mediciones en diferentes puntos estratégicos para verificar los parámetros voltaje, corriente y así obtener el consumo de energía por iluminación que presenta la institución, usando instrumentos como Voltímetros, Amperímetros, Vatímetros. Se recopiló información técnica de los diferentes equipos de iluminación, tubos fluorescentes, balastos electrónicos, suministrados por empresas como Phillips, OMRON, General Electric, y se revisó el historial del consumo eléctrico en la institución.

Y por última etapa, basándose en el consumo histórico por luminarias principalmente se hizo una propuesta para la sustitución de equipos y así poder establecer las posibles mejoras, además de la implementación física de un proyecto de ahorro de energía basado en el control de operación de una bomba de cisterna para finalizar con la presentación del presente proyecto.

1.7 Revisión bibliográfica

Santana (1995), líder del proyecto de ahorro de energía en la empresa CORPOVEN, filial de Petróleos de Venezuela, emprendió a través de su Gerencia de Mantenimiento y con la finalidad de minimizar costos de operación un proyecto para ahorro de energía, optimizando la iluminación de su edificio sede en Caracas. Como primera etapa del proyecto, se compararon los niveles de iluminación existentes con los estándares o niveles de iluminación requeridos y aprobados por instituciones tales como IESNA, Illumination Engineering Society, Covenin, etc., a través de este estudio se concluyó que las áreas estaban sobre iluminadas, lo que permitió la eliminación de aproximadamente el 27 % de las luminarias existentes. Como segunda etapa del proyecto, se procedió con implementación de tecnología de punta, instalándose 2000 reflectores especulares, los cuales son pantallas parabólicas de aluminio anodizado, altamente reflectivas y geométricamente diseñadas para maximizar la calidad de la iluminación sobre las áreas de trabajo. Considerando el hecho de que cada luminaria de 4*40 W (4 tubos de 40 W) consume 192 W y eran sometida a un régimen de trabajo de doce (12) horas diarias, durante veinte días al mes, se obtiene un consumo de 92.160 KWH por concepto de iluminación, considerando todas las luminarias. Con la instalación de los reflectores fue posible disminuir el consumo asociado a luminarias repotenciadas a tan solo 46.080 KWH. La implementación de este proyecto en sus dos etapas, produjo a CORPOVEN en el primer año, ahorros recurrentes en el orden de los doce millones de bolívares (12.000.000 Bs.) y el tiempo de retorno de la inversión estaba proyectada a dieciséis meses.

Ruedas (1997), Coordinador Académico y de Investigación de la Universidad de la Salle Bajío, México hizo un proyecto de ahorro de energía eléctrica por iluminación en dicha Universidad, cuya evaluación arrojó como resultado que en el campus principal de la Universidad es posible, mediante medidas adecuadas, ahorrar hasta un 30% del consumo de electricidad por concepto de alumbrado. Considerando que en algunas áreas se mantendrá el consumo con una mejor

iluminación. El ahorro en electricidad por iluminación se logra a partir del reconocimiento del problema en el ámbito de las direcciones.

González (1998), en Cuba inicia un Programa de Ahorro de Electricidad (PAEC), caracterizado por el chequeo y control de los derrochadores por parte de los grupos del programa que funciona en cada territorio. Este como jefe nacional del PAEC, precisó que estas medidas tienen como propósito continuar con la disminución del gasto de corriente, con énfasis en los 1700 grandes consumidores de la nación, los cuales gastan el 40 % de la energía generada en el sector estatal. Así mismo, es primordial el perfeccionamiento del PAEC entre los estudiantes, de manera que se incentive la cultura del ahorro en los escolares desde los grados iniciales. La puesta en vigor del PAEC permitió un considerable ahorro de energía en los últimos tres años. Basta señalar que si se hubieran mantenido los niveles de gastos de electricidad de 1997, el país hubiera generado 265.000 MWH más de los previstos y consumido 71.000 toneladas de combustible por encima de lo planificado.

En el CECyTE N.L. plantel Marín, no se implementado trabajo alguno de investigación relacionado con la optimización de energía eléctrica, en tal sentido el desarrollo de este programa se hace novedoso y de gran importancia para dicha institución, ya que es posible controlar el gasto desproporcionado de energía eléctrica por concepto de iluminación.

CAPITULO

2. ANTECEDENTES

2.1 Energía Eléctrica

La energía eléctrica representa uno de los insumos más importantes en el desarrollo de nuestro planeta, sin ella, nuestro mundo se detendría y las economías enteras entrarían en crisis. Por eso es vital saber administrarla. El buen uso de la energía eléctrica, le permite a cualquier organización ser cada vez más competitiva en una economía que tiende a la globalización. (Veltri 2002)

Por lo tanto, el ahorro de energía es una alternativa viable para reducir costos de operación y mejorar los niveles de competitividad dentro de cualquier organización.

Este documento presenta los problemas más comunes que ocasiona el desperdicio de energía en las instituciones educativas y sugiere soluciones concretas para que se comience a ahorrar energía en sus instalaciones.

La energía eléctrica se ha convertido en parte de nuestra vida, sin ella difícilmente podríamos imaginarnos los niveles de progreso que el mundo ha alcanzado, pero ¿qué es la electricidad, cómo se produce y cómo llega a nuestros hogares?

Sabemos que la energía puede ser conducida de un lugar o de un objeto a otro (conducción). Eso mismo ocurre con la electricidad. Es válido hablar de la “corriente eléctrica”, pues a través de un elemento conductor, la energía fluye y llega a nuestras lámparas, televisores, refrigeradores y demás equipos domésticos que la consumen.

Conviene tener presente que la energía eléctrica que utilizamos está sujeta a distintos procesos de generación, transformación, transmisión y distribución, no es lo mismo generar electricidad mediante combustibles fósiles que con energía solar o nuclear; tampoco transmitir la electricidad generada por pequeños sistemas eólicos y/o fotovoltaicos que la producida en las grandes hidroeléctricas, que debe ser llevada a cientos de kilómetros de distancia y a muy altos voltajes.

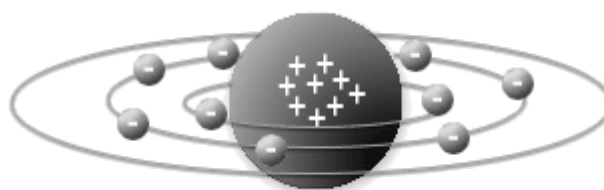


Figura 2. 1 Estructura atómica.

La electricidad no es otra cosa que electrones en movimiento. Así, cuando éstos se mueven entre los átomos de la materia, se crea una corriente de electricidad. Es lo que sucede en los cables que llevan la electricidad a su hogar: a través de ellos van pasando los electrones, y lo hacen casi a la velocidad de la luz. (Dorf,Svoboda; 2000)

Sin embargo, es conveniente saber que la electricidad fluye mejor en algunos materiales que en otros. Antes vimos que esto mismo sucede con el calor, pues en ambos casos hay buenos o malos conductores de la energía. Por ejemplo, la resistencia que un cable ofrece al paso de la corriente eléctrica depende y se mide por su grosor, longitud y el metal de que está hecho. A menor resistencia del cable, mejor será la conducción de la

electricidad en el mismo. El oro, la plata, el cobre y el aluminio son excelentes conductores de electricidad. Los dos primeros resultarían demasiado caros para ser utilizados en los millones de kilómetros de líneas eléctricas que existen en el planeta; de ahí que el cobre sea utilizado más que cualquier otro metal en las instalaciones eléctricas.

La fuerza eléctrica que “empuja” los electrones es medida en Voltios. (La primera pila eléctrica fue inventada por el científico italiano Alejandro Volta, y en su honor se le denominó “Voltio” a esta medida eléctrica). En México utilizamos energía eléctrica de 110 voltios en nuestros hogares, pero en la industria y otras actividades se emplean, en ciertos casos, 220 voltios e incluso voltajes superiores para mover maquinaria y grandes equipos. En países europeos lo normal es el uso de 220 voltios para todos los aparatos eléctricos del hogar.

Así como se miden y se pesan las cosas que usamos o consumimos normalmente, también la energía eléctrica se mide en Watts-hora. El Watt es una unidad de potencia y equivale a un Joule por segundo. Para efectos prácticos, en nuestra factura de consumo de energía eléctrica se nos cobra por la cantidad de KiloWatts-Hora (kWh) que hayamos consumido durante un periodo determinado (generalmente, dos meses). Un kiloWatt-hora equivale a la energía que consumen:

- Un foco de 100 watts encendido durante diez horas
- 10 focos de 100 watts encendidos durante una hora
- Una plancha utilizada durante una hora
- Un televisor encendido durante veinte horas
- Un refrigerador pequeño en un día
- Una computadora utilizada un poco más de 6 horas y media

“Kilo” significa mil, por lo que un “kiloWatt”-hora equivale a mil Watts-hora. En los campos de la generación y consumo de electricidad, se utilizan los megaWatts (MW), equivalentes a millones de Watts; los gigaWatts (GW), miles de millones; y los TeraWatts (TW, billones de Watts). (CONAE, 2002)

2.2 Generación de la electricidad

La electricidad fluye a través de los cables, generalmente de cobre o aluminio, hasta llegar a nuestras lámparas, televisores, radios y cualquier otro aparato que tengamos en casa. Pero es importante señalar cómo se produce la electricidad y de dónde nos llega. Es útil mencionar cómo se genera la electricidad que consumimos en el hogar, pero antes es conveniente señalar que hay varias fuentes que se utilizan para generar electricidad: el movimiento del agua que corre o cae, el calor para producir vapor y mover turbinas, la geotermia (el calor interior de la Tierra), la energía nuclear (del átomo) y las energías renovables: solar, eólica (de los vientos) y de la biomasa (leña, carbón, basura y rastrojos del campo).

En México el 75% de la electricidad se genera a partir de combustibles fósiles utilizados en plantas o centrales termoeléctricas (que producen calor y vapor para mover los generadores), las cuales consumen gas natural, combustóleo y carbón. (Si la central consume carbón, se le denomina carboeléctrica). "Dual" es un término que se aplica a las plantas que pueden consumir indistintamente dos de estos combustibles.

La mayoría de las plantas generadoras de electricidad queman alguno de esos combustibles fósiles para producir calor y vapor de agua en una caldera. El vapor es elevado a una gran presión y llevado a una turbina, la cual está conectada a un generador y cuando éste gira, convierte ese movimiento giratorio en electricidad. Después de que el vapor pasa a través de la turbina, es llevado a una torre de enfriamiento, donde se condensa y se convierte nuevamente en agua líquida para ser utilizada otra vez en la caldera y repetir el proceso indefinidamente. (CONAE, 2002)

2.3 Sistemas de transmisión eléctrica

Uno de los grandes problemas de la electricidad es que no puede almacenarse, sino que debe ser transmitida y utilizada en el momento mismo que se genera. Este problema no queda resuelto con el uso de

acumuladores o baterías, como las que utilizan los coches y los sistemas fotovoltaicos, pues sólo son capaces de conservar cantidades pequeñas de energía y por muy poco tiempo. Conservar la electricidad que producen las grandes plantas hidroeléctricas y termoeléctricas es un reto para la ciencia y la tecnología. En algunos lugares, se aprovechan los excedentes de energía eléctrica o la energía solar para bombear agua a depósitos o presas situados a cierta altura; el agua después se utiliza para mover turbinas y generadores, como se hace en las plantas hidroeléctricas.

En cuanto se produce la electricidad en las plantas, una enorme red de cables tendidos e interconectados a lo largo y ancho del país, se encargan de hacerla llegar, casi instantáneamente, a todos los lugares de consumo: hogares, fábricas, talleres, comercios, oficinas, etc. Miles de trabajadores vigilan día y noche que no se produzcan fallas en el servicio; cuando éstas ocurren, acuden, a la brevedad posible, a reparar las líneas para restablecer la energía. A tal efecto, hay centros de monitoreo, estratégicamente situados, para mantener una vigilancia permanente en toda la red. A veces, los vientos, las lluvias y los rayos, entre otras causas, afectan las líneas de transmisión, las cuales deben ser revisadas y reparadas por los técnicos, ya sea en las ciudades o en el campo.

En las ciudades, el cableado eléctrico puede ser aéreo o subterráneo, para hacer llegar la electricidad a islas pobladas, se utilizan cables submarinos.

Cuando la electricidad entra a los centros de consumo, pasa por un medidor. La "lectura" del medidor generalmente la efectúa (cada dos meses) un empleado de la compañía que nos proporciona el servicio eléctrico en nuestro hogar, oficina, taller, etc. El medidor marca la cantidad de kiloWatts-hora que consumimos cada día en iluminación, refrigeración, aire acondicionado, televisión, radio, etc.

2.4 Medición del consumo eléctrico

En una residencia se puede medir el consumo de electricidad de dos maneras: utilizando el medidor que la empresa eléctrica instala en los domicilios de los usuarios para el cobro del servicio, o mediante la factura (Recibo).

El consumo en kilowatts-hora (kWh) es el resultado de la diferencia entre la lectura que se realiza al inicio de un periodo y la que se hace al final del mismo. Por ejemplo, si la primera lectura que se hizo fue de 5315 y la actual es de 5428, el consumo del periodo es de 113 kWh.

En el sector industrial es necesario realizar algún tipo de medición que arroje datos de los parámetros que manejan los equipos de consumo, parámetros como voltaje, corriente, etc., por lo tanto es necesario conocer que existen varios tipos de instrumentos que tienen la finalidad de realizar las lecturas de estos factores.

2.4.1 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.



Figura 2. 2 Amperímetro de gancho

•Factorímetro.

El factorímetro es una tenaza simétrica, 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.



Figura 2. 3 Factorímetro.

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.



Figura 2. 4 Analizador de armónicos.

2.5 La electricidad en México

A través de los tiempos el hombre se ha valido de múltiples servicios que le han proporcionado confort a su subsistencia, tal es el caso de la energía eléctrica que ha tenido un papel preponderante en el desarrollo de la sociedad porque permite el avance de la tecnología en la vida moderna, y a su vez ésta ofrece equipos cada vez más sofisticados que brindan recreación, entretenimiento y comodidades, demandando mayor cantidad de energía eléctrica, como lo son los electrodomésticos, los aires acondicionados, etc., que en el ámbito residencial representan un papel primordial, ya que cada día son más necesarios para facilitar las labores tanto en el hogar como en el trabajo.

Estos adelantos han hecho que el consumo de energía eléctrica en las grandes ciudades haya tenido un aumento paulatino en los últimos años, caracterizándose principalmente en que la sociedad moderna es creciente y altamente tecnificada y continúa en la búsqueda de la comodidad, el desarrollo y el crecimiento en todos los aspectos; la ciencia, las guerras, las medicinas, el trabajo, el hogar, etc. Esto se constituye en un factor bastante preocupante hoy en día, ya que es vital para la sociedad moderna, porque

representa la sangre que hace mover los brazos de la tecnología y el desarrollo del mundo. Y es donde se debe poner de manifiesto la necesidad de reflexionar y pensar en no malgastar el uso de la energía eléctrica.

La electricidad debe ser generada, transportada, distribuida, medida y facturada, pero todo este proceso requiere de un sistema eléctrico que debe mantenerse al día, donde se incluye personal especializado y alta tecnología en materiales y equipos que es de suma importancia el disponer de un sistema de distribución eléctrica que brinde cierta confiabilidad, continuidad y seguridad a las personas que habitan las viviendas. Para cumplir estos objetivos las empresas de este sector como CFE, deben realizar todas o algunas de las etapas, como lo son: generación, transmisión, distribución, y comercialización del servicio eléctrico. (CFE; 2003).

2.5.1 Generación

A lo largo de los años el objetivo fundamental de la CFE, ha sido crecer para atender todas las necesidades de energía eléctrica de la población, de la industria, la agricultura, el comercio y los servicios en México.

La generación de energía eléctrica en la Comisión Federal de Electricidad se realiza en centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, eólicas y nucleares.

Al cierre del mes de septiembre de 2005, la CFE contó con una capacidad efectiva instalada para generar energía eléctrica de 45,871.92* Megawatts (MW), de los cuales: 8,250.90 MW son de productores independientes (termoeléctricas); 10,269.58 MW son de hidroeléctricas; 22,424.89 MW corresponden a las termoeléctricas de CFE; 2,600.00 MW a carboeléctricas; 959.50 MW a geotermoeléctricas; 1,364.88 MW a la nucleoeléctrica, y 2.18 MW a la eoeléctrica.

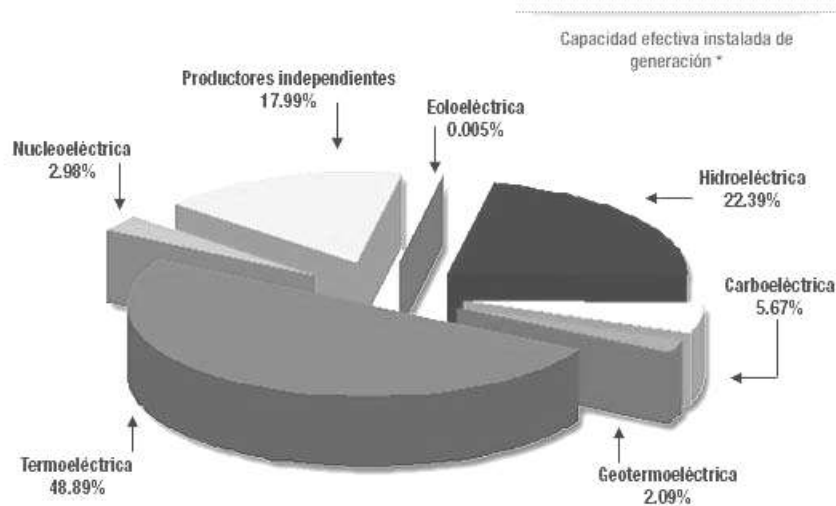


Figura 2. 5 Capacidad efectiva instalada de generación.

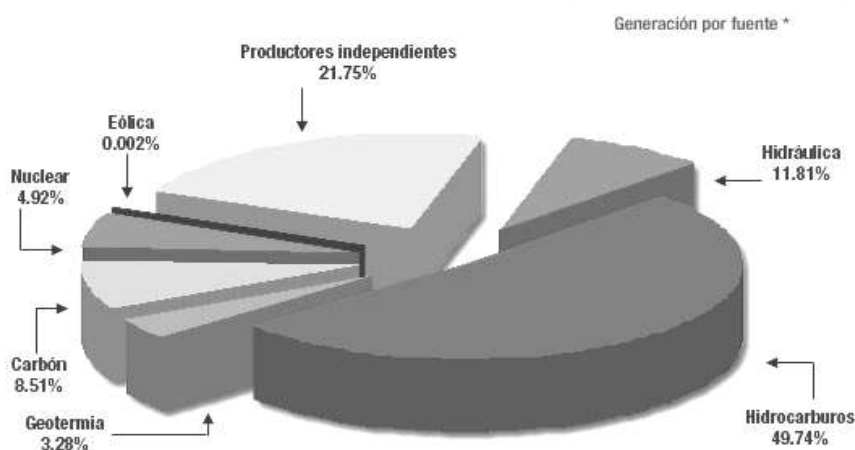


Figura 2. 6 Generación por fuentes.

2.5.2 Capacidad instalada

Para poder cumplir el objetivo de cubrir las necesidades de energía eléctrica de la población, de la industria, la agricultura, el comercio y los servicios en México, CFE ha tenido que aumentar la generación de electricidad, como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 2. 1 Desarrollo de la capacidad instalada y de la generación.

		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005*
Capacidad (MW)	CFE	33,944	34,384	34,839	35,385	36,236	36,855	36,971	38,422	37,621
	PIE'S	-	-	-	484	1,455	3,495	6,756	7,265	8,251
	Total	33,944	34,384	34,839	35,869	37,691	40,350	43,727	45,687	45,872
Generación (TWh)	CFE	159.83	168.98	179.07	190.00	190.88	177.05	169.32	159.53	127.93
	PIE'S	-	-	-	1.21	4.04	21.83	31.62	45.86	35.55
	Total	159.83	168.98	179.07	191.20	194.92	198.88	200.94	205.39	163.48

* Incluye 17 centrales de productores independientes de energía, (PIE) las cuales aparecen en el apartado de Centrales Generadoras. Información a septiembre de 2005.

2.5.3 Centrales generadoras

De todas las formas de energía conocidas en la actualidad, la que más se emplea para la economía de cualquier nación, es la energía eléctrica.

La posibilidad de explotar distintos tipos de fuentes de energía como corrientes de ríos, combustóleo, gas, Uranio, carbón, la fuerza de los mares y vientos, géiser, etc. de sitios alejados de los centros de consumo, hace posible que la energía eléctrica se transmita a grandes distancias, lo que resulta relativamente económico, ya que es necesaria en la gran mayoría de procesos de producción de la sociedad actual.

Las bases de la energía eléctrica fueron cimentadas a mediados del siglo XIX, cuando el científico inglés, Michael Faraday, en el año de 1831, descubrió el fenómeno de la inducción electromagnética. Las posteriores investigaciones de la interacción de los conductores de corriente eléctrica con el campo electromagnético posibilitaron la creación de generadores eléctricos, que transforman la energía mecánica del movimiento giratorio en energía eléctrica, lo que formó la base de un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP).

Sistema eléctrico de potencia (SEP)

Un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión interconectadas entre sí y de sistemas de distribución esenciales para el consumo de energía eléctrica.

El Sistema Eléctrico de Potencia (SEP) está formado por tres partes principales: generación, transmisión y distribución; siendo:

La GENERACIÓN, es donde se produce la energía eléctrica, por medio de las centrales generadoras, las que representan el centro de producción, y dependiendo de la fuente primaria de energía, se pueden clasificar en:

- Centrales hidroeléctricas
- Centrales termoeléctricas
- Centrales geotermoeléctricas
- Centrales nucleoelectricas
- Centrales eólicas

Las centrales generadoras se construyen de tal forma, que por las características del terreno se adaptan para su mejor funcionamiento, rendimiento y rentabilidad.

En régimen normal, todas las unidades generadoras del sistema se encuentran en " sincronismo ", es decir, mantienen ángulos de cargas constantes. En este régimen, la frecuencia debe ser nominal (60 Hz) o muy cercana a ésta. Los voltajes de generación varían de 2.4 a 24 kV., dependiendo del tipo de central.

Las características de las centrales eléctricas se relacionan con la subestación y la línea de transmisión en función de la potencia, la distancia a que se transmite y al área por servir.

Hidroeléctrica

Las centrales hidroeléctricas utilizan la energía potencial del agua como fuente primaria para generar electricidad. Estas plantas se localizan en sitios en donde existe una diferencia de altura entre la central eléctrica y el suministro de agua. De esta forma, la energía potencial del agua se convierte en energía cinética que es utilizada para impulsar el rodete de la turbina y hacerla girar para producir energía mecánica. Acoplado a la flecha de la turbina se encuentra el generador que finalmente convierte la energía mecánica en eléctrica.

Termoeléctrica

Así mismo, las plantas termoeléctricas que necesitan quemar combustible, poseen unidades que trabajan con gas y diesel, y son muy poco utilizadas por su alto porcentaje de contaminación ambiental. La CFE con los productores externos de energía están aportando al sistema interconectado del país un promedio de 43,571 Gigawatts por hora.

Geotermoeléctrica

La Comisión Federal de Electricidad se ha preocupado por desarrollar fuentes de energía para generar electricidad, alternas a los combustibles fósiles, a las grandes plantas hidroeléctricas y a las centrales nucleares. Considerando la ubicación geográfica y geológica de México, las fuentes alternas de energía más asequibles son la geotermia y la energía eólica

México tiene una larga historia de aprovechamiento de la geotermia para generar electricidad, misma que se inicia en la década los cincuenta cuando se instaló en Pathé, Hidalgo, la primera planta geotermoeléctrica en el continente americano.

La capacidad geotermoeléctrica de México es de 847.90 megawatts (MW), con la cual se generó 2,94% GWh de los 47,514 GWh que se produjeron al 31 de marzo de 2003. El campo geotérmico de Cerro Prieto, el

segundo más grande del mundo, produce el 51.68 % de la electricidad que se distribuye en la red de Baja California, que es un sistema aislado del Sistema Eléctrico Nacional.

Núcleoelectrónica

La única central nucleoelectrónica del país Laguna Verde se encuentra localizada sobre la costa del Golfo de México, en el municipio de Alto Lucero, estado de Veracruz. Está integrada por dos unidades, cada una con una capacidad de 682.44 MWe (Mega Watts eléctricos); los reactores son tipo Agua Hirviente (BWR-5) y la contención tipo Mark II de ciclo directo.

La Unidad 1 ha generado más de 57.2 millones de MWh, con una disponibilidad de 84.13% y un factor de capacidad de 80.08%; mientras que la Unidad 2 ha generado más de 37.3 millones de MWh, siendo su factor de disponibilidad de 85.34% y el de capacidad de 81.86%. Ambas unidades representan el 3.38% de la capacidad efectiva instalada de CFE*, con una contribución a la generación del 6.08%.

Eolétrica

Este tipo de central convierte la energía del viento en energía eléctrica mediante una aeroturbina que hace girar un generador. La energía eólica está basada en aprovechar un flujo dinámico de duración cambiante y con desplazamiento horizontal. La cantidad de energía obtenida es proporcional al cubo de la velocidad del viento, lo que muestra la importancia de este factor.

Los aerogeneradores aprovechan la velocidad de los vientos comprendidos entre 5 y 20 metros por segundo. Con velocidades inferiores a 5 metros por segundo el aerogenerador no funciona y por encima del límite superior debe pararse para evitar daños a los equipos. (Escolar, 2004)

2.5.4 Transmisión y distribución

Para conducir la electricidad desde las plantas de generación hasta los consumidores finales, CFE cuenta con las redes de transmisión y de distribución, integradas por las líneas de conducción de alta, media y baja tensión.

Transmisión

La red de transmisión considera los niveles de tensión de 400, 230 y 161 kilovolts (kV). Al finalizar septiembre del año 2005, esta red alcanzó una longitud de 45,362km.

Tabla 2. 2 Longitud de líneas de transmisión (km).

Nivel de tensión (kV)	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
400	12,249	12,399	13,165	13,695	14,504	15,998	17,790
230	20,292	21,224	21,598	22,645	24,060	24,773	25,687
161	456	456	508	508	646	470	475
150	66	0	0	0	0	0	0
Total	33,063	34,079	35,271	36,848	39,210	41,241	43,952

Transformación

La transformación es el proceso que permite, utilizando subestaciones eléctricas, cambiar las características de la electricidad (voltaje y corriente) para facilitar su transmisión y distribución. Ésta ha crecido en paralelo al desarrollo de la red de transmisión y distribución, contando a septiembre del año 2005 con 172,243 MVA, de los cuales 77.09% corresponde a

subestaciones de transmisión y el restante 22.91% a subestaciones de distribución.

Tabla 2. 3 Capacidad en subestaciones (MVA).

Tipo de Subestación	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005 *
Transmisión	90.9	94.5	98.4	104.5	107.8	113.5	119.7	125.0	128.8	132.8
Distribución	26.2	27.1	28.2	29.8	31.6	33.0	36.2	37.7	38.7	39.5
Total	117.1	121.6	126.7	134.4	139.5	146.6	155.9	162.7	167.6	172.2

MVA =Millones de volt-amperes

Distribución

La red de distribución esta integrada por las líneas de subtransmisión con niveles de tensión de 138, 115, 85 y 69 kilovolts (kV); así como, las de distribución en niveles de 34.5, 23, 13.8, 6.6, 4.16 y 2.4 kV y baja tensión. A septiembre de 2005, la longitud de estas líneas fue de 45,511 km y 595,110 km, respectivamente. (CFE; 2003)

Tabla 2. 4 Longitud de líneas de distribución. (km)

Nivel de tensión (kV)	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005*
Subtransmisión										
138	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.3	1.3	1.4
115	30.3	30.9	32.3	34.1	34.9	36.1	38.0	38.7	40.1	40.8
85	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
69	3,566	3.4	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3	3.3	3.2	3.2
Subtotal	35,301	35.7	37.1	38.8	39.6	40.7	42.6	43.6	44.9	45.5
Distribución										
34.5	54.8	55.6	57.1	58.9	60.3	61.7	62.7	63.6	64.7	65.9
23	20.5	22.0	22.7	23.3	23.7	24.6	25.8	26.3	27.4	27.8
13.8	211.5	219.2	226.9	233.2	239.7	246.3	251.7	257.4	264.5	268.4
6.6 1_/_	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Baja tensión	196.9	205.9	208.7	211.9	215.3	221.0	222.1	225.1	230.2	232.5
Subtotal	484.5	503.5	516.1	528.1	539.7	554.3	563.0	573.2	587.5	595.1
Total de líneas	519.8	539.3	553.3	566.9	579.3	595.1	605.7	616.8	632.4	640.6
Total CFE 2_/_	550.9	571.1	586.3	601.0	614.6	632.0	644.9	658.0	676.4	686.0

1_/_ Incluye tensiones de 4.16 y 2.4 kV

2_/_ El total incluye líneas de Transmisión

*Cifras a septiembre de 2005

2.6 Aspectos generales en el consumo eléctrico

Antes de entrar en el desarrollo del trabajo, es necesario hacer referencia acerca de algunos aspectos básicos que se deben conocer para entender el enfoque y avance de este escrito. Como consumidores debemos tener una idea clara de algunos términos empleados por los proveedores de energía con el fin de darnos cuenta que es lo que realmente ocasiona un alto cobro en el insumo, que no es necesariamente una mala lectura o un error por parte de la compañía de energía.

2.6.1 Términos de facturación

Es necesario que el usuario del servicio eléctrico conozca una serie de términos utilizados para la facturación de la energía, términos que respaldan varias consideraciones al momento del cobro del suministro, estas consideraciones han sido publicadas en el Diario Oficial de la Federación (CONAE; 2003)

Energía

La energía eléctrica, para el caso que nos ocupa, es un concepto asociado al tiempo y a la potencia nominal de una determinada carga eléctrica, así asociamos que, entre más tiempo un equipo este operando, más energía estará consumiendo, de ahí la necesidad de apagar los equipos que estén encendidos ociosamente. La unidad de medida de la energía eléctrica es el kilovatio-hora o kWh. El medidor de energía, almacena el valor acumulado de toda la energía consumida durante el ciclo de lectura. Por ejemplo, tenemos 2 focos de distinta potencia, cada uno encendido un número diferente de horas. (CONAE; 2003)

Caso 1	Caso 2
1 foco de 100 w de POTENCIA encendido durante 4 horas	1 foco de 40 w de POTENCIA encendido durante 10 horas

Al calcular la energía para ambos casos, vemos que ambos consumen lo mismo:

Caso 1	Caso 2
Energía = Potencia x Tiempo = 100 w x 4 horas = 400 Wh	Energía = Potencia x Tiempo = 40 w x 10 horas = 400 wh

Tarifas

Las tarifas eléctricas son los precios que se establecen para que la empresa eléctrica recupere los costos que le significan el generar, transmitir y distribuir la electricidad que llega finalmente a los usuarios. Estos costos se pueden descomponer en fijos y variables. Los costos fijos son los que significan el amortizar las grandes inversiones en instalaciones y equipos de generación, los sistemas (torres, cables, subestaciones) de transmisión y distribución. Igualmente, pero en menor proporción, los inmuebles, vehículos y equipos que son necesarios para operar y mantener estos sistemas.

Los costos variables son, principalmente, los relacionados al costo de los combustibles para generación, al pago de la planta laboral y del conjunto de materiales y servicios que son indispensables para la operación cotidiana del sistema. En México la principal fuente primaria de energía para la generación de electricidad son los combustibles fósiles y, en particular, el combustóleo, el cual es un subproducto de la refinación del petróleo. En el capítulo 4 se profundiza debidamente en este tema.

2.6.2 Equipos de consumo

Son muchos los equipos que demandan energía eléctrica para su funcionamiento en esta institución, sin embargo son solo algunos los que no pueden quedar excluidos de cualquier análisis ya que existen en todo sistema eléctrico de cualquier institución u organismo.

Transformador

El transformador es una máquina eléctrica que se caracteriza por ser un dispositivo estático de tipo electromagnético, que tiene dos o más devanados acoplados por un campo magnético mutuo, canalizado a través del núcleo y, que se usa para convertir uno o varios sistemas de corriente alterna en otro(s) de corriente alterna de tensión diferente. La aplicación de

los transformadores, permite elevar o bajar la tensión, variar el número de fases y, en algunos casos, incluso variar la frecuencia de la corriente alterna.

Motores eléctricos

En la industria cerca de un 73% de la energía consumida es debido a la operación de motores eléctricos. Disminuir el monto de la factura eléctrica por este concepto significa vigilar el trabajo eficiente de los motores eléctricos mediante recomendaciones de ahorro energético o, la instalación de motores de alta eficiencia, unido a una buena instalación eléctrica y mecánica, al uso de sistemas de control, la optimización de la carga y un correcto dimensionamiento de la máquina eléctrica.

El ahorro de energía inicia desde la selección apropiada de los motores. Siempre hay un motor adecuado a las necesidades que se requieren, tanto en lo que respecta a su tipo o clase, por condiciones ambientales de operación, por condiciones de arranque o regulación de velocidad, como por su tamaño o potencia.

Los mejores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el motor y su carga operan a su máxima eficiencia.

Luminaria

Las luminarias son unidades completas de iluminación que están formadas por una lámpara o por lámparas con accesorios diseñados para distribuir la luz, ubicar y proteger las lámparas, y conectar las mismas a la fuente de alimentación.

Climatización

El aire acondicionado es una técnica moderna que consiste en el tratamiento del aire con el fin de aportarle las condiciones de confort que puedan faltarle.

