



*UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*

---

---

*FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN*

***“DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO A CASA  
HABITACIONAL”***

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
ÁREA: INGENIERÍA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA

P R E S E N T A:

RENÉ YONATÁN DÍAZ REYES

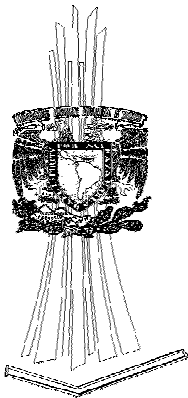
**ASESOR:**

ING. FRANCISCO RAÚL ORTÍZ GONZÁLEZ

SAN JUAN DE ARAGÓN, ESTADO DE MÉXICO, 2010.

---

---





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**A mi madre:**

Por su cariño, consejos y apoyo dedicados desde siempre, sin ella no hubiera logrado nada de lo que me he propuesto ni hubiera obtenido todo lo que tengo. Gracias por estar conmigo en los momentos más importantes de mi vida.

**A mi esposa e hijo:**

Que me han enseñado tanto con su amor y comprensión demostrándome que si se puede ser feliz. Gracias por compartir su vida conmigo y por ser la motivación para continuar.

**A mi Abuelita Esperanza:**

Que aunque ya no está con nosotros estaría feliz de ver lo que he logrado. Gracias por esa devoción que siempre me mostraste incondicionalmente.

**A mi familia:**

Por estar conmigo desde muy pequeño ayudándome e instruyéndome para ser una buena persona. Gracias por que siempre contare ustedes.

**A mis amigos:**

Por brindarme su confianza, amistad y sobre todo por demostrarme por más de 10 años que realmente son mis amigos. Gracias totales.

**A mis profesores:**

En especial a mi asesor por su ayuda para ver realizada esta tesis. Gracias a todos por aportarme los conocimientos necesarios.

	Página
Introducción.....	I
Capítulo 1 La Energía Eléctrica.....	1
1.1 ¿QUÉ ES LA ENERGÍA?.....	1
1.2 ¿QUÉ ES LA ELECTRICIDAD? .....	4
1.3 LEY DE OHM.....	6
1.4 ¿QUÉ ES POTENCIA?.....	8
1.5 POTENCIA ACTIVA, POTENCIA REACTIVA Y POTENCIA APARENTE.....	11
1.6 TRIÁNGULO DE POTENCIAS.....	14
1.7 FACTOR DE POTENCIA.....	15
1.8 MALLAS ELÉCTRICAS.....	18
Capítulo 2. Ahorro, Uso Eficiente y Calidad de la Energía Eléctrica.....	21
2.1 EL AHORRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	21
2.2 USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.....	24
2.3 CALIDAD DE LA ENERGÍA.....	26
2.4 PRINCIPALES DISTURBIOS.....	30
2.5 LÁMPARAS AHORRADORAS DE ENERGÍA.....	37
2.6 NUEVAS TECNOLOGÍAS.....	41
Capítulo 3. Diagnóstico Energético.....	43
3.1 ¿POR QUÉ SURGE EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO?.....	43
3.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	46
3.3 MÉTODO PARA LA APLICACIÓN DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO.....	52
3.4 NORMATIVIDAD DE APOYO.....	55
3.5 TARIFAS APLICABLES.....	59

Capítulo 4. Análisis a Casa Habitación.....	63
4.1 CASA HABITACIÓN.....	63
4.2 ELEMENTOS DE UNA CASA HABITACIÓN.....	63
4.3 PLANOS DE LA CASA HABITACIÓN.....	65
4.4 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO Y RELACIÓN DE CARGAS.....	67
4.5 RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	72
4.6 PROPUESTAS PARA ILUMINACIÓN.....	77
4.7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO.....	79
4.8 PROPUESTAS DE SALIDA Y RECOMENDACIONES DE AHORRO.....	84
Conclusiones.....	90
Bibliografía y Mesografía.....	92

La ingeniería se divide en muchas ramas que van desde la programación hasta la construcción de grandes edificios. Una de esas ramas es el área de la energía eléctrica que a su vez está dividida en más campos de aplicación como potencia e instalaciones eléctricas, que va desde el mantenimiento mismo hasta el diseño.

La generación de energía eléctrica es fundamental en cualquier país y sus ciudades, para ofrecer a sus habitantes una vida sin mayores complicaciones; se vuelve cada vez más complicado, si bien, aunque ya se cuenta con las plantas generadoras de electricidad, las redes para transmisión y hasta la infraestructura para la distribución a los usuarios.

Desde mediados del siglo XIX, hasta la fecha, los países industrializados han sido los grandes consumidores de energía con volúmenes crecientes de consumo. Si bien, la tendencia global es el aumento del consumo energético, esto no es igual en todas las regiones. Mientras en los países desarrollados actualmente la tendencia es de crecimiento, en los países en vías de desarrollo el ritmo de crecimiento es alto y la perspectiva es que siga en este sentido.

El uso racional de la energía se ha llegado a considerar como una fuente alterna de energía, debido a que ayuda a preservar los recursos naturales y a disminuir el impacto ambiental que se ocasiona con la transformación y uso de cualquier fuente primaria de energía. Desde las crisis petroleras de los años setenta del siglo XX, los países industrializados principalmente, han llevado a cabo programas y proyectos con la finalidad de disminuir los llamados índices energéticos.

Uno de estos programas es el Diagnóstico Energético, su finalidad es que mediante resultados preliminares, se determinen medidas concretas que conduzcan a un ahorro y un uso eficiente de la energía eléctrica, para esto se requiere hacer un análisis de datos mediante una auditoría energética.

La auditoría energética básicamente es el análisis progresivo que revela dónde y cómo es utilizada la energía en los edificios, las operaciones industriales o las instalaciones de las industrias. Estas sirven también para identificar las oportunidades de ahorro de energía en el hogar.

Es por ello que la auditoría energética es parte fundamental de cualquier programa de administración de energía de cualquier usuario que desee controlar sus costos de energía. Existen dos partes fundamentales en una auditoría energética. La primera es un análisis de costos y usos de la

energía; mientras que la segunda es para ayudar a comprender al usuario de la energía, como se emplea ésta en el lugar en donde es requerida.

La energía eléctrica es un rubro importante tanto para los usuarios como para la nación, el ahorro de la misma es una beneficio para los usuarios de servicios domésticos economizando en la facturación eléctrica y para las empresas en: aumento de utilidades, precios más competitivos en sus productos, mayor disponibilidad de recursos, etc.

La realización de una auditoría energética permite localizar puntos en donde existe una gran pérdida de energía que se ve reflejada en derroches monetarios, perjudiciales para el usuario final, teniendo la manera de evitar estas pérdidas se logrará obtener beneficios para el usuario mismo, para el suministrador y para el país entero.

A continuación se describe el desarrollo de cada uno de los capítulos que se contemplan en este trabajo:

**Capítulo 1. La energía eléctrica:** se habla sobre los conceptos básicos para tener una mejor comprensión acerca de este fenómeno natural que nos ayuda en la vida diaria.

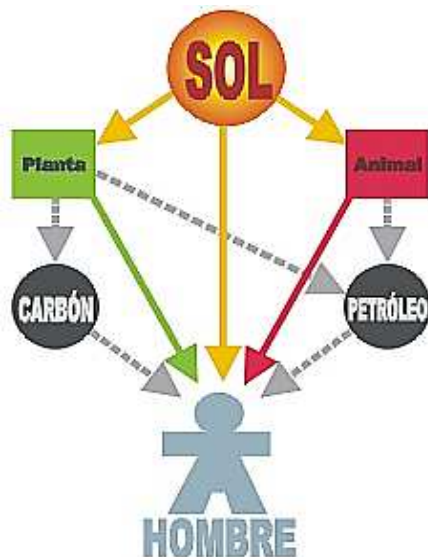
**Capítulo 2. Ahorro, uso eficiente y calidad de la energía eléctrica:** conoceremos quien se encarga en México de dar las recomendaciones para el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica además de una breve explicación sobre la calidad de la energía eléctrica.

**Capítulo 3. Diagnóstico energético:** ¿Cuándo y por qué surge? Asimismo, se explica la forma y los datos que se necesitan para realizar un diagnóstico energético y el de buscar las posibles alternativas de ahorro.

**Capítulo 4. Análisis a casa habitación:** se indican los resultados obtenidos después del análisis energético de una casa habitación, indicando alternativas de ahorro económico, mostrando costos para la inversión y tiempos para recuperar lo invertido.

## 1.1 ¿QUÉ ES LA ENERGÍA?

Existen varias definiciones, todas ellas correctas, sobre la energía (del griego en, y ergon, acción). Cada una de ellas se refiere a lo mismo pero con un enfoque distinto. Así mientras un estudiante de ingeniería nos dirá que "la energía es la fuerza que nos permite realizar una actividad", mientras que un libro de física para alumnos de secundaria expresa que "la energía es la capacidad para cambiar un objeto o su entorno". Otro texto de física para el nivel de licenciatura enuncia que "la energía es la capacidad de desarrollar un trabajo", en tanto que los diccionarios señalan que "la energía es la capacidad para obrar o producir un efecto".



Pero en la práctica, más que la definición de la energía como un concepto, lo que nos interesa es saber qué beneficios nos proporciona. Algunos ejemplos: calor para cocinar los alimentos o para calentar el agua con que nos bañamos; iluminación, refrigeración y aire acondicionado para nuestros hogares; transporte y entretenimiento, entre otros. (Figura 1.1). El sol es la principal fuente de energía para el hombre.

Figura 1.1. El Sol la mayor fuente de energía en la tierra.

Así como hay varias definiciones de energía, también son diversas sus manifestaciones: calor, movimiento, radiactividad y electricidad. La energía (Figura 1.2), es una de las partes fundamentales del universo, el cual está básicamente compuesto por materia y energía, aunque también es cierto que todo lo que constituye el universo existe y se mueve en el espacio y en el tiempo.



Figura 1.2. Descarga eléctrica en atmósfera.



Tradicionalmente se dice que hay dos grandes tipos de energía: la energía potencial (de la gravedad o almacenada, como resultado de su altura o posición) y la energía cinética (en movimiento). La



energía potencial es "estática", no implica movimiento, y se encuentra, por ejemplo, en los carritos de una montaña rusa cuando alcanzan la parte más alta de la misma (Figura 1.3), y luego descienden por gravedad. Esta forma de energía es la misma que contiene el agua de una presa, una liga estirada o la cuerda de un reloj (en los dos últimos casos se denomina "energía potencial elástica"). La energía cinética es la que tienen los objetos y masas en movimiento, y se manifiesta, por ejemplo, en los vientos usados para mover las aspas de los aerogeneradores para así poder generar la energía eléctrica (Figura 1.4), las olas del mar y las corrientes de agua (arroyos y ríos).

Figura 1.3. Montaña rusa en su punto más alto.



Figura 1.4. Central eoloelectrónica "La venta" ubicada en Oaxaca, México.

Además, es importante tomar en cuenta un principio básico: la energía ni se crea ni se destruye, sólo se transforma. Por ejemplo, el calor, que es una de las formas de la energía, se puede convertir en movimiento, éste en electricidad y, a su vez, en calor o movimiento. Aquí conviene señalar que al transformarse la energía en calor, no puede convertirse nuevamente al 100% en la energía original; hay, pues, una "pérdida" de energía que se mantiene como calor, y se le denomina la Segunda Ley de la Termodinámica o bien "Ley de la Entropía", según la cual llegará el momento en que toda la energía del universo se convertirá en calor no reversible.

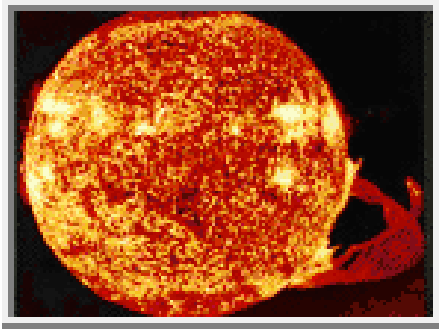


Figura 1.5. El Sol.

El calor o energía térmica es la forma de energía que interviene en los fenómenos caloríficos. Se puede decir que casi toda la energía de nuestro planeta tiene su fuente original en el calor del Sol (Figura 1.5), que calienta el suelo, el aire de la atmósfera y el agua de los ríos, lagos y océanos; ésta, al evaporarse, provoca la formación de nubes y al condensarse en la atmósfera se convierte en lluvia.

Nosotros utilizamos el calor para muchos fines: lo usamos al planchar la ropa en casa, para calentar nuestros hogares y los alimentos, pero también para generar vapor y, con éste, electricidad en las plantas termoeléctricas, en grandes calderas para los procesos industriales o, incluso, altos hornos en la industria siderúrgica para la fundición de los metales. La energía eléctrica generada gracias al calor es enviada a través de torres de transmisión. (Figura 1.6).



Figura 1.6. Líneas de transmisión eléctrica.



La energía almacenada en nuestros cuerpos, como resultado de la digestión de los alimentos, es energía química. Las pilas y baterías (Figura 1.7), que utilizan los relojes de pulso, juguetes, radiograbadoras, etc., contienen energía química (energía potencial de los enlaces químicos). Cuando los materiales químicos que están en su interior reaccionan unos con otros, se produce una carga eléctrica. Esta carga se convierte en energía eléctrica cuando la batería es conectada a un circuito.

Figura 1.7. Las pilas almacenan energía eléctrica en su interior por medios químicos.



La energía química constituye uno de los campos de investigación que más prometen para el futuro de la ciencia y la tecnología. Por ejemplo, en algunas de las grandes ciudades del mundo, ya circulan autobuses urbanos, no contaminantes, movidos por hidrógeno. Un ejemplo del primer autobús en latinoamérica es en Brasil. (Figura 1.8).

Figura 1.8. Primer autobús de hidrógeno de América Latina, recorre las calles de Sao Paulo Brasil.

## 1.2 ¿QUÉ ES LA ELECTRICIDAD?

La energía eléctrica se ha convertido en parte de nuestra vida diaria. Sin ella, difícilmente podríamos imaginarnos los niveles de progreso que el mundo ha alcanzado, pero ¿qué es la electricidad?

Toda la materia está compuesta por átomos y éstos por partículas más pequeñas, una de las cuales es el electrón. Un modelo muy utilizado para ilustrar la conformación del átomo, lo representa con los electrones girando en torno al núcleo del átomo, como lo hace la Luna alrededor de la Tierra. El núcleo del átomo está integrado por neutrones y protones. Los electrones tienen una carga negativa, los protones una carga positiva, hay que mencionar que las cargas diferentes se atraen y cargas iguales se repelen (Figura 1.9), y los neutrones, como su nombre lo indica, son neutros: carecen de carga positiva o negativa.

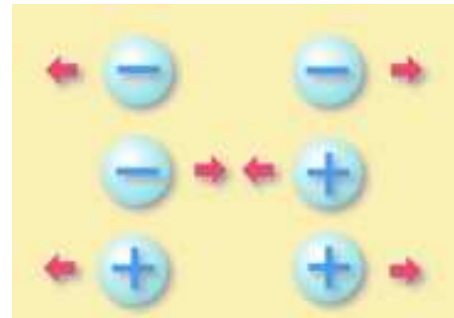


Figura 1.9. Electrones (carga positiva) y protones (carga negativa).

Pues bien, algunos tipos de materiales están compuestos por átomos que pierden fácilmente sus electrones, y éstos pueden pasar de un átomo a otro. En términos sencillos, 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.

La electricidad fluye mejor en algunos materiales que en otros, 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 (Figura 1.10), 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 de transmisión que existen en el planeta; de ahí que el cobre sea utilizado más que cualquier otro metal en las instalaciones eléctricas.

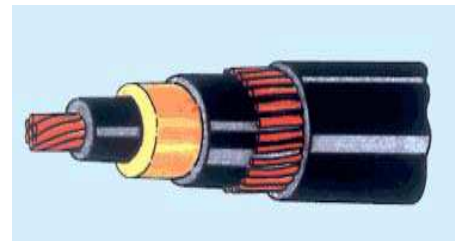


Figura 1.10. Conductor de cobre armado.

La fuerza eléctrica que empuja los electrones es medida en Voltios, en México utilizamos energía eléctrica de 115 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, y en casos especiales aplica el voltaje de 440 voltios, como en la industria.



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 (Figura 1.11), se nos cobra por la cantidad de KiloWatts-hora (KWh) que hayamos consumido durante un período determinado. Un KiloWatt-hora equivale a la energía que consumen, por ejemplo:

Figura 1.11. Factura de consumo de energía eléctrica.

- 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

### 1.3 LEY DE OHM

La electricidad puede transmitirse eficazmente y con simples elementos de control a través de circuitos conductores. Las redes conductoras actuales que proveen de corriente a ciudades enteras son una evidencia de la superioridad de esta forma de transmisión. La transmisión de energía eléctrica siempre se realiza a través de un circuito cerrado; este circuito consiste de una fuente que genera la corriente que fluirá por la carga que consta de dos terminales, una carga y dos alambres de conexión. (Figura 1.12).

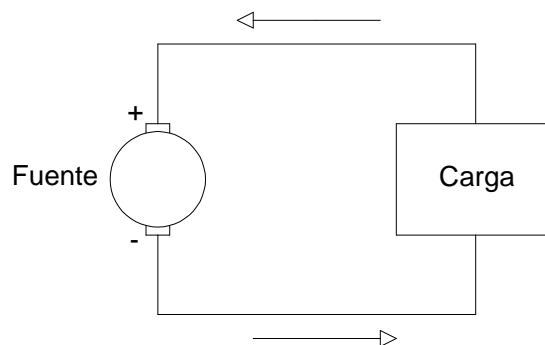


Figura 1.12. Circuito cerrado por donde fluye la corriente eléctrica.

En el estudio hasta del circuito eléctrico más simple involucra inmediatamente el empleo de unidades como volt (V), ampere (A) y Watt (W). En estas unidades existe una relación que se da por la conocida ley de Ohm, estas mismas unidades están directamente asociadas con las unidades de potencia y energía.

La ley de Ohm es usada para circuitos simples de corriente directa (CD) y en forma modificada también es aplicable para los circuitos de corriente alterna (CA). La ley de Ohm enuncia: **La intensidad de**

corriente en amperes en todo circuito eléctrico es igual a la diferencia de potencial en volts a través del circuito dividida por la resistencia en ohms del mismo circuito. Esto implica que:

$$I = \frac{V}{R}$$

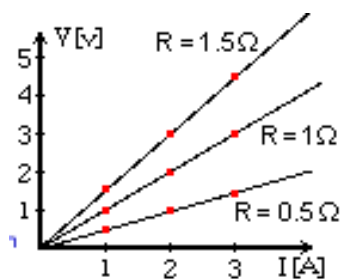
En donde, empleando unidades del Sistema internacional, tenemos que:

- **I** = Intensidad en amperios (A)
- **V** = Diferencia de potencial en voltios (V)
- **R** = Resistencia en ohmios ( $\Omega$ ).

Esta ley no se cumple, por ejemplo, cuando la resistencia del conductor varía con la temperatura, y la temperatura del conductor depende de la intensidad de corriente y el tiempo que esté circulando.

La ley define una propiedad específica de ciertos materiales por la que se cumple la relación:

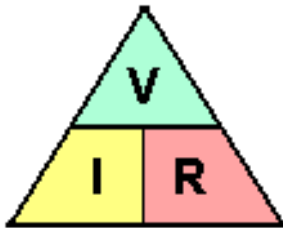
$$V = I \times R$$



Un conductor cumple la Ley de Ohm sólo si su representación gráfica de **V - I** es lineal, esto es si **R** es independiente de **V** y de **I**. Es interesante ver que la relación entre la corriente y el voltaje en una resistencia es siempre lineal, y la pendiente de esta línea está directamente relacionada con el valor de la resistencia, así, entre mayor resistencia mayor es la pendiente. (Figura 1.13).

Figura 1.13. Relación entre voltaje y la corriente con respecto del valor de la resistencia.

Para conocer y recordar las expresiones que se desprenden de la ley de Ohm se utiliza el siguiente triángulo. (Figura 1.14). en donde:



$$V = I \times R$$

$$I = V / R$$

$$R = V / I$$

Figura 1.14. Triángulo de la ley de Ohm.

#### 1.4 ¿QUÉ ES POTENCIA?

Además de la existencia del volt, ampere y ohm, existen dos unidades de frecuente aplicación en los circuitos eléctricos para su cálculo, estas son las unidades de potencia y energía. El término de potencia es referente al tiempo durante el cual se efectúa trabajo. En un circuito de corriente continua, la potencia es igual al producto del voltaje por la corriente. Expresando la potencia en Watts P, la corriente en amperes A y el voltaje en volts V.

La potencia eléctrica se define como la cantidad de energía eléctrica o trabajo, que se transporta o que se consume en una determinada unidad de tiempo. Si la tensión se mantiene constante, la potencia es directamente proporcional a la corriente (intensidad). Ésta aumenta si la corriente aumenta.

La energía se define como aquello capaz de producir trabajo. En mecánica trabajo es el producto de una fuerza multiplicada por la distancia recorrida por esa fuerza. En unidades prácticas de electricidad la energía es igual al producto de la potencia en watts por el tiempo de horas. Como la potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo, si multiplicamos esa potencia por el factor de tiempo eliminamos esa unidad, y obtenemos un producto equivalente a la energía total desarrollada en un período de tiempo.