El aire acondicionado es uno de los equipos o sistemas que más consumen energía. Sin embargo, en lugares muy cálidos se convierte en un equipo indispensable para los miembros del hogar. Por ello es necesario seguir

ciertas reglas de uso para aprovechar adecuadamente este recurso y evitar en lo posible el desperdicio inútil o negligente de energía, situación que trae como consecuencia un elevado cobro en la tarifa eléctrica. (CONAE; 2003)

2.7 Iluminación eléctrica

Existe una gran variedad de equipos que demanda un consumo eléctrico, sin embargo no en todos ellos se puede implementar un programa de optimización que consista en el reemplazo de tecnología, esto debido a los altos costos de equipamiento o por ser equipos que no tienen un trabajo constante durante el año y por consiguiente no justifican una inversión de este tipo; entre estos conjuntos podemos señalar la climatización que es necesaria solo en cierta temporada. Ahora para el caso de la iluminación, la cual se aprovecha durante gran parte del año, si existe una justificación de realizar mejoras o inversiones que se pueden recuperar por un ahorro generado.

El presente trabajo, se aboca principalmente al análisis de sistemas eficientes de iluminación y es por esta razón que solo se toca en lo necesario otro tipo de equipos; estos tiene participación en el consumo de energía en la institución pero no se abordan con detalle en este documento. Vamos pues a entrar en el análisis de los equipos de iluminación para entender el impacto de su empleo en cualquier organización.

Introducción

La iluminación eléctrica es aquella mediante la cual cualquiera de los numerosos dispositivos convierten la energía eléctrica en luz. Los tipos de dispositivos de iluminación eléctrica utilizados con mayor frecuencia son las lámparas incandescentes, las lámparas fluorescentes y los distintos modelos de lámparas de arco y de vapor por descarga eléctrica.

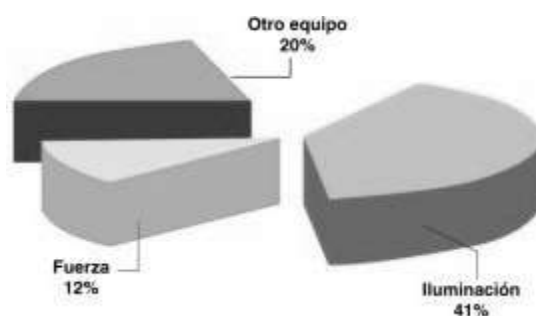


Figura 2. 7 Porcentaje de uso de energía eléctrica por equipos.

La iluminación podría representar entre el 10% y 15% de la energía consumida por una industria, y entre un 25% y 50 % para el sector comercial. De lo anterior la importancia de tomarla en cuenta.

Ahorrar energía en la iluminación requiere la reducción de la electricidad consumida en la fuente o la reducción del tiempo en que la fuente de iluminación se encuentra encendida.

Esto se puede lograr mediante:

- Disminución de la potencia, lo cual involucra reemplazar las lámparas o accesorios.
- Reducción del tiempo que las luces están encendidas, esto es mejorar los controles de iluminación y educar a los usuarios en cuanto al apagado de luces innecesarias.
- Uso de la luz solar, lo cual reduce el consumo de la energía mediante el reemplazo de luces eléctricas por luz natural, esto puede representar ahorros de un 40 a 60% del uso de electricidad para iluminación.
- Realización de mantenimientos simples, lo que preserva la calidad de la iluminación y permite menores niveles iniciales de iluminación.

Tecnología de la iluminación eléctrica

Si una corriente eléctrica pasa a través de cualquier conductor que no sea perfecto, se consume una determinada cantidad de energía que aparece en forma de calor en el conductor. Por cuanto cualquier cuerpo caliente despedirá una cierta cantidad de luz a temperaturas superiores a los 525 °C, un conductor que se calienta por encima de dicha temperatura mediante una corriente eléctrica actuará como fuente luminosa. Una bombilla o lámpara incandescente está formada por un filamento de material de punto de fusión muy elevado dentro de una ampolla de vidrio, en cuyo interior se ha hecho el vacío o está llena de un gas inerte. Se deben utilizar filamentos con puntos de fusión elevados porque la proporción entre la energía luminosa y la energía térmica generada por el filamento aumenta a medida que se incrementa la temperatura, obteniéndose la fuente luminosa más eficaz a la temperatura máxima del filamento. En las primeras lámparas incandescentes se utilizaban filamentos de carbono, aunque las modernas se fabrican con hilos muy finos de wolframio o tungsteno, con un punto de fusión de 3.410 °C. El filamento debe estar al vacío o en una atmósfera inerte, ya que de lo contrario reaccionaría químicamente con el entorno al calentarse. El uso de gas inerte en lugar de vacío en estas lámparas tiene como ventaja una evaporación más lenta del filamento, lo que prolonga la vida útil de la lámpara. La mayoría de las lámparas incandescentes modernas se rellenan con una mezcla de argón y gases halógenos, o bien con una pequeña cantidad de nitrógeno o de criptón. La sustitución de las ampollas de vidrio por compactos tubos de vidrio de cuarzo fundido ha permitido cambios radicales en el diseño de las lámparas incandescentes.

Tipos de lámparas

Lámparas de incandescencia

La incandescencia es un sistema en el que la luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor. La eficacia luminosa o rendimiento de una lámpara se expresa

como el cociente entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica consumida.

$$R = \frac{\varphi}{W} = Lm/W \quad \text{Ecuación 2.1}$$

La eficacia de las lámparas de incandescencia es la más baja de todas las lámparas y es del orden de 8 Lm/W para lámparas de pequeña potencia y del orden de 20 Lm/W para las de gran potencia.

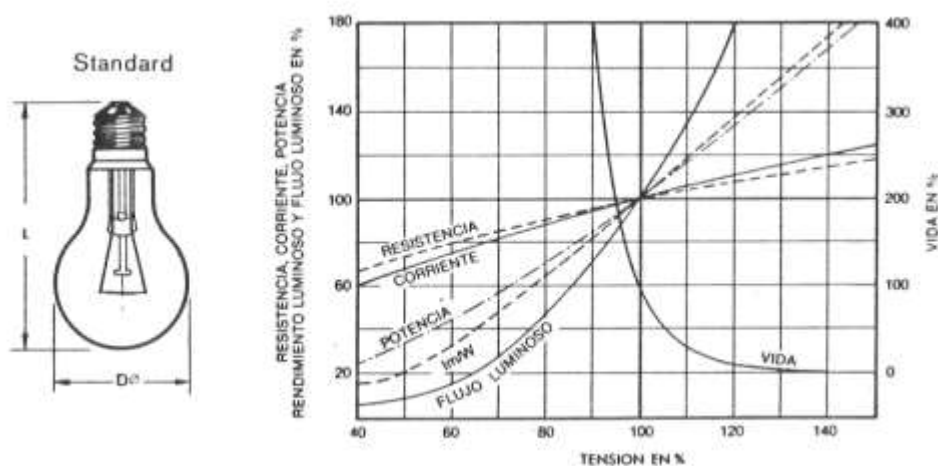


Figura 2. 8 Comportamiento de la lámpara incandescente.

Lámparas Fluorescentes

Las lámparas fluorescentes son fuentes luminosas originadas como consecuencia de una descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, en las que la luz se genera por el fenómeno de fluorescencia. Este fenómeno consiste en que determinadas sustancias luminiscentes, al ser excitadas por la radiación ultravioleta del vapor de mercurio a baja presión, transforman esta radiación invisible en otra de onda más larga y que se encuentra dentro del espectro visible.

La lámpara fluorescente normal consta de un tubo de vidrio de un cierto diámetro y longitud variable según la potencia, recubierto internamente de una capa de sustancia fluorescente. En los extremos de este tubo se encuentran los cátodos de wolframio impregnados en una pasta formada por óxidos alcalinotérreos que facilitan la emisión de electrones. El tubo está relleno de gas argón a baja presión y una pequeña cantidad de mercurio. Conectada la lámpara en su correspondiente circuito, la corriente eléctrica que atraviesa los electrodos, los calienta y les hace emitir electrones, iniciándose la descarga si la tensión aplicada entre los extremos es suficiente. El calor producido, evapora rápidamente el mercurio por lo que la descarga se mantiene en una atmósfera de mayor conductividad, mezcla de gas argón y del vapor de mercurio.

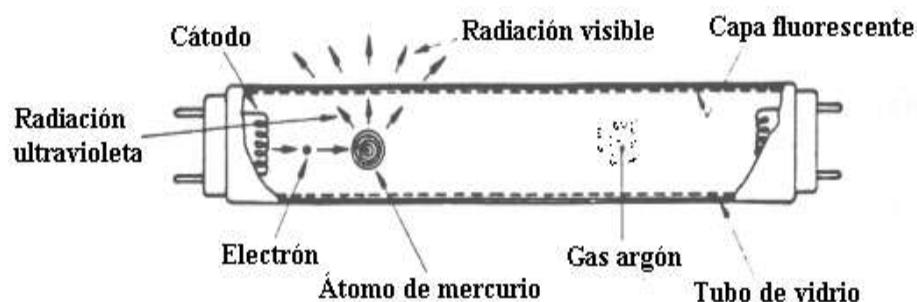


Figura 2. 9 Lámpara de descarga.

Las lámparas fluorescentes, como todas las de descarga, presentan una resistencia al paso de la corriente que disminuye a medida que esta se incrementa. Este efecto las llevaría a la autodestrucción si no les colocáramos algún elemento que controle la intensidad que circula por ellas; este elemento es una reactancia cuyo nombre específico para este caso es “balastro”

Las funciones que debe cumplir una reactancia, en el orden en que se realizan al poner en funcionamiento un tubo fluorescente, son:

- Proporcionar la corriente de arranque o precalentamiento de los filamentos para conseguir de éstos la emisión inicial de electrones.
- Suministrar la tensión de salida en vacío suficiente para hacer saltar el arco en el interior de la lámpara.
- Limitar la corriente en la lámpara a los valores adecuados para un correcto funcionamiento.

En la figura mostramos el circuito fundamental de funcionamiento de una lámpara fluorescente con su balasto y su interruptor de puesta en marcha (cebador).

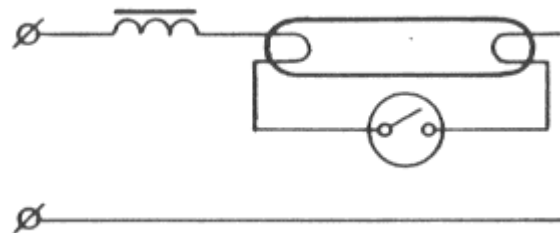


Figura 2. 10 Conexión de lámpara de descarga.

Arranque de las lamparas fluorescentes.

De acuerdo a su tecnología de arranque las lámparas fluorescentes se dividen en tres grupos:

- Arranque instantáneo
- Arranque Rápido
- Arranque por Precalentamiento

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 lámparas 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 SlimLine, 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 precalentamiento. 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.

Lámparas de vapor de mercurio

El funcionamiento de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, conocidas simplemente como de vapor de mercurio, se basa en el mismo principio que el de las lámparas fluorescentes. Así como una lámpara fluorescente de descarga en mercurio a baja presión genera casi exclusivamente radiaciones ultravioleta, con altas presiones de vapor el espectro cambia notablemente, emitiendo varias bandas que corresponden a las sensaciones de color violeta (405 nm), azul (435 nm), verde (546 nm) y amarillo (570 nm), emitiendo también una pequeña cantidad de radiaciones ultravioleta.

Como las cualidades cromáticas de estas radiaciones no resultan muy buenas, debido en gran parte a la ausencia de radiaciones rojas, las radiaciones ultravioleta se transforman, mediante sustancias fluorescentes, en radiaciones comprendidas dentro del espectro rojo, dando como resultado una lámpara con un mejor rendimiento cromático.

Las lámparas de vapor de mercurio están constituidas por una pequeña ampolla de cuarzo, provista de dos electrodos principales y uno o dos auxiliares, en cuyo interior se encuentra una cierta cantidad de argón y unas gotas de mercurio. Los electrodos auxiliares llevan una resistencia en serie que limita la intensidad que por ellos puede circular.

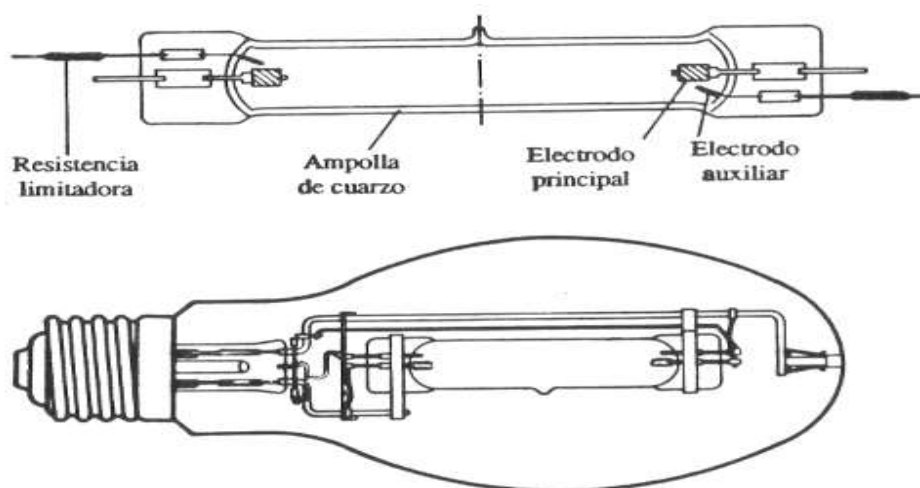


Figura 2. 11 Tipos de lámpara de descarga.

La pequeña ampolla de cuarzo está contenida dentro de otra de mucho mayor tamaño, de vidrio, cuya misión es la de proteger a la pequeña ampolla, establecer un cierto equilibrio térmico, así como también la de ser depositaria en su interior de sustancias fluorescentes encargadas de darle una cierta tonalidad roja.

Como todas las lámparas de descarga, la lámpara de vapor de mercurio debe llevar un elemento limitador de corriente, balasto. Cuando la conectemos a la red de alimentación, se producirá inicialmente una descarga entre el electrodo principal y el auxiliar, que se encuentran muy próximos, lo que ioniza el argón, haciéndolo conductor y estableciendo un tenue arco entre los dos electrodos principales; el calor generado por esta descarga va progresivamente evaporando el mercurio del interior de la ampolla, y poco a poco se va convirtiendo en el conductor principal.

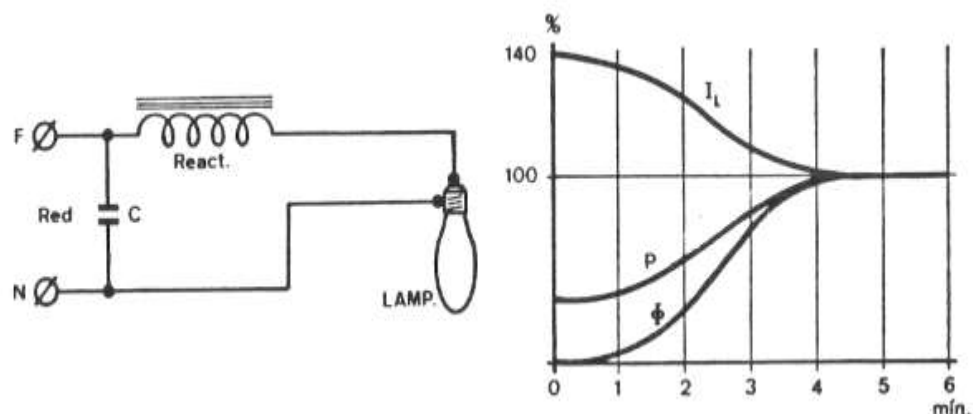


Figura 2. 12 Comportamiento de la lámpara de descarga en el tiempo.

A medida que aumenta la temperatura en el tubo de descarga, aumenta la presión del vapor de mercurio y con ella la potencia activa consumida y el flujo luminoso emitido, hasta alcanzar, al cabo de 3 o 4 minutos, los valores normales de régimen. La intensidad absorbida por el circuito se inicia con un valor del orden del 40 al 50% mayor que el nominal, y va reduciéndose progresivamente tal y como hemos indicado.

Esta variación de la intensidad durante el arranque de la lámpara tiene una muy importante influencia en el circuito, ya que en un alumbrado de este

tipo, el limitador deberá estar dimensionado para poder aguantar dicha intensidad.

Si por algún motivo se apaga la lámpara, y seguidamente queremos volver a encenderla, ello no resulta posible debido a que el vapor de mercurio no se habrá enfriado y estará con una presión elevada. Transcurridos tres o cuatro minutos, la lámpara se habrá enfriado y reanudará el periodo de encendido; esto supone un serio inconveniente para este tipo de lámparas.

Lámparas de vapor de sodio a baja presión

Constructivamente las lámparas de vapor de sodio a baja presión están formadas por dos ampollas de vidrio tubulares. La ampolla interna o tubo de descarga tiene forma de U y en su interior se encuentra una pequeña cantidad de gas neón a baja presión y sodio puro en forma de gotas, cuando está frío; así mismo, en los extremos del tubo de descarga se encuentran dos electrodos de filamento de wolframio, sobre los que se ha depositado un material emisor de electrones.

La ampolla exterior envolvente, tiene como misión la protección térmica y mecánica del tubo de descarga, y entre las dos se ha hecho el vacío.

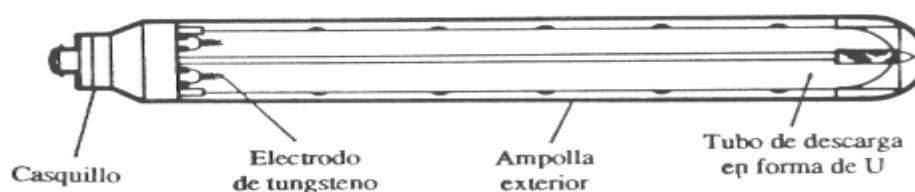


Figura 2. 13 Partes de la lámpara de vapor de sodio.

Al aplicar tensión entre los electrodos, se produce la descarga a través del gas neón, la cual determina la emisión de una luz roja característica de este

gas. El calor generado por la descarga produce la vaporización progresiva del sodio y, como consecuencia, la descarga pasa a efectuarse en una atmósfera en la que la concentración de sodio es cada vez mayor, produciendo una luz cada vez más amarilla.

El proceso de encendido de una lámpara de vapor de sodio a baja presión dura unos 10 minutos y al final se obtiene una luz amarilla monocromática de una longitud de onda de 5.890 nm. (Phillips; 1984)

Si bien en esta última parte solo se habló de luminaria, es debido a que es en esta área donde se puede dar una solución viable al mal uso de la energía en los sistemas de iluminación.

CAPÍTULO

3. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

3.1 Introducción

Existe una problemática muy arraigada en el país, la poca preocupación que existía en México por el consumo de electricidad, en otros tiempos el precio de este energético era bajo comparándolos con otros insumos, esta mentalidad debe cambiar, ya que a raíz de los ajustes inflacionarios y aumento de los combustibles surge la pregunta si se sigue o no malgastando el uso de la energía eléctrica; hoy en día en muchos hogares se están tomando medidas para disminuir los costos, por ejemplo apagar el televisor que no se está viendo o las luces en las habitaciones desocupadas y usar la lavadora con su carga máxima son algunas de las medidas caseras que contribuyen a controlar el consumo de energía eléctrica. Pero en realidad esta problemática no sólo se refleja en casas domésticas, sino también en las grandes corporaciones, donde la búsqueda de soluciones a los constantes aumentos de electricidad y consumo de energía eléctrica es primordial, ya que esto representa mayor costo de facturación. En el caso de organismos públicos, donde las soluciones son más complejas, porque cada día se observa mayor desgaste, como es el caso de calles, avenidas y plazas públicas, donde la mayoría de los sistemas de iluminación son del tipo incandescente de más de 30 años, presentando problemas como: la

vida útil de las lámparas, que es corta; la humedad, que hace que las luminarias se queman muy rápidamente; los niveles de iluminación, que son muy bajo, considerando también que funcionan casi todo el día, debido a que los dispositivos de encendido automáticos (Fotoceldas) se encuentran dañadas por la falta de mantenimiento.

Se ha visto en páginas anteriores la gran infraestructura con la que cuenta el país para suplir la demanda de energía, pero existe otra problemática que afronta la nación la tendencia hacia el incremento de las tarifas eléctricas.

De igual manera en instituciones educativas, como en escuelas, liceos e institutos universitario se presentan los problemas de desperdicio de energía eléctrica, de los cuales podemos mencionar algunas de las causas como son: la apatía por parte de todo el personal en cuanto al apagado de las luces y equipos que no se están utilizando; el uso de lámparas incandescentes del tipo de halógeno de muy alto consumo de energía; el envejecimiento y deterioro de materiales y equipos, los cuales cumplen con su período de vida útil, tras el cual deben ser reemplazados; la falta de mantenimiento; las conexiones desproporcionadas, todo esto ocasiona interrupciones prolongadas y costosas en el servicio de electricidad, que afecta directa e indirectamente al personal que labora en dichas instituciones. Dentro de estas instituciones se encuentra el Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Nuevo León Plantel Marín que al igual que otras instituciones no se excluyen de la problemática antes manifestada, ya que posee los sistemas eléctricos comúnmente utilizados, circuitos de alumbrados, tomacorrientes, etc., que permiten conectar equipos que demandan energía.

3.2 Historia de la institución

El Colegio de Estudios Científicos y Tecnológicos del Estado de Nuevo León plantel Marín fue creado en el año de 1993, dando inicio a sus actividades en el mes de Agosto del mismo año, con una población estudiantil de 24

alumnos y ofreciendo las carreras de Técnico en Contabilidad y Electrónica. En 1996 fue abierta la especialidad de Técnico en Análisis y tecnologías de los Alimentos. Este colegio se encuentra ubicado a 390 metros sobre el nivel del mar en las coordenadas 25°53' de latitud norte y 100°03' de longitud oeste, en el municipio de Marín Nuevo León, en la calle "Camino a Higuera #200". El objetivo principal del colegio es la formación, capacitación y desarrollo del recurso humano en las áreas de Contabilidad, Electrónica y Análisis y Tecnología de los Alimentos, a fin de cubrir la demanda de los mismos en el sector y en cualquier otra región que lo requiera. Es una institución oficial de educación media superior bivalente establecida en la zona noreste del estado de Nuevo León, comprometida con la formación de técnicos especialistas en las áreas de Contabilidad, Electrónica y Alimentos. Los egresados deben de poseer habilidades, destrezas y hábitos de aprendizaje que les permitan ir acorde con el avance tecnológico que permanentemente se genere. El ritmo cambiante de la sociedad actual demanda una constante actualización de los programas de clase sin demora, a las necesidades. (CECYTE 2004)

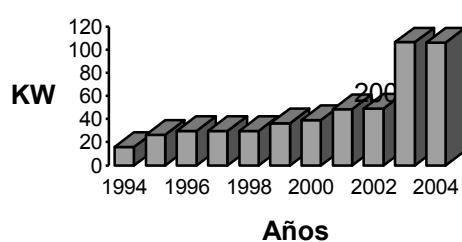
Crecimiento de la institución

A pesar de haber iniciado labores en el año de 1993, la institución no contaba con un edificio propio fue, hasta el mes de febrero de 1994 cuando se entrega parte de la infraestructura de lo que hoy es la institución, comprendía entonces las aulas ubicadas en el edificio¹, el laboratorio polivalente y los baños. Para el año de 1995 se construye el laboratorio de computo, en 1999 se realiza la construcción de los talleres de alimentos y electrónica para finalizar en el 2001 con la construcción del laboratorio de idiomas y la biblioteca. Aunque la fase final de construcción fue en el 2001, la carga eléctrica ha ido aumentando hasta este momento debido a la instalación de equipo que cada año demanda la institución. Se observa en la tabla 3.1 el crecimiento de carga conectada en el colegio a través de los años:

Tabla 3. 1 Crecimiento histórico de la carga en el CECyTE Marín.

Equipo conectado	Carga instalada en watts										
	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Luminaria fluorescente	9,600	11,136	11,136	11,136	11,136	15,734	15,744	20,448	20,448	20,448	20,448
Luminaria Incandescente	825	825	825	825	825	825	825	1,925	1,925	1,925	1,925
Climas	4,500	9,000	11,700	11,700	11,700	11,700	11,700	11,700	11,700	61,200	61,200
Computadoras	----	4,800	5,400	5,400	5,400	6,000	9,000	10,500	10,500	18,300	18,300
Ventiladores	----	----	----	----	----	1,500	1,500	3,300	3,300	3,300	2,550
Motores	559	559	559	559	559	559	559	559	1,305	1,429	1,989
Total	15,484	26,320	29,620	29,620	29,620	36,318	39,318	48,432	49,178	106,602	106,412

Crecimiento de Carga la carga instalada por año

**Figura 3. 1 Grafica de crecimiento histórico de la carga en el CECyTE Marín.**

Como se observa en la tabla anterior en los años de 2003 y 2004 el consumo se dispara debido a una serie factores como lo son el crecimiento del colegio y el equipamiento de la mayoría de talleres y laboratorios.

Tabla 3. 2 Estimado de la carga conectada en el CECyTE Marín.

Equipos	Cantidad	Demanda (W)	Porcentaje (%) Carga conectada
Alumbrado Fluorescente	213	20,448	18.46
Alumbrado Incandescente	7	1,925	1.7
Climas	11	61,200	55.27
Computadoras	65	22,750	20.54
Ventiladores	16	2,400	2.16
Motores	5	1,989.33	1.7
Total	317	110,712.33	100

Como se observa en la tabla anterior los aires acondicionados y la iluminación, representan el mayor porcentaje de carga conectada en la institución, pudiendo también entrar en esta categoría los equipos de cómputo los cuales se descartan ya que solo 6 equipos operan las 8 horas de trabajo y el resto en lapsos cortos de tiempo.

Calculo de consumo

En el consumo de energía eléctrica y para efectos de tarifarios, lo que interesa a la Compañía no es el valor instantáneo que suministró al abonado, sino la totalidad de lo consumido por él durante un cierto tiempo; de modo que la evaluación de la energía suministrada se hace entonces por el trabajo proporcionado y no por la potencia. La tarifa, en consecuencia, se aplica sobre el producto (Potencia X Tiempo)=Trabajo. Así el consumo mensual de un abonado cuya instalación

$$P_{Facturada} = (Pot_{Watts} * Tiem_{hrs}) = KWH$$

Ecuación 3.1

Si se considera el tiempo de funcionamiento de estos equipos se obtiene el consumo que presentan, es el producto directo de la energía eléctrica utilizada para la generación del trabajo mecánico o generación de calor (potencia activa) durante un tiempo determinado, multiplicado por la tarifa (Ec.3.1).

Uno de los grandes problemas que existen en lo que respecta a la luminaria es el uso innecesario de las mismas en momentos en que la iluminación natural viene a eliminar la necesidad del uso de los equipos. El uso de la iluminación artificial se puede estimar en un tiempo promedio de aproximadamente 3.5 horas, este consumo se desarrolla en el horario de actividades académicas comprendido en la jornada de actividades de 7:50 A. M. hasta las 4:00 P. M. Un consumo promedio obtenido de los tiempos y capacidad de los aparatos se presenta a continuación.

Tabla 3. 3 Consumo en KWH por equipos en el CECyTE Marin.

Equipos	Tiempo Diario Promedio (Hrs)	Consumo Diario (KWH)	Consumo Mensual (KWH) 20 días	Porcentaje (%)
Climas	6	367.2	7,344	64.22
Luminarias Fluorescente	3.5	71.568	1,431.36	12.5
Luminaria Incandescente	12	23.1	693 (30 días)	6
Computadoras	4	91	1,820	15.9
Ventiladores	2	4.8	96	0.83
Motores	4	2.546	50.920	0.4
Total			11,435.28	100

Se observa en la tabla anterior, que solo *los climas representan un consumo mensual de 63.62 % pero es útil señalar que esto solo representa el consumo mensual en cierta época del año de Mayo a Septiembre* aproximadamente lo que no sucede con otros equipos que se usan en todo el ciclo escolar, aunado a

esto los climas cuentan con sensores de temperatura que apagan los compresores de enfriamiento una vez alcanzado el nivel óptimo.

Por otra parte la demanda de potencia en los sistemas de iluminación llega al 18.5 %, y son estos últimos los que serán considerados en este documento ya que existe un descontrol en cuanto apagado de las luminaria en la institución. Este alto porcentaje de consumo en las luminarias se presenta porque las mismas son del tipo convencional, es decir, de efectividad relativamente baja y de alto consumo porque están formadas por tubos fluorescentes de 40 W y balastos de alrededor de 16 W de consumo para una demanda por luminaria de alrededor de 96 W..

En la tabla N° 8 se observa la demanda que presentan las principales luminarias de la institución.

Tabla 3. 4 Demanda en watts y tipo de luminaria tradicional en el CECyTE Marin.

Luminarias	Potencia (W)
2*40 Fluorescente	96
De Luz Mixta Incandescente	275

3.3 Consumo de equipos

Existen en este colegio algunas áreas en las que se puede dar alguna solución al excesivo e irracional desperdicio de energía entre los que podemos citar la luminaria, la climatización y el sistema de bombeo. Antes de abordar en los capítulos siguientes las posibles soluciones a estos problemas vamos a dar alguna información general acerca de estos sistemas.

La institución cuenta con una estructura de planta física que va de acorde a las necesidades exigidas por la sociedad. Dicha institución cuenta varias instalaciones como: oficinas, aulas, talleres, laboratorios, biblioteca, entre otros, que requieren las conexiones eléctricas comúnmente utilizadas, tales como: circuitos de alumbrados, tomacorrientes, etc. Estas conexiones eléctricas son posibles, ya que el sistema eléctrico de alimentación de una subestación eléctrica compuesta por tres líneas de Arvidal 1/0 AWG (Aéreo), entrando por la parte posterior y alimentando el transformador de 112.5 KVA trifásico, con relación de transformación de 13.800 Voltios (AT) y 220 Voltios en conexión Delta-Estrella. En baja tensión los cuatros conductores son de 4/0 THW AWG, los cuales alimentan el interruptor principal con protecciones de 200 Amperios, el sistema cuenta con tres interruptores individuales de 100, 70 y 50 Amperios que son los encargados de alimentar los 4 diferentes edificios que componen el colegio.

Para el recorrido del cableado se ubican dos registros, en la primera se encuentran los empalmes de conexión hacia los registros que distribuyen el suministro eléctrico a cada edificio a través de tres conductores No. 1/0 THW AWG y un conductor para el neutro No.2 THW AWG.

Equipos instalados en la institución

Las instalaciones de planta física con que cuenta la institución están descritas de la siguiente manera:

- 8 Aulas de Clases.
- 3 Laboratorios, Polivalente, Idiomas y Computación.
- 2 Talleres, Alimentos y Electrónica.
- 1 Biblioteca.
- 1 Sala de Profesores.
- 4 Oficinas correspondientes a la parte Administrativa.
- Áreas exteriores, pasillos, baños, entre otros.

Demanda eléctrica de equipos

La demanda de energía eléctrica permite obtener, a través de un estudio de carga, la cantidad de energía que requieren los equipos instalados en los

diferentes circuitos eléctricos de la institución. Estos circuitos y su respectiva demanda se presentan a continuación:

Circuitos de Alumbrado:

Representado por toda la iluminación que hay en la institución. Y se desglosa de la siguiente forma:

- Alumbrado Fluorescente: 20,448 W
- Alumbrado Incandescente: 1,925 W

Representan una potencia total de: 22,878 W

Aires Acondicionados (220 V):

- 2 de 2 ½ Ton: $2 * 2.5 \text{ Ton} * 1800 \text{ W/Ton} = 9,000 \text{ W}$
- 2 de 1 ½ Ton: $2 * 1.5 \text{ Ton} * 1800 \text{ W/Ton} = 5,400 \text{ W}$
- 6 de 3 Ton: $6 * 3 \text{ Ton} * 1800 \text{ W/Ton} = 32,400 \text{ W}$
- 1 de 7 Ton: $1 * 7 \text{ Ton} * 1800 \text{ W/Ton} = 12,600 \text{ W}$
- 1 de 1 Ton: $1 * 1 \text{ Ton} * 1800 \text{ W/Ton} = 1,800 \text{ W}$

Para un total de: 61,200 W

Motores eléctricos:

- Bomba de ¾ HP: 559 W
- Bomba ¾ HP: 559 W
- Bomba ¾ 1 HP: 746 W
- 2 Extractores 1/12 HP: 1/6 HP: 124.33 W

Para una potencia de: 1,989.33 W.

3.4 Utilización de equipos en la institución

En las consideraciones eléctricas básicas, se indicó que la demanda es la carga conectada en las terminales receptoras de un equipo, mientras que el consumo es el producto directo de la energía utilizada, es decir se trata de

buscar una relación del consumo que presentan los equipos antes mencionados, ya que los mismos tienen un funcionamiento totalmente diferente. Para esto se analizaron todos y cada uno de los equipos instalados.

Aires acondicionados

Estos se encuentran en las oficinas del personal administrativo, algunas aulas y laboratorios tienen una potencia de 61,200 W para un tiempo de utilización de 6 horas diarias, 120 horas al mes, lo que representa un consumo de 7,344 KWH al mes en época de verano.

Luminarias

Actualmente en el CECyTE Marín hay luminarias de 2 tubos de 40 W, con 1 balastro que consume 16 W lo que hace un total de 96 W; así mismo existen luminarias del tipo luz mixta de 250 W con balastro de 16 y 25 W, en el caso de las lámparas de vapor de sodio y mercurio. Cabe destacar que los balastros que poseen las luminarias son del tipo electromagnéticos de muy alto consumo y gran cantidad de desprendimiento de calor.

No sólo se encuentra en el CECyTE Marín la problemática de las luces convencionales, sino también la existencia de innumerables conexiones eléctricas que no están acordes a las normas de seguridad exigidas y que están ocasionando fallas al sistema eléctrico, de las cuales se pueden mencionar:

Falla de alumbrado en las áreas externas e internas, producto del deterioro del sistema eléctrico, existen algunos falsos contactos en las bases de las lámparas que ocasionan parpadeos produciendo el recorte de la vida de la luminaria trayendo como consecuencia daños a los equipos del alumbrado, quemas de luminarias, eliminación parcial del servicio eléctrico en las áreas externas e internas y sus alrededores, gastos y costos a la institución

Equipos de cómputo

Los equipos de cómputo son indispensables en el trabajo de cualquier oficina y no se diga en las instituciones educativas. Es imposible abstenerse de su uso pero sí se puede realizar un programa de uso moderado sobre todo en los tiempos muertos que existen en los laboratorios por ausencia de actividad, esto no se puede llevar a cabo en las oficinas, pero es bien sabido que estos equipos no se comparan en número con los que existen en los laboratorios hasta tres o cuatro veces más. En el caso de una computadora el elemento que mayor energía consume es el monitor, el cual consume aproximadamente 75 watts para uno de 14", un equipo completo de computo tiene un consumo promedio de unos 350 W totales (Bebeboy; 2003)

Ventiladores

Estos equipos se encuentran en su gran mayoría en los laboratorios y talleres y como se dijo anteriormente se cuenta con 16. El tiempo de utilización de estos equipos es muy desproporcionado, ya que no existe ningún control para el encendido y apagado de los mismos, logrando un incremento en el consumo de electricidad. Los ventiladores tienen una potencia aproximada de 150 W y se considera un tiempo de utilización de 2 horas diarias o 40 horas al mes, lo que representa un consumo de 96 KW mensuales.

Motores

Los diversos equipos movidos por motores en la institución tienen tiempos de trabajo diversos por lo que el consumo se desglosa para encontrar un consumo aproximado por volumen, a continuación se desglosa su funcionamiento:

Tabla 3. 5 Consumo en KWH por motores en el CECyTE Marin.

Equipo	Capacidad	Tiempo de trabajo	Consumo KWH diario
Cisterna	559 W	2 hrs	1.118
Riego	559	1	0.559
Bomba Sumergible	746	0.5	0.373
Extractor	62	8	0.496
		Total	1.987

3.5 Consumo anual por equipos

Sabemos que cada equipo aporta un consumo considerable por año, pero es necesario hacer un conteo del consumo total de los sistemas para poder apreciar el verdadero impacto que puede arrojar un plan de optimización de energía eléctrica. En párrafos siguientes se presentan los consumos anuales de los equipos en forma individual. (Sistema eléctrico CECyTE Marin).

Consumo por climas

Como se especificó en párrafos anteriores los climas consumen un promedio de 61.2 KW, sin embargo para el cálculo del consumo anual solo se consideran 5 meses del año por temporada de calor, esto ya que el resto del año permanecen sin uso, aunado a esto durante los recesos académicos y no administrativos por cambio de semestre los climas instalados en los talleres de la institución (19.8 KW) permanecen sin uso por un período aproximado de 30 días hábiles de lo 5 meses (100 días hábiles efectivos) que se consideran en uso estos equipos.

Los equipos que permanecen trabajando los 5 meses de la temporada (E5m) dan un total de 41.4 KW que sumados a los que trabajan parcialmente tres meses y medio de la temporada (E3.5m) 19.8 KW dan un total de 61.2 Kw. Para determinar el consumo durante la temporada de los equipos se consideran 6 horas promedio de trabajo diario por equipo.

Consumo E5m = (41.4 KW) x (100 días) x (6 horas) = 24,840 KWH

Consumo E3.5m = (19.8 KW) x (70 días) x (6 horas) = 8,316 KWH

Consumo Total = E5m + E3.5m = 24,840 KWH + 8,316 KWH

Consumo Total = 33,156 KWH anual

Consumo por luminarias

En vista que en la institución existen actividades administrativas y de docencia y ambas presentan tiempo de funcionamiento totalmente diferente, se consideró, para efecto de los cálculos, 3.5 horas diarias por 20 días para las luminarias ubicadas en salones, 4 horas diarias por 20 días, para las de la parte administrativa y 12 horas por 30 días en el área exterior en luminaria incandescente. En las tablas siguientes se muestran, el consumo con todas las luminarias.

Tabla 3. 6 Consumo por iluminación en administración y talleres del CECyTE Marín.

Oficinas	Luminarias 96 W 2 tubos	Watts	Tiempo uso promedio diario (Hrs)	Consumo Mensual 20 días (KWH)
Dirección	2	192	3.5	13.44
Coordinación Académica	4	384	3.5	26.88
Coordinación Administrativa	4	384	3.5	26.88
Biblioteca	20	1,920	4	153.6
Laboratorio Polivalente	16	1,536	3.5	107.52
Laboratorio de Computación	12	1,152	4	92.16
Sala de Profesores	4	384	7	53.76
Talleres	36	3,456	3.5	241.92
Total	98	9,408		716.16

Tabla 3. 7 Consumo por iluminación en salones del CECyTE Marín.

Salones	Luminarias 96 W 2 Tubos	Watts	Tiempo uso promedio diario (Hrs)	Consumo Mensual 20 días (KWH)
1 A	10	960	3.5	67.2
1 B	10	960	3.5	67.2
1 C	8	768	3.5	53.76
1 D	4	384	3.5	26.88
3 A	4	384	3.5	26.88
3 B	10	960	3.5	67.2
3 C	10	960	3.5	67.2
3 D	8	768	3.5	53.76
Total	64	6,144		430.08

Tabla 3. 8 Consumo por iluminación en áreas exteriores.

Exteriores	Luminarias 96 W 2 Tubos	Watts	Tiempo uso promedio diario (Hrs)	Consumo Mensual 20 días (KWH)
Baños	4	384	3.5	26.88
Pasillos	32	3,072	3.5	215.040
Generales				
Arbotantes	7 (275 W)	1,925	12	693 (30 días)
Total	43	5,381		934.92

El consumo total aproximado, por concepto de iluminación, corresponde a 2080 KWH al mes, si consideramos que el período de empleo de estos equipos al año se aproxima a los 11 meses debido a los tiempos de asueto por vacaciones, y considerando que los arbotantes funcionan los 365 días del año podemos calcular el consumo anual de la siguiente manera:

Consumo parcial = (2080 KWH) x 11 meses = 22,880 KWH al año

Consumo arbotantes = (693 KWH) x 1 mes = 693 KWH

Consumo total = Consumo parcial + Consumo arbotantes = 22,880 KWH + 693 KWH

Consumo total = 23,573 KWH anual

Esto da un promedio mensual corregido de

1,964.41 KWH

Consumo en equipos de cómputo

Los equipos de cómputo no se emplean en su totalidad durante todo el año escolar al igual que los climas de la institución. La mayoría de los equipos de la administración (10 equipos) trabajan toda la jornada de trabajo (8 horas) durante los 11 meses efectivos de labores, el resto tiene un funcionamiento intercalado por los cambios de hora ya que se encuentran en los talleres y sala de cómputo por lo que se estima un promedio de 4 horas de trabajo efectivo ya que no a toda hora existe actividad en estas salas.

Para el cálculo del consumo anual solo se consideran 11 meses del año para el equipo de la administración y solo 9 para los equipos restantes por estar restringido su uso ciclo escolar que es mas reducido que la actividad administrativa.

Considerando que existen 65 equipos de los cuales 10 cubren un tiempo de uso de 8 horas diarias durante 11 meses y los 55 restantes un promedio de 4 horas diarias de uso para un período de 9 meses efectivos podemos calcular el consumo aproximado de estos equipos por año de la siguiente manera:

Consumo Administración = (10 equipos)x(350 W)x(8 horas)x(20 días)x(11 meses)

Consumo Administración = 6,160 KWH anual

Consumo Talleres = (55 equipos)x(350 W)x(4 horas)x(20 días)x(9 meses)

Consumo Talleres = 13,860 KWH

Consumo Total = Consumo Administración + Consumo Talleres

Consumo Total = 6,160 KWH + 13,860 KWH

Consumo Total = 20,020 KWH anual

Consumo en Ventiladores

Los ventiladores como se mencionó anteriormente consumen una potencia aproximada de 150 W y se considera un tiempo de utilización de 2 horas diarias o 40 horas al mes, lo que representa un consumo de 96 KW mensuales. Pero si consideramos al igual que los climas un período de utilización de solo 70 días de la temporada de verano obtenemos el siguiente valor:

$$\text{Consumo Ventiladores} = (16 \text{ equipos}) \times (150 \text{ W}) \times (2 \text{ horas}) \times (70 \text{ días})$$

$$\text{Consumo Ventiladores} = 336 \text{ KWH anual}$$

Consumo en Motores

Los motores con los que cuenta la institución cumplen con varias funciones como lo son el bombeo de agua en cisternas, riego, extractores de gases entre otros. El consumo de estos equipos es variado como fue señalado en el estudio de equipos instalados en la institución. De estos equipos se puede mencionar que su trabajo es permanente durante los 11 meses efectivos de actividades pero con una actividad intermitente durante el día.

$$\text{Consumo Motores} = (1.987 \text{ KWH}) \times (20 \text{ días}) \times (11 \text{ meses})$$

$$\text{Consumo Motores} = 437.14 \text{ KWH anual}$$

Comparación en el consumo

En la siguiente tabla se hace un comparativo entre los consumos anuales de los equipos y el resultado total que arrojan.

Tabla 3. 9 consumo anual en KWH por equipos.

Equipo	Consumo Anual KWH	% de Consumo
Climas	33,156	42.76
Iluminación	23,573	30.4
Computadoras	20,020	25.82
Ventiladores	336	0.43
Motores	437.14	0.56
Total	77,522.14	100

Consumo Anual por equipos en el CECyTE Marín

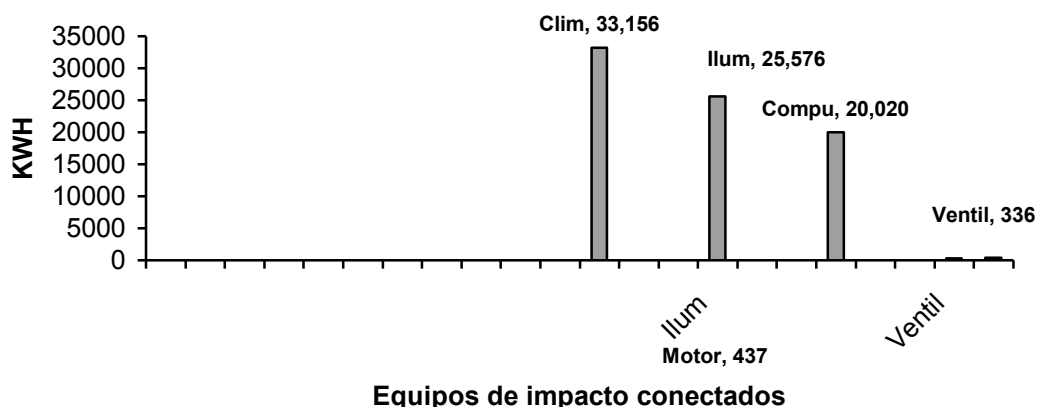


Figura 3. 2 Comparativo consumo anual por equipos en el CECyTE Marín.

La Figura 3.2 muestra un resumen del consumo de todos los equipos, donde se observa claramente que el hecho de que un equipo demande más energía no significa que consuma más, porque está de por medio el tiempo de utilización de estos. Cabe destacar que la iluminación y los aires son los que tienen mayor consumo, pero los aires trabajan en horarios que son productivos para la institución y es muy difícil controlar este consumo, mientras que las luminarias en áreas administrativas tienen sólo 4 horas diarias de uso productivo y el resto del tiempo se encuentran encendidas malgastando una gran cantidad de energía, en el caso de las aulas se puede estimar que tienen un uso productivo desde 8:00 A.M hasta las 9:30 A.M lo que representa casi 1.5 horas diarias, pero en realidad permanecen encendidas más de esas horas alrededor de 3.5 horas aproximadamente.

CAPÍTULO

4. FACTORES EN EL CONSUMO DE ENERGÍA

4.1 Introducción

Para el usuario es muchas veces transparentes los cargos por consumo de energía, sin embargo es necesario tener conocimiento de todo lo que implica un cobro del servicio, esto con el fin de entender el porque de los cobros así como prever futuros disparos en el cobro de energía, es útil señalar que el cobro por usuario depende de una tarifa asignada a una región, que existe un cargo o una bonificación por factor de potencia, se describen a continuación una serie de conceptos que es necesario conocer y entender para evitar malos entendidos.

4.2 Tarifas Eléctricas

La estructura tarifaria a nivel nacional se ha venido modificando para dar una mayor gama de opciones a los diferentes segmentos de consumidores y establecer el precio a cada usuario en función de la energía demandada, tensión, temperatura, tipo y garantía de servicio, además de permitir una mejor administración de la demanda de electricidad. En 1988, se tenían 13 tarifas; actualmente, la estructura tarifaria integra 31 modalidades diferentes y se agrupan por sector. (CONAE; 2003).

Funciones de las tarifas

Las tarifas tienen tres funciones principales: la financiera, la económica y la política y social.

Función financiera

Se refiere al nivel tarifario que permite asegurar el financiamiento de los costos de explotación y de inversión, así como la realización de los objetivos financieros, por ejemplo el equilibrio presupuestario y la obtención de una cierta tasa de autofinanciamiento o de rentabilidad del capital.

Función económica

Se relaciona con la estructura tarifaria. Se habla de estructura y no simplemente de un precio uniforme del (kWh). Señal de costo marginal para influir en el perfil de la demanda, y promover la eficiencia económica. El suministro de un kWh a un cliente es un servicio que se valoriza a lo largo de su cadena de producción-transporte-distribución.

Los costos de abastecimiento están relacionados con el nivel de tensión del consumidor. Resulta mucho más caro suministrar a los clientes de baja y mediana tensión que a los de alta. Ello, debido a que estos últimos solo requiere de los equipos de producción y de una red de transmisión para ser alimentados con la electricidad, contra las necesidades de una red de distribución (de tensión media y baja) y de transformadores (para el paso de alta tensión a media y de ésta a baja) que son adicionalmente necesarios en los clientes de media y baja tensión.

Además, el nivel de pérdidas son diferentes en ambos casos en el suministro a los clientes de alta tensión sólo se tienen pérdidas por generación y transmisión, mientras que en los de baja y media hay que afrontar también las de distribución y las de transformación.

El costo del kWh no es uniforme en el tiempo, esto se debe a las importantes variaciones diarias, semanales y mensuales de la demanda,

lo que deriva en que, la venta de la electricidad sea en realidad la venta de una curva de carga. Dicha curva presenta una sucesión de “picos” y de “valles” cuyo costo de generación es diferente en cada uno de estos casos. Resulta más caro satisfacer la demanda pico, porque para ello se requieren equipos de producción que son poco utilizados a lo largo del año y, de una red cuya carga es irregular en este mismo periodo.

Función política y social

Esta es consecuencia de la importancia del sector eléctrico dentro de la economía nacional y, del carácter de servicio público de la distribución eléctrica. La determinación y la aplicación de una estructura tarifaria no es, en general, de la competencia exclusiva de la empresa eléctrica. La tarifa es, a menudo, un instrumento utilizado por los poderes públicos para acompañar a las políticas industriales o para efectuar la redistribución del ingreso.

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 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.

$$KWH = KW.(Demanda)(NumHorasUso) \quad \text{Ecuación 4.1}$$

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 desfasamiento 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 motores, transformadores, balastos, y la Carga Reactiva Capacitiva, por los capacitores 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.

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 sencilla 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.

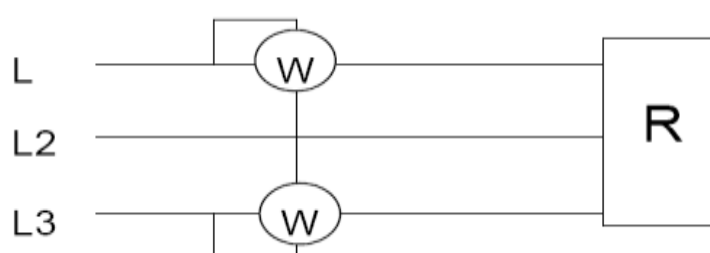


Figura 4. 1 Medición potencia activa.

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 consumo 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, se debe tomar en consideración este período de facturación. El número de días de trabajo y el número de días cubiertos tendrá diferencias.

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

- Si el usuario tiene una contratación en baja tensión, las pérdidas en los transformadores las absorbe la compañía que suministra el servicio.
- 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.
- 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.
- 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.

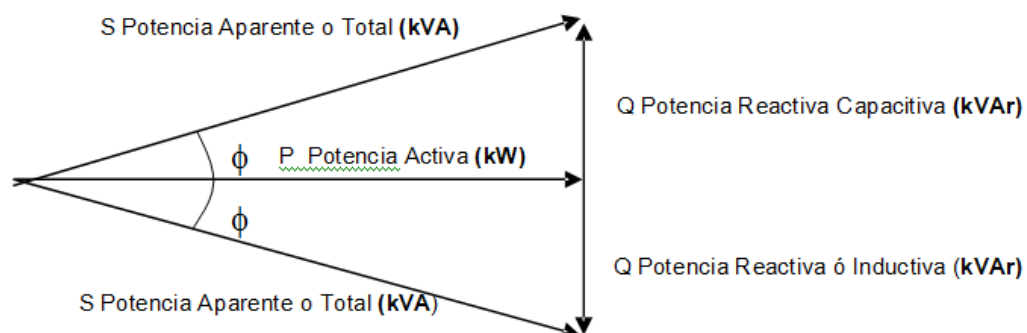


Figura 4. 2 Triangulo de potencias y FP

Las facturas de consumo de energía se basan en las mediciones de la demanda y consumó 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 bajó, y dicha corriente no es registrada por el medidor de demanda. Esto es aparté de las pérdidas generada por trabajar con bajó factor de potencia.

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

Las bonificaciones y recargos se determinan de la siguiente manera:

$$\%Bonific = \frac{1}{4}x\left[1 - \frac{0.9}{FP}\right]x100 \quad \text{Ecuación 4.2}$$

$$\%Recarg = \frac{3}{5}x\left(\frac{90}{FP} - 1\right)x100 \quad \text{Ecuación 4.3}$$

En donde el máximo porcentaje de bonificación es de **2.5%** sobr é la Facturación Básica Mensual, y la penalización máxima será de **120%** sobr é 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 consuma, la tensión de suministró y la región tarifaría para distintas temporadas del año, debido a esto, se tienen diferentes períodos u horarios de consumó los cuáles son:

- Período Punta.
- Períodos semipunta.
- Período Intermedio.
- Período Base.

Factor de carga

Es la relación que existe entré la carga promedió 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.

$$FactorCarga = \frac{KWDemandaPromedio}{KWDemandaMaxima} \quad \text{Ecuación 4.4}$$

$$KWDemandaPromedio = \frac{KWHmensual}{NumHorasMensual} \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Mantener altos índices de factor de carga se pueden hacer usó de las tarifas preferencias en dónde se tienen menores costos por energía consumida en el período base.

Cargos por Medición en Baja Tensión

Si el usuario tiene contrató en baja tensión las pérdidas en los transformadores los absorbe la compañía suministradora. Si el usuario tiene contrató para medía o alta tensión y la medición se encuentra en el secundario del transformador la compañía suministradora efectúa un

cargó por **2%** por concepto de las pérdidas en el transformador. Si el usuario tiene suministró 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

Estructura de las Tarifas

La estructura actual de la tarifas de energía eléctrica se basa en los costos de suministro a los usuarios, por lo cuál 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:

- La región geográfica donde se localiza el centro de consumo.
- 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.

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 Acósta, Lágunillas, Santa Catárina, Rayón Cárdenas, Alaquínes, Ciudad del Maíz, Ciudad Valles, Tamazopo, Aquísmon, Axtla de Terrazas, Tamasunchale, Vicente Tancuayalab, Ebano, Xilitla, Yampacan, Tanquían de Escobédo, 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 Covarrubías, Huixquilucán de Degollado, San Mateó Atenco, Toluca, Santa Cruz Atizapán, Cuautitlán, Coacalco, Cuautitlán Itzcálli, Atizapán de Zaragoza, Tlanepántla, Naucálpan de Juárez, Ecatépec, Chimaluacán,
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.



Figura 4. 3 Distribución de regiones en México.

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 igual o mayor a **220 kV**.

Señal tarifaria

La señal tarifaria está referida al mensaje que transmite la compañía suministradora de energía al usuario, esto es a través de los cargos por demanda y consumo de energía eléctrica en cada uno de los horarios tarifarios, donde resulta que el consumo de energía en las horas base es más económico que en el periodo punta.

Los altos costos de la energía eléctrica en el periodo punta son debidos a que CFE tiene que operar sus equipos más caros para el suministro de energía en este periodo, por lo que los costos de generación son reflejados en los usuarios a través del costo marginal.

Las señales económicas transmitidas a los usuarios actúan como instrumentos adecuados que permiten modificar el comportamiento de la demanda eléctrica a nivel nacional.

Actualmente en México existen 33 tarifas eléctricas, las cuales se pueden clasificar en:

- ❖ 7 Domésticas
- ❖ 3 Servicio público
- ❖ 2 Riego agrícola y 21 Servicios generales

Dentro de las tarifas de servicios generales se dividen en: alta, media y baja tensión.

Tarifa tipo 1

1. Servicio doméstico: 1, 1^a, 1B, 1C, 1D, 1E, DAC
- 2 Servicio general hasta 25 kW de demanda
- 3 Servicio general para más de 25 kW de demanda
- 4 Servicio para alumbrado público
- 5 Servicio para bombeo de aguas potables o negras, de servicio público
- 6 Servicio temporal
- 9 Servicio para bombeo de agua para riego agrícola en baja tensión

Tarifa tipo 2

O-M Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión con demanda menor a 100 kW

H-M Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más

H-MC Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o mas, para corta utilización (Baja California)

H-S, H-T Tarifas horarias para servicio general alta tensión

Tarifa tipo 3

HM-R, HM-RF, HM-RM, Tarifas horarias para servicio de respaldo

HS-R, HS-RF, HS-RM,

HT-R, HT-RF, HT-RM

I15, I30 Interrumpible

Servicio que prestan y tensión de suministro

Baja tensión: tensión \leq 1000 volts

Media tensión: 1 kV < tensión < 35 kV

Alta tensión (nivel subtransmisión): 35 kV < tensión < 220 kV

Alta tensión (nivel transmisión): tensión \geq 220 kV

4.3 Control de la demanda

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 la figuras 4.4 y 4.5 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 rolado a 5 minutos.

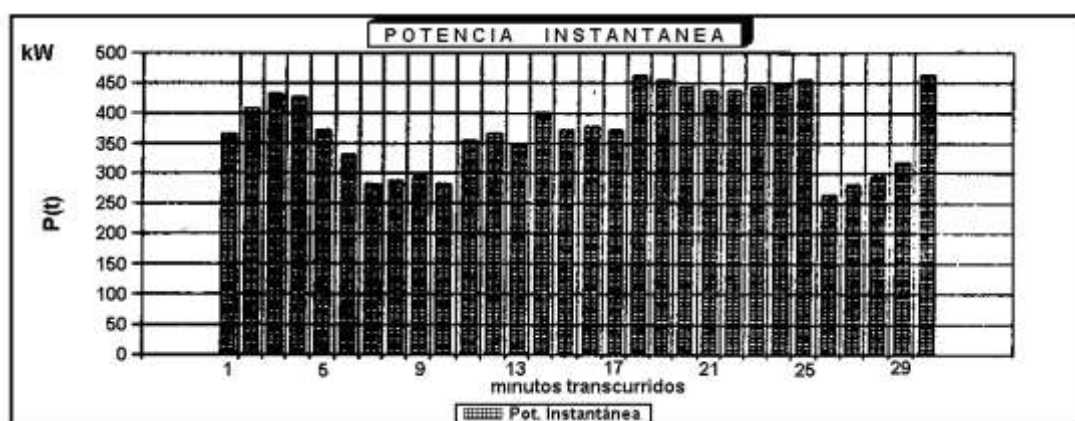


Figura 4. 4 Potencia Instantánea.

En la figura 4.4, se observa la potencia instantánea consumida en el período de demanda. En la figura 4.5, 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.

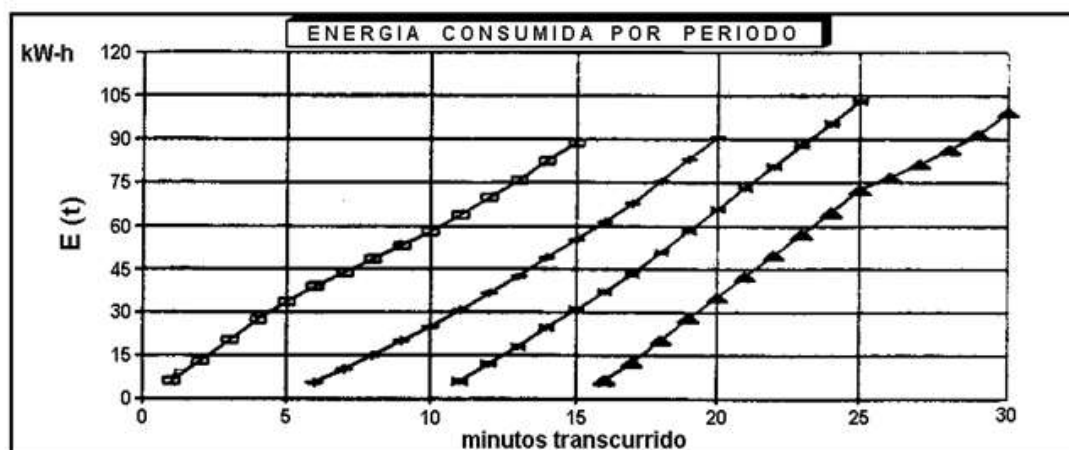


Figura 4. 5 Energía consumida por período.

En la gráfica 4.6, 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 la magnitud de la energía dividida entre el período de demanda, para nuestro caso 15 minutos.

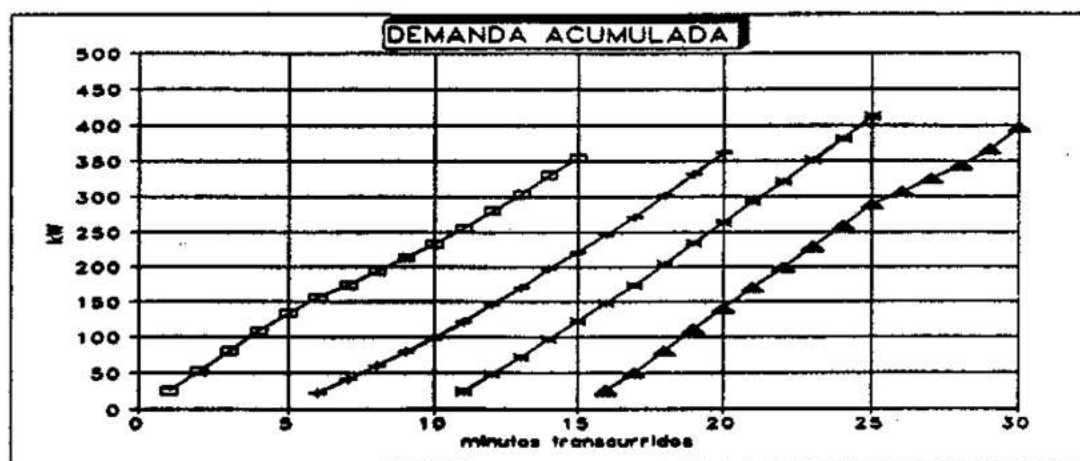


Figura 4. 6 Demanda acumulada.

Medición 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 la figura 4.7 se observa un diagrama de los períodos de demanda y el desplazamiento de tiempo entre período y período.

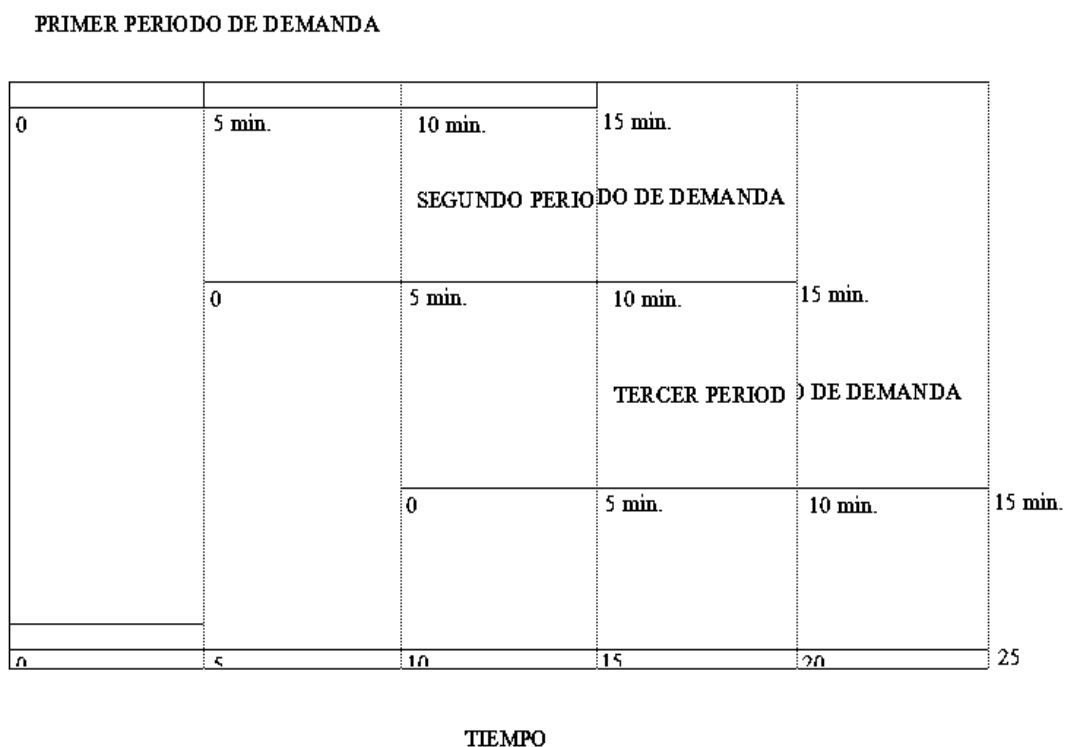


Figura 4. 7 Medicion de la demanda.

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.

- Entender la factura de energía eléctrica y determinar si existe un potencial de reducción de demanda.
- Determinar cuando ocurre la demanda máxima, el día y hora del período de facturación.
- 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:

$$Demandaespecifica = \frac{DemandaMaximaMedida}{Consumo}$$

Ecuación 4.6

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 acarrearnos 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.

$$Fd = \frac{N}{30} \qquad \text{Ecuación 4.7}$$

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

Entonces la Demanda Especifica estará dada por:

$$DemandaEspecifica = \frac{DemandaMaximaMedida}{Consumo} Fd \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Factor de carga

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.

El factor de carga para cada facturación está dado por:

$$FC = \frac{KWH}{(KWH \text{ max } xHrs)} \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Donde:

KWh = Consumo en el período facturado

KW máx = Demanda Máxima

Hrs = Número de horas del período de facturación

Ejemplo de facturación eléctrica

En la elaboración de una facturación intervienen todos los puntos abordados en párrafos anteriores, de ahí el hecho de conocerlos para interpretar su información.

Por ejemplo para un servicio contratado con Tarifa OM con una carga conectada de 43 KW y una demanda contratada de 48 KW.

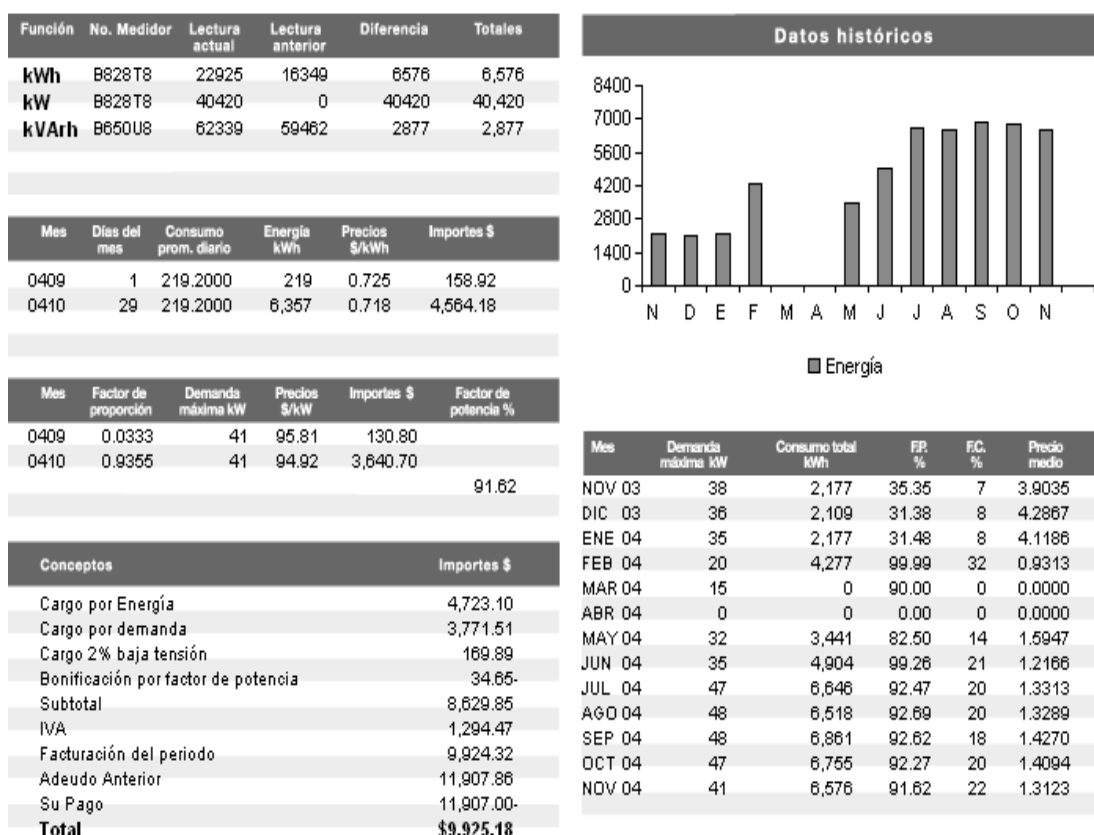


Figura 4. 8 Recibo tarifario.