La energía eléctrica se mide prácticamente en KiloWatt-horas (3,600x10<sup>3</sup> joules), y en las grandes centrales de generación de energía eléctrica se emplea el MegaWatt-hora equivalente a (3,600x10<sup>6</sup> joules). Como ejemplo si el régimen de demanda de corriente durante un período de 10 horas es de 70 MegaWatts, la energía total entregada será de 70x10 = 700 MegaWatt-horas. Esta cantidad de energía es

equivalente a  $700 \times 1,000 = 700,000$  KiloWatt-horas, o a  $700 \times 3,600 \times 106 = 2,520.000 \times 106$  joules. La unidad más práctica a emplear está determinada por la cantidad de energía que se quiera medir.

Al ser la potencia la cantidad de trabajo que se puede realizar en un determinado momento con una unidad de medición comercial denominada KiloWatt (KW), podemos decir que la energía es la potencia que se utiliza a lo largo del tiempo y se mide en KiloWatt-horas. Existen dos tipos de potencia y en consecuencia dos tipos de energía: la activa y la reactiva.

**Potencia activa (P):** es la que efectivamente se aprovecha, ésta en el proceso de transformación de la energía eléctrica se aprovecha como trabajo. Los diferentes dispositivos eléctricos existentes convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química etc. esta potencia es por lo tanto la que realmente se aprovecha y es consumida por los circuitos. Cuando se habla de demanda eléctrica ésta es la potencia que se utiliza para determinar dicha demanda.

La fórmula matemática para hallar la potencia activa que consume un equipo eléctrico cualquiera cuando se encuentra conectado a un circuito monofásico de corriente alterna es la siguiente:

$$P = V \times I \times \text{Cos } \Phi$$

En donde:

- P = Potencia de consumo eléctrico, expresada en Watts (W)
- I = Intensidad de corriente que fluye por el circuito, en amperes (A)
- $\text{Cos } \Phi$  = Valor del factor de potencia o coseno de  $\phi$

**Potencia reactiva (Q):** Los campos magnéticos de los motores, reactores, balastos de iluminación, etc., intercambian con la red sin significar potencia útil, pero es necesario para su funcionamiento. Esta potencia no tiene el carácter de realmente consumida y solo aparece cuando existen bobinas o capacitores en los circuitos. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil. Por eso es que se dice que es una potencia que no produce Watts, se mide en voltamper reactivos VAR. De ésta podemos mencionar que existen dos tipos: la potencia reactiva inductiva y la potencia reactiva capacitiva.



La potencia reactiva de carácter inductivo, establece principalmente un campo magnético ( de allí el uso en electroimanes) la energía entonces es “almacenada” en el campo, cuando la fuente deja de alimentar la bobina, el campo colapsa generando una inducción y por ende devolviendo la energía (salvo por las pérdidas de líneas de flujo y resistivas) por eso los inductores se colocan como reactores para estabilizar las corrientes.

La potencia reactiva capacitiva, esta ligada a los campos eléctricos, el ejemplo clásico es el de un capacitor, donde se establece un campo que agrupa las cargas, cuando la fuente de voltaje es “cortocircuitada” el capacitor va a intentar compensar la pérdida de tensión para ello el campo eléctrico colapsa y las cargas se mueven por el conductor, de allí el uso para estabilizadores de voltajes (colocándolos en paralelo).

La fórmula matemática para hallar la potencia reactiva de un circuito eléctrico es la siguiente:

$$P = \sqrt{S^2 - Q^2}$$

En donde:

- Q = Valor de la carga reactiva o inductiva, en volt-ampere reactivo (VAR)
- S = Valor de la potencia aparente o total, expresada en volt-ampere (VA)
- P = Valor de la potencia activa o resistiva, expresada en Watt (W)

Para las potencias activa y reactiva, se puede mencionar como ejemplo que los dispositivos que basan su funcionamiento en resistencias eléctricas transforman la totalidad de la energía requerida en calor o luz, (energía activa). Sin embargo, la mayoría de los dispositivos destina una gran parte de la energía consumida para transformarla en frío, luz, movimiento etc., pero al estar equipadas con bobinas eléctricas, otra parte es utilizada para su funcionamiento (energía reactiva). Cuanto mayor es el consumo de energía reactiva, peor será el aprovechamiento de la energía total recibida.

**Potencia aparente (S):** La potencia aparente de un circuito eléctrico de corriente alterna, es la suma de la energía que disipa dicho circuito en cierto tiempo en forma de calor o de trabajo, y la energía utilizada para la formación de los campos eléctricos y magnéticos de sus componentes. Esta potencia no

es realmente consumida, salvo cuando el factor de potencia es uno ( $\cos \Phi = 1$ ), y nos señala que la red de alimentación de un circuito no solo ha de satisfacer la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también se cuenta la que se utiliza por bobinas y capacitores. Ésta se mide voltamper VA.

La fórmula matemática para hallar el valor de este tipo de potencia es la siguiente:

$$S = V \times I$$

En donde:

- $S$  = Potencia aparente o total, expresada en volt-ampere (VA)
- $V$  = Voltaje de la corriente, expresado en volt
- $I$  = Intensidad de corriente que fluye por el circuito, en amperes (A)

La cifra que se obtiene de la operación matemática de hallar el valor de la potencia aparente ( $S$ ) que desarrolla un dispositivo será siempre superior a la que corresponde a la potencia activa ( $P$ ), porque al realizar esa operación matemática no se está tomando en cuenta el valor del factor de potencia o coseno de "fi" ( $\cos \Phi$ ).

### 1.5 POTENCIA ACTIVA, POTENCIA REACTIVA Y POTENCIA APARENTE

La potencia activa ( $P$ ), medida en Watts ( $W$ ), representa la capacidad del circuito para realizar un trabajo en un tiempo dado. Debido a los elementos reactivos de la carga, la potencia aparente ( $S$ ), medida en voltamper (VA), producto de la tensión por la intensidad, será igual o mayor que la potencia activa. La potencia reactiva ( $Q$ ), medida en voltamper reactivos (VAR), es una medida de la energía almacenada que es reflejada hacia la fuente durante cada ciclo de la corriente alterna.

El factor de potencia se puede expresar como:

$$FP = \frac{P}{S}$$

Donde:

- FP = Factor de Potencia

En el caso de una onda perfectamente senoidal P, Q, y S pueden ser expresadas como vectores que forman un triángulo rectángulo vectorial denominado triángulo de potencias, que se verá más adelante, tal que:

$$S^2 = P^2 + Q^2$$

Si  $\Phi$  es el ángulo de fase entre la corriente y el voltaje, el factor de potencia es igual  $|\cos \Phi|$ , entonces  $P = S |\cos \Phi|$

El factor de potencia es un término utilizado para describir la cantidad de energía eléctrica que se ha convertido en trabajo. El valor ideal del factor de potencia es 1, esto indica que toda la energía consumida por los aparatos ha sido transformada en trabajo. Por el contrario, un factor de potencia menor a la unidad significa un mayor consumo de energía necesaria para producir un trabajo útil.

Por definición el factor de potencia es un número adimensional que está comprendido entre 0 y 1. Cuando el factor de potencia es igual a cero, la energía que fluye es completamente reactiva y la energía almacenada en las cargas regresa a la fuente en cada ciclo. Cuando el factor de potencia es igual a 1, toda la energía suministrada por la fuente es consumida por la carga. Los factores de potencia son expresados normalmente como "atraso" o como "adelanto", para indicar el signo del ángulo de fase. El factor de potencia está determinado por el tipo de cargas conectadas a la red de suministro eléctrico, y éstas pueden ser de naturaleza:

- Resistiva
- Inductiva
- Capacitiva



Si se conecta una carga puramente **resistiva** a una fuente de suministro eléctrico, la corriente y el voltaje cambiarán de polaridad en fase, el factor de potencia será 1 y la energía eléctrica fluirá en una sola dirección a través de la red en cada ciclo. (Figura1.15).

Figura 1.15. Voltaje y corriente en fase.

Las cargas **inductivas** tales como: transformadores, motores de inducción y en general cualquier tipo de inductancia (tal como las que se encuentran en las lámparas fluorescentes debido a su balastro) generan potencia reactiva con la corriente retrasada con respecto al voltaje. (Figura1.16)

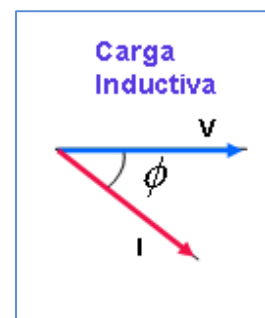
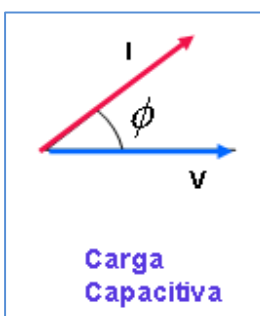


Figura 1.16. Corriente retrasada con respecto al voltaje.



Las cargas **capacitivas** como bancos de capacitores o cables enterrados, generan potencia reactiva con la corriente adelantada con respecto al voltaje. Ambos tipos de carga absorberán durante parte del ciclo de corriente alterna y solamente devolverán energía a la fuente durante el resto del ciclo. (Figura1.17).

Figura 1.17. Corriente adelantada con respecto al voltaje.

Dependiendo del tipo de carga, el factor de potencia puede ser adelantado, retrasado o igual a 1.

Como ejemplo podemos ver el siguiente. Para conseguir 1 KW de potencia activa, si el factor de potencia es 1 se necesitara transferir 1 KVA de potencia aparente (1 KVA = 1KW x 1).

Con valores bajos de factor de potencia, será necesario transferir más potencia aparente para conseguir la misma potencia activa. Así, para conseguir 1 KW de potencia activa con un factor de potencia de 0.2, será necesario transferir 5 KVA de potencia aparente (1 KW = 5 KVA x 0.2).

### 1.6 TRIÁNGULO DE POTENCIAS

El llamado triángulo de potencias (Figura 1.18), es la mejor forma de ver y comprender de forma gráfica qué es el factor de potencia o coseno de "fi" ( $\cos \Phi$ ) y su estrecha relación con los restantes tipos de potencia presentes en un circuito eléctrico de corriente alterna.

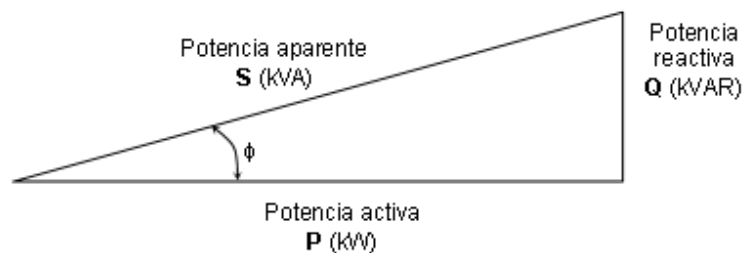


Figura 1.18. Triángulo de potencias.

Como se podrá observar en el triángulo rectángulo de la figura 1.18, el factor de potencia o coseno de "fi" representa el valor del ángulo que se forma al representar gráficamente la potencia activa (P) y la potencia aparente (S), es decir, la relación existente entre la potencia real de trabajo y la potencia total consumida por la carga o el consumidor conectado a un circuito eléctrico de corriente alterna. Ésta relación se puede representar también, de forma matemática, por medio de la siguiente fórmula:

$$\cos \Phi = \frac{P}{S}$$

El resultado de esta operación será “1” o un número fraccionario menor que “1” en dependencia del factor de potencia que le corresponde a cada equipo o dispositivo en específico. Ese número responde al valor de la función trigonométrica “coseno”, equivalente a los grados del ángulo que se forma entre las potencias (P) y (S).

Si el número que se obtiene como resultado es un decimal menor que “1” (como por ejemplo 0.95), dicho número representará el factor de potencia correspondiente al defasaje en grados existente entre la intensidad de la corriente eléctrica y la tensión o voltaje en el circuito de corriente alterna.

Lo ideal sería que el resultado fuera siempre igual a “1”, pues así habría una mejor optimización y aprovechamiento del consumo de energía eléctrica, o sea, habría menos pérdida de energía no aprovechada y una mayor eficiencia de trabajo en los generadores que producen esa energía.

En los circuitos de resistencia activa, el factor de potencia siempre es “1”, porque como ya vimos anteriormente en ese caso no existe defasamiento entre la intensidad de la corriente y la tensión o voltaje. Pero en los circuitos inductivos, como ocurre con los motores, transformadores de voltaje y la mayoría de los dispositivos o aparatos que trabajan con algún tipo de enrollado o bobina, el valor del factor de potencia se muestra con una fracción decimal menor que “1” (como por ejemplo 0.8), lo que indica el retraso o defasamiento que produce la carga inductiva en la sinusoide correspondiente a la intensidad de la corriente con respecto a la sinusoide de la tensión o voltaje. Por tanto, un motor de corriente alterna con un factor de potencia o  $\text{Cos } \Phi = 0.95$ , por ejemplo, será mucho más eficiente que otro que posea un  $\text{Cos } \Phi = 0.85$ .

## 1.7 FACTOR DE POTENCIA

Se hizo mención del factor de potencia anteriormente pero ahora se hablará más a fondo de éste, así como la forma de corregirlo. El factor de potencia es la reciprocidad entre la potencia activa y la potencia aparente, estas describen la relación entre la potencia de trabajo o real y la potencia total consumida. El factor de potencia expresa en términos generales, el defasamiento o no de la corriente con respecto al voltaje. Como se vio anteriormente se puede observar el atraso de la corriente con respecto del voltaje, así como se observa el adelanto de la corriente con respecto del voltaje. Éste es utilizado como parámetro para el correcto aprovechamiento de la energía eléctrica, ubicándose entre 0 y 1 siendo el 1 el indicador del máximo aprovechamiento de la energía.

El bajo factor de potencia se presenta cuando la potencia reactiva, la cual no produce un trabajo físico directo en los equipos, pero necesaria para producir el flujo electromagnético que pone en funcionamiento equipos como: motores, transformadores, lámparas fluorescentes y otros similares, se vuelve en una cantidad considerable de estos, lo que provoca que la potencia reactiva también se incremente y esto lleva como consecuencia aun muy bajo factor de potencia.

Al existir un bajo factor de potencia se producen serios problemas para el usuario así como para el distribuidor de la energía eléctrica. Los inconvenientes para el usuario son los siguientes:

- Aumento de la intensidad de corriente
- Pérdidas en los conductores fuertes caídas de voltaje
- Reducción de vida útil en transformadores y reducción de capacidad de conducción en los conductores
- La temperatura de los conductores aumenta y con esto se reduce la vida del aislamiento
- Aumento en facturas por consumo de electricidad

Los problemas para el suministrador de energía eléctrica son los siguientes:

- 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



Es posible corregir este bajo factor de potencia, ajustándolo casi hasta llegar a un factor de potencia 1, a esto se le denomina como corrección del factor de potencia. Ésta se realiza mediante la conexión de conmutadores por lo regular automáticos de bancos de capacitores o de inductores. (Figura 1.19).

Figura 1.19. Banco de capacitores para la corrección del factor de potencia.

De esa forma los capacitores, al actuar sobre la senoide de la corriente, produce el efecto contrario al de la inductancia, impidiendo que la corriente ( $I$ ) se atrase mucho en relación con el voltaje ( $V$ ). Así, se tratará de que las senoides se pongan en fase y que el valor del factor de potencia se aproxime lo más posible a "1".

Los beneficios que hay por corregir el factor de potencia son:

- Disminución de las pérdidas en conductores
- Reducción de las caídas de tensión
- Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores, líneas y generadores
- Incremento de la vida útil de las instalaciones eléctricas
- Reducción de los costos por facturación eléctrica

Las pérdidas de energía en las líneas de transporte de energía eléctrica aumentan con el incremento de la intensidad de corriente, cuando una carga tiene un factor de potencia menor a 1, se requiere más corriente para conseguir la misma cantidad de energía útil. Por lo tanto las compañías suministradoras de electricidad para conseguir una mayor eficiencia en su red, requiere que los usuarios, principalmente los que requieren de grandes potencias, mantengan los factores de potencia de sus respectivas cargas dentro de los límites. El hacer caso omiso de esto los deja sujetos a penalizaciones por parte de las compañías suministradoras de energía eléctrica.

La corrección del factor de potencia debe ser realizada de forma cuidadosa, con el objeto de mantenerlo lo más alto posible, pero sin llegar nunca a 1. El llegar a un factor de potencia 1 provoca un fenómeno llamado resonancia, el cual puede dar lugar a la aparición de voltajes o corrientes peligrosas para la red. Es por ello que en los casos de grandes variaciones en la composición de la carga es preferible que la corrección se realice por medios automáticos.

En los circuitos que tienen solamente corrientes y voltajes senoidales, el efecto del factor de potencia se presenta solamente como la diferencia en fase entre la corriente y el voltaje. Esto es conocido como factor de potencia de desplazamiento. El concepto se puede generalizar a una distorsión total, o a un verdadero factor de potencia, donde la potencia aparente incluye todos los componentes armónicos. Esto es de importancia en los sistemas de energía prácticos que contienen cargas no lineales tales como: rectificadores, algunas formas de iluminación, hornos de arco, equipos de soldadura y otros dispositivos.

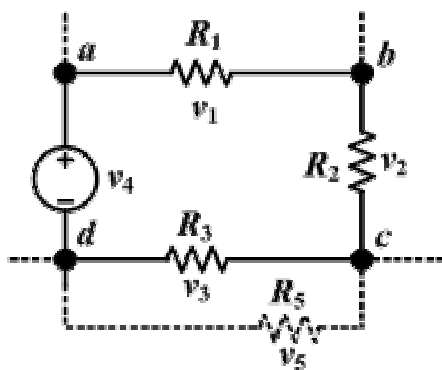


Un gran ejemplo con gran importancia es el gran número de computadoras personales que existen, las cuales incorporan fuentes de alimentación conmutadas con salidas cuyo rango de potencia va desde 150 W hasta 500 W. estas fuentes de alimentación de muy bajo costo incorporan un simple rectificador de onda completa que conduce solo cuando el voltaje instantáneo excede el voltaje de los capacitores de entrada, esto conduce a razones muy altas entre las corrientes pico y promedio, lo que también lleva a una distorsión en el factor de potencia y a consideraciones posiblemente serias acerca de la fase y la carga neutral.

### 1.8 MALLAS ELECTRICAS

La ley de voltaje de Kirchhoff indica que la suma de voltajes alrededor de una trayectoria o circuito cerrado debe ser cero. Matemáticamente, esta dada por:

$$\sum_n V_n = 0$$



Como ejemplo podemos observar la malla eléctrica, (Figura 1.20) donde observamos cinco voltajes:  $V_4$  a través de una fuente de alimentación y los cuatro voltajes  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  y  $V_5$  a través de los resistores  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_5$ , respectivamente. El voltaje de alimentación y las resistencias  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  componen una ruta de circuito cerrado, de este modo la suma de los voltajes  $V_4$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  y  $V_3$  debe ser 0.

Figura 1.20. Malla eléctrica donde la suma de todos los voltajes al rededor de la malla es igual a cero.  $V_4 + V_1 + V_2 + V_3 = 0$ .

$$\sum_n V_n = V_4 + V_1 + V_2 + V_3 = 0$$

Continuando con el ejemplo la resistencia  $R_5$  de la figura 1.20 está por fuera de la malla cerrada, y por eso no desempeña ningún papel en el cálculo de la ley de voltaje de Kirchhoff. Hay que observar que trayectorias cerradas pueden ser definidas e incluir a  $R$ . En este caso, el voltaje  $V_5$  a través  $R_5$  debe ser considerado en el cálculo de la ley de Kirchhoff de voltaje.

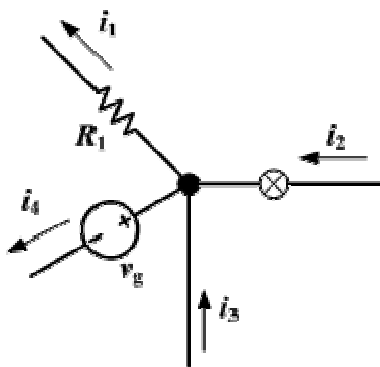
Ahora si tomamos el nodo “d” en la figura 1.20 como nuestro punto de referencia y arbitrariamente seleccionamos su voltaje a cero, podemos observar como el voltaje cambia mientras que recorremos el circuito hacia la derecha. Yendo del nodo “d” al nodo “a” a través de la fuente de voltaje, experimentamos un aumento del voltaje de  $V_4$  ya que el símbolo para la fuente de voltaje en la figura 1.20 indica que a está en un voltaje positivo con respecto a el nodo “d”. En un viaje desde el nodo “a” al nodo “b”, nosotros cruzamos un resistor. Vemos claramente del diagrama (Figura 1.20) que, puesto que hay solamente una sola fuente de voltaje, la corriente debe fluir de ella desde el Terminal positivo a su Terminal negativo siguiendo una trayectoria hacia la derecha.

Así de la Ley de Ohm, observamos que el voltaje cae del nodo “a” al nodo “b” a través del resistor  $R_1$ . Así mismo, el voltaje cae a través de los resistores  $R_2$  y  $R_3$ . Habiendo cruzado  $R_2$  y  $R_3$ , llegamos detras del nodo “d”, donde nuestro voltaje es cero. Experimentamos así un aumento en voltaje y tres caídas de voltajes mientras que atravesamos el circuito. La implicación de la ley del voltaje de Kirchhoff es que, en un circuito simple con solamente una fuente de voltaje y cualquier número de resistores, la caída de voltaje a través de los resistores es igual al voltaje aplicado por la fuente de voltaje:

$$V_4 = V_1 + V_2 + V_3$$

La ley de corriente eléctrica de Gustav Kirchhoff establece que la suma de las corrientes que entran a un punto en particular deben ser cero. Matemáticamente, está dada por:

$$\sum_n i_n = 0$$



Se pueden observar cuatro corrientes entrando a la unión, en realidad dos entran y dos salen (Figura 1.21) representada por medio de un círculo negro en la imagen de la izquierda. Por supuesto, cuatro corrientes están existiendo actualmente en la juntura, pero para propósito del análisis del circuito generalmente se considera que actualmente las corrientes positivas fluyen hacia afuera a través de la unión y las corrientes negativas fluyen hacia la unión (matemáticamente la misma cosa). hacer esto nos permite escribir la ecuación de la ley de Kirchoff como ejemplo:

Figura 1.21. Las corrientes que entran en un nodo son igual a las que salen.

$$\sum_n i_n = i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 0$$

En este punto puede no parecer claro ya que las corrientes negativas fluyen hacia la unión mientras que las corrientes positivas fluyen hacia afuera, pero la imagen de la figura 1.21 nos provee más información de la que podríamos esperar cuando analizamos un circuito, las flechas nos ayudan a identificar la dirección en que la corriente fluye.

Sin embargo para este caso tenemos información extra en la imagen de la figura 1.21, que indican la dirección de las corrientes, entonces sabemos que las corrientes  $i_2$  e  $i_3$  fluyen hacia el nodo, y que las corrientes  $i_1$  e  $i_4$  fluyen hacia afuera. y podemos escribir:

$$i_1 + i_4 = i_2 + i_3$$

En resumen: **en un nodo las sumatorias de corrientes que entran es igual a la sumatoria de las corrientes que salen.**

## 2.1 EL AHORRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Es muy común que al encender la luz, el televisor o la radio, uno se pregunte de donde viene la energía eléctrica necesaria para tener nuestra vida cotidiana sin mayor complicación, la electricidad que corre por los cables de tensión que llevan la energía eléctrica a los hogares no es más que el movimiento de electrones como ya se había mencionado en el capítulo anterior. En México el 75% de la energía eléctrica se genera en base a combustibles fósiles utilizados en plantas o centrales termoeléctricas que consumen gas natural, combustóleo y carbón.

En cuanto se produce la electricidad en las centrales generadoras, una enorme red de cables tendida e interconectada a lo largo de toda la República Mexicana, se encarga de hacer llegar casi al instante a todos los lugares de consumo, ya sean hogares, comercio, fábricas u oficinas. La producción de energía eléctrica es costosa y contamina, por lo que es necesario tomar medidas para no desperdiciar en casa este tan valioso recurso, pues así no solo se protege al medio ambiente, si no también a nuestros bolsillos.

La aplicación de medidas de ahorro, algunas de gran simplicidad, además de traducirse en importantes ahorros en el consumo, evita la emisión de millones de toneladas de contaminantes a la atmósfera. Dejar las luces encendidas innecesariamente; mantener televisores o radios (Figura 2.1) prendidos sin que nadie les preste atención; comprar productos cuyos envases o empaques se van rápidamente a la basura, a pesar de que su fabricación supuso un alto costo de electricidad, son sólo



algunos ejemplos de la falta de cuidado de la energía y del medio ambiente, en la que con frecuencia incurrimos. En éstos y en otros muchos casos, la solución está en nuestras manos.

Figura 2.1. Electrodomésticos comunes en cualquier casa habitación.

Ahorrar y usar eficientemente la energía eléctrica, así como cuidar el ambiente no son sinónimo de sacrificar o reducir nuestro nivel de bienestar o el grado de satisfacción de nuestras necesidades

cotidianas. Por el contrario, un cambio de hábitos y actitudes pueden favorecer una mayor eficiencia en el uso de la electricidad, el empleo racional de los recursos energéticos, la protección de la economía familiar y la preservación de nuestro entorno natural.

La producción de la energía eléctrica que disfrutamos cada día, es costosa y contaminante. Ahorrar en el consumo de este energético para atenuar su impacto en la economía familiar y en el ambiente es muy sencillo. Para una familia ahorrar energía equivale a ahorrar dinero. Además, el hacerlo contribuye a que sea más eficiente el consumo de energía a nivel nacional y se utilicen menos combustibles fósiles, como gas, combustóleo o carbón.

La tabla que a continuación se muestra (Tabla 2.1) contiene un porcentaje aproximado del consumo de energía eléctrica en los hogares, como se puede ver para climas templados la mayor parte recae en la iluminación mientras que para un clima cálido todo recae sobre el aire acondicionado.

<b>Clima Templado</b>	<b>%</b>	<b>Clima Cálido</b>	<b>%</b>	<b>General</b>	<b>%</b>
Iluminación	35	Iluminación	12	Iluminación	30
Refrigeración	30	Refrigeración	25	Refrigeración	30
Aparatos eléctricos (entretenimiento)	25	Aparatos eléctricos (entretenimiento)	8	Aparatos eléctricos (entretenimiento)	40
Otros	10	Acondicionadores de aire	55		

Tabla 2.1. Porcentaje de consumo de energía eléctrica en el hogar.

Para el ahorro de la energía eléctrica podemos mencionar el caso de oficinas y comercios donde frecuentemente los niveles de iluminación son elevados, tanto en áreas comunes como áreas específicas. Conviene comprobar tales niveles mediante el uso de un luxómetro y compararlo con los valores recomendados por la Sociedad Mexicana de Ingeniería en Iluminación (SMII). (Tabla 2.2).

<b>Local</b>	<b>Nivel de iluminación en luxes</b>
Vestíbulo	300
Área de recepción	200
Archiveros	400
Cuartos de trabajo	200

Tabla 2.2. Valores recomendados para oficinas por la SMII.

Si es que existe sobreiluminación, conviene retirar algunas lámparas o sustituirlas por otras de menor capacidad. Si el nivel de iluminación no es suficiente, se pueden utilizar reflectores de aluminio en los gabinetes sin incrementar la carga eléctrica.

En caso de que los niveles de iluminación sean los adecuados, entonces lo recomendable es utilizar lámparas (Figura 2.2), que proporcionen el mismo nivel, pero con una menor potencia. Lo más aconsejable será esperar a la terminación de la vida útil de la lámpara antes de hacer la sustitución. Para estos fines es fundamental llevar un control por área de las horas de utilización de las lámparas, que servirá para hacer el reemplazo en grupo. Estas lámparas se fabrican de 32, 34, 60 y 95 Watts, que sustituyen a lámparas de 39, 40, 75 y 110 Watts respectivamente.



Figura 2.2. Lámparas del tipo fluorescente.

El foco incandescente (Figura 2.3.), es el de más bajo rendimiento, debido a que su operación está basada en el calentamiento de un filamento hasta el rojo blanco, con lo cual convierte el 95% de la energía eléctrica en calor y solo el 5% en luz visible. Adicionalmente hay áreas en los edificios que utilizan los llamados spot's.



Figura 2.3. Foco incandescente.



Figura 2.4. Luminaria del tipo spot's.

En todos los casos lo más aconsejable es sustituir los focos y spot's (Figura 2.4) con lámparas fluorescentes compactas las cuales cuentan con entrada para socket. Estas lámparas fluorescentes compactas existen en 5, 7, 9, 13, 15 y 18 Watts para sustituir en su caso a focos de 25, 40, 60 y 75 Watts.



En lugares donde el alumbrado se utiliza por intervalos pequeños de tiempo, no se recomienda utilizar lámparas fluorescentes compactas (Figura 2.5), en lugar de incandescentes, pues el continuo encendido y apagado de la misma desmeritan su vida útil.

Figura 2.5. El apagado continuo de lámparas fluorescentes reduce su vida útil.

## 2.2 USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA

Por aprovechamiento sustentable de la energía, se entiende el uso óptimo de la energía en todos los procesos y actividades para su explotación, producción, transformación, distribución y consumo, incluyendo la eficiencia energética.

Se entiende por eficiencia energética todas aquellas acciones que conlleven a una reducción económicamente viable de la cantidad de energía necesaria para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que requiere la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior y una disminución de los impactos ambientales negativos derivados de la generación, distribución y consumo de energía. Quedando incluida, la sustitución de fuentes no renovables por fuentes renovables de energía.

Existen organismos encargados para dar las recomendaciones para lograr un uso eficiente de la energía, en México encontramos a la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).

La CONUEE es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía, que cuenta con autonomía técnica y operativa. Tiene por objeto promover la eficiencia energética y constituirse como órgano de carácter técnico, en materia de aprovechamiento sustentable de la energía.

Entre las facultades de la CONUEE, se encuentran:

**En materia de Normatividad.**

1. Implementar el registro de usuarios que hayan obtenido el certificado de persona o institución energéticamente responsable;
2. Emitir opiniones vinculatorias para las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal en relación con las mejores prácticas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía;
3. Emitir recomendaciones a las entidades federativas, a los municipios y a los particulares en relación con las mejores prácticas en materia de aprovechamiento sustentable de la energía;
4. Desarrollar un programa dirigido a los particulares, buscando fomentar la realización de certificación de procesos, productos y servicios, y supervisar la ejecución de los procesos voluntarios que desarrollen a fin de mejorar su eficiencia energética;
5. Ordenar visitas de verificación, requerir la presentación de información y a las personas que realicen actividades relativas al aprovechamiento sustentable de energía a fin de supervisar y vigilar, en el ámbito de su competencia, el cumplimiento de las disposiciones jurídicas aplicables;

**En materia de Políticas Públicas para Aprovechamiento Sustentable de la Energía:**

1. Propiciar el uso óptimo de la energía, desde su explotación hasta su consumo;
2. Formular y emitir las metodologías para la cuantificación de las emisiones de gases, efecto invernadero por la explotación, producción, transformación, distribución y consumo de energía, así como las emisiones evitadas debido a la incorporación de acciones para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía;
3. Formular y emitir las metodologías y procedimientos para cuantificar el uso de energéticos y determinar el valor económico del consumo y el de los procesos evitados derivados del aprovechamiento sustentable de la energía consumida;



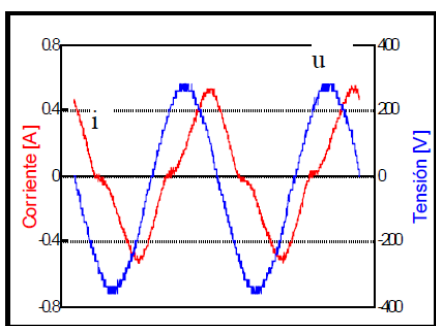
**En materia de Promoción y Difusión:**

1. Preparar y publicar libros, catálogos, manuales, artículos e informes técnicos sobre los trabajos que realice la Comisión;
2. Difundir en publicaciones científicas, los resultados de los proyectos y estudios realizados que promuevan el aprovechamiento sustentable de la energía;
3. Brindar asesoría técnica en materia de aprovechamiento sustentable de la energía a las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, así como, a los gobiernos de los estados y municipios que lo soliciten, y celebrar convenios para tal efecto;
4. Participar en la difusión de la información entre los sectores productivos, gubernamentales y sociales;

**En materia de Información y Evaluación:**

1. Implementar el Subsistema Nacional de Información para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía;
2. Implementar y actualizar la información de los fondos y fideicomisos que tengan por objeto el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y que hayan sido constituidos por el Gobierno Federal, reciban recursos federales o en los cuales el Gobierno Federal constituya garantías.

### 2.3 CALIDAD DE LA ENERGÍA



Uno de los temas de gran interés tanto para empresas suministradoras como para usuarios de energía eléctrica es el concepto de calidad de la energía, inicio en la década de los 80's y se ha convertido en una especie de concepto general en el cual encontramos un número considerable de distintos tipos de disturbios como desfases entre voltaje y la corriente (Figura 2.6) y problemas que se presentan en un sistema eléctrico.

Figura 2.6. Forma de onda de corriente y voltaje de un tubo fluorescente convencional.

En México, el suministro de energía eléctrica a los usuarios, está regido por la ley del servicio público y su reglamento, en este se encuentran especificados los límites superiores e inferiores de voltaje para el punto de entrega. Cuando esta entrega se encuentra fuera de los límites se considera como una anomalía o deficiencia en el suministro de energía.

La calidad de la energía no era un problema mayor, el suministro para la mayoría de los usuarios de la energía eléctrica era completamente satisfactorio. Hasta hace poco tiempo debido al incremento a gran escala de utilización de equipo eléctrico basado en electrónica de potencia se han creado grandes problemas para el suministrador como:

- Al ser los dispositivos basados en electrónica de potencia poco tolerantes a las fluctuaciones de voltaje, existen deficiencias en el voltaje suministrado
- Los equipos generan distorsión armónica (Figura 2.7) y bajo ciertas condiciones pueden deteriorar la magnitud y forma de onda del voltaje, al grado que se vuelve inadecuado para la mayoría de los usuarios que comparten una misma fuente de suministro

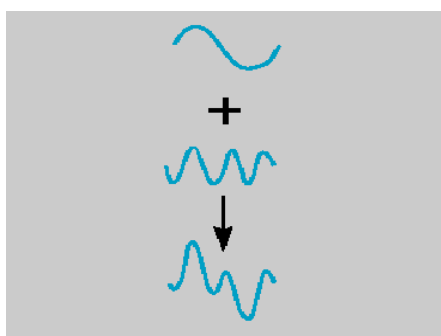


Figura 2.7. Forma de onda resultante distorsionada.

Cuando suceden anomalías en el suministro de la energía eléctrica el comportamiento de dispositivos como motorizados e informatizados se ve afectado y con ésto los beneficios que nos proporcionan se ven degradados debido a que existe una gran pérdida para el usuario, así como, para el suministrador. Usualmente el suministrador de energía eléctrica atribuye estos problemas al usuario; mientras que el usuario asocia todos estos problemas a las redes de distribución. Lo cierto es que en ambas partes olvidan las limitaciones que tienen los equipos electrónicos sensibles para operar en el ambiente de las redes de distribución tradicionales.

El tener el conocimiento de las características de la calidad de la energía de los sistemas eléctricos del suministrador y del usuario es esencial para establecer acciones económicas para tener el control sobre los efectos no deseables.

Los cambios fundamentales en la naturaleza de la carga del usuario y del sistema de potencia, que conciernen a la calidad de la energía son los siguientes:

- La microelectrónica (Figura 2.8), ha producido una creciente categoría de cargas a nivel residencial, comercial e industrial, que son muy sensibles a las variaciones de la calidad de la energía. Los esquemas de diseño de integración a gran escala y a muy gran escala de los microprocesadores modernos, han resultado en dispositivos más rápidos, más complejos y con mayor capacidad de memoria para una misma superficie. La lógica para estos circuitos requiere de niveles de tensión y de energía menores, reduciendo el consumo de potencia y por lo tanto los requerimientos de ventilación.



Figura 2.8. Circuito de microelectrónica.

- La electrónica de potencia ha producido una nueva generación de dispositivos de alta capacidad y bajo costo, lo que ha extendido su utilización. Sin embargo estos mismos dispositivos producen perturbaciones en la calidad de la energía, a los cuales la microelectrónica es sensible. Se estima que la porción de la energía eléctrica total generada para aquellas cargas procesadas por electrónica de potencia se incrementará gradualmente con el paso de los años.
- Mientras que estos cambios dramáticos se están dando en las cargas, las empresas eléctricas y los clientes industriales continúan aplicando capacitores para la corrección del factor de potencia para controlar el voltaje y reducir el flujo de reactivos. Estos capacitores influyen en los muchos tipos de problemas de calidad de la energía, ya que son una coladera para corrientes de alta frecuencia y pueden mejorar la situación o agravarla

significativamente, incrementar los niveles de armónicas, dependiendo de los parámetros del sistema.

Además de los cambios descritos anteriormente podemos añadir los problemas que agravan la calidad de la energía, por la combinación de tendencias como:

- Una mayor utilización de equipo de procesamiento de datos y comunicaciones
- Los equipos modernos eléctricos son cada vez más sensibles a las fluctuaciones de voltaje, todos los diseños se encuentran en sus límites, ya no hay diseños sobrados
- El número de disturbios eléctricos se ha incrementado debido a que la demanda tiende a crecer más rápido que la generación

En Europa las instituciones que han trabajado con respecto al tema son: en cuanto a normalización el Instituto Alemán de Ingenieros (VDI) y el Instituto Británico de Normalización (BSI). Nacionalmente las exigencias de los consumidores de energía han obligado a las empresas de este servicio a prestar mayor atención y buscar soluciones a los problemas de variaciones de voltaje. Comisión Federal de Electricidad (CFE) está emprendiendo acciones de mejora y modernización.

La importancia de abordar con urgencia este tema es debido a que las estimaciones indican que el número de cargas sensibles conectadas al sistema eléctrico se incrementará en grandes niveles.

Con todo lo anterior podemos decir que “calidad de la energía” es definida como una ausencia de interrupciones, sobrevoltajes, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de voltaje rms en el suministro de energía eléctrica. Todo esto concierne a al estabilidad de voltaje, frecuencia y la continuidad del servicio eléctrico. La calidad de la energía es el resultado de una atención continua, en años recientes esta atención ha sido de gran importancia debido al incremento de cargas sensibles en los sistemas de distribución, las cuales son causantes de la degradación de la calidad de la energía.

Debido a la importancia que representa la energía en nuestra vida diaria, ya sea para iluminación, operación de diversos equipos, video, aire acondicionado y sistemas de cómputo, así como, la fabricación de la mayoría de las cosas que empleamos; cualquier disturbio o variación de voltaje que se produce en la red tiende a afectarnos de una u otra forma.

El objetivo de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variaciones de voltaje en el lado del usuario 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.

## 2.4 PRINCIPALES DISTURBIOS

Los disturbios en el sistema son variaciones generalmente temporales en la tensión del sistema. Estos causan una mala operación o fallas en el equipo. La variación de frecuencia puede ser ocasionalmente un factor de disturbio del sistema, especialmente cuando una carga es alimentada por un generador de emergencia u ocurre un desequilibrio entre la carga de la planta industrial y la generación debido a la pérdida del suministro de energía eléctrica.

Los disturbios más comunes que afectan a la calidad de la energía son descritos a continuación:

**Fluctuaciones de voltaje:** éstas son una disminución momentánea en la magnitud del voltaje RMS (sags), que tiene una duración que va desde 10 ms (0.6 ciclos), hasta 2.5 seg. (150 ciclos), causado por una falla remota en algún lugar del sistema de potencia.

También existen las elevaciones de tensión (swells), que no son tan comunes. Las condiciones de alto o de bajo voltaje pueden presentarse en circuitos durante la conexión o desconexión de cargas considerables o durante períodos de sobrecarga.

Una depresión severa en el voltaje es aquella que es menor al 85% de la tensión nominal, al presentarse estas condiciones constantemente o durante períodos largos, puede dar lugar al envejecimiento de componentes electrónicos en sistemas digitales y errores durante el almacenamiento o lectura de información. La presencia de estos se puede detectar visualmente al presentarse un parpadeo o disminución del nivel de iluminación en lámparas o al existir una reducción o encogimiento en monitores de televisores o computadoras.

**Sobretensiones transitorias:** estas se presentan en forma de impulsos de voltaje de corta duración (Figura 2.9), superpuestos en la señal de alimentación y frecuentemente intermitentes, con una duración menor a dos milisegundos. Es unidireccional en su polaridad (+ ó -), son caracterizados por su

tiempo de cresta y cola. Los impulsos pueden tener su origen en las descargas atmosféricas, en maniobras de interruptores y al conectar o desconectar capacitores para la corrección del factor de potencia. Estos involucran altas frecuencias, por esto se amortiguan rápidamente con las componentes resistivas del circuito y no son conducidas a largas distancias desde su fuente. Estos son los denominados picos de voltaje.

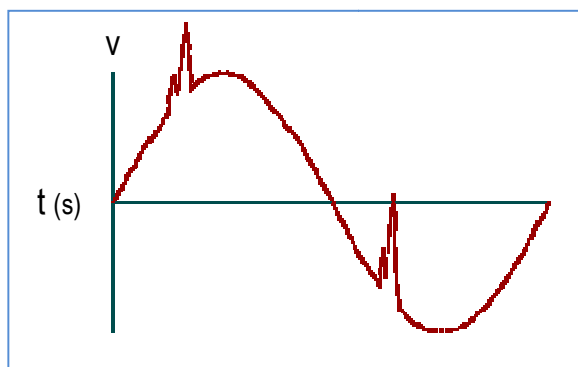


Figura 2.9. Forma de onda de una sobretensión transitoria.