Datos del recibo de energía eléctrica

En las tablas siguientes aparecen los datos que se toman en cuenta para la facturación y que aparecen en el recibo de cualquier servicio eléctrico.

Tabla 4. 1 datos por concepto en recibo tarifario.

Tarifa	OM
Región	Noreste
Período de Facturación	29 Septiembre 04 –29 Noviembre 04
Demanda máxima medida	41 KW
Consumo de energía	6,576 KWH
Factor de Potencia	0.9162

Tabla 4. 2 Cargo en KWH por region.

Región	Cargo por kilowatt de demanda máxima medida	Cargo por kilowatt - hora de energía consumida
Baja California	81.99	0.627
Baja California Sur	89.21	0.760
Central	102.36	0.764
Noreste	94.12	0.712
Noroeste	91.36	0.696
Norte	94.49	0.713
Peninsular	105.65	0.768
Sur	102.36	0.738

Tabla 4. 3 Calculo de facturación.

Cargos	Valor	Cargo	Total (\$)
Consumo de energía	6,576 KWH	\$ 0.712	4,682.112
		Total consumo	4,682.112
Demanda máxima	41 KW	\$ 94.12	3,858.92
		Total demanda	3,858.92
		Total consumo y demanda	8,541.032
Bonificación por F.P.>0.9	8,541.032	-0.442%	-37.75
		Total energía eléctrica	8,503.32
IVA (15%)	8,503.032	15%	1,275.45
		Total a facturar	9,778.48

El CECyTE Marín cuenta con una instalación eléctrica de las siguientes características:

Carga conectada de 43 KW, una demanda conectada también de 43 KW, para una tarifa OM. De Mayo del 03 a la fecha el promedio del consumo mensual es de 31.27 KW, lo que genera una facturación significativa. (Consumo CECyTE Marín 2003)

Tabla 4. 4 Historial de facturación.

Mes	Año	Demanda Máxima KW	Consumo Total KW	FP %	FC %	Precio Medio
MAY	03	39	2,695	92.51	10	1.6874
JUN	03	24	2,974	93.38	16	1.2904
JUL	03	32	1,137	12.00	5	6.5754
AGO	03	17	1,695	34.86	7	4.3796
SEP	03	44	2,172	34.89	7	3.9732
OCT	03	44	2,877	35.60	9	3.4528
NOV	03	38	2,177	35.35	7	3.9035
DIC	03	36	2,109	31.38	8	4.2867
ENE	04	35	2,177	31.48	8	4.1186
FEB	04	20	4,277	99.99	32	0.9313
MAR	04	15	0	90.00	0	0.0000
ABR	04	20	0	0	0	0
MAY	04	32	3,441	82.50	14	1.5947
JUN	04	35	4,904	99.26	21	1.2166
JUL	04	47	6,646	92.47	20	1.3313
AGO	04	48	6,518	92.69	20	1.3289
SEP	04	48	6,861	92.62	18	1.4270
OCT	04	47	6,755	92.27	20	1.4094
NOV	04	41	6,576	91.62	22	1.3123

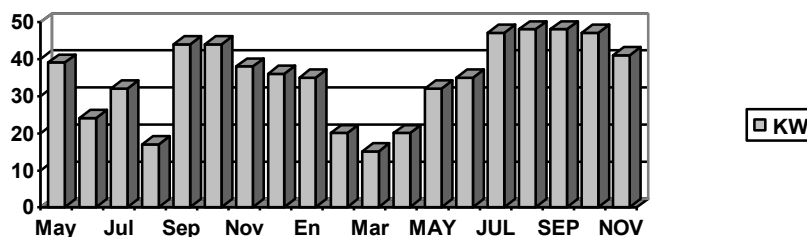


Figura 4. 9 Grafico del consumo histórico 03-04.

Las tarifas horarias reflejan los costos que para la CFE representa el proveer electricidad en horas pico (que es la hora en la cual CFE tiene que tener el mayor número de plantas en operación). Son disposiciones específicas que contienen las cuotas y condiciones que rigen para los suministros de energía.

4.4 Factores de influencia en el consumo de energía eléctrica

El ahorro de energía, comienza en la selección apropiada de los equipos, siempre existe uno adecuado a las necesidades, como lo son, las condiciones ambientales de operación, eficiencia, durabilidad, etc. Los mayores ahorros de energía eléctrica se obtienen cuando el equipo y su carga operan a su máxima eficiencia.

Actualmente la eficiencia en el consumo energético es tema de actualidad, desde la conciencia a los usuarios en el uso racional de la energía hasta las fábricas e industrias que mediante sus procesos les es necesaria la energía. En el país, las empresas a cargo de la distribución de la energía cobran una tarifa especial a aquellos sectores que consumen mucha energía si pasan de cierto rango; tarifas como Potencia Reactiva, por consumo superior a lo permitido, por hora pico, cada usuario conectado a la red eléctrica pertenece a una categoría de consumo, la categoría dependerá si es para uso residencial, comercial o Industrial y así será la factura al final de cada mes.

En una industria donde su equipo eléctrico lo constituyen motores, iluminación con balastos, equipos de taladro, tornos, equipo de refrigeración

etc., todo aquello que necesite magnetizarse presentara inconvenientes al momento de operar en la red, la empresa de electricidad le estará girando una factura de exceso de consumo de Potencia Reactiva debido a la mayor capacidad de generación de ésta. La industria debe prever que esto no suceda o se aminore; el consumo de reactiva hace que se tenga menor capacidad en la red eléctrica para suplir la demanda de otros usuarios, este exceso se cobra a una tarifa alta, la Industria actualmente esta corrigiendo este factor aplicando bancos de capacitores para compensar la potencia reactiva consumida en ella, a través de generarla ellos mismos. El beneficio viene si se colocan lo más cercano a la carga que consume

Principios

Ciertamente los equipos conectados a una red eléctrica tienen característica inductivas (corriente en atraso al voltaje), consumen corriente y necesitan magnetizar sus elementos internos, inductores, capacitores, campos magnéticos etc., aumentando la necesidad de magnetizar conforme se coloca más equipo a la red. Esta energía que magnetiza los elementos internos se le conoce como reactiva, en general Potencia Reactiva. Se comprende mejor sabiendo que se trata de Calor o Luz; cuanto mayor sea el consumo de energía reactiva, peor será el aprovechamiento de la energía recibida por los equipos. El Factor de Potencia es un indicador de dicho aprovechamiento, el cual puede tomar valores entre 0 y 1. Por ejemplo, si el factor de Potencia es igual a 0.80, indica que del total de la energía suministrada (100%) sólo el 80% de esa energía es aprovechada en trabajo útil.

La potencia reactiva no ejerce ningún beneficio, va y viene de la carga a la fuente, pero es muy necesario para el correcto funcionamiento del equipo, esta energía reactiva aumenta constantemente en la hora pico (4:00 p.m. a 7:30 p.m.) haciendo que el voltaje en la red disminuya como consecuencia del aumento de corriente y consumo de más reactiva. En algunos casos el usuario residencial se ve afecto al reducirse el voltaje, pero una industria (grandes clientes) se ve aun más afectada si no corrige este problema.

Factor de potencia

El elevado consumo de Potencia reactiva ocasiona no solo la mala regulación de voltaje o bajo voltaje en una industria sino también puede afectar a otros usuarios, además una consecuencia negativa para todos: ¡el factor de potencia de la red disminuirá! Se entiende por factor de potencia la eficiencia con la cual los equipos conectados a la red aprovechan la energía que se le suministra. Uno de los objetivos de compensar la reactiva es corregir el factor de potencia, esto a través de bancos de capacitores hasta donde sea posible económicamente.

El factor de potencia es un indicador de la eficiencia con que se está utilizando la energía eléctrica, para producir un trabajo útil, es decir, es el porcentaje de la potencia entregada por la empresa eléctrica que se convierte en trabajo en el equipo conectado. En otras palabras, el factor de potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (KVA) que se obtiene de la compañía eléctrica. El rango de valores posibles del factor de potencia (fp) varía entre 0 y 1.

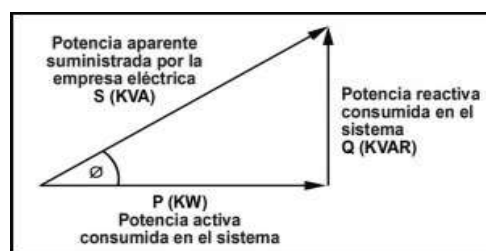


Figura 4. 10 Triangulo de potencias.

$$FP = \frac{KW}{KVA}$$

Un bajo factor de potencia significa pérdidas de energía, lo que afecta la eficiencia en la operación del sistema eléctrico. Se penaliza con un recargo

adicional en la factura eléctrica a las empresas que tengan un factor de potencia inferior a 0.9 o 0.95 según su potencia demandada.

Cuando se tiene un bajo factor de potencia, se tienen costos adicionales que repercuten negativamente en la facturación del cliente, por lo que debe solucionarse el problema mediante la instalación de bancos de capacitores eléctricos. Corregir el bajo factor de potencia en una instalación es un buen negocio, no sólo porque se evitarán las multas en las facturas eléctricas, sino porque los equipos operarán más eficientemente, reduciendo los costos por consumo de energía.

El factor de potencia mínimo recomendable, es de 90%. Cuando se tiene un valor superior al 90%, se aplica una bonificación por parte del Sector Eléctrico; mientras que un porcentaje menor al 90%, significa energía que se desperdicia y la empresa aplica un cargo extra. Los motores producen un bajo factor de potencia, especialmente cuando trabajan por debajo del 50% de la carga. Operar con un bajo factor de potencia, tiene varias implicaciones, como son: el incremento en el pago de la energía eléctrica y la disminución de la capacidad de los equipos para transformar y distribuir la energía eléctrica.

Según el Artículo 64 de la Ley del Servicio Público de Energía eléctrica el usuario procurará mantener un factor de potencia (FP) tan aproximado a 100% (cien por ciento) como le sea posible, pero en el caso de que su factor de potencia durante cualquier período de facturación tenga un promedio menor de 90% (noventa por ciento) atrasado, determinado por métodos aprobados por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, el suministrador tendrá derecho a cobrar al usuario la cantidad que resulte de aplicar al monto de la facturación el porcentaje de recargo que se determine según la fórmula que se señala. (Ecuación 4.4). En el caso de que el factor de potencia tenga un valor igual o superior de 90% (noventa por ciento), el suministrador tendrá la obligación de bonificar al usuario la cantidad que resulte de aplicar a la factura el porcentaje de bonificación según la fórmula que también se señala. (Ecuación 4.3).

Fórmula de Recargo:

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

FP menor que 90%

Fórmula de Bonificación:

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

FP mayor o igual a 90%

Factor de potencia con cargas no lineales

Si un elemento de circuito (resistor), obedece la ley de Ohm, al elemento se lo denomina lineal. Si no obedece esta ley, como en el caso de una celda Fotovoltaica, V o un diodo, se lo denomina un elemento no-lineal.

El creciente uso de semiconductores ha incrementado la complejidad para corregir el factor de potencia en las instalaciones. Estos semiconductores se usan en componentes como:

- Convertidores.
- Variadores de frecuencia.
- Arrancadores de estado sólido.

Consecuencias de un bajo factor de potencia.

Al usuario

- Aumento de la intensidad de corriente
- Pérdidas en los conductores y fuertes caídas de tensión
- Incrementos de potencia de las plantas, transformadores, reducción de su vida útil y reducción de la capacidad de conducción de los conductores
- La temperatura de los conductores aumenta y esto disminuye la vida de su aislamiento.
- Aumentos en la factura por consumo de energía eléctrica

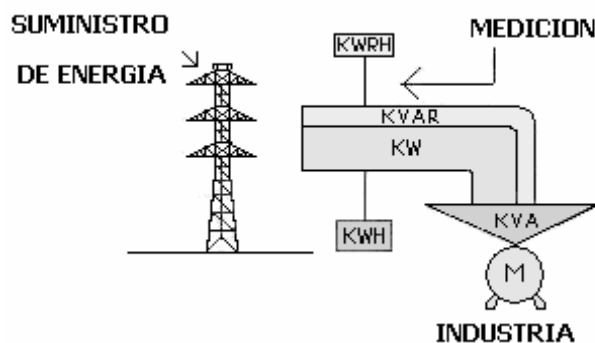


Figura 4. 11 Comportamiento operacional de equipos y motores.

A la empresa distribuidora de energía:

- Mayor inversión en los equipos de generación, ya que su capacidad en KVA debe ser mayor, para poder entregar esa energía reactiva adicional.
- Mayores capacidades en líneas de transmisión y distribución así como en transformadores para el transporte y transformación de esta energía reactiva.
- Elevadas caídas de tensión y baja regulación de voltaje, lo cual puede afectar la estabilidad de la red eléctrica.

Porqué elevar el Factor de Potencia

- Elimina el cargo del Sector Eléctrico.
- Reduce la carga en el equipo de distribución y en los transformadores.
- Disminuye las pérdidas por efecto Joule (I^2R) en transformadores, cables de distribución y otros equipos; resultando un ahorro directo en el consumo de energía.
- Un factor de potencia adecuado auxilia a estabilizar el voltaje del sistema eléctrico.
- El Sector Eléctrico ofrece una bonificación.

Mejorar el factor de potencia resulta práctico y económico, por medio de la instalación de condensadores eléctricos estáticos, o utilizando motores sincrónicos disponibles en la industria (algo menos económico si no se dispone de ellos).

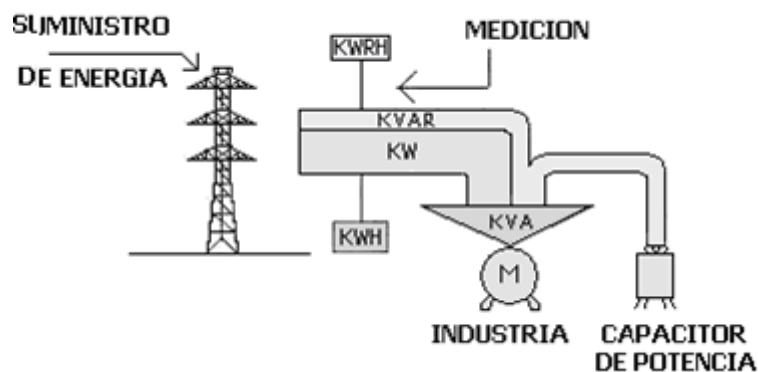


Figura 4. 12 Compensación por uso de capacitor.

Controladores de factor de potencia

Los fabricantes han desarrollado dispositivos de estado sólido, estos funcionan a tal forma que cuando se conectan entre una fuente de poder y un motor eléctrico, mantienen aproximadamente constante el factor de potencia del lado del controlador del motor. El controlador varía el voltaje promedio aplicado al motor, como una función de la carga, de tal manera que disminuye las pérdidas en condiciones de carga ligera. Por otra parte existen equipos como el caso de los balastos electrónicos que han sido diseñados con la finalidad de proporcionar por si solos una eficiencia alta y un alto factor de potencia.

4.5 Calidad de la energía

La definición de la calidad de la energía es algo indeterminado, pero aún así, se podría definir como una ausencia de interrupciones, sobre tensiones y deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje RMS suministrado al usuario; esto referido a la estabilidad del voltaje, la frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. (Harper; 2002)

Actualmente, la calidad de la energía es el resultado de una atención continua; en años recientes esta atención ha sido de mayor importancia debido al incremento del número de cargas sensibles en los sistemas de distribución, las cuales por sí solas, resultan ser una causa de la degradación en la calidad de la energía eléctrica.

Podemos decir que el objetivo de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variaciones de voltaje en el lado del cliente y, proponer soluciones para corregir las fallas que se presentan en el lado del sistema de las compañías suministradoras de energía eléctrica, para lograr con ello un suministro de energía eléctrica con calidad.

Existen diferentes perturbaciones en las redes eléctricas de distribución. Las más usuales son: fluctuaciones de voltaje, sobre tensiones transitorias, interrupciones de energía, ruido eléctrico (interferencias) y distorsiones armónicas.

El mantenimiento preventivo e instalaciones de equipos de protección y de control, son parte de las herramientas que pueden utilizarse para sostener una adecuada calidad de la energía eléctrica.

4.5.1 Distorsión Armónica

Comúnmente somos testigos de la presencia de distorsión armónica, cortes en el suministro de electricidad, oscilaciones de la tensión, caídas y picos de tensión y fenómenos transitorios. Éstas son algunas de las manifestaciones

de una mala Calidad de la Energía Eléctrica que se recibe y que originan molestias a los usuarios, disminución de la vida útil de los equipos e incrementos de los costos de producción industriales.

Cuando el voltaje o la corriente de un sistema eléctrico tienen deformaciones con respecto a la forma de onda senoidal, se dice que la señal está distorsionada.

La distorsión puede tener varias causas:

- Fenómenos transitorios tales como arranque de motores, conmutación de capacitores, efectos de tormentas o fallas por cortocircuito entre otras.

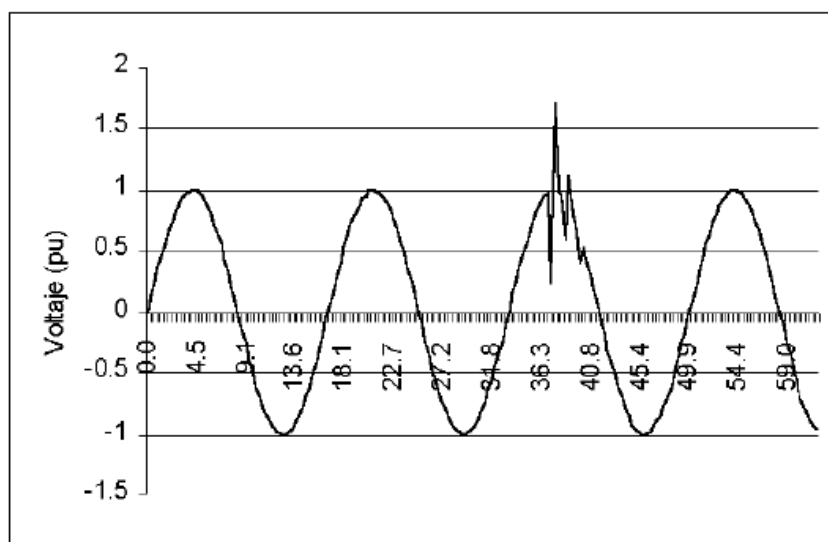


Figura 4. 13 Efecto en el voltaje por la conmutación de capacitares.

- Condiciones permanentes que están relacionadas con armónicas de estado estable. En los sistemas eléctricos es común encontrar que las señales tendrán una cierta distorsión que cuando es baja, no ocasiona problemas en la operación de equipos y dispositivos. Existen normas que establecen los límites permisibles de distorsión, dependiendo de la tensión de operación y de su influencia en el sistema.

4.5.2 Características de la distorsión armónica

Cuando la onda de corriente o de tensión medida en cualquier punto de un sistema eléctrico se encuentra distorsionada, con relación a la onda sinusoidal que idealmente deberíamos encontrar, se dice que se trata de una onda contaminada con componentes armónicas. Para que se considere como distorsión armónica las deformaciones en una señal, se deben de cumplir las siguientes condiciones:

- • Que la señal tenga valores definidos dentro del intervalo, lo que implica que la energía contenida es finita
- • Que la señal sea periódica, teniendo la misma forma de onda en cada ciclo de la señal de corriente o voltaje.
- • Permanente.- Cuando la distorsión armónica se presenta en cualquier instante de tiempo, es decir, que no es pasajera.

4.5.2 Definición de armónicas

Este concepto proviene del teorema de Fourier y define que, bajo ciertas condiciones analíticas, una función periódica cualquiera puede considerarse integrada por una suma de funciones senoidales, incluyendo un término constante en caso de asimetría respecto al eje de las abscisas, siendo la primera armónica, denominada también señal fundamental, del mismo período y frecuencia que la función original y el resto serán funciones senoidales cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental. Estas componentes son denominadas armónicas de la función periódica original.

Las ondas simétricas contienen únicamente armónicas impares, mientras que para ondas asimétricas existirán tanto armónicas pares como impares.

Cuando se hacen mediciones de las ondas de corriente o voltaje utilizando analizadores de armónicas, el equipo efectúa integraciones mediante la técnica de la transformada rápida de Fourier, dando como resultado la serie de coeficientes A_n que expresadas con relación a la amplitud A_1 de la fundamental, constituye el espectro de corrientes armónicas relativo a la onda medida.

4.5.3 Cargas lineales y no lineales

Cuando se aplica un voltaje senoidal directamente a cargas tales como resistencias, inductancias, capacitores o una combinación de ellos, se produce una corriente proporcional que también es senoidal, por lo que se les denominan cargas lineales.

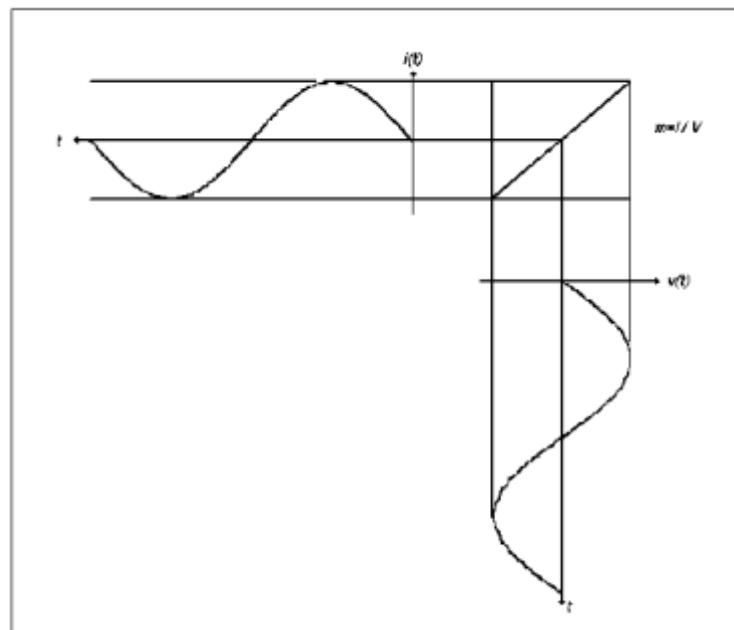


Figura 4. 14 Carga lineal.

En los circuitos en los que su curva corriente – voltaje no es lineal, el voltaje aplicado no es proporcional a la corriente, resultando una señal distorsionada con respecto a la senoidal.

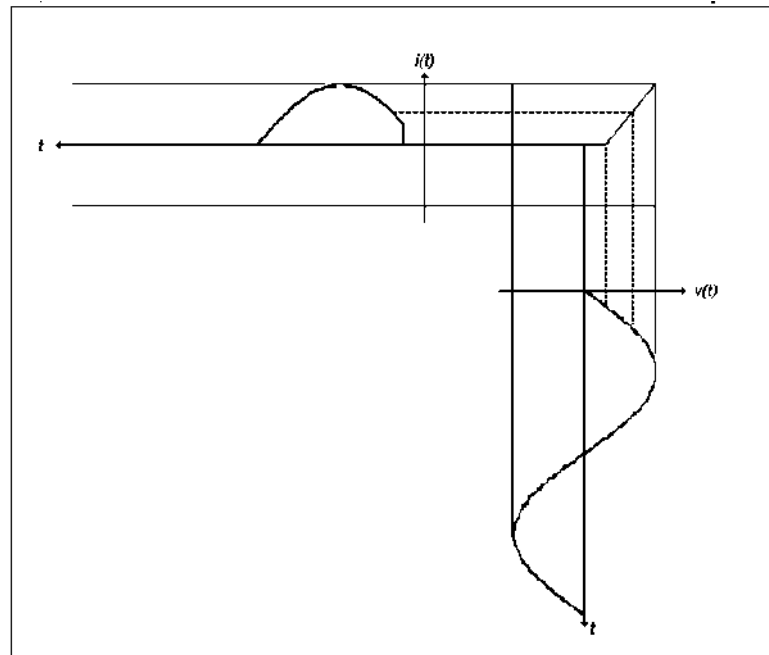


Figura 4. 15 Carga no lineal de una resistencia controlada por SCR en la que la corriente y el voltaje no son proporcionales

La curva característica corriente – voltaje de la carga define si es o no lineal su comportamiento y no se debe pensar que todos los equipos que tienen semiconductores por definición son no lineales. Existen aplicaciones donde se emplean SCR's conectados en antiparalelo con control de cruce por cero en los que prácticamente no existe distorsión, considerándose lineales y por otro lado una resistencia con control de fase es una carga no lineal.

La distorsión armónica en los sistemas eléctricos es provocada por las cargas no lineales, contaminando la red y pudiendo afectar incluso a otros usuarios que únicamente posean cargas lineales.

4.5.4 Medidas de la distorsión en voltaje y corriente

Para cuantificar la distorsión existente en una señal, es preciso definir parámetros que determinen su magnitud y contar con equipos de medición adecuados. A continuación se presentan las expresiones necesarias para efectuar los cálculos relacionados con la distorsión armónica.

Valor eficaz (rms)

Cuando se suman señales de voltaje o corriente de diferentes frecuencias para obtener su resultante.

$$\text{Corriente eficaz} \quad I_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2} \quad \text{Ecuación 4.10}$$

$$\text{Voltaje eficaz} \quad V_{rms} = \sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} V_h^2} \quad \text{Ecuación 4.11}$$

Cofactor de distorsión (Cd)

Es la relación entre el contenido armónico de la señal y su valor eficaz (rms). Su valor se ubica entre 0% y 100%. También se conoce como thd y es el índice mas ampliamente usado en Europa.

Con una distorsión baja, Cd cambia notoriamente, por eso se recomienda su uso cuando se desea conocer el contenido armónico de una señal.

$$\text{Cofactor de distorsión: Cd} \quad Cd = \frac{\sqrt{\sum_{h=1}^{\infty} I_h^2}}{I_{rms}} \times 100\% \quad \text{Ecuación 4.12}$$

Distorsión armónica total (THD)

Es la relación entre el contenido armónico de la señal y la primera armónica o fundamental. Su valor se ubica entre 0% e infinito.

Es el parámetro de medición de distorsión más conocido, por lo que es recomendable para medir la distorsión en parámetros individuales (I y V). Al igual que el Cd es útil cuando se trabaja con equipos que deben responder sólo a la señal fundamental, como en el caso de algunos relevadores de protección.

$$\text{THD: Distorsión armónica total} \quad THD = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}{I_L^2}} \times 100\% \quad \text{Ecuación 4.13}$$

Distorsión de demanda total

Es la relación entre la corriente armónica y la demanda máxima de la corriente de carga. Cuando se efectúan mediciones relacionadas con armónicas en los sistemas eléctricos, es común encontrar niveles de THD altos en condiciones de baja carga que no afectan la operación de los equipos ya que la energía distorsionante que fluye es también baja. Para evaluar adecuadamente estas condiciones se define el TDD que es el parámetro de referencia que establece los límites aceptables de distorsión en corriente en la norma IEEE 519

$$\text{TDD: Distorsión de demanda total} \quad TDD = \sqrt{\frac{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}{I_L}} \times 100 \quad \text{Ecuación 4.14}$$

I_h = Magnitud de la armónica individual h = orden armónico I_L = demanda máxima de la corriente fundamental de carga, que se calcula como el promedio máximo mensual de demanda de corriente de los 12 últimos meses o puede estimarse.

Potencia fundamental y armónica

Para definir la relación de potencias en sistemas eléctricos se utiliza ampliamente la relación:

$$S = P + jQ \quad \text{Ecuación 4.15}$$

Donde:

S : Potencia aparente

P : Potencia activa

Q : Potencia reactiva

Su representación fasorial es el triángulo de potencias y muestra que P se ubica en el eje real, mientras Q esta en el imaginario, estando ambos en cuadratura y S es la resultante.

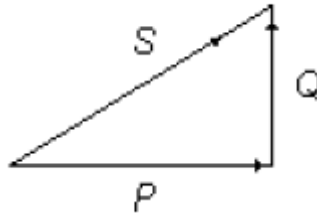


Figura 4. 16 Triangulo de potencias.

Con esta expresión pero utilizando las energías medidas, los suministradores de la electricidad en México, calculan el factor de potencia para efectos de facturación. Estos conceptos son válidos mientras el sistema sea lineal, es decir no exista distorsión armónica.

Las cargas no lineales son las que generan la distorsión armónica en corriente, que al fluir por el cableado y el transformador de distribución, producen la distorsión en voltaje.

Para aquellos sistemas en los que la distorsión en voltaje es nula o mínima y existe distorsión armónica en corriente, se utiliza la pirámide de potencias para considerar tanto los valores fundamentales como los armónicos.

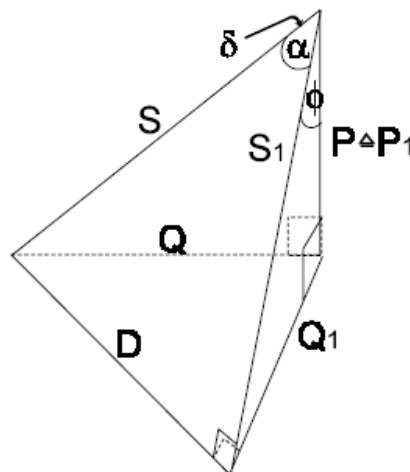


Figura 4. 17 Piramide de potencias.

Para poder aplicarlo correctamente, se revisarán los conceptos relacionados. Las siguientes expresiones aplican cuando el voltaje es senoidal y la corriente esta distorsionada

Potencia aparente	$S = VI_{rms} = V = \sqrt{I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_n^2}$	Ecuación 4.16
Potencia Eficaz	$P = VI = VICos\phi_1$	Ecuación 4.17
Potencia Reactiva	$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$	Ecuación 4.18
Potencia Reactiva Fundamental	$Q_1 = VI_1 Sen\phi_1$	Ecuación 4.19
Potencia Distorsionante	$D = V\sqrt{I_2^2 + I_3^2 + I_n^2}$	Ecuación 4.20
Factor de potencia fundamental	$FP_1 = \frac{P}{S_1} = Cos\phi_1$	Ecuación 4.21

4.5.5 Niveles de armónicas permitidos por las normas

Normalización

Para asegurar la integridad en el sistema de potencia global, es preciso establecer límites sobre los niveles de distorsión permisibles que apliquen tanto a los usuarios como a los suministradores de la energía.

Resulta especialmente delicada la relación usuario/compañía suministradora, ya que esta última tiene derecho a pedir al usuario que limite la contaminación al sistema de transmisión y distribución y el usuario tiene el derecho a pedir el suministro de una energía con la menor contaminación posible.

En México existe la especificación CFE L0000-45 denominada "Perturbaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente del suministro de energía eléctrica" concerniente a la distorsión armónica permisible.

En los Estados Unidos de América la norma IEEE 519 "Prácticas recomendadas y requerimientos para el control de armónicas en sistemas eléctricos de potencia" define entre sus puntos los valores máximos de distorsión permisible.

Ambas normatividades están diseñadas para limitar las corrientes armónicas de cada usuario en lo individual de forma que los niveles armónicos en voltaje en la totalidad del sistema de potencia sean aceptables, siendo su cumplimiento una responsabilidad compartida entre suministrador y usuarios.

- **Suministrador.** Es su responsabilidad que en la acometida, la distorsión armónica total en voltaje THDv se encuentre dentro de los límites establecidos, por lo que debe asegurarse que condiciones de resonancia en el sistema de generación, transmisión o distribución no ocasionen niveles inaceptables de distorsión en voltaje, aun si los usuarios se encuentran dentro de los límites de generación armónica en corriente.
- **Usuarios.** Deben de asegurar que en la acometida, la generación de armónicas en corriente se ubique dentro de los límites establecidos, tanto para componentes armónicas individuales como para la Distorsión de Demanda Total TDD, especificándose dichos límites como porcentaje de la demanda promedio de corriente del usuario en lugar de la corriente fundamental instantánea, con el fin de proporcionar una base común de evaluación a lo largo del tiempo.

4.5.6 Límites de distorsión en Voltaje

El suministrador es responsable de mantener la calidad del voltaje en el sistema global, especificándose los límites para diferentes niveles de tensión.

Es importante notar que la definición de la distorsión armónica total THD que se utiliza es diferente a la convencional ya que se expresa la distorsión en función al voltaje nominal, que es un valor constante para cada usuario, estableciéndose así, una base fija de evaluación a lo largo del tiempo.

Tabla 4. 5 Límites distorsión IEEE 519.

<i>Límites de Distorsión Armónica en Voltaje en % del voltaje nominal</i>		
Nivel de tensión en la Acometida (V_n)	Distorsión armónica individual	Distorsión armónica total THD V_n
$V_n \leq 69$ kV	3.0%	5.0%
69 kV $< V_n \leq 161$ kV	1.5%	2.5%
$V_n > 161$ kV	1.0%	1.5%

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} V_h^2}}{V_n} \times 100\%$$

Ecuación 4.22

V_h : Magnitud de la componente armónica individual

h : orden armónico

V_n : Voltaje nominal fundamental del sistema

Tabla 4. 6 Límites distorsión CFE L0000-45

<i>Límites de Distorsión Armónica en Voltaje en % del voltaje nominal</i>		
Nivel de tensión en la Acometida (V_n)	Distorsión armónica individual	Distorsión armónica total THD V_n
$V_n \leq 1$ kV	5.0%	8.0%
$1 < V_n \leq 69$ kV	3.0%	5.0%
69 kV $< V_n < 138$ kV	1.5%	2.5%
$V_n > 138$ kV	1.0%	1.5%

4.5.7 Límites de distorsión en Corriente

Las corrientes armónicas para cada usuario son evaluadas en la acometida y los límites se establecen en base a la relación entre la corriente de cortocircuito y la demanda máxima de corriente de la carga del usuario.

Tabla 4. 7 Límites de distorsión armónica en corrientes de acometida IEEE 519.