En este caso las sobretensiones no presentan una indicación clara de su existencia, excepto cuando existe el caso crítico de rayos cerca de las instalaciones los cuales producen chispas en los contactos. Dado que su nivel puede alcanzar valores de cinco o más de su voltaje nominal, su efecto consiste en aplicar esfuerzos excesivos en los aislamientos de diversos equipos o disturbios en componentes electrónicos sensibles.

Este último caso puede traer consecuencias como la interrupción de programas en procesos de computadora, pérdida de información almacenada en memoria o daño al hardware. Otros transitorios que se pueden presentar son con las operaciones de conexión y desconexión de motores eléctricos en elevadores, equipos de aire acondicionado, refrigeradores, etc.

**Interrupciones de energía:** las interrupciones instantáneas de energía que son provocadas por una condición de falla de aislamiento después de una operación exitosa del equipo de restablecimiento pueden tener una duración de hasta varios ciclos. Como ejemplo los sistemas de cómputo tienen una tolerancia a la variación de voltaje de un tiempo no mayor a medio ciclo, debido a esto hay que tomar precauciones para reducir al mínimo las salidas instantáneas, generalmente provocadas por tormentas eléctricas.

Las interrupciones temporales de energía, generalmente ocurren por algún disturbio en el sistema eléctrico (fallas en el sistema de potencia, accidentes que involucran a la red de distribución, fallas de

transformadores o generadores) o por sobrecargas en la red de baja tensión. Su duración puede ser desde algunos milisegundos hasta varias horas.

La pérdida completa de energía en una instalación es de una magnitud menos frecuente que los disturbios por fluctuaciones en el voltaje, sin embargo si se presentan con frecuencia hay que tomar las medidas para tener una fuente alterna de energía eléctrica disponible.

**Ruido eléctrico (interferencia):** otra forma común de disturbio en el sistema eléctrico es el ruido eléctrico, este afecta comúnmente a los sistemas de cómputo y es generado por sistemas de transmisión de señales de radio, operación de lámparas fluorescentes y controladores de atenuación de niveles de iluminación (dimer). Este ruido afecta la operación de computadoras al producir diversos problemas durante la ejecución de programas.

Con lo anterior se mostraron los casos más comunes de fuentes de disturbio en el sistema eléctrico, ahora trataremos el caso de las armónicas que son también otra fuente de disturbio, pero en este caso hay que hacer un estudio más a fondo para tratar el tema.

**Armónicas:** significa simplemente que la forma de onda de la tensión o corriente no es una senoidal pura. (Figura 2.10) Esto resulta de la adición de una o más ondas armónicas que se superponen a la onda fundamental o de 60 Hz.

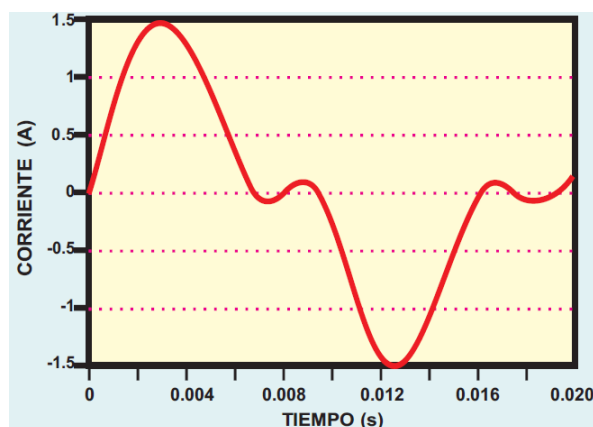


Figura 2.10. Descomposición de la corriente en sus armónicas.

Las armónicas pueden causar una variedad de problemas como: la ya antes mencionada distorsión de la forma de onda, lecturas impropias de voltaje y principalmente sobrecalentamiento en el conductor neutro.

Casi todas las cargas que eran lineales y las no lineales no comprendían un gran número como para ser considerado un problema. Con la introducción de equipo electrónico, y la proliferación de cargas como: computadoras, fuentes de poder ininterrumpidas (UPS; uninterruptible power supply) y controles de velocidad variable para motores, las cuales son cargas no lineales y son un factor suficientemente grande para tener serias consecuencias en los sistemas de distribución.

**Cargas lineales:** los motores, la iluminación incandescente y las cargas de calefacción son lineales en naturaleza. Esto es, la impedancia de la carga es esencialmente constante independientemente del voltaje aplicado. En los circuitos CA la corriente se incrementa proporcionalmente al incremento del voltaje y disminuye proporcionalmente a la disminución del voltaje. (Figura 2.11)

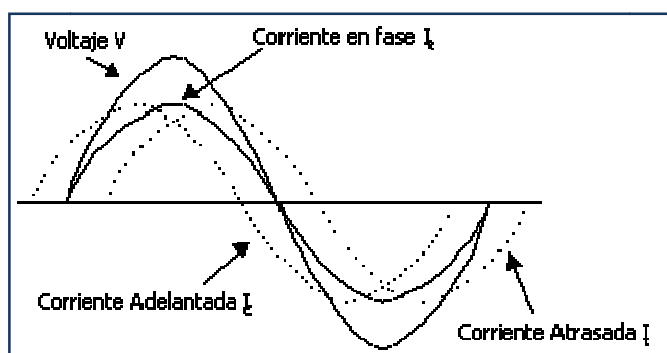


Figura 2.11. La corriente se incrementa proporcionalmente al voltaje.

La corriente en estos circuitos está en fase con el voltaje para un circuito resistivo, con un factor de potencia (FP) unitario. La misma atrasa al voltaje por algún ángulo de fase para el circuito parcialmente inductivo más típico (con un FP comúnmente entre 0.80 y 0.95), y adelanta al voltaje por algún ángulo de fase en un circuito capacitivo. En cada caso, esta corriente es siempre proporcional al voltaje. Para un voltaje senoidal, la corriente es también senoidal.

Una resistencia pura, una inductancia y una capacitancia son todas lineales. Lo que eso significa es que si una onda senoidal de voltaje de una cierta magnitud es puesta a lo ancho de un circuito que



contiene una resistencia pura, la corriente en el circuito obedece a la Ley de Ohm  $I=V/R$ . Para un valor específico de ohms, la relación entre los voltios y los amperes es una línea recta. (Figura 2.12)

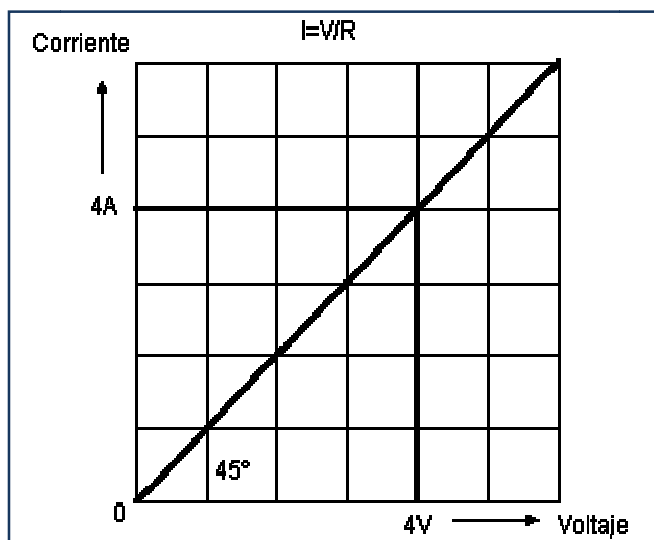
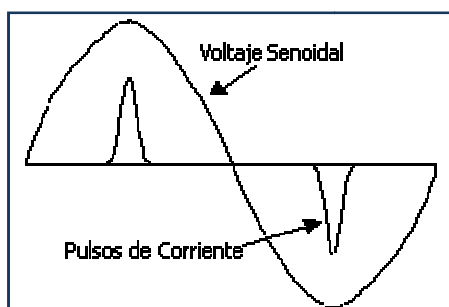


Figura 2.12. La relación entre el voltaje y la corriente es una línea recta para el caso de una resistencia pura.

Con una carga lineal, la relación entre el voltaje y la corriente es lineal y proporcional. La línea diagonal de 45° representa una resistencia fija.

**Cargas no lineales:** las cargas no lineales son aquellas en las que la corriente de carga no es proporcional al voltaje instantáneo. Frecuentemente, la corriente de carga no es continua. Este tipo de carga puede ser conmutada solo por una parte del ciclo, como en los circuitos controlados por tiristores; o pulsantes, como en un circuito de rectificador controlado. Las corrientes de las cargas no lineales no son



senoidales (Figura 2.13), y aún cuando la fuente de voltaje sea una onda senoidal limpia, las cargas no lineales distorsionarán esa onda de voltaje, haciéndola no senoidal.

Figura 2.13. Las corrientes de las cargas no lineales no son senoidales.

La electrónica de estado sólido está basada en el uso de semiconductores. Estos materiales son totalmente diferentes en que su respuesta al voltaje no es una línea recta. En general, la relación de voltaje a corriente está representada por una curva, (Figura 2.14). Hasta esto es engañoso porque cada dispositivo diferente de estado sólido va a tener una curva de respuesta que es única y diferente de aquellas de otros tipos de dispositivos basados en semiconductores.

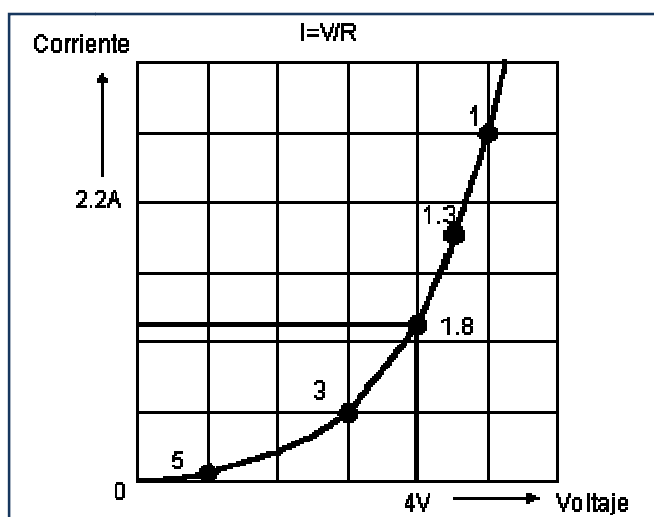


Figura 2.14. La relación entre el voltaje y la corriente es una curva para el caso de las cargas no lineales.

Con una carga no lineal, la línea de carga es curva, no recta como con una carga lineal. La cantidad de curvatura es única para cada tipo de semiconductor no lineal. El resultado de la prueba es frecuentemente desconcertante. Con una fuente entrante teniendo una onda seno de 60 Hz casi perfecta, la corriente mostrará estar distorsionada significativamente.

Con la aparición de cargas no lineales en los sistemas de distribución, ha traído como consecuencia un aumento notable en el contenido de armónicas, que se manifiestan en forma de distorsiones diversas de la forma de onda del voltaje de la red de distribución. Los consumidores ubicados cerca de instalaciones industriales o aquellos que tienen una carga no lineal, pueden ver expuestos sus equipos sensibles a esfuerzos excesivos.

Existen una gran cantidad de dispositivos que provocan distorsiones armónicas, actualmente este problema está creciendo por el uso en gran cantidad de cargas no lineales, algunas de estas fuentes de

disturbio ya existían desde el inicio de los sistemas de potencia, otros, pero en menor cantidad muchos años atrás, con el progreso tecnológico llegó una contaminación grave en el medio eléctrico, por eso es preciso saber cómo controlarlos con una base adecuada.

Años atrás la propagación de armónicos estaba relacionada con el diseño y operación de transformadores (Figura 2.15), la primera fuente de armónicos conocida fue la corriente magnetizante de los



transformadores de potencia. Los transformadores trabajando en estado estable no provocan una distorsión significativa en la red eléctrica, pero cuando son operados fuera de sus especificaciones de rango pueden aumentar su contenido armónico con niveles de distorsión considerable.

Figura 2.15. Conjunto de transformadores.

El utilizar una gran cantidad de lámparas fluorescentes para reducir el consumo de energía se ha incrementado debido a que son más eficientes ya que, consumen menos energía y producen una mayor cantidad de iluminación. Pero hay que analizar el lado negativo del uso en grandes cantidades de este tipo de lámparas fluorescentes, porque la calidad de la energía puede sufrir un deterioro en las instalaciones en donde se aplica este tipo de alumbrado debido a la gran cantidad de armónicas que producen. Las lámparas fluorescentes se conectan a la red de distribución, las corrientes armónicas generadas pueden fluir a través de los conductores hacia los transformadores del sistema de distribución.

Otras posibles fuentes de armónicas, son aquellas que requerirán la conversión de grandes cantidades de energía, probablemente las que serán producidas por fuentes no convencionales como:



plantas eólicas, plantas solares las cuales usan grandes celdas solares para la recolección de la energía, etc.

Figura 2.16. Celdas solares usadas para la recolección de la energía solar.

## 2.5 LÁMPARAS AHORRADORAS DE ENERGÍA

La lámpara compacta fluorescente o CFL (sigla del inglés compact fluorescent lamp) es un tipo de lámpara fluorescente que se puede usar con casquillos de rosca Edison normal (E27) o pequeña (E14). También se la conoce como:

- Lámpara ahorradora de energía
- Lámpara de luz fría
- Lámpara de bajo consumo
- Bombilla de bajo consumo

Presentadas mundialmente a principios de los años ochenta, las ventas de las lámparas CFL (Figura 2.17) se han incrementado constantemente debido a las mejoras en su funcionamiento y la reducción de sus precios. El más importante avance en la tecnología de las lámparas fluorescentes (incluidas las CFL) ha sido el reemplazo de los balastos magnéticos (transformadores usados para su encendido) por los del tipo electrónico. Este reemplazo ha permitido la eliminación del efecto de "parpadeo" y del lento encendido tradicionalmente asociados a la iluminación fluorescente, así como un ahorro de peso de la propia lámpara. En comparación con las lámparas incandescentes, las CFL tienen una vida útil mayor y consumen menos energía eléctrica para producir la misma iluminación.



Figura 2.17. Lámparas CFL o lámparas ahorradoras de energía.

Las lámparas compactas fluorescentes utilizan un 80% menos de energía (debido principalmente a que producen mucho menos calor) y pueden durar hasta 12 veces más, ahorrando así dinero en la factura eléctrica. Este porcentaje mejora con cada nuevo modelo.

Las CFL consumen aproximadamente una cuarta parte de la potencia de las incandescentes. Por ejemplo, una CFL de 15 W produce la misma luminosidad que una incandescente de 75 W (Tabla 2.3).

Equivalencia de salida de luz	
Incandescente	Compacta fluorescente
25 watts	5 watts
40 watts	8 watts
60 watts	12 watts
75 watts	15 watts
100 watts	20 watts
125 watts	25 watts
150 watts	30 watts

Tabla 2.3. Potencias eléctricas de distintos tipos de lámparas para un mismo flujo luminoso.

Las CFL tienen una duración media de unas 8000 horas de funcionamiento. La duración media de una lámpara incandescente está entre 500 y 2000 horas de funcionamiento dependiendo de su exposición a picos de tensión y a golpes y vibraciones mecánicas, además de la calidad de la propia lámpara. Esto mejora en los nuevos modelos.

Cada vez que una persona instala una bombilla de bajo consumo se ahorra la emisión de 20 kg de CO<sub>2</sub> a la atmósfera al año (según el tipo de fuentes de generación eléctrica, que varía ampliamente de un país a otro y cambia en el tiempo). La sustitución de las bombillas incandescentes en la Unión Europea ahorraría al menos 20 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> al año, lo que equivaldría a cerrar 25 centrales que utilizan energía contaminante.



Las lámparas de colores "blanco cálido" o "blanco suave" (2700 K – 3000 K) proporcionan un color similar al de las lámparas incandescentes, algo amarillenta, en apariencia. Las lámparas "blanca", "blanca brillante" o "blanco medio" (3500 K) producen una luz blanca-amarillenta, más blanca que la de una lámpara incandescente pero aún considerada como "cálida". (Figura 2.18)

Figura 2.18. Efecto de las diferencias de temperatura de color

Las lámparas blanco frío (4100 K) emiten un blanco más puro pero aún algo azulado, y las llamadas daylight (luz diurna, de 5000 K a 6500 K idealmente) emiten un brillo blanco, al emitir un espectro correspondiente a la temperatura del sol (~6500 K).

La "K" representa los grados kelvin asociados a la curva de emisión del cuerpo negro, es decir, determina completamente la composición de colores de la luz. Cuanto mayor sea esta cifra, más "fría" (azulada) es la luz. Los nombres de color asociados con una temperatura de color particular no están estandarizados en las CFL modernas y en las lámparas de trifósforo como éstas con el estilo de las antiguas lámparas fluorescentes de halofosfato. Existen variaciones e inconsistencias entre diversos fabricantes. Por ejemplo, las CFL fabricadas por Sylvania tienen una temperatura de color de 3500 K, aunque la mayoría de las lámparas que tienen la etiqueta "daylight" tienen temperaturas de color de, al menos, 5000 K. Algunos fabricantes no incluyen este valor en los empaques de las lámparas, pero esta situación empieza a corregirse ahora que se espera que los criterios de la norma estadounidense Energy Star para CFL requieran este valor impreso, en su revisión 4.0.

Al ser una lámpara de descarga de gas, la CFL no genera todas las frecuencias de luz visible; el índice actual de producción (renderizado) de color es un compromiso de diseño. Con menos que un perfecto renderizado del color, las CFL pueden ser insatisfactorias para iluminación de interiores, pero los diseños modernos, de alta calidad, han demostrado ser aceptables para uso en el hogar. Esto comienza a subsanarse con las lámparas Trifósforo o RGB, que generan igual cantidad de ondas Rojo, Verde y Azul, permitiendo la reproducción real de los colores.

Los tubos fluorescentes casi siempre son asociados con una luz blanca tendiendo a azul, lo cual puede ser un problema para personas acostumbradas a la calidez de la luz de una lámpara incandescente. Hoy en día pueden adquirirse lámparas fluorescentes compactas en colores como luz día, neutro y cálido. Luz día es la clásica luz fluorescente, cálido es la misma coloración amarillenta que emite la lámpara incandescente, y neutro es un término medio entre las dos, que trata de mejorar la reproducción de colores. También existen las lámparas trifósforo, que emiten iguales cantidades de luz roja, azul y verde, generando un blanco perfecto que reproduce con precisión todos los colores.

A continuación se hace mención de algunas recomendaciones para adquirir lámparas fluorescentes compactas además de recomendaciones de uso:

#### Recomendaciones de compra

- Antes de adquirir una lámpara ahorradora de energía es importante considerar el tamaño del área a iluminar, para elegir el modelo con la potencia apropiada.
- Se sugiere adquirir este tipo de lámparas en tiendas de autoservicio o especializadas, con el fin de verificar dentro del establecimiento la correcta operación del producto.
- Optar por las lámparas ahorradoras de energía de marcas reconocidas y que ostenten el sello NOM y/o FIDE. Evitar adquirir productos de origen dudoso.
- Asegurarse de que no presente principios de oxidación en el casquillo, además verificar que el ensamble bombilla-casquillo se encuentre firme (no debe existir movimiento alguno entre ambos) y que el casquillo no tenga exceso de soldadura.

#### Recomendaciones de uso

- Si se requiere de almacenar una lámpara ahorradora de energía hay que colocarla en un lugar seco y alejado del alcance de los niños para evitar algún accidente.
- Al colocarla no hay que presionar demasiado la lámpara porque podría romperse y causar alguna herida.
- Es conveniente limpiar periódicamente las lámparas ahorradoras de energía con un paño seco para que no disminuya su intensidad luminosa.
- En caso de que se coloque el producto en lugares húmedos, se sugiere limpiar con frecuencia el casquillo y el portalámparas (socket) para evitar la formación de óxido. No hay que olvidar bajar primero el interruptor de seguridad.
- Nunca intente desinstalar una lámpara encendida pues se corre el riesgo de sufrir alguna quemadura o choque eléctrico.
- No hay que hacer uso de estas lámparas en combinación con reguladores de intensidad luminosa (dimmers).
- En pasillos, estacionamientos y lugares poco concurridos de la casa hay que colocar focos de baja potencia a fin de ahorrar energía eléctrica.

## 2.6 NUEVAS TECNOLOGÍAS

Las lámparas e iluminación con LEDs (Figura 2.19), son lámparas de bajo consumo de electricidad (Ahorradoras) que va de las 50,000 hasta las 100,000 horas. Ideal para edificios y casa habitación con muchas lámparas y alta consumo de electricidad. Las lámparas están construidas con diodos emisores de luz (LEDs) de alto rendimiento luminoso, que resultan en una fuente de luz que consume poca energía. Por su alto índice de color, generan una luz agradable de excelente reproducción de colores.



Figura 2.19. Lámpara de leds de 5 watts.

Pero que es un Light Emmiting Diode (LED), los LED (Figura 2.20), son dispositivos semiconductores de estado sólido lo cual los hace robustos, fiables, de larga duración y a prueba de vibraciones, que pueden convertir la energía eléctrica directamente en luz. El interior de un LED es un pequeño semiconductor encapsulado en un recinto de resina de epoxi. En contra de otros sistemas, los LED no tienen filamentos u otras partes mecánicas sujetas a rotura ni a fallos por "fundido", no existe un punto en que cesen de funcionar, sino que su degradación es gradual a lo largo de su vida.

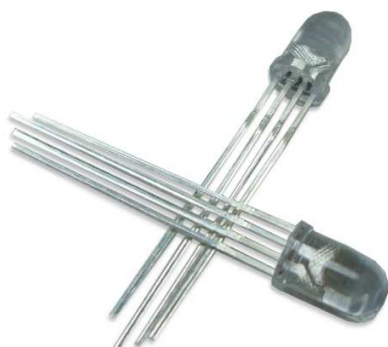


Figura 2.20 Diodos emisores de luz o LEDs.

Se considera que a aproximadamente a las 50.000 horas, es cuando su flujo decae por debajo del 70% de la inicial, eso significa aproximadamente 6 años en una aplicación de 24 horas diarias 365 días/año, permitiendo una reducción enorme de costos de mantenimiento ya que no se necesita reemplazarlas, por lo que el costo de iluminación es mucho menor.

Asimismo, por su naturaleza el encendido se produce instantáneamente al 100% de su intensidad sin parpadeos ni periodos de arranque, e independientemente de la temperatura. A diferencia de otros sistemas no se degrada por el número de encendidos. El control de los LED es otro de los factores importantes, dada su naturaleza son fácilmente controlables, pudiendo producir efectos y permitiendo



controles de energía que con otros dispositivos es más difíciles y caros de obtener, además los dispositivos LED son ecológicos ya que no contienen mercurio, tienen una duración mayor, ahorran gran cantidad de energía.

Entre los beneficios de la tecnología a base de leds encontramos:

- Sumamente resistente, sin que haya nada que pueda agrietarse, romperse o producir fugas.
- Prácticamente no necesita mantenimiento.
- Diseñados para una fácil instalación.
- Adecuados para aplicaciones en interior y exteriores.
- Gama completa de colores y ángulos de iluminación para múltiples efectos.
- Bajo consumo de energía (hasta 80% de ahorro)
- Baja generación de calor (Iluminación fría).
- Más de 50.000 horas de vida útil.
- 100% ecológicas, sin mercurio

También debido a su bajo consumo de energía, el LED puede ser encendido por medio de celdas solares de carga las cuales pueden abastecer los mismo por un tiempo prolongado. Su uso está siendo muy importante en cuestiones de viabilidad y tránsito.

La nueva tecnología para la iluminación del hogar, oficina, centros comerciales, etc es a base de LEDs, existe una gran gama de ellos (Figura 2.21) y dan larga vida útil y un ahorro de energía eléctrica bastante considerable.



Figura 2.21 Variedad de lámparas a base de LEDs.

### 3.1 ¿POR QUÉ SURGE EL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO?

En la actualidad, las denominadas energías duras o convencionales (carbón, petróleo...) siguen representando nuestras fuentes principales de energía, tanto para el sector residencial como para el productivo. Por lo tanto, dado que no podemos prescindir de estos tipos de portadores energéticos que representan costos millonarios a la economía, es necesario reforzar las medidas de ahorro y el uso racional de dichos potenciales energéticos, de forma tal que en alguna medida se compensen los gastos que de su utilización se derivan.

Recientes estudios consideran que el uso eficiente de la energía es la medida más efectiva, a corto y mediano plazo, para lograr una reducción significativa de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de otros gases de efecto invernadero. Además, no es solamente el medio ambiente quien se beneficia de una mayor eficiencia, sino también el usuario y, por acumulación de beneficios, la sociedad en su conjunto. También para las empresas que participan en la cadena de producción, transmisión y distribución de la energía eléctrica se considera como una forma de postergar inversiones.

Los países industrializados han desarrollado políticas de eficiencia energética fuertemente influenciadas por las nociones de la dependencia energética externa y de los problemas globales medioambientales, en cambio en América Latina, la mayoría de los países se caracterizan por la alta disponibilidad de recursos energéticos y una contribución reducida a las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

En los últimos años, la producción y consumo de energía han continuado su crecimiento a pesar de las alertas dadas por análisis como el de Maedows, o el más reciente elaborado por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático. El primero hace referencia a los problemas del agotamiento de los recursos y la contaminación; mientras que el segundo, advierte acerca de los efectos de acumulación de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

Las fuentes renovables de energía alcanzan una gran difusión debido a sus ventajas en cuanto al ahorro de combustibles fósiles y a la no contaminación del medio ambiente, pero estas fuentes (fotovoltaica, eólica, biomasa, hidráulica y otras) aún no satisfacen las necesidades energéticas de nuestro país, aunque han sido determinantes en la solución de muchos problemas energéticos (electrificación rural, abastecimiento de agua...).

Durante la última década del siglo pasado, la energía utilizada en mayor proporción es el petróleo, seguido por el carbón y el gas natural. La producción petrolera tuvo un crecimiento promedio anual de 1.03% entre 1990 y 1999. El gas natural también tuvo un alza considerable en la producción y el consumo. La electricidad fue la que registró el incremento más significativo con el 3%, este fue el energético con mayor índice de crecimiento.

La crisis en el suministro eléctrico, ha contribuido a reinstalar la temática del uso racional en el mercado y, por el otro, a acelerar la decisión de las autoridades de la Secretaría de Energía de reforzar las políticas afines. El impulso de una política firme de gestión de demanda y ahorro energético podría significar una disminución en el consumo del orden del 10% en el corto plazo, atrasando riesgos y aliviando costos.

El uso racional de la energía se ha llegado a considerar como una fuente alterna, ya que con esto se pueden preservar recursos naturales y con esto el impacto ambiental ocasionado por la transformación y uso de cualquier fuente primaria de energía se ve disminuido. Desde la crisis petrolera de los años setenta del siglo XX, los países industrializados principalmente han llevado a cabo programas y proyectos con la finalidad de disminuir los llamados índices energéticos.

El ahorro de cualquier forma de energía y su uso racional inevitablemente presupone la aplicación y control de un programa confeccionado para ese fin, pero dicho programa no se elabora de forma empírica, sino a partir de métodos o procedimientos técnicamente fundamentados, es decir, que debe estar sustentado por los diagnósticos energéticos que permiten identificar en cada lugar que se apliquen (industria, centro de servicio, escuela...) la eficiencia y la responsabilidad con que es utilizada la energía, de cualquier tipo (eléctrica, térmica...). Para este propósito se aporta un conjunto de elementos que permiten realizar y evaluar el diagnóstico energético.

Mediante un uso más racional de los recursos energéticos no renovables, con los cuales cuenta la humanidad, se pretende:

- Prolongar la disponibilidad de las reservas energéticas.
- Reducir los costos operativos de las economías: a nivel macroeconómico, mediante la reducción de los requerimientos de infraestructura energética y a nivel microeconómico, con la reducción de los gastos por concepto de energía de los consumidores ordinarios.

- Mitigar el efecto devastador que el consumo de energía ocasiona sobre el medio ambiente.

Si bien está claro que el uso racional no resolverá el problema mientras no se encuentren las fuentes de energía suficientes y/o alternas, limpias y seguras para abastecer el apetito de la humanidad, el uso racional de la energía contribuirá notablemente a mantener y controlar los niveles de contaminación.

El proceso de administración de los recursos energéticos, consiste en aplicar distintas técnicas, con las cuales se alcanza una mayor eficiencia en el uso de los energéticos utilizados, para esto se debe de seguir una serie de etapas que son:

**Diagnósticos:** esto es el análisis histórico del consumo de energía relacionado con los niveles de producción y el análisis de las condiciones de diseño y operación de los equipos y las características de los procesos y tecnologías utilizadas. En base a este estudio, se fijarán los objetivos y metas a seguir en función de los potenciales de ahorro descubiertos y se investigan las diferentes alternativas para alcanzar lo antes fijado.

**Planeación:** aquí se busca la alternativa concreta de acción a seguir, la política en materia de energía, el tiempo de ejecución, el logro de los objetivos y por último se determina el monto de recursos financieros para la aplicación del programa.

**Organización:** aquí se define la estructura que permita instrumentar el programa establecido, es necesario especifica las funciones, jerarquías y obligaciones de todos los grupos e individuos que participen en el programa de Ahorro de Energía.

**Integración:** consiste en elegir a la persona o grupos de personas que van a ser los responsables de la ejecución del programa; así como la adquisición de los instrumentos y el equipo necesario para realizar el diagnóstico y monitorear los avances del programa.

**Dirección:** se elige a la autoridad necesaria, al responsable del programa y especificar su tramo de control y coordinación. Así mismo, se deben definir los mecanismos de supervisión y los medios de comunicación como componentes esenciales del programa.

**Control:** en esta etapa se establecen normas de consumo de energía, de mantenimiento y de operación, así como, el método que permita dar seguimiento permanente al programa. Todo esto mediante monitoreo a través de un sistema integral de información energética y listas de verificación de la aplicación.

### 3.2 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

El diagnóstico energético es parte fundamental de cualquier programa de administración de energía para cualquier usuario que desee controlar sus costos de energía. La energía es un rubro importante tanto como para el usuario como para el país, ya que en base a esto se puede tener:

- Un aumento de utilidades
- Precios más competitivos
- Mayor disponibilidad de recursos
- Ahorro y conservación de energía

Para comprender la importancia del diagnóstico como paso previo al programa de ahorro, y los tipos de diagnósticos, según sus objetivos y profundidad, el diagnóstico energético se conceptualiza como la aplicación de un conjunto de técnicas que nos permite determinar el grado de eficiencia con la que es utilizada la energía, consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, para así establecer el punto de partida para la implementación y control de un programa de ahorro de energía, ya que se determina como y donde es utilizada la misma, además de especificar cuanta es desperdiciada.

Para determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía se requieren realizar diversas actividades: medir los distintos flujos eléctricos; registrar las condiciones de operación de equipos, instalaciones y procesos; efectuar balances de materia y energía; calcular los índices energéticos o de productividad, los energéticos reales, y actualizar los de diseño; determinar los potenciales de ahorro y darle seguimiento al programa mediante la aplicación de listas de verificación de oportunidades de conservación de ahorro de energía.

Los objetivos de un Diagnóstico Energético son:

- Establecer metas de ahorro de energía.
- Diseñar y aplicar un sistema integral para el ahorro de energía.
- Evaluar técnica y económicamente las medidas de conservación y ahorro de energía.
- Disminuir el consumo de energía sin afectar con esto los niveles de producción.

Las actividades a realizar para determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía son diversas, entre las actividades encontramos:

- Medir los distintos flujos energéticos.
- Registrar las distintas condiciones de operación de equipos, instalaciones y procesos.
- Efectuar balances de materia y energía.
- Calcular índices energéticos o de productividad, energéticos reales, y actualizar los de diseño.
- Determinar potenciales de ahorro.
- Darle seguimiento al programa mediante la aplicación de listas de verificación de oportunidades de conservación de ahorro de energía.

La inclusión de los balances tiene como finalidad contar con un método sistemático y oportuno de detección de pérdidas y desperdicios de energía.

Los aspectos a diagnosticar para el implemento de un sistema integral de ahorro de energía son los siguientes:

**Operativo:**

- Inventario de equipo consumidor de energía.
- Inventario de equipo generador de energía.
- Detección y evaluación de fugas y desperdicios.
- Análisis del tipo y frecuencia del mantenimiento.
- Inventario de instrumentación.
- Posibilidades de sustitución de equipo.

**Económico:**

- Precios actuales y posibles cambios de los precios de los energéticos.
- Costos energéticos y su impacto en costos totales.
- Estimación económica de desperdicios.
- Consumos específicos de energía.
- Evaluación económica de medidas de ahorro.
- Relación beneficio-coste de medidas para eliminar desperdicios.
- Precio de energía eléctrica comprada (\$/KW.).

**Energéticos:**

- Formas y fuentes de energía utilizada.
- Posibilidad de sustitución de energéticos.
- Volúmenes consumidos.
- Estructura del consumo.
- Balance en materia y energía.
- Diagramas unifilares.
- Posibilidad de autogeneración y cogeneración.

**Político:**

- Tarifas eléctricas.
- Políticas de precios de los energéticos.
- Políticas de comercialización de energéticos.
- Programa nacional de energéticos.
- Legislación en materia de autogeneración y cogeneración.

Para la realización del diagnóstico energético la empresa que lo haga tiene que ser provista de datos e información requerida como lo es:

**Operativa:**

- Manuales de operación de equipos consumidores de energía.
- Manuales de operación de equipo generadores de energía.
- Reportes periódicos de mantenimiento.

**Energética:**

- Balance de materia y energía.
- Serie de consumo histórico de energía.
- Información sobre las fuentes alternas de energía.
- Planos unifilares actualizados.

**Economía:**

- Serie estadística de producción.
- Serie estadística de ventas.
- Costos de producción.

**Política:**

- Catalogo de precios de productos elaborados por PEMEX.
- Tarifas eléctricas.
- Normalización del consumo de electricidad.
- Relación reservas-producción de hidrocarburos.
- Disposición de fuentes energéticas no provenientes de los hidrocarburos.

Para comprender la importancia del diagnóstico como paso previo al programa de ahorro, y los tipos de diagnósticos, según sus objetivos y profundidad, el diagnóstico energético se conceptualiza como previamente se ha mencionado como la aplicación de un conjunto de técnicas que permite determinar el



grado de eficiencia con que es utilizada la energía. Consiste en el estudio de todas las formas y fuentes de energía, por medio de un análisis crítico en una instalación consumidora de energía, con el objetivo de establecer el punto de partida para la implementación y control de un programa de ahorro de energía, ya que se determina dónde y cómo es utilizada ésta, además de especificar cuánta es desperdiciada.

En el diagnóstico energético existen grados, y dependiendo de éste, repercutirá en tiempo, costo y medidas a considerar. A continuación se hace mención a los tres grados del diagnóstico energético y en que consiste cada uno de ellos:

### **Diagnósticos de primer grado.**

Mediante los diagnósticos energéticos de primer grado se detectan medidas de ahorro cuya aplicación es inmediata y con inversiones bajas. Consiste en la inspección visual del estado de conservación de las instalaciones, en el análisis de los registros de operación y mantenimiento que rutinariamente se llevan en cada instalación; así como el análisis de la información estadística de consumos y pagos por concepto de energía eléctrica y combustibles.

Al realizar este tipo de diagnóstico se deben considerar los detalles detectados visualmente y que se consideren como desperdicios de energía, tales como falta de aislamiento o purgas; así mismo, se deben detectar y cuantificar los costos y posibles ahorros, producto de la administración de la demanda de energía eléctrica y corrección del factor de potencia.

Hay que señalar que en este tipo de estudios no se pretende realizar un análisis exhaustivo del uso de la energía, si no precisar medidas de aplicación inmediata.

### **Diagnósticos de segundo grado.**

Comprende la evaluación de la eficiencia energética en áreas y equipos intensivos en su uso, como son los motores eléctricos y los equipos que estos accionan, así como aquellos para compresión y bombeo, los que integran el área de servicios auxiliares entre otros.

La aplicación de este tipo de diagnóstico requiere de un análisis detallado de los registros históricos de las condiciones de operación de los equipos, éste incluye información sobre volúmenes

manejados o procesados y consumos específicos de energía. La información obtenida directamente en campo se compara con la de diseño, con la intención de obtener las variaciones de eficiencia.

El primer paso es detectar las desviaciones entre las condiciones de operación actuales con las del diseño, para así, jerarquizar el orden de análisis de cada tipo de proceso. El paso siguiente es conocer el flujo de energía, servicio o producto perdido por el equipo que se está estudiando.

Los balances de materia y energía, los planos unifilares actualizados, así como la disposición de los índices energéticos reales y de diseño complementan el diagnóstico, ya que permiten establecer claramente la distribución de la energía en las instalaciones, las pérdidas y desperdicios globales y así determinar la eficiencia con la que es utilizada la energía. Finalmente se deben de evaluar, desde el punto de vista económico las medidas que se recomiendan que se lleven a cabo, tomando en consideración que se deben pagar con los ahorros que se obtengan y en ningún momento deben poner en riesgo la liquidez de la empresa.

### **Diagnósticos de tercer grado.**

Consiste en un análisis exhaustivo de las condiciones de operación y las bases de diseño de una instalación, mediante el uso de equipo especializado de medición y de control. Deben realizarse con la participación de especialistas de cada área, auxiliados por el personal de ingeniería.

En estos diagnósticos, es común el uso de técnicas de simulación de procesos, con la finalidad de estudiar diferentes esquemas de interrelación de equipos y procesos. Además de que facilitan la evaluación de los efectos de cambio de condiciones de operación y modificaciones del consumo específico de energía, por lo que se requiere información completa de los flujos de materiales, combustibles, energía eléctrica, así como de las variables de presión, temperatura y las propiedades de las distintas sustancias o corrientes.

Las recomendaciones derivadas de estos diagnósticos generalmente son de aplicación a mediano plazo e implican modificaciones a los equipos, procesos e incluso de las tecnologías utilizadas. Además, debido a que las inversiones de estos diagnósticos son de carácter elevado, la evaluación económica debe ser rigurosa, en cuanto al período de recuperación de la inversión.

### 3.3 MÉTODO PARA LA APLICACIÓN DEL DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Son todos los pasos a seguir para llegar a la meta planeada, la cual es diseñar un sistema de ahorro de energía, para esto se necesita realizar un análisis de datos, los cuales se obtendrán por medio de una auditoria energética que es, el análisis progresivo que revela donde y como es utilizada la energía, también nos sirve para identificar las oportunidades de ahorro. La auditoria energética es parte fundamental de cualquier programa de administración de energía en cualquier empresa que desee controlar sus gastos de energía.

Sus objetivos son:

- Establecer el grado de eficiencia del uso de la energía, en este caso particular, la energía eléctrica.
- Identificar los potenciales de ahorro de energía.
- Contar con una base de datos de los equipos consumidores de energía.

Hay que tener en consideración que nivel de diagnóstico hay que realizar teniendo en consideración que el grado de profundidad está establecido de acuerdo a:

- Las actividades que se desarrollan principalmente en el lugar.
- Porcentaje de análisis de la energía utilizada.
- Certidumbre de los resultados.
- Tiempo de ejecución.

#### **Nivel 1**

Actividades principales

- Censo de los principales equipos.
- Análisis de la factura eléctrica (12 meses).
- Medición eléctrica de la acometida.

Porcentaje de energía analizada: 60-70%  
Certidumbre en los resultados: 80-90%  
Tiempo estimado de ejecución: 2 semanas.

## **Nivel 2**

Actividades principales:

- Censo de equipos.
- Análisis de la factura eléctrica (12 meses).
- Medición eléctrica en varios puntos.

Porcentaje de energía analizada: 70-85%  
Certidumbre en los resultados: 90-95%  
Tiempo estimado de ejecución: 2 meses.

## **Nivel 3**

Actividades principales:

- Censo de equipos.
- Análisis de la factura eléctrica (2 o más años).
- Medición eléctrica y térmica en varios puntos.

Porcentaje de energía analizada: 90-95%  
Certidumbre en los resultados: mayor al 95%  
Tiempo estimado de ejecución: 2 semestres.

Algunos de los instrumentos para la realización de las mediciones para el caso de los diagnósticos de segundo y tercer grado son los que a continuación se enlistan:

- Medidores de velocidad de flujo en tuberías y equipo.

- Radiómetros ópticos
- Pirómetro digital
- Kilowatthorímetro
- Factoripotenciómetro
- Analizadores de redes
- Tacómetros
- Medidores de velocidad de aire
- Termómetros
- Luxómetros

En cuanto a las áreas de aplicación se puede mencionar siguientes:

### **Área industrial**

- Calderas y hornos
- Motores y bombas
- Sistemas eléctricos
- Turbinas
- Compresores
- Sistemas de refrigeración

### **Área de oficinas**

- Iluminación
- Acondicionamiento ambiental
- Aparatos eléctricos

Con el nivel de diagnóstico adecuado, se procede a inspeccionar el lugar, hay que recorrer las instalaciones (con el encargado de mantenimiento de preferencia), ubicar donde se localizan las acometidas, ubicar subestaciones, distancia de la subestación a los transformadores, conocer la potencia de los transformadores y calibre de los cables; también se tiene que identificar el uso final de la energía, así como, los potenciales ahorradores de energía eléctrica.

Las etapas de la auditoria consisten en el análisis previo que incluyen: los datos generales de la empresa, consumo de energía y producción e investigaciones acerca de empresas del mismo ramo. En cuanto al trabajo de campo se tienen que realizar actividades como: entrevistas con directivos, recorrido por la planta, mediciones eléctricas y térmicas. Algo que es fundamental en el trabajo de campo es siempre identificar las oportunidades de ahorro de energía que se encuentren en la planta. El trabajo de gabinete es en el que hay que realizar el análisis de todos los datos recabados en las anteriores etapas, éste incluye: análisis de la información, documentación técnica, evaluación de medidas y la elaboración del reporte.