I_{cc}/I_L	TDD	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$h \geq 35$
$V_n \leq 69 \text{ kV}$						
<20	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
20-50	8.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
50-100	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
100-1000	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
>1000	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%
$69 \text{ kV} < V_n \leq 161 \text{ kV}$						
<20*	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
20-50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%
50-100	6.0%	5.0%	2.25%	2.0%	0.75%	0.35%
100-1000	7.5%	6.0%	2.75%	2.5%	1.0%	0.5%
>1000	10.0%	7.5%	3.5%	3.0%	1.25%	0.7%
$V_n > 161 \text{ kV}$						
<50	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
≥ 50	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%

* Todos los equipos de generación de energía están limitados a estos valores de corriente, sin importar la relación I_{cc}/I_L .

Para las armónicas pares, los límites son el 25% de los valores especificados en la tabla. No se permite la existencia de componentes de corriente directa, que corresponden a la armónica cero.

Si las cargas que producen las armónicas utilizan convertidores con número de pulsos q mayor a 6, los límites indicados en la tabla se incrementan por

un factor: $\sqrt{\frac{q}{6}}$

La distorsión de demanda total TDD está definida como:

$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_{h=2}^{\infty} I_h^2}}{I_L} \times 100\%$$

Ecuación 4.23

I_h : Magnitud de la armónica individual

I_L : Demanda máxima de la corriente fundamental de la carga

h : Orden armónico impar

- I_{cc} : Debe utilizarse aquella que bajo condiciones normales de operación, resulte en la mínima corriente de cortocircuito en la acometida, ya que este valor reduce la relación I_{cc}/I_L y la evaluación es mas severa.
- I_L : Es la demanda máxima de la corriente fundamental en la acometida y puede calcularse como el promedio de las demandas máximas de corriente mensuales de los últimos 12 meses o puede estimarse para usuarios que inician su operación.
- Los límites son mas estrictos para los usuarios que representan mayor carga al sistema, ya que la relación I_{cc}/I_L es menor.

Los sistemas mas robustos pueden transmitir mayores niveles de corrientes armónicas sin producir una distorsión excesiva de voltaje que los sistemas mas débiles.

Tabla 4. 8 limites de distorsion por corriente de acometida CFE L0000-45.

I_{cc}/I_L	TDD	$h < 11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$h \geq 35$
$V_n \leq 69 \text{ Kv}$						
$I_{cc}/I_L < 20$	5.0%	4.0%	2.0%	1.5%	0.6%	0.3%
$20 \leq I_{cc}/I_L < 50$	6.0%	7.0%	3.5%	2.5%	1.0%	0.5%
$50 \leq I_{cc}/I_L < 100$	12.0%	10.0%	4.5%	4.0%	1.5%	0.7%
$100 \leq I_{cc}/I_L < 1000$	15.0%	12.0%	5.5%	5.0%	2.0%	1.0%
$I_{cc}/I_L \geq 1000$	20.0%	15.0%	7.0%	6.0%	2.5%	1.4%
$69 \text{ kV} < V_n \leq 161 \text{ kV}$						
$I_{cc}/I_L < 20$	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
$20 \leq I_{cc}/I_L < 50$	4.0%	3.5%	1.75%	1.25%	0.5%	0.25%
$50 \leq I_{cc}/I_L < 100$	6.0%	5.0%	2.25%	2.0%	0.75%	0.35%
$100 \leq I_{cc}/I_L < 1000$	7.5%	6.0%	2.75%	2.5%	1.0%	0.5%
$I_{cc}/I_L \geq 1000$	10.0%	7.5%	3.5%	3.0%	1.25%	0.7%
$V_n > 161 \text{ kV}$						
$I_{cc}/I_L < 50$	2.5%	2.0%	1.0%	0.75%	0.3%	0.15%
$I_{cc}/I_L \geq 50$	3.75%	3.0%	1.5%	1.15%	0.45%	0.22%

Para las armónicas pares, los límites son el 25% de los valores especificados en la tabla

- Los límites deben ser usados como el caso mas desfavorable de operación normal. Para arranque de hornos eléctricos de arco, que toman un tiempo máximo de un minuto, se permite exceder los límites en 50%

- No se permiten corrientes de carga con componentes de corriente directa

4.5.8 Punto de medición del nivel de armónicas

Los límites establecidos en la norma IEEE 519-1992 deben aplicarse en la acometida, es decir en el punto donde el suministrador entrega la energía al usuario en cuestión y a partir de ahí puede alimentar a otro usuario.

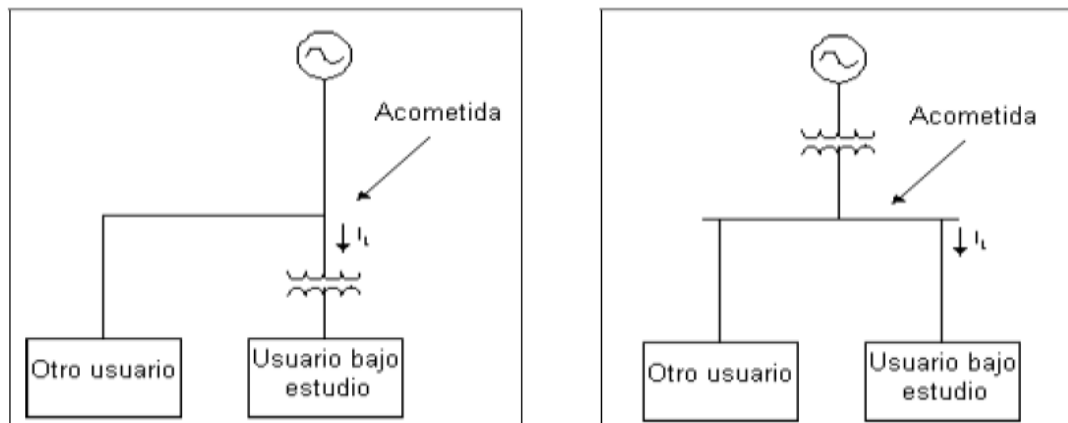


Figura 4. 18 Medición de nivel de armónicas.

4.5.9 Fuentes que producen las armónicas

La norma IEEE 519-1992, relativa a “Prácticas recomendadas y requerimientos para el control de armónicas en sistemas eléctricos de potencia” agrupa a las fuentes emisoras de armónicas en tres categorías diferentes:

1. Dispositivos electrónicos de potencia
2. Dispositivos productores de arcos eléctricos
3. Dispositivos ferromagnéticos

Algunos de los equipos y procesos que se ubican en estas categorías son:

1. Motores de corriente directa accionados por tiristores
2. Inversores de frecuencia
3. Fuentes ininterrumpidas UPS
4. Computadoras
5. Equipo electrónico
6. Hornos de arco
7. Hornos de inducción
8. Equipos de soldadura
9. Transformadores sobreexcitados

4.5.10 Armónicas Características

Ciertas armónicas son inherentes al proceso de conversión que realizan los equipos, a las que se les nombra armónicas características.

En el caso de convertidores estáticos y rectificadores las armónicas características pueden definirse a partir del número de pulsos p con que cuentan, asumiendo que los dispositivos funcionan correctamente.

$$h=np\pm 1$$

Ecuación 4.24

donde:

h = orden armónico

$n=1,2,3\dots$

p = número de pulsos del convertido

4.5.11 Efectos de las armónicas

Las corrientes armónicas generadas por cargas no lineales, están desfasadas noventa grados con respecto al voltaje que las produce, fluyendo una potencia distorsionante de la fuente a la red eléctrica y viceversa, que solo es consumida como pérdidas por efecto Joule que se transforman en calor, de forma equivalente a la potencia reactiva fundamental relacionada al factor de potencia de desplazamiento.

Algunos de los efectos nocivos producidos por el flujo de corrientes armónicas son:

- • Aumento en las pérdidas por efecto Joule ($I^2 R$).
- • Sobre calentamiento en conductores del neutro.
- • Sobre calentamiento en motores, generadores, transformadores y cables, reduciendo su vida.
- • Vibración en motores y generadores.
- • Falla de bancos de capacitores.
- • Falla de transformadores.
- • Efectos de resonancia que amplifican los problemas mencionados anteriormente y pueden provocar incidentes eléctricos, mal funcionamiento y fallos destructivos de equipos de potencia y control.
- • Problemas de funcionamiento en dispositivos electrónicos sensibles.
- • Interferencias en sistemas de telecomunicaciones.

Los efectos dependerán de la proporción que exista entre la carga no lineal y la carga total del sistema, aunado a que se debe mantener la distorsión dentro de los límites establecidos por las normas.

Generalmente cuando la carga no lineal representa menos del 20% de la carga total, la distorsión armónica en corriente estará dentro de los límites establecidos en IEEE 519, sin que exista la necesidad de efectuar algún tipo de filtrado.

Si se cuenta con equipo electrónico sensible en plantas industriales o instalaciones médicas, donde las cargas no lineales sean solo una pequeña proporción, pueden llegar a ocurrir problemas en su funcionamiento atribuibles al sistema de puesta a tierra, conmutación de capacitores remotos, transitorios, o distorsión armónica producida por otros usuarios, debiendo de identificar las causas y tomar las acciones correctivas, que pudiera requerir la instalación de protecciones o filtros.

Los problemas causados por la distorsión armónica, ocurren usualmente cuando la carga no lineal representa mas del 20% de la total y por la presencia de bancos de capacitores se presentan condiciones de resonancia.

4.5.12 Impacto en la vida de los equipos

Los fabricantes establecen los límites de funcionamiento de sus equipos por debajo de sus valores de falla para tener una operación adecuada y una vida prolongada, sin embargo, cuando existen condiciones de resonancia, dichos límites pueden ser excedidos, acelerando su envejecimiento o provocando su falla.

La magnitud de los costos originados por la operación de sistemas y equipos eléctricos con tensiones y corrientes distorsionadas, puede percibirse considerando lo siguiente:

1. La sobre elevación de 10 °C en la temperatura del aislamiento en conductores, reduce su vida a la mitad.

2. Un incremento del 10% en la tensión nominal del dieléctrico de un capacitor, reduce su vida a la mitad.

Estudios realizados sobre los efectos de la distorsión armónica, muestran reducciones de 20% a 30% en la vida de capacitores y de 10% a 20% en la vida de transformadores.

4.5.13 Condiciones de resonancia

En un sistema con cargas no lineales, las corrientes armónicas fluyen hacia la red a través del transformador de distribución.

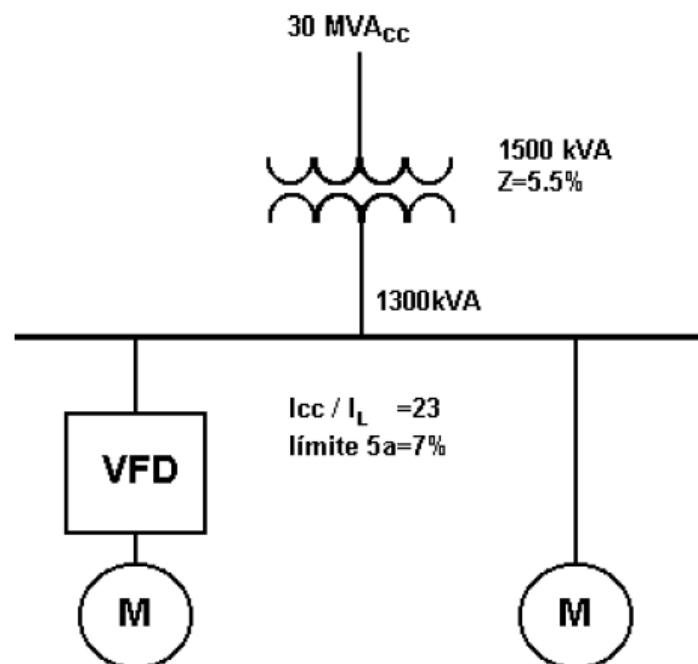


Figura 4. 19 Ejemplo de diagrama unifilar de planta industrial.

Al no existir capacitores en la red, el espectro de corriente se distribuye en los diferentes componentes de la misma, sin variar su composición relativa, aunque su magnitud dependerá de sus admitancias respectivas, sin que se magnifiquen las corrientes armónicas.

Los mayores problemas en las redes eléctricas relacionados con la distorsión armónica, se presentan al instalar capacitores para compensar el factor de potencia de desplazamiento en presencia de cargas no lineales significativas.

Un voltaje con contenido armónico que alimenta a bancos de capacitores, provoca que su corriente se incremente ya que su impedancia se reduce con la frecuencia.

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

Ecuación 4.25

La magnitud del incremento de la corriente eficaz con relación a la corriente nominal fundamental, es función del contenido armónico de la señal de voltaje. Los capacitores al ser cargas lineales no generan armónicas, pero si las magnifican, produciéndose disparos frecuentes de sus interruptores o fallas en los mismos capacitores.

La instalación de bancos de capacitores en el lado de baja tensión del transformador de distribución produce una resonancia paralela con la reactancia inductiva de la fuente.

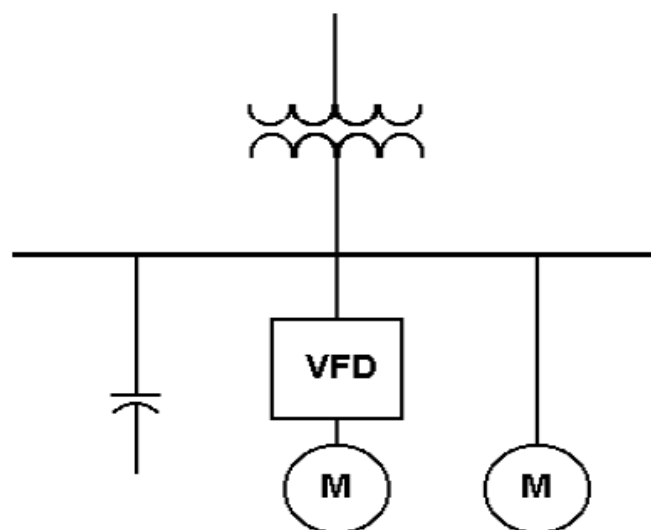


Figura 4. 20 Diagrama unifilar al que se agregan capacitores debido las cargas.

4.5.14 Efectos en los transformadores

En los transformadores de propósito general la potencia nominal esta definida para señales senoidales de voltajes balanceados y corrientes que no excedan de 0.5% THD, en una magnitud dada que no se exceda el límite de elevación de temperatura, estableciéndose dichos parámetros en la placa de datos.

Durante su operación, los transformadores de potencia están sujetos a esfuerzos térmicos, eléctricos y mecánicos los cuales degradan el sistema de aislamiento aceite/ papel, siendo la temperatura excesiva, la presencia de oxígeno y humedad combinadas con los esfuerzos eléctricos los factores principales que aceleran dicha degradación. Como causas secundarias se ubican los esfuerzos mecánicos originados por la excitación del núcleo y corto circuitos, así como los ácidos y lodos como productos generados por la descomposición del aceite.

El proceso de degradación del sistema aislante aceite / papel evoluciona gradualmente hasta presentarse la falla en el transformador de potencia. En México, la estadística de fallas de transformadores de potencia de la CFE en 1999 está clasificada de acuerdo a su frecuencia de ocurrencia.

Tabla 4. 9 %Fallas en transformadores.

Tipo de falla	Frecuencia de Ocurrencia
Problemas de aislamiento en devanados	49%
Boquillas	26%
Cambiador de derivaciones	10%
Explosiones por incendio	3%
Núcleo	2%
Otras causas	10%

Las corrientes armónicas producen un calentamiento adicional en los devanados de los transformadores, por el incremento en las pérdidas causadas por las corrientes de eddy, que son función tanto de la corriente

eficaz que circula como de la frecuencia al cuadrado de la señal, debiéndose de considerar su capacidad en forma reducida con respecto a su nominal, cuando alimentan cargas no lineales de acuerdo al estándar ANSI/IEEE C.57.110 . La distorsión en voltaje causa pérdidas adicionales en el núcleo pero su impacto es poco significativo.

Esta situación explica los incrementos considerables en la temperatura de los transformadores que alimentan cargas no lineales, aun cuando la corriente de carga este por debajo de su capacidad nominal, exponiéndose a fallas prematuras.

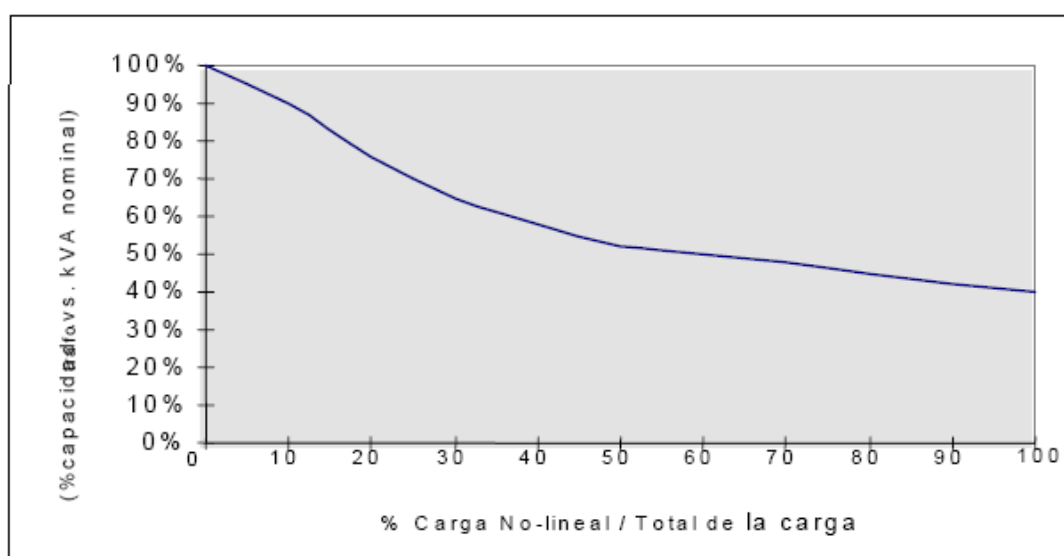


Figura 4. 21 Reducción en la capacidad de transformadores con relación a la carga no lineal que alimenta

La capacidad disponible del transformador puede llegar a ser únicamente el 50% de su nominal, cuando el 70% de su carga es no lineal, aplicando típicamente a transformadores de 440 / 220V que alimentan en su totalidad equipo electrónico. En los transformadores principales de distribución la reducción es menos severa debido a la cancelación de armónicas entre diversas cargas.

Underwriters Laboratories (UL) establece el método denominado factor K para transformadores secos, que es un índice de la capacidad del transformador para soportar los efectos del calentamiento producidos por las cargas no lineales, siendo diseñados para operar a su capacidad nominal con corrientes que tengan niveles de distorsión de acuerdo a dicho factor, sin que se excedan los límites nominales de elevación de temperatura. Los valores de factor K normalizados en transformadores son 4, 9, 13, 20, 30, 40 y 50, siendo los más usados 4, 13 y 20.

Algunas de las ventajas y características de diseño de los transformadores con factor K son:

- Incorporan un blindaje electrostático entre los devanados primario y secundario para la atenuación de picos de voltaje, ruido de línea y transitorios
- Ciertos fabricantes elaboran los devanados utilizando tiras de lámina (foil), generalmente de aluminio, en lugar de alambre magneto para reducir las corrientes de eddy y minimizar el calentamiento adicional. Así mismo, se tiene la ventaja de reducir los esfuerzos por voltaje entre las capas de los devanados ya que se utiliza una vuelta por capa.
- La barra de neutro está dimensionada para manejar el 200% de la corriente de línea
- Ocupan menos espacio que los convencionales
- Tienen una menor corriente de inrush

El factor K es un índice que considera las pérdidas adicionales que las corrientes de eddy provocan en el transformador, debido a la presencia de armónicas, siendo proporcionales al cuadrado de la frecuencia. Un factor K unitario corresponde a una corriente senoidal pura.

$$FactorK = \frac{\sum_1^h (h^2 I_h^2)}{\sum_1^h I_h^2} \quad \text{Ecuación 4.26}$$

Donde h: Orden armónico

I_h : Contenido armónico individual

Considerando un rectificador trifásico, se calcula su factor k y la máxima corriente que el transformador puede manejar con respecto a su nominal.

Tabla 4. 10 Cálculo factor k en transformador que alimenta rectificador.

h	I_h %	I_h^2	$h^2 I_h^2$
1	100	10,000.00	10,000.00
5	17.5	306.25	7,656.25
7	11	121.00	5,929.00
11	4.5	20.25	2,450.25
13	2.9	8.41	1,421.29
17	1.5	2.25	650.25
19	1	1.00	361.00
Suma		10,459.16	28,468.04

Factor K	$\Sigma h^2 I_h^2 / \Sigma I_h^2$	2.72
Imax	$(1.15/1+0.15K)^{.5}$	90.4%

Cuando las pérdidas parásitas de los devanados de los transformadores a frecuencia fundamental son multiplicadas por el factor K se obtienen las pérdidas reales causadas por las corrientes armónicas.

$$Pec = Pec_{fund} \times FactorK \quad \text{Ecuación 4.27}$$

Donde:

Pec: Pérdidas por corrientes de eddy reales

Pec_{fund} : Pérdidas por corrientes de eddy a frecuencia fundamental

En resumen los efectos de las armónicas en los transformadores son:

- Reducción de la eficiencia provocada tanto por el incremento en la corriente eficaz como por las corrientes de eddy que son función del cuadrado de la frecuencia
- Incremento en los costos de operación
- Capacidad de operación reducida con relación a su nominal
- Inversión en capital adicional
- Incremento en la temperatura, pudiendo exceder los límites de elevación sobre la temperatura ambiente, provocando fallas prematuras
- Incremento en los costos de mantenimiento por servicio y por reemplazo
- Reducción de la productividad de la empresa por paros inesperados

4.5.15 Efectos en los motores

La gran mayoría de los motores de inducción fueron diseñados para operar con ondas senoidales, siendo la corriente fundamental en fase con el voltaje la que produce trabajo útil en la flecha en términos de par y velocidad.

Cuando un motor es alimentado con una señal de voltaje distorsionado, sus componentes armónicos generan calor en los devanados lo que incrementa su resistencia y reduce su eficiencia.

Cuando un motor es alimentado por un VFD, esta sujeto a señales de alta frecuencia, calentándose, reduciendo su eficiencia y acortando su vida, por lo que en ocasiones deben sobredimensionarse para soportar estas condiciones o utilizar motores para uso con inversores (inverter duty).

La corriente fundamental produce un par que rota en el sentido de giro del motor a una velocidad definida por su frecuencia radial. Las señales de secuencia negativa producen pares en sentido inverso, cuyas velocidades de rotación dependen del orden armónico.

La interacción de los pares de diferentes velocidades y sentidos de giro, pueden producir pares pulsantes, causando vibración y esfuerzos en las partes mecánicas del sistema, repercutiendo en su eficiencia.

Las armónicas de secuencia cero, no producen pares rotativos, solo agregan calentamiento al motor.

Los motores de alta eficiencia son menos sensibles a la distorsión armónica comparados con los motores estándar, debido a su mayor capacidad térmica y factores de diseño que minimizan las pérdidas parásitas o indeterminadas, aun cuando su eficiencia se ve reducida por el incremento en las pérdidas.

En resumen, los efectos mas significativos producidos por las armónicas en los motores son:

- Incremento de pérdidas por calor
- Reducción del par efectivo en la flecha
- Vibración
- Reducción de eficiencia
- Disminución de su vida

4.5.16 Reducción de armónicas

En las plantas industriales se busca operar a factores de potencia superiores a 0.90 para evitar la penalización por este concepto e incluso es conveniente alcanzar valores cercanos a la unidad, que típicamente se ubican en un factor de potencia de 0.97, para lo cual se instalan capacitores que pueden provocar resonancias paralelas en el rango de la 3ª y 16ª armónica.

En una red en la que la proporción de cargas no lineales con relación a la carga total es superior a 10%, no se deben instalar capacitores ya que la distorsión armónica se incrementará provocando problemas en los equipos. Incluso ha sucedido que usuarios que solo tienen cargas lineales, experimentan fallas en sus capacitores y distorsión en voltaje debido a la importación de las armónicas de otros usuarios que se alimentan de la misma red de alta tensión.

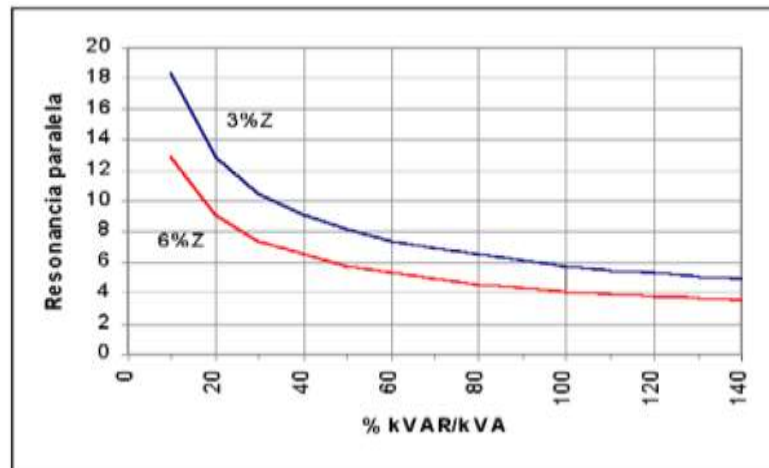


Figura 4. 22 Armónica en que ocurre la resonancia paralela en función de la relación kVAR capacitores / kVA transformador para voltajes secundarios de 480V e impedancia del transformador de 3% y 6%

En los sistemas eléctricos donde el contenido armónico de las señales está afectando su desempeño, se instalan filtros, con el propósito de reducir la distorsión, aproximando dichas señales a la forma de onda senoidal.

Los filtros son equipos cuyo propósito es interactuar con una frecuencia específica o rango de frecuencias de una señal dada, teniendo el mayor impacto cuando se instalan los mas cercano posible a las cargas no lineales.

Efectos asociados a la reducción de armónicas

- Con la reducción de armónicas se obtienen beneficios tales como:
- Elevación del factor de potencia
- Reducción de consumo de energía reactiva de las redes de C.F.E.
- Reducción de pérdidas producidas por efecto Joule ($I^2 R$)
- Prolongar la vida de equipo electrónico
- Reducción de sobrecalentamientos en el cableado
- Reducción de pérdidas en transformadores
- Incremento en la eficiencia y prolongación de la vida de motores

Reactores de Línea

Los reactores de línea se diseñan para manejar corrientes distorsionantes considerando, tanto la corriente fundamental como la armónica y el efecto de las frecuencias que esto implica, instalándose entre la alimentación y el VFD o grupo de estos.

Para obtener la reducción del contenido armónico deseado, se debe instalar un reactor de línea cuya corriente nominal fundamental sea cercana a la de operación, ya que si se sobredimensiona, el THD que se conseguirá será muy por encima del calculado.

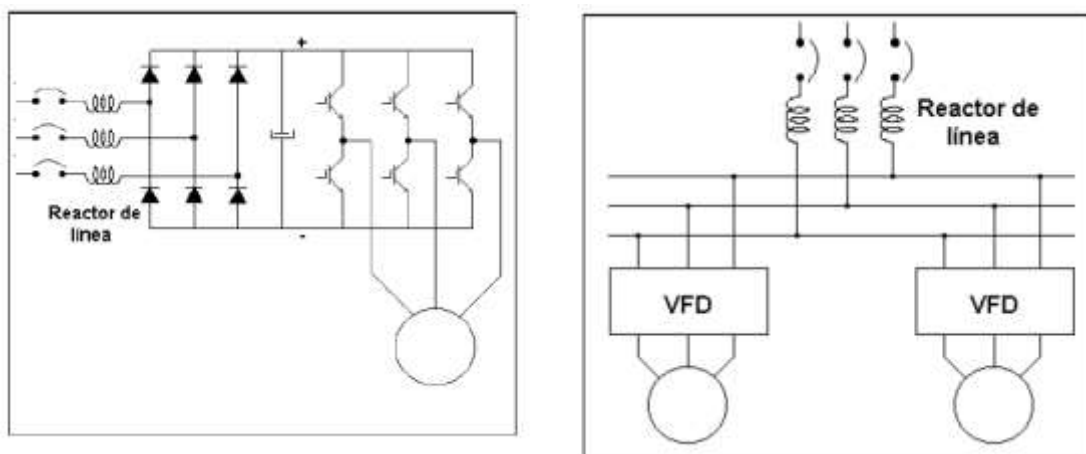


Figura 4. 23 Conexión de reactores de línea VFD individual y Grupo de VFD

Los efectos que se producen al instalar los reactores de línea son:

- Reducen la razón de crecimiento de la corriente di/dt , mejorando la forma de onda.
- Limitan la corriente de corto circuito en caso de que la falla ocurra en la alimentación del VFD.
- Amortiguan los picos generados por la conmutación de capacitores en la red, reduciendo los disparos y fallas de los VFD.
- Producen una caída de tensión proporcional a su impedancia, reduciendo el voltaje en la alimentación del VFD.

En forma alternativa, se puede instalar un reactor monofásico entre la salida del puente rectificador y el capacitor, denominado reactor de obstrucción en CD (DC choke), considerando que en este caso su porcentaje de impedancia sería el doble con respecto al de un reactor de línea para lograr el mismo efecto, es decir, si la reducción de armónicas deseada se consigue con un reactor de línea de 3%, la impedancia del reactor de obstrucción equivalente sería de 6%.

Filtros Sintonizados

Son filtros pasivos que se conectan en paralelo al sistema de distribución general o a cargas individuales significativas, para reducir el contenido armónico generado por los dispositivos no lineales, además de proporcionar potencia reactiva fundamental para compensar el factor de potencia de desplazamiento, debiendo de coordinar su operación con la demanda de la carga.

Cuando los filtros se instalan en el bus principal de distribución, su potencia total esta conformada por grupos o pasos que son accionados por contactores y que a su vez son comandados por un regulador que determina los requerimientos específicos de potencia reactiva del sistema ante una condición dada, permitiendo compensarla en una amplia gama de demandas.

En aquellos sistemas en los que se cuenta con diversas cargas no lineales de potencia significativa y de funcionamiento prolongado, se puede instalar un filtro para cada una de estas cargas, coordinando su operación y reduciendo tanto la corriente fundamental como la distorsionante desde el punto de conexión.

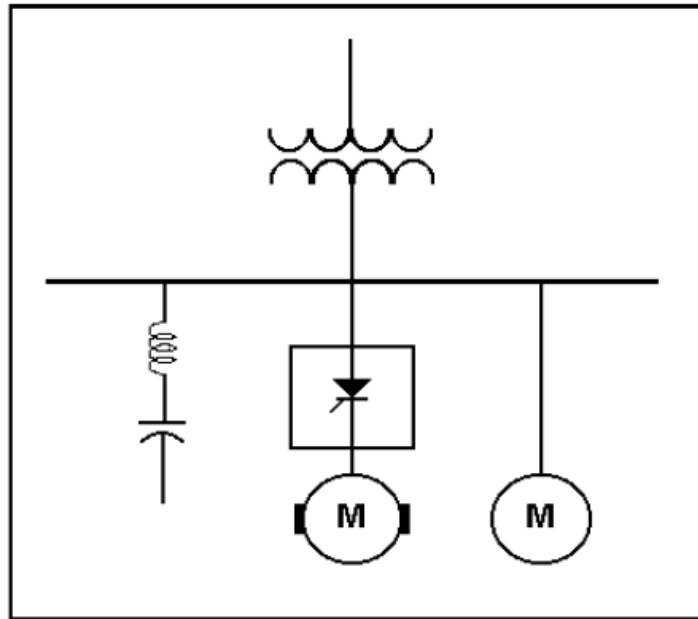


Figura 4. 24 Conexión del filtro desintonizado en paralelo al bus de distribución del sistema.

Están compuestos por una inductancia en serie con un capacitor que puede estar conectado en delta o en estrella y cuyos valores definen la frecuencia de sintonía.

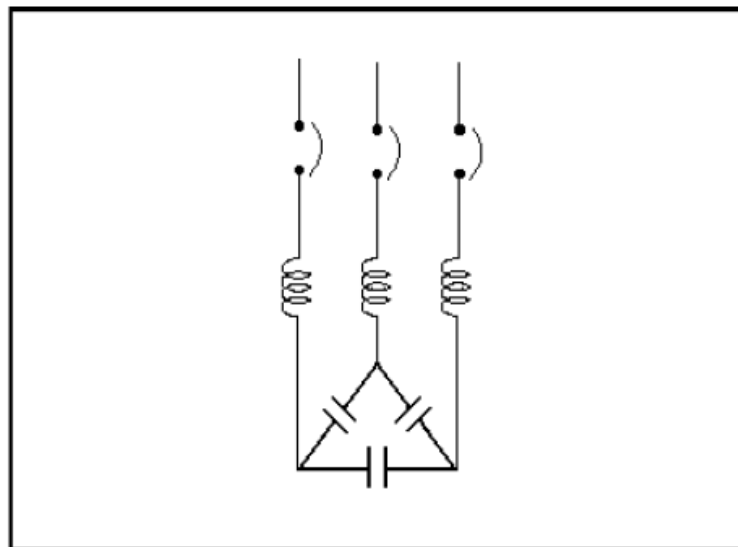


Figura 4. 25 Arreglo de Filtro sintonizado con capacitor en conexión delta.

La frecuencia de sintonía o frecuencia de resonancia serie, es aquella en la que la impedancia del filtro se hace cero, provocando que las corrientes de esa frecuencia fluyan en su totalidad a través de él.

Se elige generalmente un valor de frecuencia de sintonía que sea ligeramente inferior a la menor armónica dominante para que atenúe a esta y a las de orden superior, comportándose el filtro a partir de este punto como un elemento inductivo, por lo que las corrientes correspondientes a armónicas de mayor orden ya no estarán expuestas a condiciones de resonancia, reduciéndose efectivamente la potencia distorsionante del sistema.

Al instalar los filtros sintonizados se debe considerar que su corriente estará compuesta por la corriente de la potencia reactiva fundamental y por la corriente distorsionante producida tanto por las cargas no lineales del usuario, como por la importación de la red de alta tensión.