Por último se entrega el estudio ya sea parcial o final, en donde se indican problemas y sus causantes, los potenciales ahorradores y las posibles soluciones. Nunca hay que olvidar que si dentro de las soluciones se contempla un cambio de equipo, esta inversión debe de ser recuperada gracias al ahorro de energía que se gana debido al análisis realizado previamente a la instalación.

### 3.4 NORMATIVIDAD DE APOYO

Hay que mencionar que aunque no existe una normatividad aplicable en cuanto a la instalación eléctrica para una casa habitación, se cuenta con la NOM-001-SEDE-2005, "Instalaciones Eléctricas de Utilización", donde se puede localizar cual es la forma para ejecutar una instalación eléctrica eficiente además de segura. Actualmente está por aprobarse la nueva norma en cuanto a instalaciones eléctricas se refiere donde indica que de localizarse la casa habitación dentro de un conjunto habitacional, ya aplicaria para esta misma implicando que tiene que cumplir con lo que disponga la nueva norma "Instalaciones Eléctricas de Utilización".

Dentro de los puntos de apoyo para ejecutar una instalación eléctrica eficiente podemos enunciar los artículos que a continuación se mencionan:

**110-2. Aprobación.** En las instalaciones eléctricas a que se refiere la presente NOM deben utilizarse materiales y equipos (productos) que cumplan con las normas oficiales mexicanas y a falta de éstas, con las normas mexicanas. Los materiales y equipos (productos) de las instalaciones eléctricas sujetos al cumplimiento señalado en el párrafo anterior, deben contar con un certificado expedido por un organismo de certificación de productos, acreditado y aprobado.

**110-5. Conductores.** Los conductores normalmente utilizados para transportar corriente eléctrica deben ser de cobre, a no ser que en esta norma, se indique otra cosa. Si no se especifica el material del conductor, el material y las secciones transversales que se indiquen en esta norma se deben aplicar como si fueran conductores de cobre. Si se utilizan otros materiales, los tamaños nominales deben cambiarse conforme a su equivalente en cobre.

**110-12. Ejecución mecánica de los trabajos.** Los equipos eléctricos se deben instalar de manera limpia y profesional. Las partes internas de los equipos eléctricos, como las barras colectoras, terminales de cables, aisladores y otras superficies, no deben estar dañadas o contaminadas por materias extrañas como restos de pintura, yeso, limpiadores, abrasivos o corrosivos. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente al buen funcionamiento o a la resistencia mecánica de los equipos, como piezas rotas, dobladas, cortadas, deterioradas por la corrosión o por acción química o sobrecalentamiento o contaminadas por materiales extraños como pintura, yeso, limpiadores o abrasivos.

#### **210-4. Circuitos derivados multiconductores**

b) Unidades de vivienda. En las unidades de vivienda, un circuito derivado multiconductor que suministre electricidad a más de un dispositivo o equipo en la misma salida, debe estar provisto con un medio para desconectar simultáneamente todos los conductores de fase en el panel de alumbrado y control de donde se origine el circuito derivado.

**210-8. Protección de las personas mediante interruptores de circuito por falla a tierra. Unidades de vivienda.**

a) Todos los receptáculos en instalaciones monofásicas de 120 V o 127 V de 15 A y 20 A, instalados en los lugares que se especifican a continuación, deben ofrecer protección a las personas mediante interruptor de circuito por falla a tierra:

- Los de los cuartos de baño.
- Los de las cocheras y partes de las construcciones sin terminar situadas a nivel del piso, que se utilicen como zonas de almacén o de trabajo.

**210-20. Protección contra sobrecorriente.** Los conductores de circuitos derivados y equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con una capacidad nominal apropiada. El no proteger a los conductores por medio de un dispositivo como interruptores termomagnéticos o interruptores de seguridad (los de cuchillas), provoca daño al conductor mismo, además de daños al equipo que esté conectado a este circuito.

#### **210-52. Salidas para receptáculos en unidades de vivienda**

a) Disposiciones generales. En los cuartos de cocina, sala de estar, salas, salones, bibliotecas, cuartos de estudio, solarios, comedor, recibidor, vestíbulo, biblioteca, terraza, recámara, cuarto de recreo o cualquier habitación similar en unidades de vivienda, deben instalarse salidas para receptáculos de acuerdo con las disposiciones siguientes:

- Separación. Las salidas para receptáculos deben instalarse de modo que ningún punto a largo de la línea del suelo de cualquier espacio de la pared esté a más de 1,8 m, medidos horizontalmente, de una salida para receptáculo en ese espacio.

b) Aparatos electrodomésticos pequeños. En la cocina, desayunador, comedor o áreas similares en las unidades de vivienda, se requiere de dos o más circuitos derivados de 20 A para aparatos electrodomésticos pequeños. Para la salida del receptáculo para conexión del refrigerador se permite instalar un circuito derivado independiente de 15 A o más.

c) Receptáculos en mostradores y barras de cocina. En las cocinas, cuartos de baño y comedores de las unidades de vivienda los receptáculos no deben instalarse con la cara hacia arriba en las superficies de trabajo. Los receptáculos no deben instalarse a más de 50 cm arriba del mostrador.

d) Sótanos y cocheras. En las viviendas unifamiliares, en cada sótano y en cada cochera adyacentes y en las cocheras independientes con instalación eléctrica, debe instalarse por lo menos una salida para receptáculo, además de la prevista para el equipo de lavandería.

e) Áreas de lavandería. En unidades de vivienda debe instalarse por lo menos un receptáculo para el área de lavandería. Se debe instalar un circuito derivado independiente de 20 A para salida del receptáculo para conexión en el área de lavandería.



**210-70. Salidas requeridas para alumbrado.**

a) Unidad o unidades de vivienda. En las unidades de vivienda, las salidas de alumbrado deben instalarse de acuerdo con (1), (2) y (3).

(1) Cuartos habitables. Debe instalarse al menos una salida para alumbrado controlada por un interruptor de pared, en todos los cuartos habitables y cuartos de baño.

(2) Lugares adicionales. Se debe instalar al menos una salida de alumbrado controlada con un interruptor de pared, en pasillos, escaleras, garajes adjuntos y garajes separados con energía eléctrica y debe suministrarse iluminación en la parte exterior de entradas y salidas exteriores con acceso a nivel de piso. Una puerta vehicular en un garaje no debe considerarse como una entrada o salida exterior. Cuando estén instaladas salidas de alumbrado en escaleras interiores, debe haber un interruptor de pared al nivel de cada piso, para controlar la salida de alumbrado, en donde la diferencia entre los niveles de los pisos es de seis escalones o más.

(3) Espacios para almacenamiento o equipo. En sótanos, espacios bajo el piso y cuartos de máquinas, debe instalarse al menos una salida para alumbrado con un interruptor o controlado por un interruptor de pared, en donde estos espacios se utilizan para almacenamiento o para contener equipo que requiere reparación. Al menos un punto de control debe estar en el punto habitual de entrada a estos espacios. La salida de alumbrado debe instalarse cerca del equipo que necesita reparación.

**250-1. Alcance.** Este Artículo cubre los requisitos generales para la unión y la puesta a tierra en las instalaciones eléctricas y, además, los requisitos específicos. Para evitar riesgo de choque eléctrico al tener contacto con una parte metálica no conductora de energía eléctrica se requiere de tener un sistema de tierras mediante una varilla localizada cerca de la acometida del lugar y derivar un conductor desnudo para conectar todas la partes metálicas no conductoras.

**250-26. Puesta a tierra de los sistemas de CA derivados separadamente.** Un sistema de CA derivado separadamente que requiera ser puesto a tierra, debe hacerse según se especifica a continuación:

**Puente de unión.** Se debe instalar un puente de unión, de tamaño nominal para los conductores de fase derivados para conectar los conductores de puesta a tierra del equipo del sistema derivado al

conductor puesto a tierra. Esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado separadamente, desde su fuente hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente del sistema o en la fuente del sistema derivado separadamente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente.

**Artículo 300-4. Protección contra daños físicos.** En donde los conductores estén expuestos a daños físicos, deben protegerse adecuadamente. El dejar conductores electricos sin ser canalizados puede provocar el daño de los mismos debilitando su aislamiento, además de ser causante de un fallo en el suministro de energía eléctrica para la casa habitación.

**310-15. Capacidad de conducción de corriente para tensiones nominales de 0 a 2 000 V.** Se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores.

Para la selección del tamaño nominal de los conductores, la capacidad de conducción de corriente de los conductores de 0 a 2 000 V nominales se debe considerar como máximo los valores especificados en las Tablas de capacidad de conducción de corriente de la NOM. Las Tablas son tablas de aplicación para usarse en la selección del tamaño nominal de los conductores con las cargas calculadas.

Es importante hacer una buena selección de conductores para evitar problemas de calentamientos en los conductores que provoca que se reduzca la vida útil de los mismos.

### 3.5 TARIFAS APLICABLES

#### Servicio doméstico

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, para cargas que no sean consideradas de alto consumo de acuerdo a lo establecido en la Tarifa DAC, conectadas individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda. Estos servicios sólo se suministrarán en baja tensión y no deberá aplicárseles ninguna otra tarifa de uso general

**2.1 Cargos por energía consumida, para consumos hasta 140 (ciento cuarenta) kilowatts-hora.**

Consumo básico \$ **0.691** por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora.

Consumo intermedio \$ **0.825** por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores

**2.2** Cargos por energía consumida, para consumos mayores a 140 (ciento cuarenta) kilowatts-hora.

Consumo básico \$ **0.691** por cada uno de los primeros 75 (setenta y cinco) kilowatts-hora.

Consumo intermedio \$ **1.145** por cada uno de los siguientes 50 (cincuenta) kilowatts-hora.

Consumo excedente \$ **2.425** por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

### **Servicio doméstico de alto consumo**

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía para uso exclusivamente doméstico, individualmente a cada residencia, apartamento, apartamento en condominio o vivienda, considerada de alto consumo o que por las características del servicio así se requiera.

Se considera que un servicio es de alto consumo cuando registra un consumo mensual promedio superior al límite de alto consumo definido para su localidad.

El consumo mensual promedio registrado por el usuario se determinará con el promedio móvil del consumo durante los últimos 12 meses.

El límite de alto consumo se define para cada localidad en función de la tarifa en la que se encuentre clasificada (Tabla 3.1):

Tarifa 1:	250 (doscientos cincuenta)	kWh/mes.
Tarifa 1A:	300 (trescientos)	kWh/mes.
Tarifa 1B:	400 (cuatrocientos)	kWh/mes.
Tarifa 1C:	850 (ochocientos cincuenta)	kWh/mes.
Tarifa 1D:	1,000 (un mil)	kWh/mes.
Tarifa 1E:	2,000 (dos mil)	kWh/mes.
Tarifa 1F:	2,500 (dos mil quinientos)	kWh/mes.

Tabla 3.1. Tabla de límites de consumo

### **Causas comunes por cobros excesivos en la facturación de la energía eléctrica.**

Dentro de las causas frecuentes por las que se presentan cobros excesivos de energía eléctrica se encuentran:

- El usuario no está consciente de su consumo. No se da cuenta de cuántos dispositivos eléctricos mantiene encendidos por el mismo, por otros, y por cuánto tiempo. En consecuencia el usuario cree que debe pagar menos, por lo que para salir de dudas, debe cuantificar y verificar sus consumos.
- La medición eléctrica no se realizó correctamente por los siguientes motivos:
  - a. No se hizo una medición real sino una mera estimación cuantitativa.
  - b. No leyeron bien el medidor.
  - c. Hubo “error de dedo” en el proceso de transcripción de la facturación.
  - d. El medidor no funciona correctamente.
- El usuario tiene dispositivos eléctricos muy ineficientes, abundancia de alumbrado incandescente, o equipos viejos de bajo rendimiento que funcionan por períodos largos (aires acondicionados de ventana, refrigeradores, bombas, etc.). En este caso, al usuario probablemente se le esté cobrando lo justo.
- Aunque el usuario tiene relativamente pocos dispositivos eléctricos conectados, estos son de gran potencia y los usa por tiempos prolongados (planchas, hornos eléctricos o de microondas, secadoras de pelo, congeladores, etc.). En este caso probablemente también se le esté cobrando lo correcto.
- El usuario ignora que alguien está “colgado” de su instalación eléctrica en algún punto de la red de manera visible o no visible.
- Existen importantes pérdidas de energía eléctrica en algún o varios puntos de la red del usuario, debidas a: falsos contactos, caídas de voltaje, desbalanceo de fases, instalaciones eléctricas mal diseñadas, mal instaladas, sin mantenimiento o muy deterioradas. Hay que tener en cuenta que en climas de costa, la humedad produce a muy corto plazo: oxidación, corrosión y falsos contactos en los componentes eléctricos, que causan sobrecalentamientos, fugas de corriente y consumos elevados de electricidad.
- Los grandes usuarios, a los que además de que se les cobra por consumo, también se les cobra por su demanda eléctrica (potencia periódica), muchas veces demandan demasiada

energía durante períodos cortos, pero en tarifa horaria cara, tal que por estos cortos intervalos de gran demanda, se hacen acreedores a cargos muy elevados.

- Los grandes usuarios con equipos eléctricos o electromecánicos ineficientes (bajo factor de potencia), son “castigados” por dicha ineficiencia al consumir la electricidad con un cargo adicional.
- A menudo, los medianos y grandes usuarios no están enterados, o no cuentan con la infraestructura de transformación eléctrica más adecuada en sus inmuebles, que les permita contratar tarifas eléctricas más baratas.
- Los medianos y grandes usuarios a veces desconocen que el pagar menos por su consumo y demanda eléctrica, no necesariamente implica gastar menos electricidad, sino hasta ¡gastar más! en períodos horarios de electricidad barata. En consecuencia, en este caso, el ahorrar dinero no implica necesariamente ahorrar electricidad, sino al revés debido a la estructuración de las tarifas eléctricas horarias.

#### 4.1 CASA HABITACIÓN

Una casa habitación, del latín casa (cabaña), es una edificación construida para ser habitada por una persona o un grupo de personas; suele organizarse en una o varias plantas, no superando tres normalmente y puede disponer de estancias en sótano o semisótano, y la zona superior puede contar con una terraza; si se cuenta con el terreno suficiente puede contar también con patio y jardín.

La casa habitación es el lugar en el que históricamente se desarrollaron las actividades y relaciones específicas de la vida familiar, desde el nacimiento a la muerte de muchos de sus componentes, con las variantes típicas de cada época, cultura, clase social o clima. También sirve de refugio contra la lluvia, el viento y demás agentes meteorológicos, protege de posibles intrusos, humanos o animales, y es el lugar donde almacenar los enseres y propiedades de quienes en ella habitan.

La distribución varía de una casa (Figura 4.1) a otra, pero se componen básicamente de:

- Cuarto de estar, dormitorios (en número variable), cuarto de baño (completo y medio) y cocina.
- Comedor, escaleras, pasillos y garaje.
- Estudio, sala de juegos, sala de fumadores, baño sauna, etc.

Además de zona auxiliares como:

- Lavadero o zotehuela, tendedero, etc.
- Bodega.
- Patio ajardinado



Figura 4.1. Casa habitacional.

#### 4.2 ELEMENTOS DE UNA CASA HABITACIÓN

Desde el punto de vista constructivo las casas habitación están constituidas por los siguientes elementos:

## **Estructura**

La estructura es el armazón que sirve para sustentar las diversas partes de un edificio, y lo fija al terreno. Puede tener elementos de adobe, ladrillo, piedra, madera, acero, hormigón armado, etc. Está compuesta de:

- Cimientos
- También puede contar con muros de carga, pilares, vigas y losas

## **Cerramientos exteriores**

Los Cerramientos Exteriores se encargan de proteger el espacio habitable de agentes externos tales como el agua, el calor, el frío o el sonido. Pueden ser fijos, como por ejemplo las paredes y los techos, o móviles como puertas y ventanas.

## **Compartimentaciones interiores**

Son los elementos que dividen el espacio interior de la casa, conformando las habitaciones. Generalmente suelen ser: tabiques de ladrillo, placas de yeso, madera, tablaroca, etc.

## **Revestimientos**

Son los recubrimientos que se hacen, tanto en suelos como en paredes y techos, compuestos por:

- Tendidos de yeso grueso, enlucidos con yeso fino, para posterior pintado, en paredes y techo y plafones.
- Recubrimiento de materiales cerámicos, pétreos, de madera, plásticos, etc.
- Alicatados con azulejos, material cerámico empleado para revestir paredes en las "zonas húmedas".

## **Instalaciones**

Son el conjunto de redes, y sus mecanismos, que sirven a una casa distribuyendo agua, energía eléctrica o gas, que permiten climatizar el interior, comunicarnos, hacer más saludable la vivienda, etc. Las instalaciones y redes más comunes son: de agua potable, electricidad, calefacción, saneamiento y

telecomunicaciones, complementadas a veces con gas natural, energía solar, climatización, sistemas contra incendios, sistemas de seguridad, etc.

### **Carpintería y vidrio**

Se denomina carpintería al conjunto de elementos de madera que los carpinteros montan en una casa, tales como puertas, ventanas, barandales, closets etc. Las ventanas además de permitir contemplar el exterior, también son necesarias para conseguir un buen soleamiento y ventilación, ayudando a optimizar la humedad del ambiente interior.

### **Pintura y acabados**

La pintura y acabados son la última fase en el proceso constructivo de una casa. Suele intervenir un decorador en las edificaciones de más alta calidad, o por interés de sus propietarios.

### **Urbanización**

Urbanización se denomina al conjunto de elementos que se montan e instalan alrededor de la casa, como la pavimentación exterior, alumbrado externo, cercado, ajardinamiento, red de riego, etc.

## **4.3 PLANOS DE LA CASA HABITACIÓN**

El análisis a realizar es para una casa habitación donde habita una familia integrada por: padre, madre y dos hijos, el empleo de la energía eléctrica es variado. La casa habitación cuenta con dos niveles: planta baja (Figura 4.2) y primer piso (Figura 4.3), por lo que se hace necesario apoyarse con los planos arquitectónicos de ambos niveles.

Para el diagnóstico de la casa habitación se requiere de los planos arquitectónicos de la misma, con la ayuda de estos se realizará el levantamiento eléctrico localizando contactos y alumbrado; para el caso del alumbrado también se identifica su interruptor de encendido y apagado correspondiente.



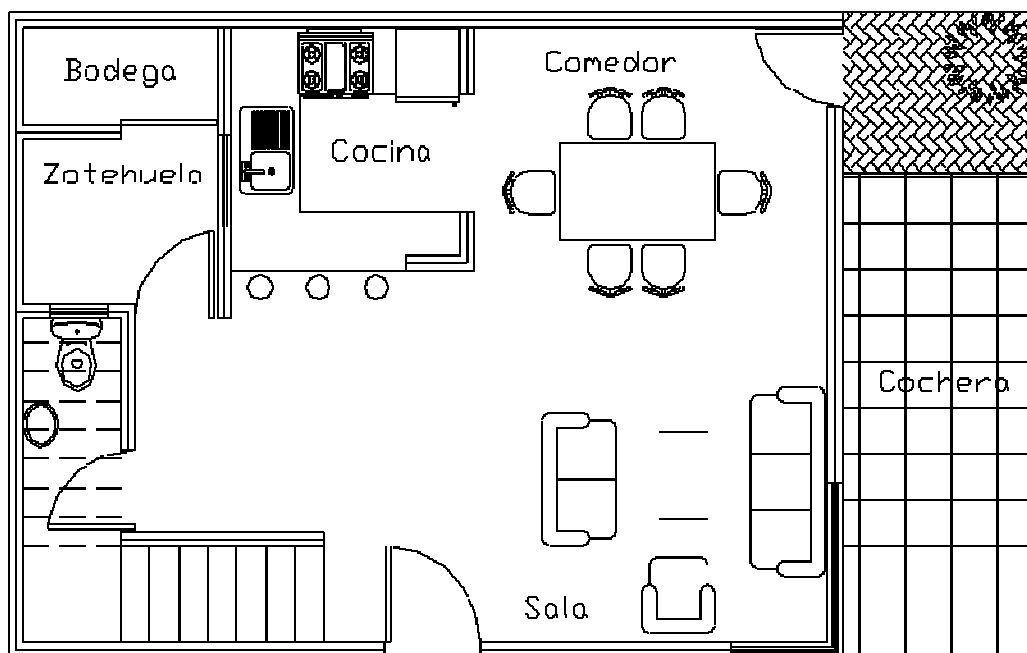


Figura 4.2. Plano arquitectónico de la planta baja de la casa habitación.

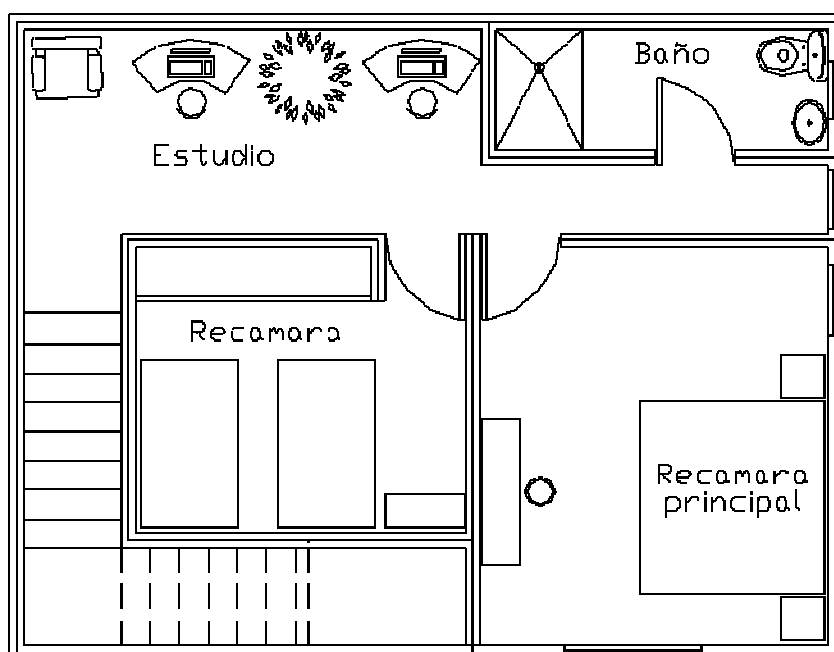


Figura 4.3. Plano arquitectónico del primer piso de la casa habitación.

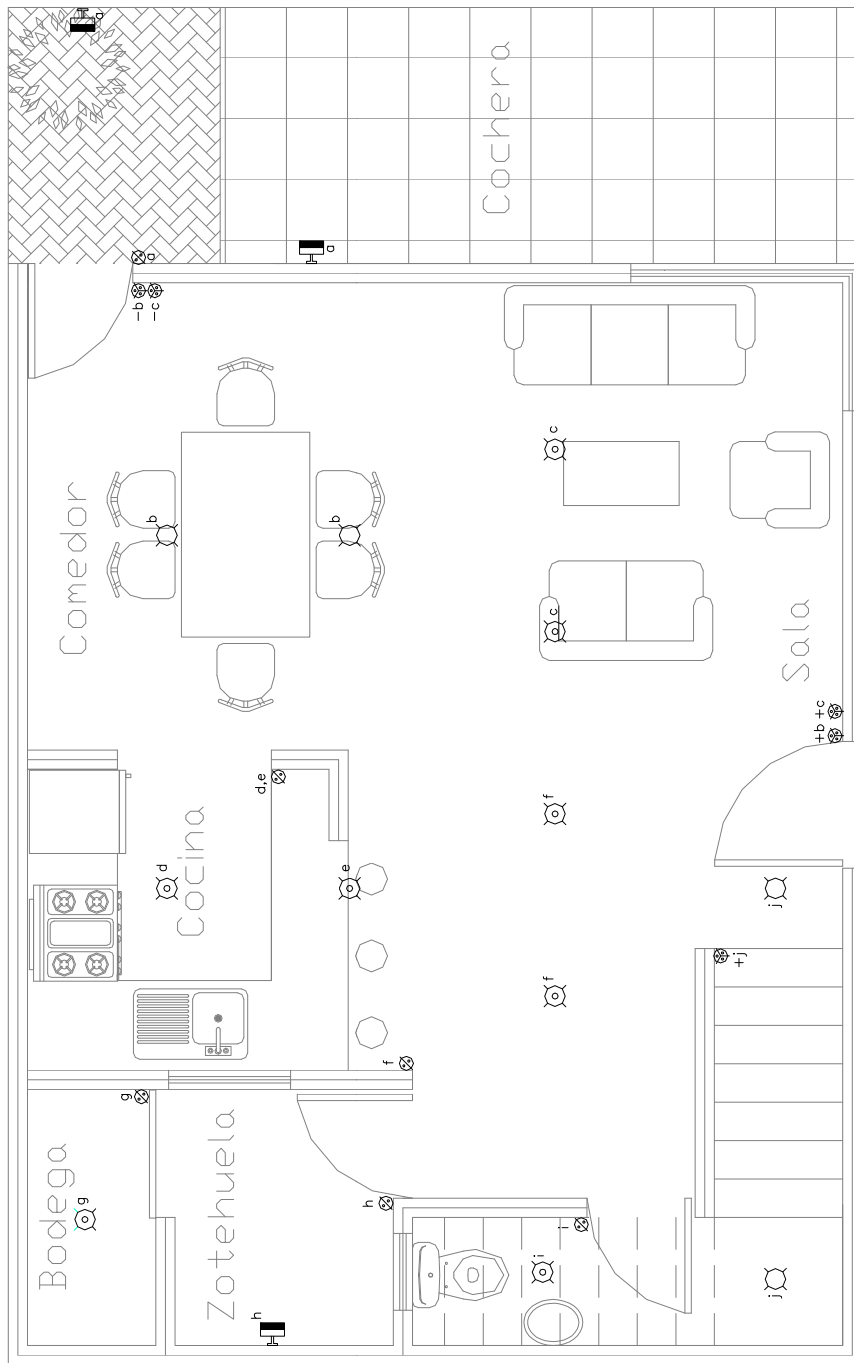
#### 4.4 LEVANTAMIENTO ELÉCTRICO Y RELACIÓN DE CARGAS

En la casa habitación se localizan lámparas del tipo incandescente de 100 y 60 Watts, además de luminarios del tipo arbotates con lámparas fluorescentes de 15 Watts, para el caso de la cochera y la zotehuela, los interruptores de encendido y apagado para el control de las luminarias son sencillos y del tipo tres vías o de escalera. En cuanto a los contactos o receptáculos se tiene del tipo monofásicos polarizados localizados en las diversas partes que componen la casa habitación como sala, recámara, cocina, etc. Para el caso de fuerza sólo se tiene un bomba de agua de ½HP en la zotehuela.

Con los datos del levantamiento se procede a realizar los planos donde se indica en que parte se localizan las lámparas (Figura 4.4), contactos y fuerza (Figura 4.5) en la planta baja y en el primer nivel (Figura 4.6 y 4.7); también se realiza un relación de cargas en forma de lista donde se encuentran: cantidad, equipo, Watts unitarios, Watts totales, factor de demanda, carga instalada y demanda de energía eléctrica. (Tabla 4.1)

Relación de cargas casa habitación				
No.	Equipo	Cantidad	Watts unitarios	Watts totales
1	Foco Incandescente 100 Watts	7	100	700
2	Foco Incandescente 60 Watts	12	60	720
3	Fluorescente 15 watts	3	15	45
4	Contactos monofásicos	10	180	1800
5	Bomba 1/2 HP	1	462	462
<b>Carga instalada en Watts</b>				<b>3,727</b>
<b>Factor de demanda</b>				<b>0.6</b>
<b>Carga demandada en Watts</b>				<b>2,236</b>

Tabla 4.1. Relación de cargas de la casa habitación.



**SIMBOLOGÍA**






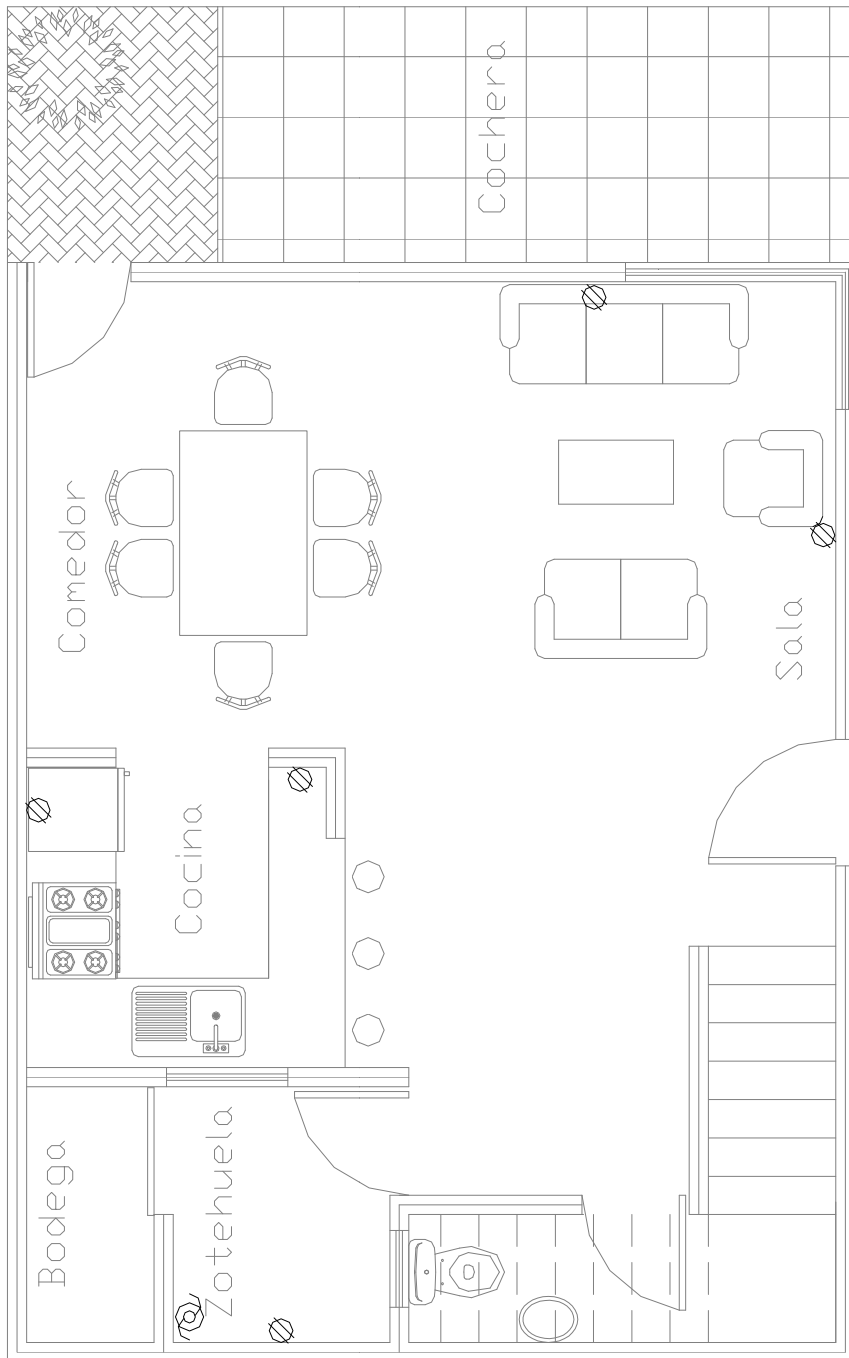
-  Lámpara incandescente, 100 W, 127 V, 60Hz.
-  Lámpara incandescente, 60 W, 127 V, 60Hz.
-  Luminario tipo arbotante para una lámpara fluorescente compacta, 15 W, 127 V, 60Hz.
-  Apagador sencillo en muro, h=1.20m s.n.p.t.
-  Apagador de tres vías o de escalera en muro, h=1.20m s.n.p.t.

Figura 4.4. Levantamiento de alumbrado en planta baja.



**SIMBOLOGÍA**


 Contacto duplex monofásico polarizado en muro, 127V, 60Hz.  
 h=0.30m s.n.p.t.


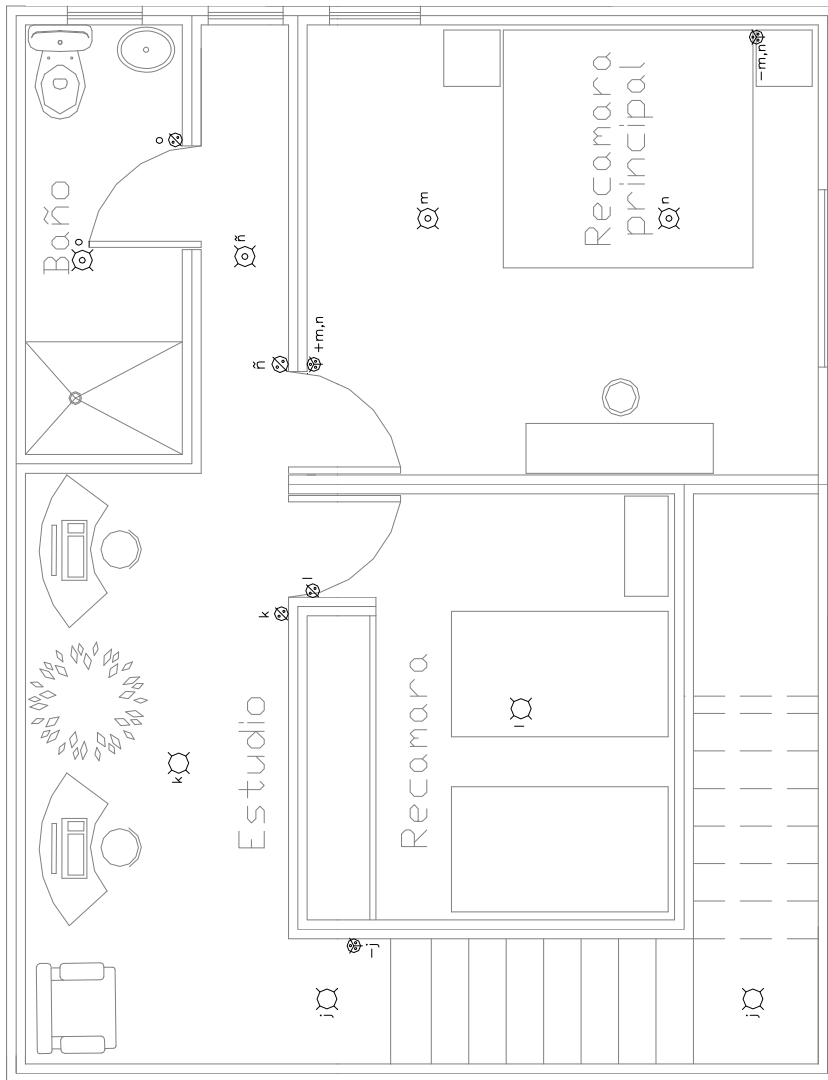

 Bomba para agua de 1/2HP, 127V, 60Hz.

Figura 4.5. Levantamiento de fuerza y contactos en plantan baja.



**SIMBOLOGÍA**





-  Lámpara incandescente, 100 W, 127 V, 60Hz.
-  Lámpara incandescente, 60 W, 127 V, 60Hz.
-  Apagador sencillo en muro, h=1.20m s.n.p.t.
-  Apagador de tres vías o de escalera en muro, h=1.20m s.n.p.t.

Figura 4.6. Levantamiento de alumbrado en primer piso.

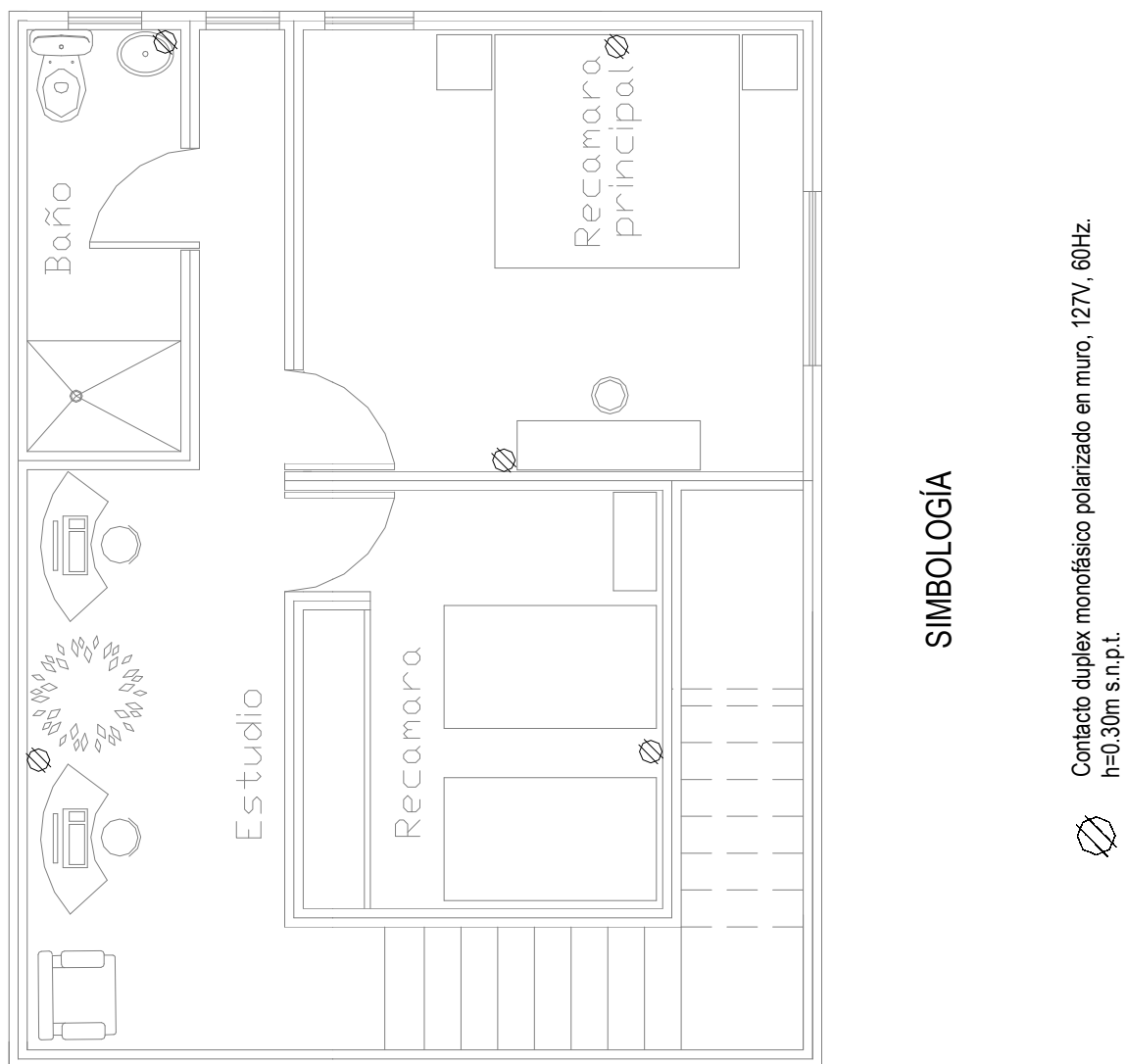


Figura 4.7. Levantamiento de contactos en primer piso.

#### 4.5 RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN

La recopilación de información comprende desde conocer los datos generales como son domicilio completo, tipo de servicio eléctrico, ya sea tarifa eléctrica 1, 2 o 3 y la facturación, los cuales son proporcionados por quién solicita el diagnóstico energético, hasta el censo de cargas para identificar qué es lo que está instalado en la superficie construida, la cual también se debe de conocer mediante los planos proporcionados por el solicitante o mediante un levantamiento arquitectónico.

En el censo de cargas los aspectos más importantes a considerar son los siguientes: superficie construida, equipos conectados y horas de servicio. En el levantamiento eléctrico debemos localizar contactos, alumbrado y forma de control, localización del interruptor principal y su capacidad, localizar desde la acometida hasta uso final y con esto proceder a la elaboración del diagrama unifilar (Figura 4.8)

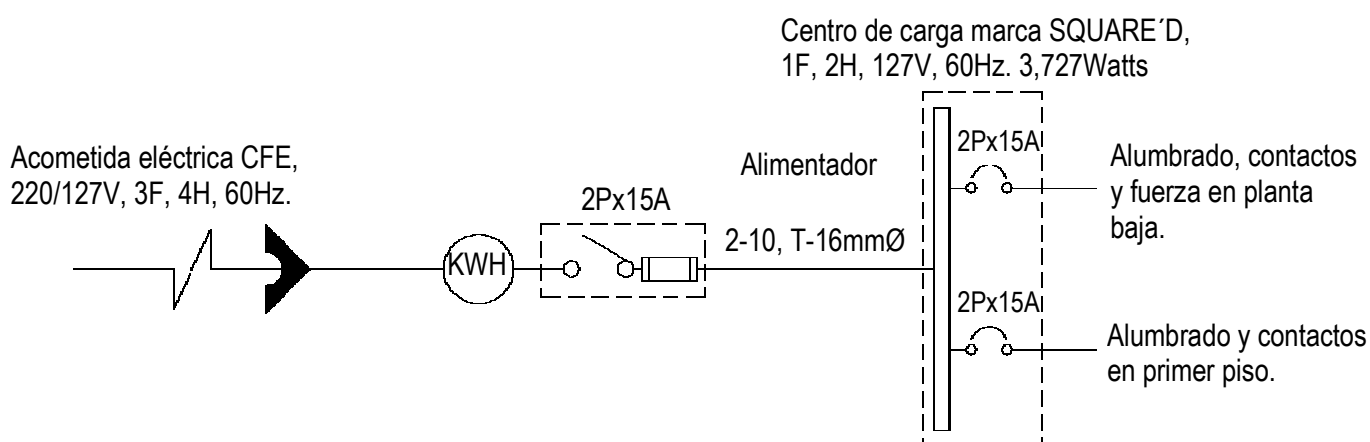


Figura 4.8. Diagrama unifilar de la casa habitación.