El reactor utilizado en el filtro debe soportar la corriente de diseño sin que se deteriore su aislamiento y mantener su linealidad con la sobrecarga armónica, siendo conveniente que cuente con un detector de sobrecalentamiento que lo proteja ante la importación excesiva de armónicas.

Los capacitores operarán a voltajes superiores a los de línea debido al efecto del reactor en serie, debiendo de diseñarse para no exceder los límites establecidos en el estándar IEEE 18-1980.

Tabla 4. 11 Estándar IEEE 18-1980 para límites en capacitores.

Voltaje Pico	120%
Corriente máxima	180%
KVAR	135%
Voltaje eficaz	110%

Si la carga no lineal del sistema comprende una combinación de motores de CD, VFD y computadoras, es conveniente, iniciar mitigando las armónicas con reactores de línea para los VFD y con transformadores delta – estrella o filtros de 3ª armónica para las cargas monofásicas y que el filtro sintonizado absorba su remanente así como las armónicas generadas por los motores de CD, compensando adicionalmente el factor de potencia de desplazamiento.

Es importante tomar en cuenta las probables ampliaciones de carga no lineal al dimensionar los filtros ya que ante esta nueva condición se pueden exceder los límites de diseño, provocando su falla.

En los sistemas trifásicos es poco común encontrar señales con 2ª armónica, que implica una señal asimétrica, sin embargo, cuando los controladores de los puentes de tiristores no funcionan correctamente, esta situación se presenta, pudiendo causar problemas en el filtro ya que el núcleo del reactor se satura con la componente de corriente directa que acompaña a la 2ª armónica, sobrecalentándolo.

Los efectos más importantes de los filtros sintonizados en el sistema son:

- Reducción considerable de las armónicas en el sistema.
- Compensar el factor de potencia a frecuencia fundamental.

Filtros Desintonizados

En esencia los filtros desintonizados tienen el mismo arreglo y conexión a la red que los sintonizados pero se sintonizan a una frecuencia que no se espera que exista en el sistema y muy por debajo de la armónica característica de menor orden, típicamente entre la 3ª y 4ª armónica.

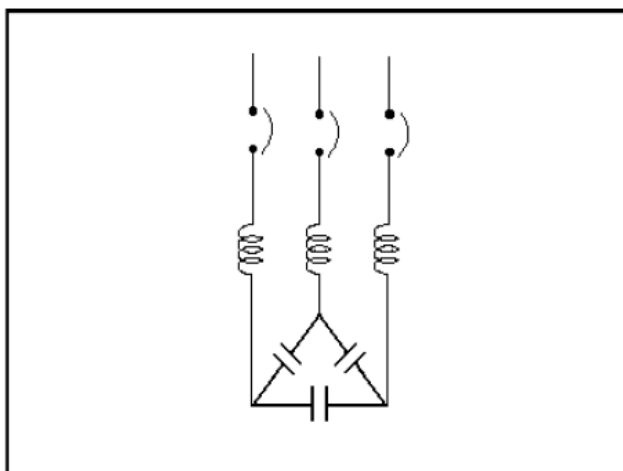


Figura 4. 26 Arreglo de Filtro desintonizado

Su aplicación principal es cuando se requiere compensar el factor de potencia de desplazamiento en un sistema donde la proporción de la carga no lineal con relación a la total es inferior al 40% y se desea proteger a los capacitores contra sobrecargas armónicas.

Al establecer la frecuencia de sintonía en un valor bajo, presentará una impedancia reducida a mayores frecuencias absorbiendo una proporción de armónicas.

Los filtros desintonizados tienen la ventaja con respecto a los sintonizados de ser mas económicos, ya que sus componentes están expuestos a corrientes armónicas menores y pueden funcionar adecuadamente ante ciertas ampliaciones de carga no lineal, sin embargo su aplicación no será conveniente cuando la carga distorsionante exceda el 40% de la total y se requiera cumplir con los límites establecidos en la norma IEEE 519

Su funcionamiento debe estar coordinado con la demanda de potencia reactiva de la carga para evitar sobrecargar al transformador de distribución.

Los efectos más importantes de los filtros desintonizados en el sistema son:

- Proteger a los capacitores.
- Evitar resonancias.
- Compensar el factor de potencia de desplazamiento.

Pérdidas por desbalance

Otra de la problemática que se presenta en la institución y que ocasiona gasto de energía eléctrica, corresponde al desbalance de los circuitos de distribución, que originan una corriente por el conductor neutro, trayendo como consecuencia pérdida de energía por calentamiento.

El desequilibrio en las fases del sistema, no debe exceder en ningún caso del 5%; operar en rangos superiores no es recomendable, ya que se presentan incrementos de temperatura y por consiguiente, pérdidas de energía y baja eficiencia; por lo que es conveniente operar los equipos entre 1 y 2% o tratar de tener los voltajes en las fases casi iguales; de esta manera se incrementa la eficiencia y como consecuencia existirá ahorro de energía.

Algunas causas de voltaje desbalanceado son las siguientes:

1. Se presenta un circuito abierto en el sistema primario de distribución.
2. Se tenga una combinación de cargas de una fase y tres fases en el mismo sistema de distribución, con las cargas de una sola fase desproporcionalmente distribuidas.

Cuando se tienen desbalances de voltaje, resultan desbalances de corriente del orden de 6 a 10 veces el desbalance de voltaje, con la consecuencia de sobre-elevación de temperatura en los motores.

Existen otras causas de desbalance, como lo son las conexiones del sistema de transformación de voltaje, en especial la Estrella abierta- Delta; Delta abierta-Delta, las cuales producen desbalance en las fases, por algunos desequilibrios que se presentan en las instalaciones eléctricas; estas conexiones no están presentes en la institución y no se tratarán por lo tanto, en este documento.

Diagnostico

Tomando en cuenta las causa de esta problemática, se realizo un diagnostico del sistema para ubicar el estado del sistema eléctrico en el CECyTE Marín. Se empezó a realizar las medidas necesarias para comprobar las corrientes por los circuitos principales que tiene la institución actualmente, para luego verificar si el sistema eléctrico es el apropiado y pueda soportar la demanda de energía existente. Estas medidas se tomaron en los tableros de distribución de la institución en fechas y horas diferentes, para comprobar que los resultados sean los más exactos posibles, en tal sentido la tabla N° 15 muestra estos resultados.

Tabla 4. 12 Mediciones de corriente en el CECyTE Marín.

Fases del	Corrientes en Amperios, según fecha y hora indicada		
	Tablero	01/09/04 – 10:30 AM	08/09/04 – 10:00 PM
F1	33	77	101
F2	21	50	39
F3	24	84	105
N	37	31	27

Esta tabla indica que los circuitos de alimentación principales del CECyTE, N.L. Marín tienen una corriente promedio de 59.33 Amperios, para un voltaje de 220 V trifásico, y una corriente del neutro de 31.66 Amperios.

Empleando tabla de conductores AWG se obtiene para un 4/0 AWG una resistencia de 0.16 Ω /Km, podemos calcular la potencia disipada por calentamiento en los 3 metros de conductor neutro.

$$P = I^2 R$$

La corriente de 31.66 Amp en el neutro provoca una disipacion de 0.481 Watts, esta potencia constante durante en 6 horas provoca un consumo de 2.88 WH diarios, si consideramos unicamente los 20 dias habiles del mes, tendremos un consumo en este periodo de 0.0577 KWH al mes, que revisandola, quizas no representa un impacto en la tarifa pero es un punto de desperdicio.

CAPÍTULO

5. TÉCNICAS DE AHORRO DE ENERGÍA

5.1 Equipos ahorradores de energía

El ahorro de energía, comienza en la selección apropiada de los diferentes dispositivos que sin afectar la función que desempeñan para el usuario, llegan a optimizar el uso de la energía eléctrica sin afectar la comodidad o la armonía de las áreas que cubren. Existen una serie de dispositivos que cubren estas características los cuales se conocen como equipos de ahorro de energía.

5.1.1 Filtros

Los filtros son dispositivos que tienen la habilidad de eliminar las armónicas de la red eléctrica, en forma controlada; las armónicas son causadas por cargas eléctricas no lineales, tales como variadores de velocidad, rectificadores, computadoras, etc. Para definir el tipo de filtro a instalar, es necesario efectuar un minucioso estudio de armónicas, con ediciones de tensión y corriente; analizando mediante simulador y selección, el dispositivo más adecuado. Como el circuito de filtrado absorbe parte o la totalidad de las armónicas generadas por los convertidores, deberá ser diseñado adecuadamente. El filtro monitorea la corriente de línea, en tiempo real y procesa las armónicas medidas, como señales digitales en un procesador de

señal digital (DSP) de alta potencia. La salida del (DSP) controla los módulos de potencia de ancho de pulso modulado (PWM), que a través de reactores de línea, inyectan corrientes armónicas con la fase opuesta a aquellas que se van a filtrar. El efecto es reducción de armónicas, y señal senoidal limpia.

Los equipos de filtrado, empleados en las instalaciones industriales y redes antes mencionadas, permiten obtener las siguientes mejoras:

- Compensación de la potencia reactiva a la frecuencia fundamental para un factor de potencia específico.
- Disminuyen el porcentaje de distorsión armónica total.
- Evitan fenómenos de resonancia, que surgirían al conectar capacitores sin protección contra armónicas.
- Disminución de pérdidas activas, en cables y aparatos electromagnéticos por reducción de la distorsión armónica total.

Sensores de presencia

Los Sensores de presencia o de ocupación proporcionan Encendido y Apagado automático, de las cargas de iluminación para aumentar la seguridad y generar importantes ahorros de energía. El sensor infrarrojo responde a cambios en el fondo infrarrojo encendiendo las luces cuándo las personas entran a un espacio determinado, y las apaga cuando el espacio está desocupado. El sensor Ultrasónico emite una señal ultrasónica y monitorea los cambios en el tiempo de retorno de la señal para detectar la ocupación. Los sensores multitecnología combinan un sensor infrarrojo y un sensor ultrasónico, una ambas tecnologías para una operación más eficaz. Leviton posee sensores para distintas aplicaciones, como salas de juntas, baños, almacenes, cubos de escalera, estacionamientos, centros comerciales y edificios en general.

Estos dispositivos contienen un temporizador, el cual desconecta el alumbrado automáticamente después de un tiempo determinado si no se detecta sonido o movimiento que superen el umbral de sensibilidad.

Aunado todo esto previene el encendido de las luces cuando el cuarto está iluminado adecuadamente por luz natural.

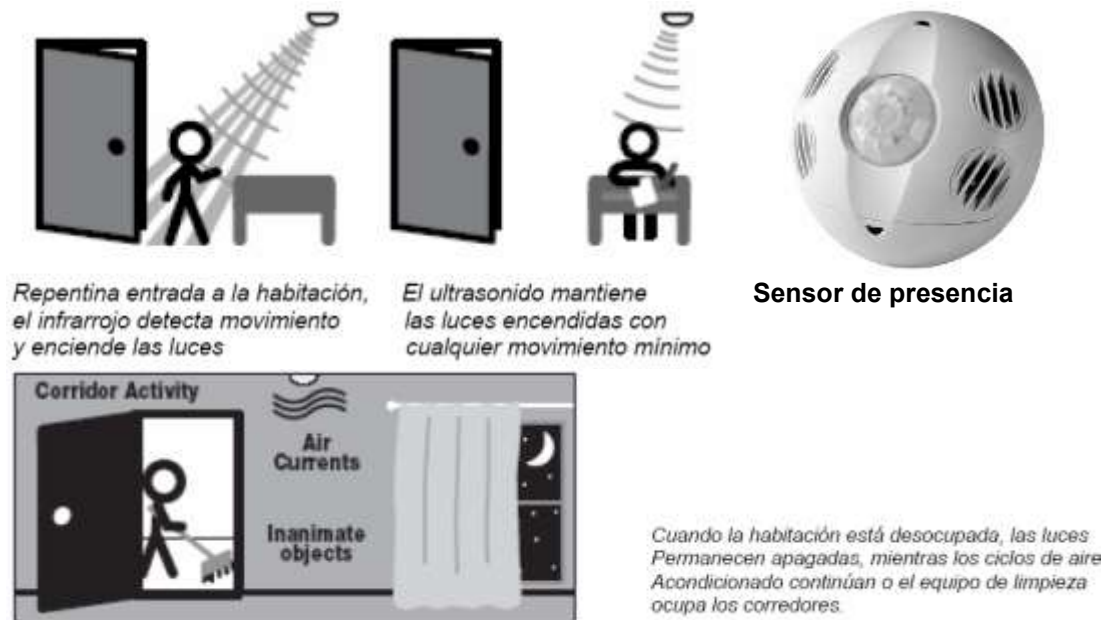


Figura 5. 1 Sensores de presencia.

CARACTERISTICAS

- Configuración de auto-ajuste: Las llamadas de soporte para hacer ajustes son eliminadas. La configuración del retardo del tiempo es ajustada continuamente.
- Memoria No – volátil: Los ajustes de configuración son grabados y salvados en una memoria protegida que no se pierde durante los cambios de voltaje.
- Amplia Cobertura. Unidades desde 500 a 2000 sq.Ft están disponibles.
- Reconocimiento de la iluminación del ambiente: Una fotocelda previene el encendido de las luces cuando el cuarto está iluminado adecuadamente por luz natural.
- Tamaño pequeño: La instalación del sensor es casi invisible aparentemente.
- Precisa y constante conmutación: Los detalles de presencia son eliminados. Las luces se encienden cuando la habitación está ocupada y se apagan cuando está vacía. Los molestos apagones en falso son

minimizados al igual que las luces que permanecen encendidas toda la noche.

- Rápida y sencilla instalación: Un sujetador único montado y tres cables con código de color hacen fácil la instalación.
- Fococeldas: Ajustable de 20 – 3,000 Lux. Selección de fábrica 3,000 L. Fococeldas inhabilitadas.
- Configuración del regulador: Automática y manual – 30 s a 30 min. Modo de prueba 6s.

Según Márquez con la instalación de este tipo de sensores se pueden lograr ahorros del 25 al 50% en oficinas, del 30 al 75% en baños, del 45 al 65% en salas de conferencias y del 50 al 75% en bodegas.

5.1.2 Balastos electrónicos

Son dispositivos que permiten adaptar la corriente de la línea de alimentación a la corriente necesaria de la lámpara, para mantener su potencia nominal, sin variar el voltaje de línea. Estos balastos, utilizan elementos semiconductores. (De Gregorio; 2002)



Figura 5. 2 Balastos electrónicos.

La conveniencia de estos dispositivos es la capacidad de manejar la energía eléctrica eficientemente, ya que no consumen tanta energía como los

balastos electromagnéticos. Tienen bajas pérdidas y sus características principales son el reducido tamaño y su rendimiento energético.

Cada vez es mayor la tendencia mundial a utilizar balastos electrónicos para alimentar lámparas fluorescentes. El uso de este tipo de balastos permite aprovechar mejor los recursos energéticos que se destinan a la iluminación, porque se obtiene mayor cantidad de lúmenes/W comparado con los sistemas con balastos magnéticos.

Hay varios factores que permiten el ahorro de energía con el uso de balastos electrónicos, entre ellos el mayor rendimiento de la lámpara en alta frecuencia y menores pérdidas en el balastro.

Rendimiento de la lámpara

Los balastos electrónicos trabajan a frecuencias superiores al límite audible, o sea por encima de los 18 KHz. En la Figura 5.3 se observa cómo un aumento de la frecuencia de alimentación de la lámpara produce un aumento del rendimiento lumínico de aproximadamente el 10%.

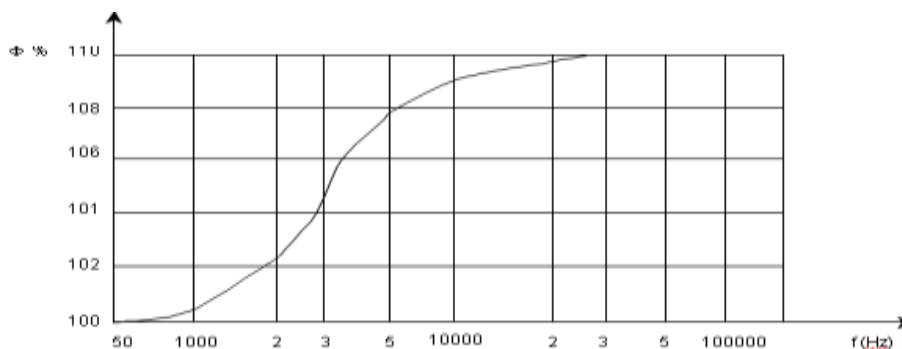


Figura 5. 3 Flujo luminoso en función de la frecuencia de la corriente de la lámpara.

Utilizando balastos electrónicos a frecuencias por encima de 20 KHz se logra un ahorro de energía, dado que es necesario entregar un 10 % menos a la lámpara para obtener igual flujo luminoso que el obtenido a 50 Hz con balastos magnéticos.

El fenómeno de mejora en el rendimiento en alta frecuencia se explica a partir del cambio en la forma de la onda de tensión de arco, como puede verse en la Figura 5.4.

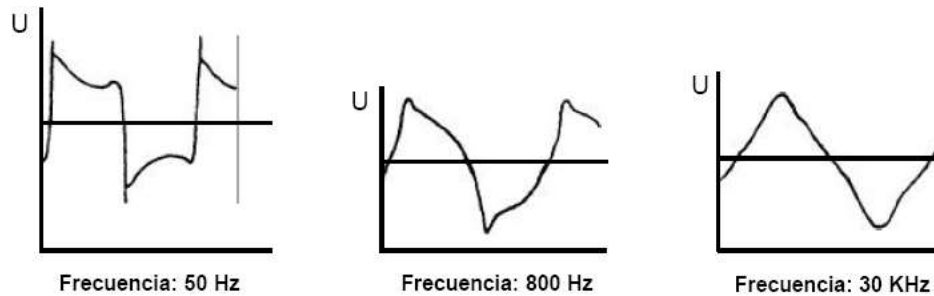


Figura 5. 4 Curvas de tensión de arco en función de la frecuencia.

Los picos que se observan a baja frecuencia en la forma de onda representan un consumo de energía adicional que necesita la lámpara para sostener la ionización, dado que cerca de los cruces por cero algunos iones se alcanzan a recombinar, es decir comienza el apagado de la lámpara. Al variar la tensión de alimentación lentamente (baja frecuencia) el efecto es más notable.

Al aumentar la frecuencia, aumenta la velocidad del cambio alrededor del cruce por cero los iones no tienen tiempo de recombinarse, por lo que no necesita esa energía adicional, y desaparecen los picos en la forma de onda de la tensión de arco.

Pérdidas en el balasto

Al trabajar los balastos electrónicos en frecuencias altas, los elementos para controlar la corriente de la lámpara disminuyen de volumen y, en consecuencia, se reducen las pérdidas que producen.

Los núcleos magnéticos usados en los balastos electrónicos son de material cerámico, pequeños y de baja pérdida. Por ejemplo, en un sistema de 2 lámparas de 36 W, las pérdidas de los balastos magnéticos serán de

alrededor de 20 W (10 W por cada balasto). Un buen balasto electrónico para 2 lámparas de 36W tiene típicamente pérdidas de 6 a 7W.

Mejora de rendimiento de la luminaria

Los artefactos almacenan parte del calor generado por las lámparas y los balastos. En las luminarias con balastos electrónicos, la temperatura de la lámpara es menor que en el caso de luminarias con balastos magnéticos, porque reciben menos energía para generar la misma cantidad de luz y además los balastos tienen menores pérdidas.

El rendimiento en lúmenes/W de la lámpara depende de la temperatura de trabajo. En la Figura 5.5 se observa una curva típica con un máximo en lúmenes/W para 25 °C. Se aprecia en la figura que a alta frecuencia la disminución de rendimiento es menor que a baja frecuencia cuando la temperatura se aparta del valor óptimo.

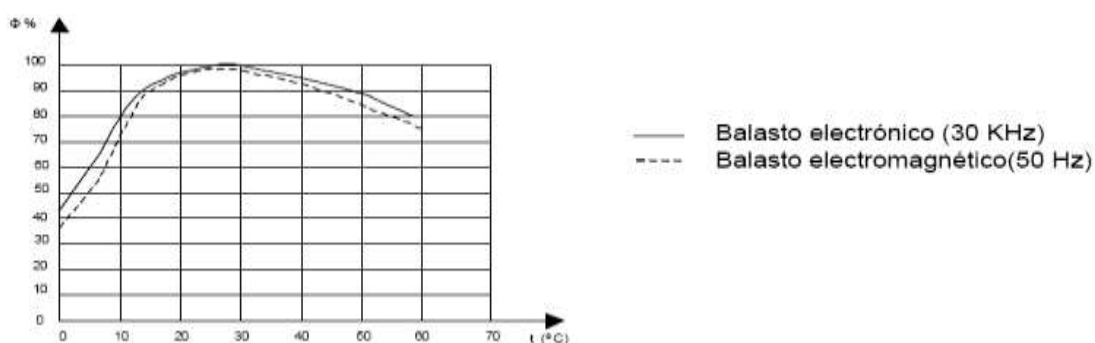


Figura 5. 5 Flujo luminoso en función de la temperatura del recinto de la lámpara

Típicamente en una luminaria con 1 lámpara de 36 W, trabajando en un ambiente con una temperatura exterior de 25 °C, con balasto magnético, se medirá alrededor de 40 °C

Análisis comparativo de rendimiento

En la tabla 5.1 podemos ver el comportamiento de una luminaria operando una lámpara de 36 W, con un balasto de 50 Hz, a la cual le entrega la

potencia nominal, o sea, 36 W, y el de la misma luminaria operando con un balasto de alta frecuencia a la que le entrega 32 W.

Si suponemos un rendimiento de la lámpara trabajando a 50 Hz de 80 lm/W la mejora obtenida es del 37%.

Tabla 5. 1 Análisis comparativo de rendimiento en lámparas de 36 W.

Lámpara Fluorescente de 36 W

BALASTO	50 Hz	30 KHz
P_L : Potencia en lámpara (W)	36	32
η : Rendimiento de la lámpara (lm/W)	80	88
ϕ_L : Flujo de lámpara (lm) $\phi = P_L \times \eta$ a 25°C	2880	2816
α : Factor de temperatura (ver punto 3)	0,92 a 40°C	0,98 a 35°C
ϕ_U : $P_L \times \alpha$ a temperatura de luminaria	2650 a 40°C	2760 a 35°C
P_B : Pérdidas del balasto (W)	10	3
P_T : Potencia de línea (W) $P_T = P_L + P_B$	46	35
η_T : Rendimiento total (lm/W) $\eta_T = \phi_U / P_T$	57,61	78,86
Aumento de eficiencia $\frac{\eta_T(30\text{KHz}) - \eta_T(50\text{Hz})}{\eta_T(50\text{Hz})} \times 100$		+37%

Contenido armónico de la corriente de entrada

En los balastos electrónicos, la corriente alterna de la red de alimentación se convierte a continua por medio de una etapa rectificadora, con diodos y capacitor electrolítico. Este proceso de rectificación produce deformación en la corriente de entrada, con alto contenido de armónicas y bajo factor de potencia, como se ve en la Figura 5.6.

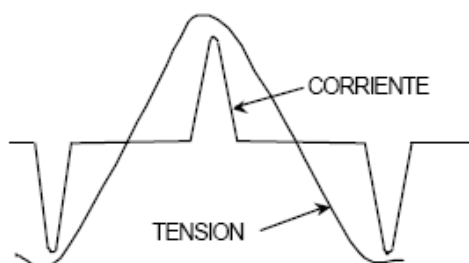


Figura 5. 6 Forma de onda de la corriente del rectificador con capacitor.

La forma de onda de la Figura 5.6 tiene un alto contenido de armónicas, especialmente la tercera, que puede llegar a valores superiores al 80% de la fundamental. Esta tercera armónica y sus múltiplos impares en un sistema trifásico se suman directamente en el neutro y producen una corriente alta en dicho conductor.

En un sistema de lámparas de descarga la corriente en el neutro tiene por lo general un valor elevado a pesar de tener las fases equilibradas.

En el caso de usarse balastos electrónicos con estas características la corriente en el neutro tendrá un valor superior a la de la fase, aún estando éstas equilibradas. Si los conductores del neutro y los seccionadores no tienen suficiente capacidad de manejo para esta elevada corriente se producirán calentamientos en toda la instalación con los consiguientes deterioros.

Factor de potencia

Una corriente de entrada deformada como la de la Figura 5.6 tiene bajo factor de potencia, es decir que la relación entre la potencia activa consumida y la potencia aparente estará en un valor cercano a 0.5 debido al elevado contenido de componentes armónicas.

Con los balastos magnéticos convencionales el factor de potencia también está en el orden de 0.5 pero en este caso es inductivo y se puede compensar mediante un capacitor conectado en paralelo sobre la red.

En un balasto electrónico cuyo circuito de entrada no es el adecuado, esta corriente es pulsante e imposible de corregir con un capacitor.

Los balastos electrónicos para uso profesional tienen circuitos dedicados a la corrección de la forma de onda de la corriente de entrada, reduciendo el contenido armónico a menos del 15 % total, de modo de obtener un alto factor de potencia mayor a 0,96. Las compañías de electricidad exigen a los usuarios un factor de potencia mayor a 0,85. En instalaciones con gran

cantidad de balastos electrónicos estos deben ser de tipo profesional, con alto factor de potencia.

5.1.3 Lámparas ahorradoras de energía

El uso de lámparas fluorescentes tipo T8 y balastos electrónicos o electromagnéticos de alta eficiencia, brindan diversos beneficios en comparación con equipos T12 Slimline, los cuales en la actualidad tienen una gran demanda. (FIDE 2004).

Los beneficios se reflejan en un ahorro considerable de energía consumida.

En lámparas

- ◆ Las lámparas fluorescentes T8 tienen una eficacia arriba de los 80 lúmenes/watt nominal de lámpara, contra un máximo de 69 Lúmenes/watt nominal de lámparas fluorescentes T12 tipo Slimline. Esto nos indica que tendremos más luz con menor consumo de energía.
- ◆ El índice de rendimiento de color (IRC) de las lámparas fluorescentes tipo T8 es casi similar a la luz natural y tiene la posibilidad de elegir la temperatura de color (°K) lo que las convierte en la mejor opción en el diseño de iluminación, permitiendo una óptima definición de objetos y la posibilidad de diseñar ambientes y efectos arquitectónicos en beneficio del desempeño de las actividades del lugar.
- ◆ Debido a su variedad de potencias, así como tamaños y formas compatibles a los del sistema Slimline y formas, permiten al usuario satisfacer las necesidades de las más diversas aplicaciones.
- ◆ La vida útil de las lámparas fluorescentes tipo T8 es mayor en promedio dos veces que la vida de las lámparas fluorescentes T12 tipo Slimline. Además por su diámetro más reducido permite que ocupe menos espacio en su almacenamiento.

En balastos

- Las lámparas fluorescentes tipo T8 pueden ser operadas por medio de balastos electrónicos y electromagnéticos de alta eficiencia los cuales nos permiten un importante ahorro de energía contra los balastos para lámparas fluorescentes T12 tipo Slimline.
- En el caso de balastos electromagnéticos para 2x32W T8 podemos ahorrar un 28% de la energía que demandaría un sistema 2x39W T12 con balastro electromagnético de baja energía. Y si utilizamos un balastro electrónico este ahorro alcanzaría un 40%.

Otras ventajas de los balastos de alta eficiencia para lámparas T8 contra los equipos para lámparas Slimline son:

- ◆ Que cuentan con un alto factor de potencia, >90.
- ◆ La temperatura de operación del balastro es menor a uno de Slimline.
- ◆ El ruido producido por estos equipos es menor a los 30 decibeles, por los que su operación es muy silenciosa.
- ◆ La vida de estos es en el caso de los balastos electromagnéticos 3 veces mayor que los balastos para Slimline y en caso de usar balastos electrónicos, éste aumenta hasta más de 5 veces.
- ◆ El diseño de los balastos de alta eficiencia para equipos T8 los hacen menos pesados y de menor tamaño que los de Slimline.

Todas estas características de los nuevos equipos superan las de los equipos tradicionales, formadas por lámparas T12 con balastro electromagnético de hasta 16 watts.

Tabla 5. 2 Análisis de rendimiento en lámparas de 32 W.

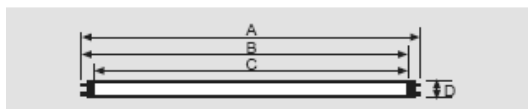
Luminarias	Potencia (W)	Ahorro (W)
2*32	66	30

Según la tabla anterior se tiene que las luminarias de 2 x 32 no demandarían 96 W, sino 66, lográndose un ahorro de 30 W.

Las lámparas fluorescentes ahorradoras de energía, operan de tal forma que consumen menos energía eléctrica y emiten mayor intensidad luminosa que una lámpara convencional. Si utilizáramos estas, estaríamos ahorrando aproximadamente un 35 % del consumo de energía eléctrica correspondiente a alumbrado; además, el tiempo de vida útil de estas, es de más del doble. Asimismo, el flujo luminoso es mayor, por lo que se requiere una menor cantidad de ellas.

Tabla 5. 3 Datos técnicos en nuevas luminarias.

Dimensiones



	min	max	mm
(A) Longitud Total		1220	
(B) Longitud base-pin	1204	1206	
(C) Longitud base-base			1119
(D) Diámetro de bulbo			27

Guía de identificación

FO	32 / 8	30 / XP ECO
Fluorescente	Potencia	8=85 IRC
OCTRON	32W	30=3000K 35=3500K 41=4100K 50=5000K
		Extended Performance Ecologic

Comparacion de sistemas

Sistema de 2 Lámparas

Tipo	Balastro	Factor de Balastro	Watts del Sistema	Lúmenes Iniciales	Lúmenes Promedio	Promedio Relativo (lm)	Vida Relativa
FO32/741	2 x 32W QTP	0.9	59W	5040	4540	100%	100%
FO32/841	2 x 32W QTP	0.9	59W	5310	4885	108%	100%
FO32/841/XP	2 x 32W QTP	0.9	59W	5400	5075	112%	120%

Especificaciones

Descripción	Watts	IRC	Longitud nominal (mm)	Base	Bulbo	Hrs. de Vida promedio	Lúmenes Iniciales	Lúmenes Promedio	Temp. de color
FO32/830/XP ECO	32	85	1220	G-13 Bi-Pin	T-8	24,000	3000	2820	3000K
FO32/835/XP ECO	32	85	1220	G-13 Bi-Pin	T-8	24,000	3000	2820	3500K

Fotoceldas

La instalación de controles eficientes de iluminación constituye una de las formas más simples de reducir los costos de energía para iluminación. Cuando las luces se dejan encendidas de manera innecesaria o algunas áreas se iluminan en forma excesiva, se incrementan los costos de energía. En muchos hogares, las lámparas de seguridad de exteriores, que a menudo se dejan encendidas sin necesidad alguna, representan gran parte de los costos generales de energía para iluminación. Cada hora que una lámpara opera innecesariamente genera, en consecuencia, costos superfluos. Los controles descritos a continuación pueden ayudar a reducir el uso innecesario de la iluminación.

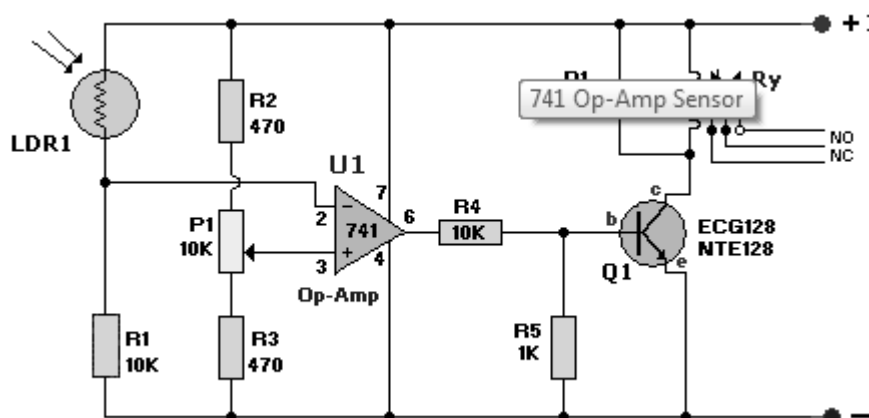


Figura 5. 7 Circuito de fotocelda basico.

Las fotoceldas perciben la luz existente y encienden las luces eléctricas cuando los niveles de luz natural son bajos y las apagan cuando los niveles de luz son elevados (Figura 5.7). Se recomiendan especialmente a fin de controlar el área exterior o la iluminación decorativa, lo que permite que el sistema de iluminación de exteriores se ajuste a los cambios de temporada. Si la iluminación de exteriores se requiere sólo durante una parte de la noche, pueden utilizarse fotoceldas para encender la iluminación y apagarla mediante un sincronizador. Algunas fotoceldas cuentan con mecanismos de demora destinados a evitar que las luces se enciendan cuando una nube temporal cubre esa área.

5.2 Técnicas que reducen el consumo eléctrico

Existe hoy en día un sinnúmero de equipo eléctrico tradicional en uso en todos los sectores donde utilizan la energía eléctrica. Muchos de estos sectores desconocen la tecnología actual y sus grandes ventajas sobre el equipo convencional en cuanto al ahorro en el consumo eléctrico es por eso que el programa de ahorro es este instituto está fomentado por los siguientes aspectos:

- Uso de luminarias más eficientes.
- Apagado automático de las luminarias.
- Mantenimiento de las luminarias.
- Diseño arquitectónico eficiente.
- Sistema de iluminación eficiente.
- Balastos electrónicos.
- Separación de circuitos.
- Aportaciones técnicas.

5.2.1 Uso de luminarias eficientes

Se trata de estimar el consumo eléctrico que presentaría la institución considerando la sustitución de todas las luminarias convencionales por las de mayor rendimiento descritas anteriormente. Como se dijo antes un tubo fluorescente, TL-8, consume 32 W que es ideal para su uso en sustitución de tubos existentes en luminarias convencionales de 2'x2'. Y este debe estar combinado al balastro electrónico que solo consume 2 W, con los mismos niveles de iluminación. Existen una serie de lámparas que no permiten tener un rendimiento superior a las lámparas habituales fluorescentes. Como los son las T8. Las lámparas T8 tienen la misma base de dos pernos que la T12, lo cual permite su instalación en el mismo portalámparas. Sin embargo tienen diferentes características eléctricas, por lo que no pueden usar los balastos F40T12 normales los cuales están diseñados para operar a 430 mA.

Estas lámparas están homologadas con 20,000 horas de vida para operación de encendido rápido a 60 Hz, lo que significa un 122% más de

vida. Sin embargo, por su mayor eficiencia a menudo son empleadas con balastos electrónicos. Al igual que las lámparas T12, las T8 pueden ser atenuadas pero no requieren equipo especial para trabajar adecuadamente.

Las lámparas más ineficientes desde el punto de vista de conversión de energía eléctrica a energía luminosa, son las llamadas incandescentes o focos, seguidas por las fluorescentes del tipo Slim-line de 39 y de 75 Watts de dos pines del tipo luz de día. Por ello, el uso de estas últimas está prohibido en la Unión Americana. Además, es muy común encontrar lámparas incandescentes del tipo de halógenos, cuyo uso es de alumbrado de realce, empleadas como alumbrado general. Por otro lado, las lámparas más eficientes son las de vapor de sodio en sus diferentes versiones, con la desventaja de que proporcionan luz de un solo tono, por lo que su uso se ve limitado a iluminación general o de vigilancia.

En la tabla 21 aparecen algunas características propias de las lámparas T8 de acuerdo a la versión especificada por cada fabricante.

Tabla 5. 4 Características eléctricas en lámparas T8.

Nombre del producto	Vatios	Tiempo de vida (Hrs)	Temperatura de color	CRI	THD %	Factor de potencia
GE FLE20TBX/HPF/SPX27	20	10.000	2700	82	20	0.95
GE FLE30QBX/HPF/SPX27	30	10.000	2700	82	20	0.95
LOA 2620 Circline	20	12.000	2800	84	33	0.95
MaxLite SKM311EA/EB	11	10.000	2700-6500	84	15	0.97
MaxLite SK122 ER	22	40.000	2700-6500	84	15	0.97
MaxLite SK SK130 ER	30	40.000	2700-6500	84	15	0.97
Panasonic EFT15E28.UHD	15	10.000	2800-5000	84-88	25	0.90
Panasonic EFT20E28.UHD	20	10.000	2800-5000	84-88	30	0.90
Prolight EH18W (EH18WL)	19	70.000	3000	84	33	0.9
Prolight CL20H	20	10.000	3000	84	33	0.9
Prolight HR40/32/RJ	34	70.000	3000	85	33	0.95

NOTAS:

THD= Distorsión armónica total

CRI= Índice de interpretación del color

PRODUCTOS RECOMENDADOS:

Factor de potencia mayor o igual a 0.90

THD menor al 33%

Tiempo de vida de al menos 8.000 horas

CRI de 80 o más

5.2.2 Balastos electrónicos

Las lámparas fluorescentes son más eficientes para convertir la potencia suministrada en luz que las incandescentes, sin embargo, mucha de la potencia proporcionada a un sistema balastro-lámpara puede aprovecharse más eficientemente.

- ✓ Reduciendo las pérdidas del balastro
- ✓ Operando las lámparas a frecuencias mayores de 20 kHz
- ✓ Reduciendo las pérdidas atribuibles a los electrodos de la lámpara

Los balastos electrónicos operan las lámparas usando circuitos electrónicos que toman la potencia de alimentación a 60 Hz y la convierten a alta frecuencia (20-60 kHz). Los balastos electrónicos son más eficientes que los electromagnéticos ya que hacen que los gases de las lámparas permanezcan desionizados continuamente y, por lo tanto, produzcan luz en forma constante. En la tabla se hace un comparativo entre equipos que emplean los tradicionales balastos electromagnéticos y los electrónicos.

Tabla 5. 5 Comparativo entre tecnologías.

ESPECIFICACION DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	SISTEMA BALASTRO MAGNETICO CONVENCIONAL 2X39 W ENCENDIDO SLIMLINE	SISTEMA BALASTRO ELECTRONICO CIRCUITO INTEGRADO 2X32 W ENCENDIDO INSTANTANEO
1. TENSION DE LINEA (VOLTS)	127 V	127 V
2. CORRIENTE DE LINEA (AMPERES)	0,870	0,450
3. FACTOR DE POTENCIA (F.P.)	92%	99.50%
4. POTENCIA DE LINEA (WATTS)	102 W \div 1000 = 0.102 Kw	57 W \div 1000 = 0.057 Kw
5. FACTOR DE BALASTRO (F.B.)	75%	88%
6. FACTOR DE EFICACIA DE BALASTRO (BEF)	0.74	1.54
7. DISTORSION DE ARMONICAS (T.H.D.)	<20 %	<10 %
8. GRADO DE SONIDO	ALTO > 30 db " D "	BAJO < 25 db " A "

Otra ventaja de estos balastos es que cuentan con protección térmica condición importante en la selección de este tipo de equipo según la NOM-001-SEDE-1999.

La sustitución de nuevas luminarias traería un ahorro por luminarias de aproximadamente un 30 %, ya que las de 2 Tubos y 1 Balasto consumirían 66 W contra 96 W. En vista de que estas luminarias se colocarían en las

mismas instalaciones del CECyTE plantel Marín, los tiempos de funcionamiento de las mismas se mantienen igual a los anteriores. Las tablas siguientes muestran tales demandas y ahorros.

Tabla 5. 6 Consumo con nuevas luminarias.

Luminarias	Potencia (W)	Ahorro (W)
2*32 W	66	30

5.2.3 Mantenimiento de las luminarias

En los comienzos de su etapa de diseño, el equipo de iluminación debe seleccionarse de modo que sea fácil su conservación: para cambiar lámparas, para limpiar en forma periódica los componentes reflectores y transmisores de luz y para alcanzar balastos y otros equipos auxiliares con facilidad. También es importante montar luminarias de modo que el personal de mantenimiento pueda tener acceso para sus trabajos o contar con medios para bajar el equipo a niveles más convenientes. La continua eficiencia del sistema de iluminación depende del buen mantenimiento; en instalaciones existentes las reevaluaciones sistemáticas pueden poner al descubierto procedimientos que reducen el consumo de energía para iluminación. El programa para el mantenimiento de luminarias está fomentado de la siguiente manera:

- 1-. Cambios de lámparas en grupos, al 70 u 80 % de su vida promedio esperada.
- 2-. Limpieza programada de luminarias, que ayuda a la institución a recibir la luz por la que paga.

5.2.4 Diseño arquitectónico eficiente

Para disminuir el consumo eléctrico durante el día, es fundamental el aprovechamiento de la luz solar a través de tragaluces, domos y ventanas. La mayoría de las aulas están diseñadas para el aprovechamiento de la luz solar, pero de igual forma se tienen las luminarias encendidas, debido a la falta de concientización. Existen normas en el ámbito nacional e internacional en iluminación para todas las áreas posibles. El diseño apegado a las normas permite el aprovechamiento óptimo de los recursos.

5.2.5 Separación de circuitos

Muchas veces no se pueden apagar luces que no se estén utilizando debido a que se tienen interruptores generales por piso o por área, por lo que es conveniente revisar los circuitos y colocar apagadores que controlen un máximo de cuatro luminarias, tomando el criterio de mantener las luces de seguridad y de las zonas donde se labora. Es también importante que cada recinto cerrado cuente con apagadores propios.

Como un criterio adicional deben separarse las lámparas cercanas a las fuentes de luz natural para que se puedan apagar cuando exista suficiente luz.

Las áreas a iluminar deben estar delimitadas tanto en espacio como en tiempo de uso, y es por ello que debe existir algún medio de desconexión para cada grupo de luminarias que tienen un uso específico. Actualmente gran parte de los circuitos de iluminación están agrupados a dos o tres líneas de lámparas que se activan con un solo interruptor lo que provoca que áreas no necesarias estén en uso. Es necesario por lo tanto realizar en estas zonas una reconexión de circuitos que evite el uso de equipo no necesario.

5.2.5 Aumentar el factor de potencia.

En lo que respecta a este punto, la institución ha mantenido un FP promedio histórico de 91.67 por lo que no es tan representativo el considerarlo como un área de oportunidad a mejorar.

5.3 Aportaciones técnicas

Observando algunas áreas de oportunidad existentes en el colegio y en las cuales se pudiera dar una solución sin recurrir a un inversión importante, se desarrolló un proyecto de ingeniería para dar solución mediante técnicas conocidas a un problema antiguo presente en la cisterna encargada de proveer de agua los tinacos abastecedores de los baños del plantel, el problema consistía en un gran desperdicio de agua y energía eléctrica debido a un diseño original mal planeado. Dicho proyecto se describe en forma breve en el siguiente apartado.

5.3.1 Automatización de sistema de cisterna

La manera tradicional de controlar el nivel de agua en un tanque casero, es por medio de un flotador que abre y cierra una llave mecánica que, a su vez, permite o Interrumpe el paso del líquido. Cuando el tanque está instalado a una altura considerable, el agua no tiene presión suficiente para subir y llenarlo será necesario entonces instalar una bomba eléctrica que impulse el líquido desde una cisterna, o depósito colocado a nivel del piso, hasta el tanque (figura 25). Regularmente la instalación se complementa con un apagador eléctrico en el flotador. Cuando el nivel de agua llega al borde del tanque y el flotador sube, el apagador se abre para hacer que el motor eléctrico de la bomba se detenga; cuando el nivel del agua disminuye, el apagador se cierra y hace que vuelva a funcionar el motor de la bomba, para llenar el tanque; así se conforma un ciclo de llenado.

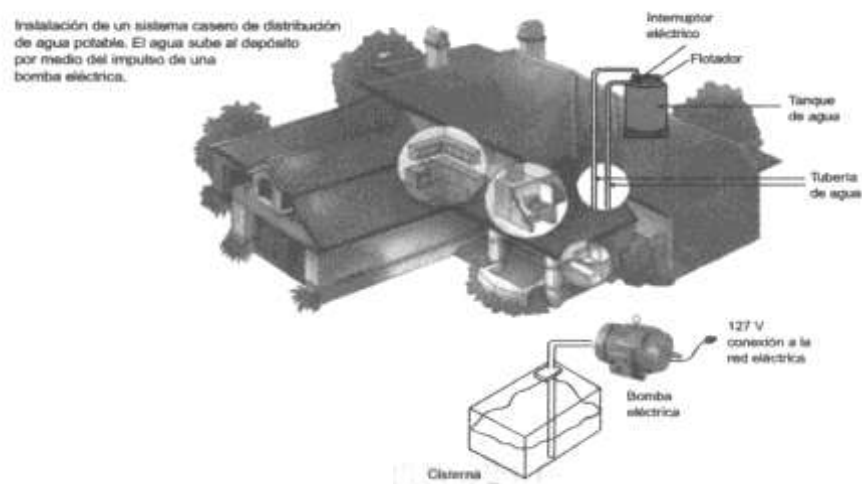


Figura 5. 8 Sistema tradicional de control de nivel de agua.

5.3.2 Control de Llenado de Tinacos

En un principio el plantel contaba con un sistema de llenado de tinacos consistente en un diseño conformado por una cisterna que suministraba el líquido mediante una bomba eléctrica. El funcionamiento de este motor fue controlado en un principio por un sensor de nivel consistente en un flotador que accionaba un interruptor que daba el mando al motor para empezar la succión del líquido de la cisterna, este sistema resultó muy ineficiente en poco tiempo debido a la oxidación del sistema provocando que el motor no accionara en su momento o quedándose encendido ocasionando una gran pérdida de energía eléctrica así como un gran desperdicio de líquido. Posteriormente el sistema se reemplazó por un tanque de presión que suministraba el fluido a los tinacos, dicho tanque era llenado por la bomba eléctrica e inyectaba el agua a presión hasta el punto donde se encontraban los tinacos en los cuales se encontraba un flotador normal el cual provocaba una liberación de presión muy frecuente o que provocaba un trabajo excesivo del motor ocasionando un gran consumo de energía eléctrica y un gran deterioro en las partes mecánicas de la bomba por lo que el mantenimiento de este equipo se presentaba muy a menudo.

Atendiendo este problema se diseñó un sistema de llenado en el cual la idea principal era que el motor únicamente funcionara al estar el tanque

completamente vacío y dejara de funcionar al llenarse, para no entrar en uso hasta estar casi vacío. Con esta idea se pretendía reducir el desgaste mecánico del motor, el ahorro de potencia eléctrica y el desperdicio de agua por el llenado del tanque.

El agua potable

Debido a su capacidad de disolver numerosas sustancias cuando se concentra en grandes cantidades el agua pura casi no existe en la naturaleza.

Si consideramos que ésta contiene sales disueltas, bastará con que introduzcamos en el recipiente que la contiene un par de electrodos y que apliquemos un voltaje de corriente directa (figura 5.8), para que una pequeña corriente directa eléctrica circule a través de ella, dicha corriente viaja, auxiliada por los iones de las sales disueltas en el líquido.

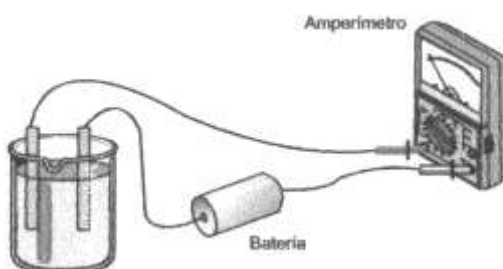


Figura 5. 9 Sistema tradicional de control de nivel de agua.

La cantidad de corriente en circulación depende del voltaje aplicado y de la cantidad de sales disueltas en el agua. Esta conductividad hace posible que el agua sea utilizada como un conductor eléctrico, para activar los elementos de control de nuestro circuito.

5.3.3 Condiciones de operación

En este tipo de instalaciones, es común que durante el ciclo de llenado del tanque se lleguen a presentar fallas. Si no hay agua en la cisterna, el motor de la bomba se mantendrá encendido indefinidamente (con el riesgo de quemarse el motor o el sello mecánico del mismo). Si el sensor de apagado instalado en el flotador del tanque falla no dando la orden de desconexión a pesar de que el nivel del agua haya alcanzado su límite máximo, el líquido empezará a derramarse y así continuará en tanto el usuario no corte manualmente la alimentación eléctrica.

Para solucionar este problema realicé el diseño de un control asíncrono que instalé en el sistema, este control se activa cuando el nivel del agua supere el límite de capacidad del tanque y desconecte de forma automática la alimentación que recibe el motor de la bomba, así como la conexión del motor al faltar el nivel en los tinacos. Para que la alarma funcione, es indispensable instalar sensores que permiten determinar la cantidad de agua que contienen tanto la cisterna como el tanque. Los sensores pueden ser placas de algún metal inoxidable (como el bronce), conectadas a cables conductores que se ubican a diferentes alturas en el interior del tanque y de la cisterna.

Con base en el principio de la conductividad del agua descrito anteriormente, colocaremos en uno de los tinacos 3 sensores ubicados en diferentes niveles, el primero S1 a 10 cm del fondo el cual se encargará de detectar la condición del vacío del contenedor, el segundo S2 a la mitad del contenedor y el tercero S3 a 15 cm por debajo del borde del tinaco que indicará el momento en que el contenedor esté lleno y será el que dará la orden para que el motor de la bomba sea desconectado cuando se alcance la capacidad máxima de aquél, de este modo evitaremos que se derrame el agua (Figura 5.9).

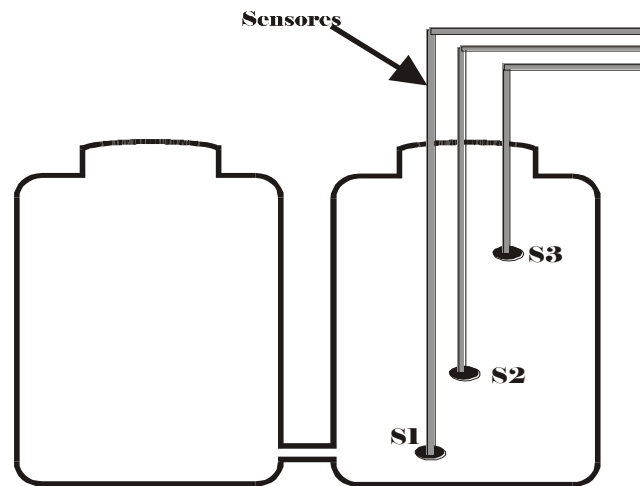


Figura 5. 10 Sensores en tinacos

5.3.4 Circuito de control

Con el fin de diseñar un circuito lógico o digital como el que aquí se mostrará, es necesario especificar las condiciones a las que para tal propósito habrá que sujetarse. Las operaciones para el circuito de control de la bomba, se indican en la tabla y siguiendo los pasos que a continuación se citan:

Tabla 5. 7 Condiciones de funcionamiento.

Tinaco	Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Motor	Nivel
Vacio	S1 = 0	S2 = 0	S3 = 0	Encendido	↑
Bajo	S1 = 1	S2 = 0	S3 = 1		
Medio	S1 = 1	S2 = 1	S3 = 1	Encendido	↑
Lleno	S1 = 1	S2 = 1	S3 = 1	Apagado	↔
Lleno	S1 = 1	S2 = 1	S3 = 1	Apagado	↓
Medio	S1 = 1	S2 = 1	S3 = 1	Apagado	↓
Bajo	S1 = 1	S2 = 0	S3 = 1		
Vacio	S1 = 0	S2 = 0	S3 = 1	Encendido	↑

Condiciones de operación

Para cumplir con las condiciones de operación se uso el método secuencial asíncrono llamado variable lógica desarrollado por el Dr. César Elizondo de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

- El circuito trabaja mediante una lógica secuencial asíncrona donde cada evento de aparición depende de los eventos anteriores, por lo que un suceso provoca otros consecutivos.
- La implementación del circuito y el desarrollo de la lógica se apoyó en el Software de la compañía Lattice el cual permite simular mediante gráficas de tiempos la aparición y extinción de las variables de salida (eventos) y también proporciona una herramienta que genera un archivo llamado “jedec” el cual mediante un programador vía software permite la descarga del programa en un circuito programable llamado Gal (Arreglo Lógico Genérico). Este circuito es el corazón del control ya que mediante las entradas que recibe entrega una salida correspondiente.

En la gráfica siguiente aparece la respuesta del circuito a las diferentes entradas de control que van apareciendo en el proceso de llenado y que vienen siendo los sensores de nivele. Este gráfico viene a ser la referencia de la cual se obtienen las ecuaciones correspondientes a la respuesta de la salida de control en función de las entradas que van apareciendo, cada evento tiene una importante labor en el proceso, describiéndose a continuación:

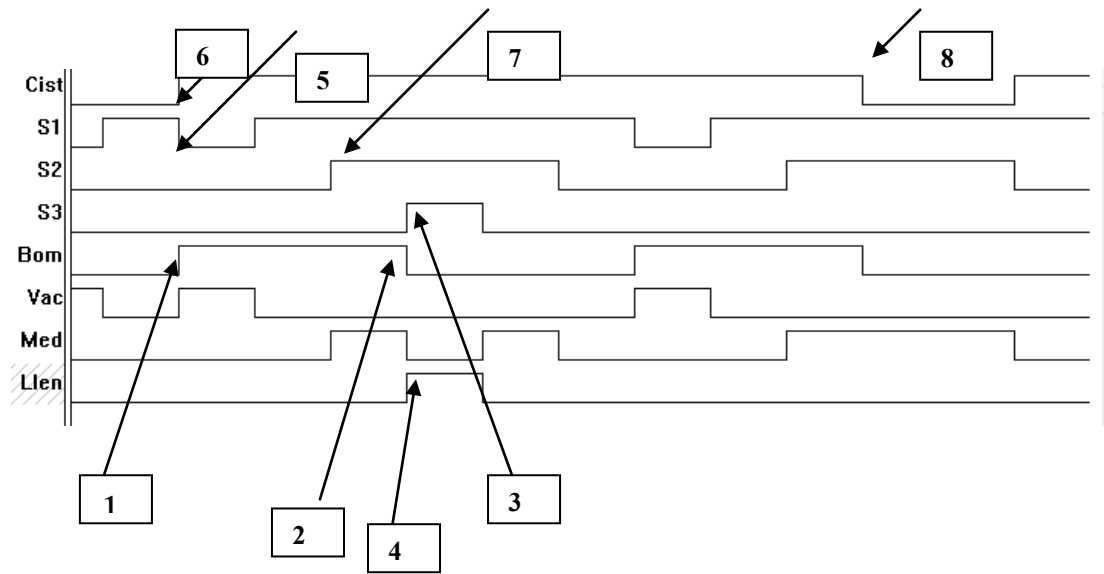


Figura 5. 11. Gráfico de comportamiento del sistema de control de nivel.

Indicadores del gráfico de señales

1. Aparición de la señal de encendido de la bomba.
2. Extinción o apagado de la bomba.
3. Aparición de la señal de llenado de tanque mediante el registro de nivel del sensor S3.
4. Indicador de tinaco lleno.
5. Extinción de señal del sensor de nivel bajo tinaco S3, el cual da la orden para encendido de la bomba.
6. Indicador de líquido en cisterna, esta señal permite la función o no de la bomba evitando que esta última trabaje en vacío cuando la primera se carece de agua.
7. Indicador de tinaco medio.
8. Cisterna vacía, esta señal anula en cualquier momento el trabajo de la bomba protegiéndole de trabajo en vacío.

La función de la operación del control se describe en las ecuaciones obtenidas mediante el método de “Variable Lógica” descrito anteriormente y se presentan a continuación:

Bom=((Cist&!S1&!S2&!S3)#Bom)&(!S3&Cist)
Ag=Cist
Baj=S1&!S2
Med=S2&!S3
Llen=S3
Vac=!S1

El programa de operación del circuito se realizó mediante el software de la compañía Lattice y se describe de la siguiente manera así como el circuito integrado final que alberga las entradas y salidas del control.

Tabla 5. 8 Condiciones de funcionamiento.

Programa de control	Reporte del Circuito Integrado																																								
<pre> MODULE Cisterna "Entradas S1,S2,S3,Cist PIN; "Salidas Bom,Baj,Med,Llen,Ag,Vac PIN ISTYPE 'COM'; EQUATIONS Bom=((Cist&!S1&!S2&!S3)#Bom)&(!S3&Cist); Ag=Cist; Baj=S1&!S2; Med=S2&!S3; Llen=S3; Vac=!S1; Test_Vectors ([Cist,S1,S2,S3]->[Ag,Bom,Baj,Med,Llen,Vac]) [0,0,0,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [0,1,0,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,0,0,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,1,0,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,1,1,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,1,1,1]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,1,1,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,1,0,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,0,0,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,1,0,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,1,1,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [0,1,1,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [0,1,1,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; [1,1,0,0]->[.x.,.x.,.x.,.x.,.x.,.x.]; END </pre>	<p style="text-align: center;">P16V8AS</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td>Cist</td><td>1</td><td>20</td><td>Vcc</td></tr> <tr><td>S1</td><td>2</td><td>19</td><td>!Llen</td></tr> <tr><td>S2</td><td>3</td><td>18</td><td>!Med</td></tr> <tr><td>S3</td><td>4</td><td>17</td><td>!Baj</td></tr> <tr><td></td><td>5</td><td>16</td><td>!Vac</td></tr> <tr><td></td><td>6</td><td>15</td><td>!Ag</td></tr> <tr><td></td><td>7</td><td>14</td><td>!Bom</td></tr> <tr><td></td><td>8</td><td>13</td><td></td></tr> <tr><td></td><td>9</td><td>12</td><td></td></tr> <tr><td>GND</td><td>10</td><td>11</td><td></td></tr> </table> <p style="text-align: center;">SIGNATURE: N/A</p>	Cist	1	20	Vcc	S1	2	19	!Llen	S2	3	18	!Med	S3	4	17	!Baj		5	16	!Vac		6	15	!Ag		7	14	!Bom		8	13			9	12		GND	10	11	
Cist	1	20	Vcc																																						
S1	2	19	!Llen																																						
S2	3	18	!Med																																						
S3	4	17	!Baj																																						
	5	16	!Vac																																						
	6	15	!Ag																																						
	7	14	!Bom																																						
	8	13																																							
	9	12																																							
GND	10	11																																							

Circuito final del control

En la figura 5.11 se observa el prototipo electrónico para el control del llenado automático del tanque, el circuito esquemático y el impreso (PCB) fue diseñado con el software de desarrollo electrónico EAGLE Versión 4.11:

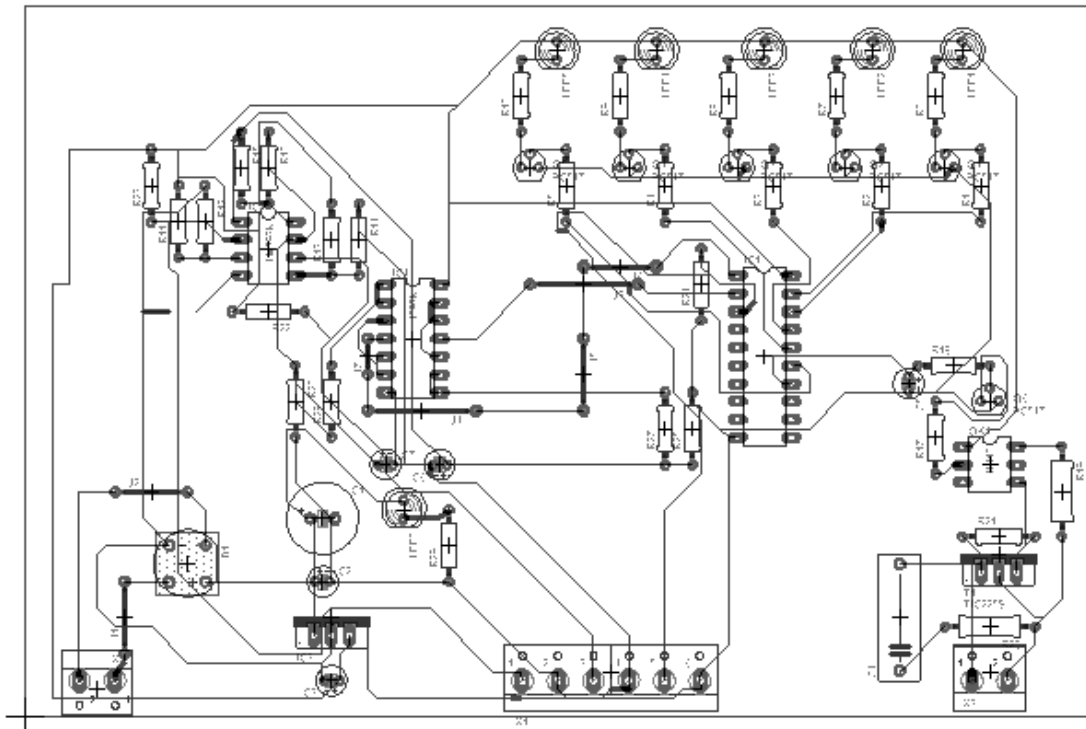


Figura 5. 12 Circuito de control de llenado de tinacos.

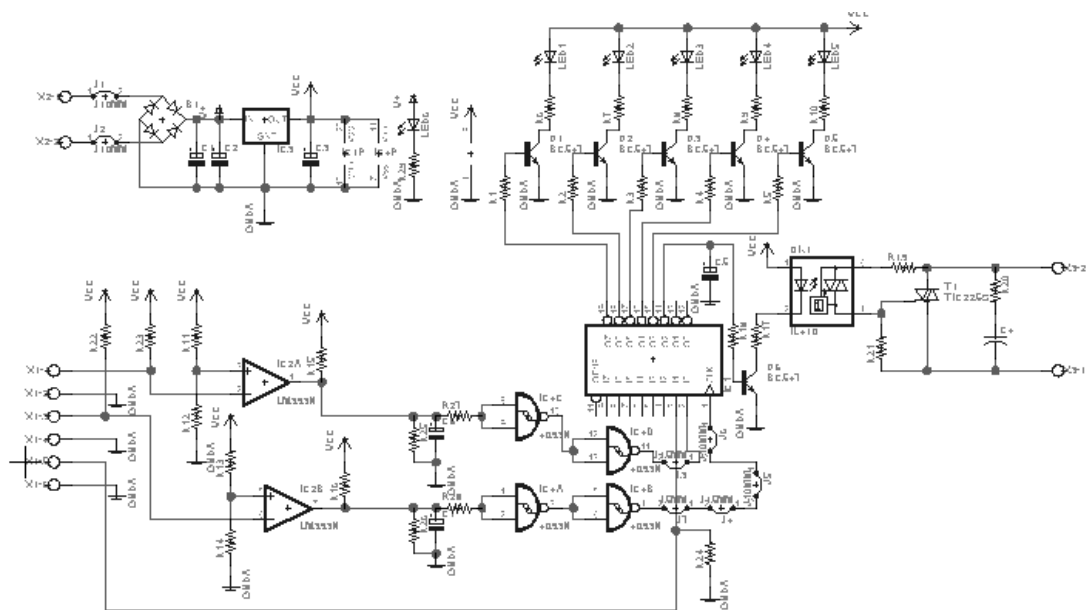


Figura 5. 13 . Circuito de control de llenado de tinacos.

5.3.5 Consumo actual contra consumo anterior

Fueron señaladas anteriormente las condiciones de operación del sistema existente de llenado de los tinacos, ahora se menciona el consumo que se genera bajo este esquema:

El par de tanques los cuales suministran el agua a los sanitarios tienen una capacidad de 1000 litros cada uno dando un total de 2000 litros entre ambos, esta capacidad era solventada por una motobomba de $\frac{3}{4}$ HP 0 559 watts de potencia, el sistema trabajaba por un período 5 minutos cada hora durante las 24 horas lo que daba un total de 120 minutos o 2 horas generando un gasto de **1,118 KWH** al día. Al implementar esta mejora se trae como beneficio un tiempo de operación de 1.5 hrs y un consumo de **838.5 KHW**, lo cual no es un ahorro considerable (**279 KHW**), pero reduce a cero el desperdicio del líquido por desbordamiento y el mantenimiento del motor eléctrico baja en un 90%.

CAPÍTULO

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1 Descripción de la propuesta

Tal como se demostró en el diagnóstico del capítulo 3, el consumo de energía eléctrica por iluminación del CECyTE plantel Marín representa aproximadamente el 30.4% del consumo total anual de KWH, solo abajo del consumo de climas. Estos últimos equipos quedan fuera del análisis del trabajo por emplearse solo en temporada de verano (5 meses), de igual manera equipos que no impactan en la factura eléctrica tampoco fueron considerados.

La investigación se dirige principalmente a los sistemas de iluminación. Es por eso que el programa de ahorro en este instituto está apoyado en el uso de luminarias más eficientes.

6.1.1 Uso de luminarias más eficientes

Se trata de estimar el consumo eléctrico que presentaría la institución considerando la sustitución de todas las luminarias convencionales por las de mayor rendimiento descritas anteriormente. Como se dijo antes un tubo fluorescente, TL-80, consume 32 W que es ideal para su uso en sustitución de tubos existentes en luminarias convencionales de 2'x2' y 2'x4'

respectivamente. Y este debe estar combinado al balasto electrónico que solo consume 2 W, con los mismos niveles de iluminación.

Considerando todas las luminarias de las instalaciones administrativas se presenta en la tabla 6.1 el consumo de las mismas.

Tabla 6. 1 Consumo con nuevas luminarias en oficinas administrativas.

Oficinas	Luminarias 2 tubos 66 W	Watts	Tiempo uso promedio diario (Hrs)	Consumo Mensual 20 días (KWH)
Dirección	2	132	3.5	9.24
Coordinación Académica	4	264	3.5	18.48
Coordinación Administrativa	4	264	3.5	18.48
Biblioteca	20	1,320	4	105.6
Laboratorio Polivalente	16	1,056	3.5	73.92
Laboratorio de Computación	12	792	4	63.36
Sala de Profesores	4	264	7	36.96
Talleres	36	2,376	3.5	166.32
Total	98	6,468		492.36

De igual manera se presenta el consumo de iluminación para los salones y áreas exteriores.

Tabla 6. 2 Consumo con nuevas luminarias en salones

Salones	Luminarias 66 W 2 Tubos	Watts	Tiempo uso promedio diario (Hrs)	Consumo Mensual 20 días (KWH)
1 A	10	660	3.5	46.2
1 B	10	660	3.5	46.2
1 C	8	528	3.5	36.96
1 D	4	264	3.5	18.48
3 A	4	264	3.5	18.48
3 B	10	660	3.5	46.2
3 C	10	660	3.5	46.2
3 D	8	528	3.5	36.96
Total	64	4,224		295.68

Además de la nueva tecnología fluorescente para interiores, el área exterior no se ha quedado atrás ya que hoy en día se pueden encontrar lámparas para exteriores de hasta 75 watts con excelentes prestaciones a un bajo consumo mucho menor que la mitad de las tradicionales de vapor de sodio o mercurio.

Tabla 6. 3 Consumo con nuevas luminarias en áreas exteriores.

Exteriores	Luminarias 66 W 2 Tubos	Watts	Tiempo uso promedio diario (Hrs)	Consumo Mensual 20 días (KWH)
Baños	4	264	3.5	18.48
Pasillos Generales	32	2,112	3.5	147.84
Arbotantes	7 (75W)	525	12	189 (30 días)
Total	43	2,901		355.32

En conclusión la misma cantidad de nuevas luminarias demandarían un consumo eléctrico de 1,143 KWH mensuales. Tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. 4 Resumen del consumo con luminarias.

Luminarias	Consumo Mensual	Ahorro Mensual
	(KWH)	(KWH)
Convencionales	2,081.08	-----
Nuevas Luminarias	1,143.36	938.08

6.1.2 Apagado automático de las luminarias

Para el caso del CECyTE Marín donde existen instalaciones administrativas que son ocupadas las 8 horas de la jornada de trabajo, el colocar sensores de ocupación traería un beneficio considerable de ahorro principalmente al terminar la jornada, tiempo en el que por descuido se dejan encendidas las luminarias por largos períodos. Además se tienen estimados que los sensores de ocupación permiten un ahorro promedio de casi un 50 %, en tal sentido los tiempos de funcionamiento de las luminarias de la institución se reducen considerablemente, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 6. 5 Consumo con nuevas luminaria y sensores de ocupación.

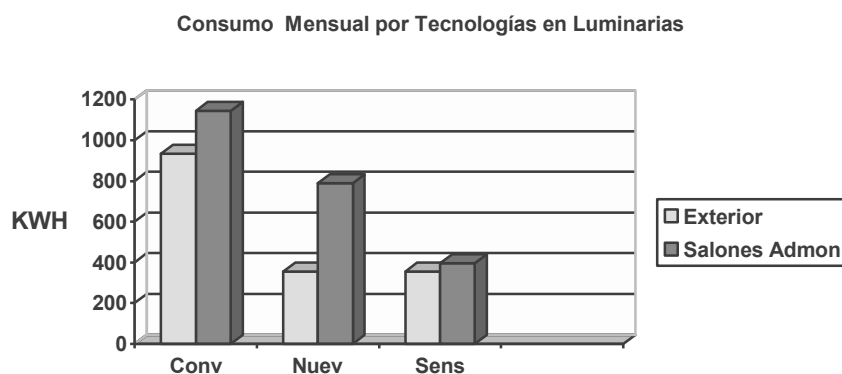
Áreas	Lámparas	Consumo Mensual con Nuevas Luminarias (KWH)	Consumo Mensual Con Sensores de Ocupación (KWH)
Oficinas Administrativas	98	492.36	246.18
Salones y talleres	64	295.68	147.84

Se observa en la tabla anterior que no se han considerado luminaria exterior, ni luminaria de pasillos y baños ya que esta solo debe trabajar en horas propias donde el personal de intendencia debe ocuparse de su activación y desconexión con excepción de los arbotantes que integran en las nuevas tecnologías fotoceldas que desconectan la alimentación eléctrica automáticamente cuando se establezcan las condiciones ambientales de conmutación.

Finalmente el ahorro de energía utilizando nuevas luminarias y sensores de ocupación se indica en la tabla siguiente.

Tabla 6. 6 Resumen del consumo por luminarias y sensores.

Luminarias	Consumo Mensual (KWH)	Ahorro Mensual (KWH)
Convencionales administración-salones	* 1,146	-----
Nuevas Luminarias administración-salones	788.04	357.96
Sensores de Ocupación y Nuevas Luminarias	394.02	751.98
Convencionales Exteriores	* 934.92	-----
Nuevas Luminarias Exteriores	355.32	579.6
Ahorro total mensual considerando nuevos equipos	1,331.68 KWH	

**Figura 6. 1 Consumo en luminarias con nueva tecnología.**

En la figura 6.1 se observa la diferencia de consumo de los equipos empleando diversas tecnologías, demostrándose que con el sólo hecho de realizar el cambio de luminarias se obtiene ahorros considerables.

Como se observa en el gráfico anterior el ahorro de energía con nuevas luminarias sería de $(788+355=1143\text{KWH}/2081 \text{ KWH})$ 45.1 %, y considerando también los sensores de ocupación se tendrían ahorro por el

orden de los 64 % ($394+355=749$ KWH/2081 KWH) del consumo original que se tiene con equipo convencional. Esto demuestra que es conveniente realizar, cambios de luminarias y agregar sensores de ocupación porque ello permite un ahorro de energía eléctrica por el orden del 50 %, lo que absorbería rápidamente la inversión necesaria para esta modificación.

6.2 Consumo anterior contra estimado

Considerando los cálculos de potencia por luminaria convencional encontramos que tenemos un consumo con estos equipos de 2,081.08 KWH por mes lo que equivale a un consumo anual promedio ya ajustado a 12 meses de 23,573 KWH, considerando solo 11 meses efectivos descartando los períodos de descanso. Por otra parte empleando equipo de mejor eficiencia, tanto iluminación como los sensores de ocupación se tendría un consumo por luminaria de aproximadamente 749 KWH al mes lo que generaría anualmente un consumo estimado de 8,239 KWH al año.

Observando la diferencia entre los consumo veríamos que se puede llegar a tener un ahorro de hasta **14,585 KWH** por año.

6.3 Costos de optimización

Una vez calculado el posible ahorro de energía empleando las nuevas tecnologías, se investigaron los costos de los equipos, esto con el fin de poder determinar la inversión necesaria para este proyecto.

Se consultaron varios proveedores y se verificaron sus marcas como OMRON, GE, MAGG, principalmente debido al mercado que tienen en esta zona, imperando sobre otras marcas también conocidas. En la siguiente tabla aparecen los costos promedios de los equipos y las marcas de los mismos.

Tabla 6. 7 Costos de equipos ahorradores.

Equipo	Marca	Costo
Balastro Electrónico 2X32 127 32 W T8	Genérico	\$107
Lámpara Trimline 32 W T8	GE	\$15.40
Lámpara Suburbana Exteriores F65 W 127 V	OMRON	\$222.72
Gabinete canal 2X40 W	Genérico	\$52.68
Bases sencillas	Genéricas	\$9.12
Balastro Electrónico 2X32 127 32 W T8	Solabasic	\$145
Lámpara Trimline 32 W T8	GE	\$16
Lámpara Suburbana Exteriores F65 W 127 V	MAGG	\$271
Balastro Electrónico 2X32 127 32 W T8	OMRON	\$167
Lámpara Trimline 32 W T8	GE	\$16
Lámpara Suburbana Exteriores F45 W 127 V	MAGG	\$160
Sensor de presencia	LEVITON	\$850
Sensor de presencia	LLOYDS	\$350

Nota: Precios incluyen IVA

Haciéndose un comparativo y sacando un promedio de presupuestos se obtuvieron cuatro cotizaciones que arrojaron costos de:

- ◆ \$275, 215, 239, 261 para luminaria ahorradora completa
- ◆ \$222, \$271, \$160, Lámpara suburbana con fotocelda integrada
- ◆ \$ 350, \$850 Sensor de presencia

6.3.2 Inversión

Teniéndose los costos de equipo se calculó la inversión requerida para la sustitución de la tecnología obsoleta por la de alta eficiencia. Para ello se empleó un promedio de los costos investigados y se eligió dicho valor.

Tabla 6. 8 Costo de inversión por equipos.

Equipo	Cantidad	Costo unitario	Inversión total
Luminaria T8/Balastro	198	\$261	\$51,678
Electrónico			
Lámpara Suburbana	7	\$222	\$1,554
Sensores presencia	18	\$850	\$15,300
Inversión General			\$68,532

6.3.3 Recuperación

El consumo total anual con el equipo convencional que se calculo en el capítulo 3 es de **79,522.14 KWH**, unos 6,626.83 KWH mensuales.

Para calcular el tiempo de recuperación que requiere esta inversión, se debe considerar el consumo mensual por luminaria y por otros equipos. Para esto se toman los valores promedio de cada equipo del cálculo del capítulo tres y corregidos a 12 meses con el fin de obtener un promedio más real de un consumo no interrumpido por períodos de asueto. Los valores determinados aparecen a continuación.

Climas = 2,763 KWH mensual

Iluminación = 2,131 KWH mensual

Ventiladores = 28 KWH

Motores = 36.41 KWH mensual

Computadoras = 1,668.33 KWH mensual

Sumando el consumo de los equipos a los cuales no se les realizó ninguna actualización (motores, climas, ventiladores y computadoras) obtenemos un consumo mensual de 4,495.74 KWH por concepto de estos equipos, este valor se debe agregar al consumo de las luminarias actualizadas con equipos ahorradores, para esto un valor de 749.34 KWH, dando ahora un consumo mensual con la nueva tecnología de **5,245.08 KWH**. Contra los 6,626.74 KWH mensuales con la luminaria actual.

De estos datos se obtiene la diferencia por ahorro mensual de energía generándose un beneficio de **1,381.66 KWH**, o un ahorro anual de **16,579.92 KWH**.

A enero del 2007 el costo del KWH por consumo para la tarifa OM presentada por CFE para la región noreste es de \$0.848 según se observa en la tabla:

Tabla 6. 9 Costo del KWH por región a Enero 07.

	Cargo por kilowatt de demanda máxima medida	Cargo por kilowatt - hora de energía consumida
Baja California	98.46	0.752
Baja California Sur	107.13	0.912
Central	122.92	0.916
Noreste	113.03	0.855
Noroeste	115.38	0.848
Norte	113.47	0.855
Peninsular	126.86	0.873
Sur	122.92	0.886

Si facturamos el ahorro estimado con los datos obtenidos podemos obtener el ahorro económico mensual por este concepto.

Tabla 6. 10 Costo del consumo ahorrado por la implementación.

Cargos	Valor	Cargo	Total (\$)
Consumo de energía	1,381.66 KWH	\$ 0.855	1,181.31
IVA		15%	177.19
		Total consumo	1,358.5

Para determinar el tiempo de recuperación de la inversión se considera el costo del equipo instalado (CEI) y el ahorro mensual estimado (AME) lo que se reduce en la siguiente ecuación:

$$\text{Tiempo de recuperación de la inversión} \quad TRI = \frac{CEI}{AME} \quad \text{Ecuación 6.1}$$

$$T.R.I = \frac{CEI}{AME} = \frac{68,532}{1,358.5}$$

$$T.R.I = 50.4 \text{ meses}$$

El tiempo de recuperación es de poco más de 4 años, después del cual da inicio al período de ganancia por concepto de ahorro de energía por uso de luminaria eficiente.

6.3.4 Comentarios

Se observa en los cálculos anteriores que se requieren poco más de 4 años para recuperar una inversión que no es tan representativa (\$68,532), pero viene a traer un considerable ahorro a mediano y largo plazo, se observa también que el costo del equipo en un momento dado va a ser cubierto por el mismo ahorro generado dado el tiempo de recuperación de la inversión.

Es necesario señalar que no se consideró elevar el factor de potencia por el hecho de estar arriba de la norma establecida. No se cuenta con equipos que impacten en la generación de armónicas, solo la luminaria fluorescente y computadoras pueden influir sobre este punto, no existen hornos de arco, inversores de frecuencia u otros equipos que tengan importancia en este efecto.

Para futuras investigaciones se puede considerar la viabilidad de mejorar un factor de potencia de momento aceptable, así como encontrar el verdadero impacto de armónicas en la institución.

CAPÍTULO

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- El consumo actual de energía eléctrica en las instalaciones del CECyTE plantel Marín es el correspondiente a los equipos actualmente instalados. Sin embargo, estos equipos son de muy baja eficiencia, es decir, por su diseño intrínseco desperdician gran cantidad de energía, para cubrir los requerimientos de ergonomía y seguridad que deben tener toda instalación.
- Se realizaron diferentes medidas en los circuitos de distribución 220-127 V, de los tableros principales, y se llegó a la conclusión, que el sistema de alimentación trifásico se encuentra totalmente desequilibrado, en donde se determinó la corriente por el conductor de neutro, correspondiente a 31.66 Amperios, valor algo alto pero recordando que el sistema trifásico alimenta en un 95% cargas monofásicas esto no es un punto de análisis, aunado a este hecho la potencia disipada por corriente en el conductor es de 0.0577 KWH al mes por lo que no representa un consumo significativo. Los niveles de tensión se encuentran dentro de los valores aceptados para operación normal de los equipos.
- La mayoría de los circuitos de toma corriente, de la parte administrativa, están compuestos por equipos electrónicos:

computadoras personales, fotocopiadoras, impresoras, los cuales producen un consumo a la institución.

- Los equipos de moderna tecnología, descritos en el desarrollo de este trabajo, tienen como fin aumentar la eficiencia y reducir el consumo de energía eléctrica.
- Se hicieron mediciones en las instalaciones de la institución y mediante algunos estudios se concluyó que la mayor parte de la energía eléctrica que se está consumiendo corresponde a la parte del alumbrado.
- En las oficinas administrativas se encuentran instaladas luminarias del tipo fluorescentes que se encienden a través de balastos electromagnéticos. Estos balastos están compuestos de bobinas que inducen corrientes reactivas, permitiendo así que se incremente la circulación de señales armónicas, indeseables en los tableros de distribución.
- Se presenta la posibilidad de sustituir todas estas luminarias por unas de más eficiencia, que permitirá un ahorro considerable de energía, del orden del 30 %. Además las nuevas luminarias permiten un menor costo en mantenimiento, en comparación con las ya instaladas.
- Si se implanta el uso de sensores de ocupación se puede reducir aproximadamente el 50 % del consumo de electricidad lográndose un ahorro adicional en los costos de mantenimiento y en los requerimientos de aire acondicionado.
- Las luminarias como las lámparas requieren de una limpieza frecuente para mantenerlas en un nivel óptimo de iluminación. En la institución las lámparas no reciben mantenimiento por lo que su eficiencia se estima en un 70 %, sin tomar en cuenta la vejez de muchas de ellas que se traduce en poca luminosidad por energía consumida.

- En su mayor parte el alumbrado interior es logrado con el uso de ineficientes lámparas. Y el alumbrado exterior mediante lámparas de todo tipo, desde ineficientes como las incandescentes hasta las de vapor de sodio.
- Tan solo por la implementación de nuevo equipo (luminarias y sensores de ocupación eficientes) se calcula que se puede llegar a tener un considerable ahorro en KWH mensuales, 1,381.66 KWH que traducido a dinero arrojaría una cantidad de \$1,358. Este ahorro promedio mensual viene a saldar la inversión del equipo eficiente en un período de cuatro años lo que cubriría los \$68,532 destinados a este equipo. Por lo tanto con estos datos se da cumplimiento al objetivo propuesto y se acepta la hipótesis planteada en este trabajo.

7.2 Recomendaciones

- La concientización y racionalización en el uso de la energía eléctrica, la reducción de las luminarias, sustituyendo 4 tubos de 40 W por 2 de 32 W, que permiten ahorrar un 30 por ciento de la energía para el mismo nivel de iluminación, de igual forma la sustitución de balastos electromagnéticos de 16 W por balastos electrónicos que consumen 1 a 2 W.
- El uso de sensores de presencia puede llegar a reducir considerablemente el uso de luminarias en periodos innecesarios de funcionamiento.
- Una adecuada reconexión de las cargas en los tableros de distribución con el fin de re-balancear el sistema lograra reducir las pérdidas producidas por sobre-corrientes en el neutro de los circuitos ramales. Adicionalmente, esto permitirá que los equipos eléctricos y electrónicos instalados tengan un óptimo funcionamiento.

- En base a los datos que arrojaron los cálculos, se recomienda en futuras compras de repuestos para iluminación elegir balastos electrónicos y tubos TL-80 de 32 W, lo cual permitiría ahorros en energía eléctrica a largo plazo.
- Sin llegar a invertir mas que algo de tiempo se puede Implementar una campaña de concientización para el uso racional de equipos eléctricos, tales como: cafeteras, computadoras, alumbrado de oficinas, etc.
- El ahorro en electricidad por iluminación se logra a partir del reconocimiento del problema en el ámbito de las direcciones. Para ello, es indispensable crear una política energética congruente con el objetivo de reducción, bajo los siguientes puntos:
 1. Desde el diseño de las nuevas instalaciones se debe especificar los niveles de iluminación requeridos, los tipos de luminarias que reúnan los criterios de eficiencia y acabado terminado de las paredes.
 2. En las áreas donde el análisis económico arroje una recuperación acorde con las expectativas de las inversiones, se especificará el tipo de luminarias que reemplazará el existente. O al menos, el tipo de lámpara y balastos más eficiente.
- Se deja para futuras investigaciones el realizar estudios de mejora en el factor de potencia así como la implementación de tecnologías nuevas en los sistemas de climatización y determinar el verdadero impacto que pueden estar provocando un contenido determinado de armónicas en el sistema eléctrico del plantel

BIBLIOGRAFÍA

Bebeboy, 2003 <http://www.glib.org.mx/article.php?story=20030506235650189>

CFE 2002 <http://www.cfe.gob.mx/es/InformacionAlCliente/conocetutarifa>

CFE <http://www.cfe.gob.mx/es/LaEmpresa/generacionelectricidad> 2002

CFE 2003 <http://aplicaciones.cfe.gob.mx/aplicaciones/ccfe/tarifas/tarifas/>

CNA 2003

<http://www.waterymex.org/contenidos/pdf/ahorro%20y%20uso%20eficiente>

CONAE.http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_2045_que_es_la_electrici

Consumo. (1999). Consumo de energía eléctrica. http://WWW.escelsa.com.br/investigadores/merc.energ./consumo_energia/.

Consulta: 2002, Marzo 18.

Covenin, "Iluminancias en tareas y áreas de trabajos". 2249-1991.

Curso basico de ahorro de energia.

<http://www.waterymex.org/contenidos/rtecnicos/Diagnosticos%20para%20agua%20y%20energia/CURSO%20BASICO%20DE%20AHORRO%20DE%20ENERGIA%20ELECTRICA>

De Gregorio, G. Balastros Electrónicos Ahorro de Energía - Mejor factor de Potencia

Departamento Técnico de Industrias Wamco S.A.

EAGLE, Software CADSOFT Versión 11

Electrotecnia. Revista internacional. Año 8, (68), Artículo sobre calidad de la energía. pp 55-57.

Electrotecnia. Revista internacional. Año 8, (88), Artículo sobre el mejoramiento del factor de potencia. pp 21-24.

Especificaciones técnicas para la adquisición de un sistema centralizado de medición de energía eléctrica, Pequiven - Oriente.

FIDE (2004) <http://www.fide.org.mx/programas/incentivos/lamp.html>

Phillips. Manual del alumbrado. Paraninfo,s.a, Madrid 1984, pp 45-46.

Enríquez Harper. Fundamentos de sistemas de energía eléctrica. 1era Edición, Limusa, México 1985, Cap 4, pp 305-373.

Enríquez Harper. El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica, Limusa, México 2002, Cap 4.

Escolar. <http://www.escolar.com/article-php-sid=31.html>

Energía

<http://www.grupoice.com/esp/cencon/gral/energ/consejos/usodelaenergia8.htm#1>

Hernández S, R. Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill. México 1991.

ISpExpert, Lattice Semiconductor Software

IFC. <http://www.lfc.gob.mx/tarifas/t-ca-mt-om.htm>

J.R. Ortiz. Proyecto de ahorro de energía en el edificio sede Pequiven Caracas. Dpto. Federal.

Perspectiva del Sector Eléctrico 1998 2007

<http://www.energia.gob.mx/publicaciones/frame12.html> 1999

Sistema interconectado. (1997). Sistemas eléctrico interconectado (OPSIS).
Disponible: <http://WWW.Cadafe.com>. Consulta: 2002, Marzo 23.

Téllez R. Programa de Ahorro de Energía Distorsión Armónica (2003)

Vásquez, J. (1998). Un vistazo a la historia del sistema eléctrico venezolano.
Disponible: [http://WWW.Monografia.com/members.Tripod.com/Jaime V.](http://WWW.Monografia.com/members.Tripod.com/JaimeV)
Consulta: 2002, Marzo 20.

Veltri, R. Estrategias operacionales para optimizar el consumo de energía eléctrica en las instalaciones operacionales del complejo petroquímico "José Antonio Anzoátegui". Puerto la Cruz, Jose 1997.

Veltri, R. República Bolivariana de Venezuela Ministerio de educación superior Instituto universitario de tecnología "José Antonio Anzoátegui Departamento de investigación El tigre, 2002

Westinghouse. Manual del alumbrado. 3ra Ed., Dossat,s.a., México 1984, pp 60- 61.

INDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1 Desarrollo de la capacidad instalada y de la generación.	28
Tabla 2. 2 Longitud de líneas de transmisión (km).	32
Tabla 2. 3 Capacidad en subestaciones (MVA).	33
Tabla 2. 4 Longitud de líneas de distribución. (km)	34
Tabla 3. 1 Crecimiento histórico de la carga en el CECyTE Marín.	52
Tabla 3. 2 Estimado de la carga conectada en el CECyTE Marín.	53
Tabla 3. 3 Consumo en KWH por equipos en el CECyTE Marín.	54
Tabla 3. 4 Demanda en watts y tipo de luminaria tradicional en el CECyTE Marín.	55
Tabla 3. 5 Consumo en KWH por motores en el CECyTE Marín.	60
Tabla 3. 6 Consumo por iluminación en administración y talleres del CECyTE Marín.	61
Tabla 3. 7 Consumo por iluminación en salones del CECyTE Marín.	62
Tabla 3. 8 Consumo por iluminación en áreas exteriores.	62
Tabla 3. 9 consumo anual en KWH por equipos.	64
Tabla 4. 1 datos por concepto en recibo tarifario.	87
Tabla 4. 2 Cargo en KWH por region.	87
Tabla 4. 3 Calculo de facturación.	87
Tabla 4. 4 Historial de facturación.	88
Tabla 4. 5 Limites distorsión IEEE 519.	105
Tabla 4. 6 Limites distorsión CFE L0000-45	106
Tabla 4. 7 Limites de distorsión armónica en corrientes de acometida IEEE 519.	107
Tabla 4. 8 limites de distorsion por corriente de acometida CFE L0000-45.	108
Tabla 4. 9 %Fallas en transformadores.	114
Tabla 4. 10 Cálculo factor k en transformador que alimenta rectificador.	117
Tabla 4. 11 Estándar IEEE 18-1980 para limites en	124
Tabla 4. 12 Mediciones de corriente en el CECyTE Marín.	128
Tabla 5. 1 Análisis comparativo de rendimiento en lámparas de 36 W.	137
Tabla 5. 2 Análisis de rendimiento en lámparas de 32 W.	140
Tabla 5. 3 Datos técnicos en nuevas luminarias.	141
Tabla 5. 4 Características eléctricas en lámparas T8.	144
Tabla 5. 5 Comparativo entre tecnologías.	145
Tabla 5. 6 Consumo con nuevas luminarias.	146
Tabla 5. 7 Condiciones de funcionamiento.	152
Tabla 5. 8 Condiciones de funcionamiento.	156
Tabla 6. 1 Consumo con nuevas luminarias en oficinas administrativas.	160
Tabla 6. 2 Consumo con nuevas luminarias en salones	161
Tabla 6. 3 Consumo con nuevas luminarias en áreas exteriores.	161
Tabla 6. 4 Resumen del consumo con luminarias.	162
Tabla 6. 5 Consumo con nuevas luminaria y sensores de ocupación.	163
Tabla 6. 6 Resumen del consumo por luminarias y sensores.	164
Tabla 6. 7 Costos de equipos ahorradores.	165
Tabla 6. 8 Costo de inversión por equipos.	166
Tabla 6. 9 Costo del KWH por región a Enero 07.	168
Tabla 6. 10 Costo del consumo ahorrado por la implementación.	168

INDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1 Estructura atómica.	18
Figura 2. 2 Amperímetro de gancho.	23
Figura 2. 3 Factorímetro.	23
Figura 2. 4 Analizador de armónicos.	25
Figura 2. 5 Capacidad efectiva instalada de generación.	27
Figura 2. 6 Generación por fuentes.	27
Figura 2. 7 Porcentaje de uso de energía eléctrica por equipos.	39
Figura 2. 8 Comportamiento de la lámpara incandescente.	41
Figura 2. 9 Lámpara de descarga.	42
Figura 2. 10 Conexión de lámpara de descarga.	43
Figura 2. 11 Tipos de lámpara de descarga.	45
Figura 2. 12 Comportamiento de la lámpara de descarga en I tiempo.	46
Figura 2. 13 Partes de la lámpara de vapor de sodio.	47
Figura 3. 1 Gráfica de crecimiento histórico de la carga en el CECyTE Marín.	52
Figura 3. 2 Comparativo consumo anual por equipos en el CECyTE Marín.	65
Figura 4. 1 Medición potencia activa.	71
Figura 4. 2 Triángulo de potencias y FP	73
Figura 4. 3 Distribución de regiones en México.	77
Figura 4. 4 Potencia Instantánea.	80
Figura 4. 5 Energía consumida por periodo.	81
Figura 4. 6 Demanda acumulada.	81
Figura 4. 7 Medición de la demanda.	82
Figura 4. 8 Recibo tarifario.	86
Figura 4. 9 Gráfico del consumo histórico 03-04.	89
Figura 4. 10 Triángulo de potencias.	91
Figura 4. 11 Comportamiento operacional de equipos y motores.	94
Figura 4. 12 Compensación por uso de capacitor.	95
Figura 4. 13 Efecto en el voltaje por la conmutación de capacitores.	97
Figura 4. 14 Carga lineal.	99
Figura 4. 15 Carga no lineal de una resistencia controlada por SCR en la que la corriente y el voltaje no son proporcionales	100
Figura 4. 16 Triángulo de potencias.	103
Figura 4. 17 Pirámide de potencias.	103
Figura 4. 18 Medición de nivel de armónicos.	109
Figura 4. 19 Ejemplo de diagrama unificar de planta industrial.	112
Figura 4. 20 Diagrama unificar al que se agregan capacitores debido las cargas.	113
Figura 4. 21 Reducción en la capacidad de transformadores con relación a la carga no lineal que alimenta	115
Figura 4. 22 Armónica en que ocurre la resonancia paralela en función de la relación kVAR capacitores / kVA transformador para voltajes secundarios de 480V e impedancia del transformador de 3% y 6%	120
Figura 4. 23 Conexión de reactores de línea VFD individual y Grupo de VFD	121
Figura 4. 24 Conexión del filtro desintonizado en paralelo al bus de distribución del sistema.	123
Figura 4. 25 Arreglo de Filtro sintonizado con capacitor en conexión delta.	123
Figura 4. 26 Arreglo de Filtro desintonizado	126
Figura 5. 1 Sensores de presencia.	132
Figura 5. 2 Balastos electrónicos.	133
Figura 5. 3 Flujo luminoso en función de la frecuencia de la corriente de la lámpara.	134
Figura 5. 4 Curvas de tensión de arco en función de la frecuencia.	135
Figura 5. 5 Flujo luminoso en función de la temperatura del recinto de la lámpara	136

Figura 5. 6 Forma de onda de la corriente del rectificador con capacitor.	137
Figura 5. 7 Circuito de fotocelda basico.	142
Figura 5. 8 Sistema tradicional de control de nivel de agua.	149
Figura 5. 9 Sistema tradicional de control de nivel de agua.	150
Figura 5. 10 Sensores en tinacos	152
Figura 5. 11. Gráfico de comportamiento del sistema de control de nivel.	154
Figura 5. 12 Circuito de control de llenado de tinacos.	157
Figura 5. 13 . Circuito de control de llenado de tinacos.	157
Figura 6. 1 Consumo en luminarias con nueva tecnología.	164

GLOSARIO

Amperes Medida de corriente eléctrica. En las lámparas incandescentes, la corriente se relaciona con el voltaje y la potencia de la siguiente forma: corriente (Amps) = potencia (Watts)/ voltaje (Volts).

Balastro Equipo auxiliar diseñado para arrancar y controlar de manera adecuada el flujo de energía hacia las fuentes de luz del tipo de descarga de gas, tales como las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) y fluorescentes

Balastro Electrónico Nombre corto para el balastro electrónico fluorescente de alta frecuencia. Los balastos electrónicos utilizan componentes electrónicos de estado sólido y , normalmente, operan lámparas fluorescentes en frecuencias que se encuentran dentro de un rango de 25-35 KHz. Las ventajas son: aumenta la eficiencia de la lámpara, reduce las pérdidas de balastos, son más pequeños y ligeros comparados con los balastos magnéticos. Los balastos electrónicos también se pueden usar con las lámparas HID, sin embargo los circuitos son algo diferentes, actualmente existen pocos diseños y únicamente se obtiene una pequeña mejoría en la eficiencia de la lámpara.

Bomba Máquina hidráulica que convierte la energía mecánica en energía de presión transferida al agua.

Carga Es la cantidad de energía mecánica que requiere la bomba para mover el agua desde el nivel dinámico hasta el punto final del sistema.

Corriente eléctrica (A) Es la intensidad de corriente que pasa a través de un conductor con resistencia R y cuya diferencia de potencial entre sus extremos es V. Su unidad práctica es el Ampere.

Demanda Es el resultado de aplicar la tarifa correspondiente a cada kW de demanda máxima medida.

Demanda máxima medida Indica la demanda medida en kW durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en el período de facturación.

Distorsión Armónica Total (THD Total Harmonic Distorsion) Mide la distorsión de la onda senoidal en los sistemas de corriente alterna (ac), la cual es causada por ondas de orden más alto sobrepuestas en la frecuencia fundamental (generalmente 60 Hz) del sistema. La THD se expresa en por ciento y puede referirse a cargas eléctricas individuales (tales como un balastro), o bien, un sistema o circuito eléctrico total en un edificio. ANSI recomienda que la THD no debe ser mayor al 32%, aunque algunos servicios de electricidad tal vez pidan una THD menor para algunos sistemas. El exceso de THD en los sistemas eléctricos puede causar pérdidas de eficiencia así como sobrecalentamiento y deterioro de los

componentes del sistema, además, de interferencia en los sistemas de transmisión de datos y voz.

Eficiencia La razón entre la potencia de salida y la potencia de entrada del motor. Se expresa en porcentaje.

Eficiencia nominal Es el valor de la eficiencia mostrado en la placa de datos del motor. Este valor no debe ser mayor que la eficiencia promedio de una población grande de motores del mismo diseño.

Factor de Potencia Medida de la diferencia de fase entre el voltaje y la corriente en los circuitos de corriente alterna. Los factores de potencia pueden variar de 0 a 1.0, siendo el ideal 1.0. Algunas veces el factor de potencia se expresa como un porcentaje.

Frecuencia Es el número de veces que se repite un mismo valor en una unidad de tiempo. También es el número de vueltas o ciclos que da un fisor en la unidad de tiempo. La frecuencia se mide en Hz.

Intensidad Lumínica La intensidad de la iluminación expresada en candelas. Los planos gráficos de la intensidad de la iluminación, llamadas curvas de distribución de intensidad luminosa, se utilizan para indicar las características de la distribución de intensidad en las lámparas tipo reflector.

Iluminancia La cantidad de luz (lúmenes/área) que incide sobre una superficie. La iluminancia se mide en footcandles o luxes.

Lúmen La unidad internacional (SI) para medir el flujo luminoso o cantidad de luz.

Mantenimiento de Lúmen Es una medida de como una lámpara mantiene su producción de luz a través del tiempo. Se puede expresar como una gráfica de la producción de luz contra el tiempo, o bien, en forma numérica.

Lúmenes por Watt (LPW) Medida de eficiencia, mejor dicho, de “eficacia” de una fuente de luz. La eficacia es fácil de calcular tomando la producción de lúmenes de una lámpara y dividiéndola entre los watts de la misma. Por ejemplo, una lámpara de 100 watts que produce 1425 lúmenes tiene una eficacia de 14.25 lúmenes por watt.

Luminancia Anteriormente era la medida del brillo fotométrico. La luminancia tiene una definición matemática bastante complicada que involucra la intensidad y dirección de la luz. Se debe expresar en candelas por pulgada cuadrada o candelas por metro cuadrado, aunque algunas veces todavía se utiliza la unidad antigua “pie-lambert”. La luminancia es una cantidad medible, mientras que el brillo es una sensación subjetiva.

Lux (lx) La unidad SI (internacional) de iluminancia. Un lux es igual a 1 lúmen por metro cuadrado.

Motor eléctrico Máquina para convertir energía eléctrica en energía mecánica.

Motor de inducción Es un motor eléctrico en el cual solamente una parte, el rotor o el estator, se conecta a la fuente de energía y la otra trabaja por inducción electromagnética.

Pérdidas por efecto Joule Son las debidas a la circulación de corriente eléctrica por los conductores del estator y rotor, se manifiestan en forma de calor.

Pérdidas por fricción y ventilación Son las debidas a la oposición que presentan los dispositivos tales como ventiladores y rodamientos al movimiento mecánico.

Pérdidas en el núcleo Son las debidas a las alteraciones de campo magnético en el material activo del estator y el rotor por efectos de histéresis y corrientes parásitas.

Potencia de entrada Es la potencia eléctrica que el motor toma de la línea.

Potencia de entrada al motor (P_e) Es la potencia que requiere el motor eléctrico acoplado a la bomba.

Potencia de salida Es la potencia mecánica disponible en el eje del motor.

Potencia nominal Es la potencia de salida indicada en la placa de datos del motor.

Potencia reactiva Es la diferencia cuadrática entre la potencia activa y la potencia aparente ($\cos \phi$), necesaria para establecer campos magnéticos que necesitan algunas máquinas como los motores o los transformadores, No produce potencia útil alguna.

Tensión eléctrica nominal (V) Es el valor asignado a un sistema, un equipo o cualquier otro elemento, al cual se refieren ciertas características de operación.

Voltaje Medida de la fuerza electromotriz en un mecanismo o circuito eléctrico expresada en volts. El voltaje puede considerarse como análogo a la presión en la tubería de agua.

Watt Unidad de energía eléctrica. Las lámparas se clasifican en watts para indicar su consumo de energía. La energía consumida a través del tiempo es igual a la energía utilizada.

AUTOBIOGRAFÍA

Mi nombre es Moises Muñoz Sánchez, nací en Juan Aldama Zacatecas el 25 de Mayo de 1973, hijo del matrimonio formado por el Sr. Hilario Muñoz Medina y la Sra. Florencia Sánchez Crespo, soy el tercero de ocho hermanos que formamos esta familia. Soy Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones por la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Actualmente persigo la meta de obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica con Especialidad en Potencia con el tema “Optimización de la Energía Eléctrica en el CECyTE Plantel Marín”

Mi experiencia profesional es en la docencia en el Nivel Medio Superior impartiendo los cursos de Física, Electrónica Digital, Electrónica Industrial entre otras, laboro tan bien en áreas de mantenimiento eléctrico y electrónico así como diseño electrónico. Pertenesco actualmente al sistema CECyTE de bachilleratos bivalentes del estado de Nuevo León.