El censo de cargas se realiza por medio de la observación de la placa de datos nominales del equipo ya sea:

- Televisor.
- Equipo modular (estéreo).
- Computadora.
- Refrigerador.
- Plancha.
- Etc.

En la placa de datos se observan los Watts que consumen, frecuencia, voltaje y corriente, aunque lo fundamental a revisar es la potencia de consumo que es el dato que interesa, el voltaje y corriente son auxiliares en caso de que la placa no contenga los datos de potencia de consumo y obtenerla teóricamente mediante la fórmula:

$$V = I \times R \times F. P.$$

En cuanto al alumbrado hay que observar de que tipo son y considerar su potencia mediante el dato que aparece rotulado en el mismo, para este caso son focos incandescentes de 60 y 100 watts respectivamente.

Los datos recabados se vacian en un formato que contiene parámetros, como: watts instalados los cuales se obtienen al multiplicar la cantidad de elementos por la cantidad de watts que consume el mismo elemento, además de tener un aproximado de horas de uso. (Tabla 4.2)

Iluminación			
Watts inst.	FC	Watts deman.	KWh/mes
240	0.25	60.00	10.91

Tabla 4.2. Dato de equipo de iluminación localizado en la casa habitación.

La tabla corresponde al alumbrado de la casa habitación que es del tipo incandescente, para una lámpara de 100 Watts. Se encuentran datos como Watts demandados que son el resultado de la multiplicación del consumo de la lámpara por un factor de carga, además contiene los KiloWatts hora al mes que son resultado de los Watts demandados multiplicados por siete que son los días a la semana y por 4.33 que el equivalente a las semana de un mes; por último se divide entre mil para que el valor obtenido sea en KiloWatts.



Lo anterior se repite para los caso de los conceptos de entretenimiento como son televisor, equipo modular, consola de video juegos etc. (Tabla 4.3). Electrodomésticos: refrigerador, plancha, horno eléctrico, lavadora, etc. (Tabla 4.4). Equipo de cómputo monitor, impresora (Tabla 4.5) y motores eléctricos correspondiente a un motor de ½ HP (Tabla 4.6). Una vez más se obtienen watts instalados, horas de uso, Watts demandados y KiloWatts hora al mes.

Entretenimiento			
Watts inst.	FC	Watts deman.	KWh/mes
242	0.18	43.69	5.74

Tabla 4.3. Dato de equipos de entretenimiento localizado en la casa habitación.

Electrodomésticos			
Watts inst.	FC	Watts deman.	KWh/mes
4700	0.1125	528.75	43.27

Tabla 4.4. Dato de equipo de electrodoméstico localizado en la casa habitación.

Computo			
Watts inst.	FC	Watts deman.	KWh/mes
420	0.17	70.00	8.49

Tabla 4.5. Dato de equipo de cómputo localizado en la casa habitación.

Motores			
Watts inst.	FC	Watts deman.	KWh/mes
462	0.15	69.30	7.56

Tabla 4.6. Dato de equipo de motores localizado en la casa habitación.

Con los resultados obtenido en cada área se realiza una suma total de cada uno de los parámetros antes mencionados con la intención de crear un resumen el cual contenga el total de los Watts instalados, Watts demandados y KiloWatts hora al mes. (Tabla 4.7)

	Watts inst.	Watts dem.	kWh/mes	% demanda	% consumo
<b>Iluminación</b>	1,345.00	328.1250	65.83	27.74%	37.87%
<b>Electrodomésticos</b>	7,200.00	707.9167	54.51	59.85%	31.36%
<b>Entretenimiento</b>	1046.00	70.0000	37.44	5.92%	21.54%
<b>Cómputo</b>	420.00	69.3000	8.49	5.86%	4.88%
<b>Motores</b>	462.00	7.5617	7.5617	0.64%	4.35%
<b>TOTAL</b>	<b>10,473.00</b>	<b>1,182.90</b>	<b>173.83</b>	<b>100.00%</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 4.7. Resumen de los conceptos analizados.

Donde:

**Watts instalados:** representan los KW Instalados totales en cada categoría, se obtienen de la sumatoria de los valores obtenidos en la columna de “Watts instalados” de cada categoría respectivamente. **10,473.00 Watts.**

**Watts demandados:** representan los KW demandados totales en cada categoría, se obtienen de la sumatoria de los valores obtenidos en la columna de “Watts demandados” de cada categoría respectivamente. **1,182.90 Watts.**

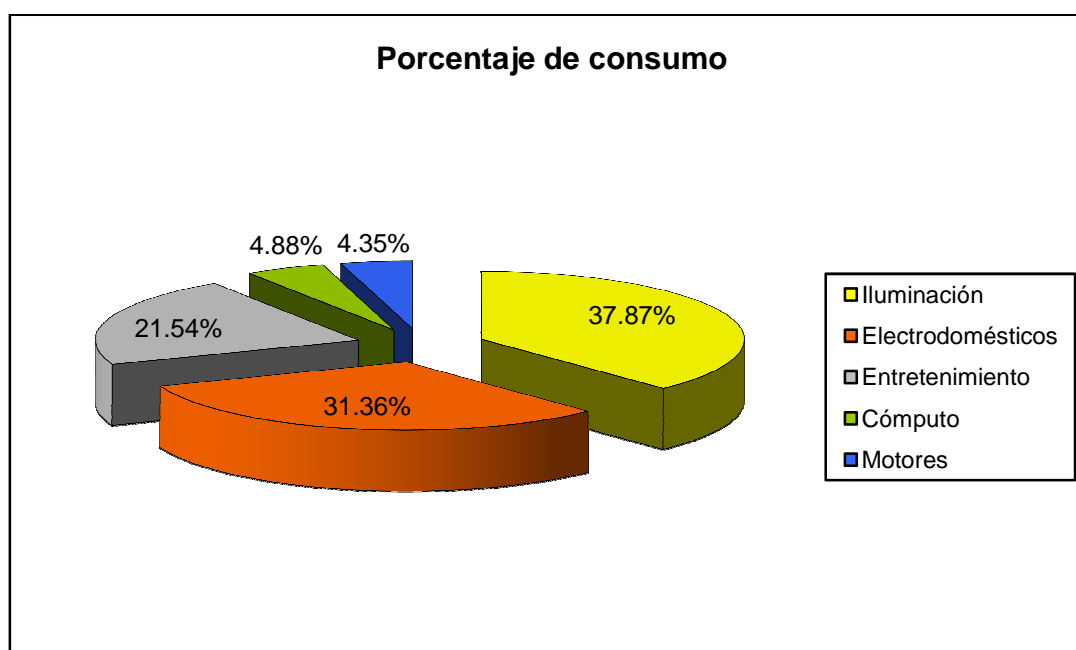
**KWh/mes:** representan los KW demandados al mes totales por cada categoría, se obtienen de la sumatoria de los valores obtenidos en la columna de “KWh/mes” de cada categoría respectivamente. **173.83 KWh/mes.**

**Porcentaje de demanda:** es el porcentaje de Demanda de cada categoría del total consumido por todo el conjunto. (Tabla 4.8)

	% demanda
Iluminación	27.74%
Electrodomésticos	59.85%
Entretenimiento	5.92%
Cómputo	5.86%
Motores	0.64%
<b>TOTAL</b>	<b>100.00%</b>

Tabla 4.8. Porcentaje de demandas de los conceptos analizados.

**Porcentaje de consumo:** Es el porcentaje de Consumo de cada categoría del total consumido por todo el conjunto. (Gráfica 4.1).



Gráfica 4.1. Porcentaje de consumo de los conceptos analizados.

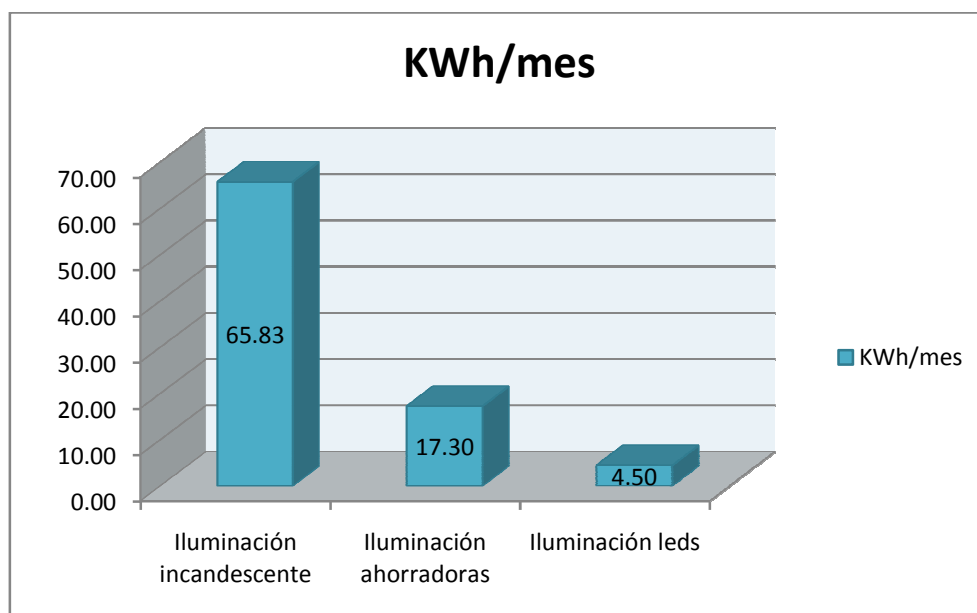
De lo anterior obtenemos que el mayor consumo de energía eléctrica es para el concepto de iluminación, con un 37.87% de la energía total consumida en la casa habitación. Por lo tanto para obtener

un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica y a su vez en la facturación que llega mes con mes hay que optimizar este apartado.

#### 4.6 PROPUESTAS PARA ILUMINACIÓN

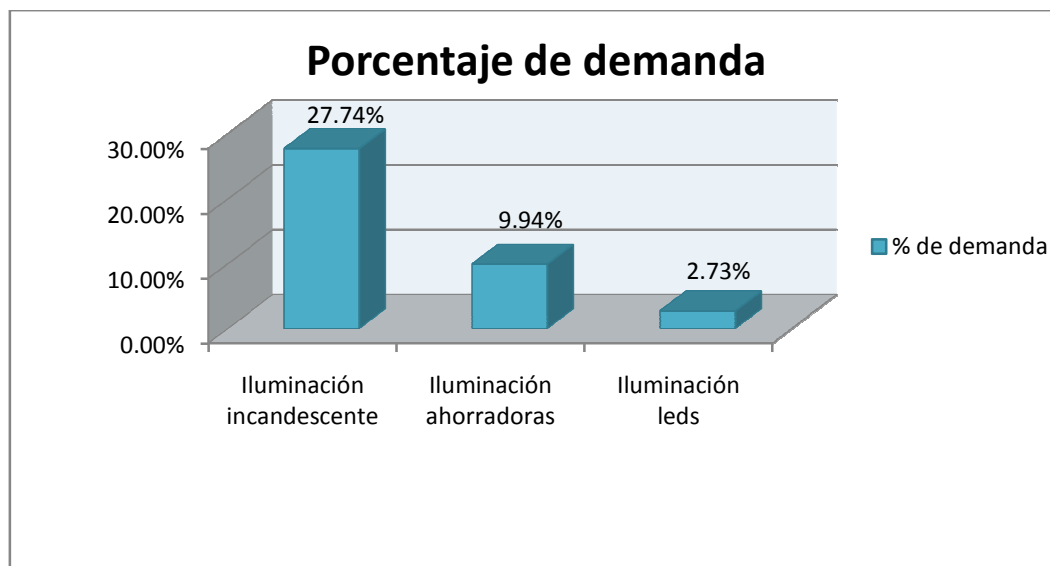
Para tener un consumo menor que va de la mano con una menor facturación eléctrica se tiene que considerar iluminación que consuma menos Watts pero que no afecte en la iluminación de la casa habitación. La primera propuesta son las lámparas ahorradoras que consumen menos energía eléctrica y no por eso se ve afectada la iluminación. La segunda consiste en una iluminación nueva a base de leds que consume todavía una menor cantidad de energía eléctrica proporcionando una iluminación como la de las lámpara ahorradoras.

Con la primera propuesta de iluminación se obtiene una reducción en el consumo total de alumbrado que es de 65.83 KWh/mes con lámparas incandescentes a 17.30 KWh/mes con lámparas ahorradoras, logrando una reducción del 73.7%. En cuanto a la propuesta a base de leds tenemos un consumo de 4.50 KWh/mes obteniendo con esto una reducción en el consumo de energía eléctrica para iluminación del 93.17% (Gráfica 4.2).

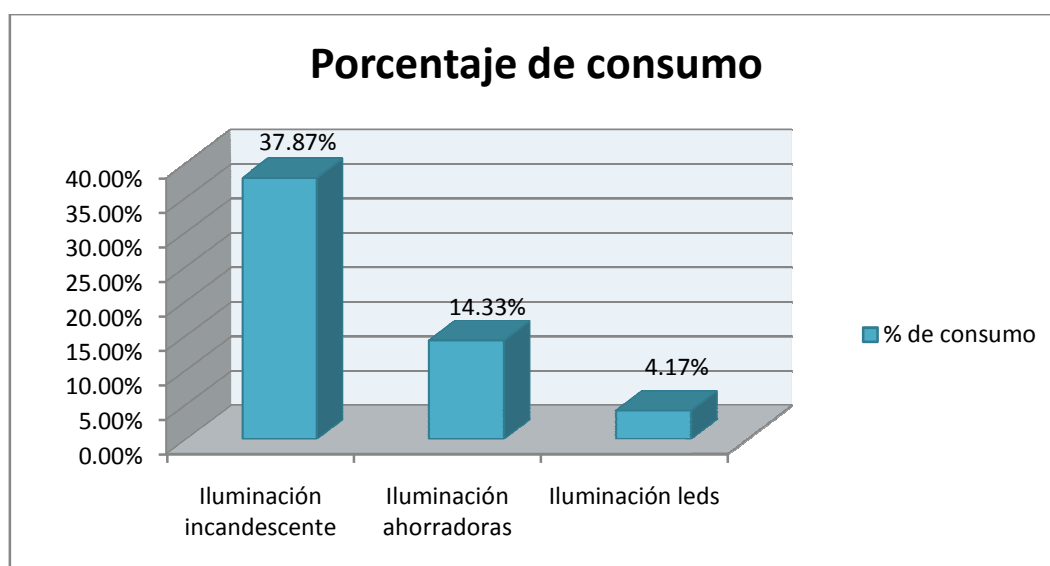


Gráfica 4.2. Consumo de KWh/mes de acuerdo al tipo de iluminación a utilizar.

En base a estos resultados se tiene que la demanda así como el consumo de energía eléctrica se ven reducidos. (Gráficas 4.3 y 4.4).

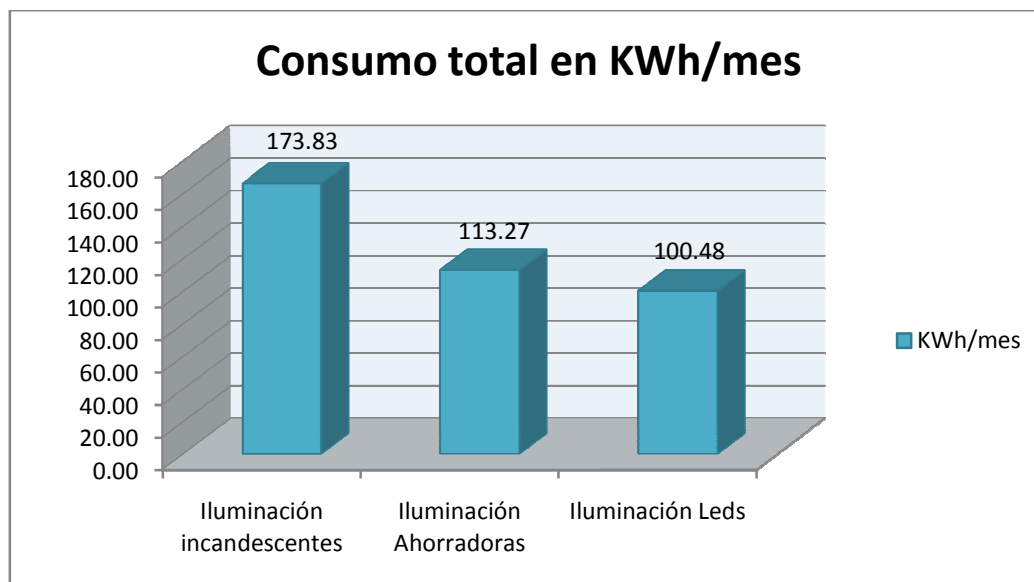


Gráfica 4.3. Porcentajes de demandas de energía eléctrica dependiendo del tipo de iluminación a utilizar.



Gráfica 4.4. Porcentajes de consumos de energía eléctrica dependiendo del tipo de iluminación a utilizar.

El consumo total de KiloWattshora al mes en la casa habitación se verá reducido dependiendo de la opción de lámparas a utilizar (Grafica 4.5).



Gráfica 4.5. Porcentajes de consumos de energía eléctrica dependiendo del tipo de iluminación a utilizar.

#### 4.7 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

El análisis de costo beneficio es una técnica importante para tomar la decisión más adecuada. Determina la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costes y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto. Este método se aplica a obras sociales, proyectos colectivos o individuales, empresas privadas, planes de negocios, etc., prestando atención a la importancia y cuantificación de sus consecuencias sociales y/o económicas.

El esquema general para el análisis de costo-beneficio se puede resumir de la siguiente manera:

- Identificar los beneficios para los usuarios.

- Cuantificar en la medida de lo posible, estos beneficios en términos monetarios, de manera que puedan compararse diferentes beneficios entre sí y contra los costos de obtenerlos.
- Cuantificar, en la medida de lo posible, estos costos en términos monetarios para permitir comparaciones.

El lograr un ahorro de energía eléctrica en la casa habitación en base a la iluminación que tras la recopilación de información, se encontró que es uno de los mayores consumidores de energía eléctrica en el hogar, tiene un costo que depende del tipo de lámpara a utilizar, ya sea ahorradora del tipo fluorescente o de las más recientes que basan su funcionamiento en leds.

Además para el costo hay que considerar los Watts de las lámparas debido a que entre más Watts sean, mayor será su costo, así como la inversión para lograr un ahorro considerable para la casa habitación.

#### Lámparas ahorradoras fluorescentes

Para el caso de las lámparas ahorradoras encontramos una gran variedad de marcas así como de potencias que van desde los 5 Watts hasta los 30 Watts.

En promedio tienen un costo que oscila entre los \$20.00 y hasta los \$80.00 pesos. Se consideran lámparas de 20 Watts con un costo promedio de \$50.00 pesos y lámparas de 15 Watts con un costo promedio de \$30.00 pesos, la cantidad de lámparas necesarias son 7 de 20 Watts y 12 de 15 Watts, de lo anterior se obtiene un costo de \$710.00 pesos (Tabla 4.9).

Cantidad	Watts	Costo unitario	Costo total
7	20	\$50.00	\$350.00
12	15	\$30.00	\$360.00
<b>Total</b>			<b>\$710.00</b>

Tabla 4.9. Tabla de costo de inversión para lámparas ahorradoras.

### Lámparas de leds

En este caso tenemos que las lámparas de leds es un producto que apenas se esta introduciendo al mercado mexicano, se tienen lámparas que consumen 1.2 Watts, 3 Watts, 4 Watts y hasta 7 Watts, proporcionando una iluminación como la de las lámparas ahorradoras. Las lámparas propuestas para la sustitución son de 3 Watts y 7 Watts. Para las lámparas de 3 Watts se tiene un costo promedio de \$120.00 pesos y las de 7 Watts con un costo de \$250.00 pesos, de lo anterior se obtiene un costo total de \$3,190.00 pesos (Tabla 4.10).

Cantidad	Watts	Costo unitario	Costo total
7	7	\$250.00	\$1,750.00
12	3	\$120.00	\$1,440.00
<b>Total</b>			<b>\$3,190.00</b>

Tabla 4.10. Tabla de costo de inversión para lámparas de leds.

### Tarifa de facturación eléctrica

Ya se conoce la inversión a realizar independientemente de la opción seleccionada ya sea por lámparas ahorradoras o por lámparas de leds.

Ahora para conocer el ahorro monetario que se tendrá en la facturación que llega mes con mes, se basa en el ahorro de energía eléctrica que se obtendra deribado de la sustitución de las lámparas.

Para conocer este dato debemos saber cuanto se paga en promedio al mes de energía eléctrica en el hogar, basandonos en el costo de KiloWatts de energía eléctrica que para el mes de Marzo que es de \$0.691 pesos para los primeros 140 KiloWatts y de \$0.825 pesos para los KiloWatts adicionales tenemos en base a lo obtenido en la tabla 4.7, tenemos que el costo por mes en promedio es de \$124.79 pesos. (Tabla 4.11). Hay que mencionar que el costo por KiloWatt varia su precio mes con mes.



Consumo	KWh	Precio	Total
Básico	140	\$0.691	\$96.740
Extras	34	\$0.825	\$28.050
Suma	174		
<b>Total</b>			<b>\$124.79</b>

Tabla 4.11. Tabla de costo de tarifa eléctrica por mes.

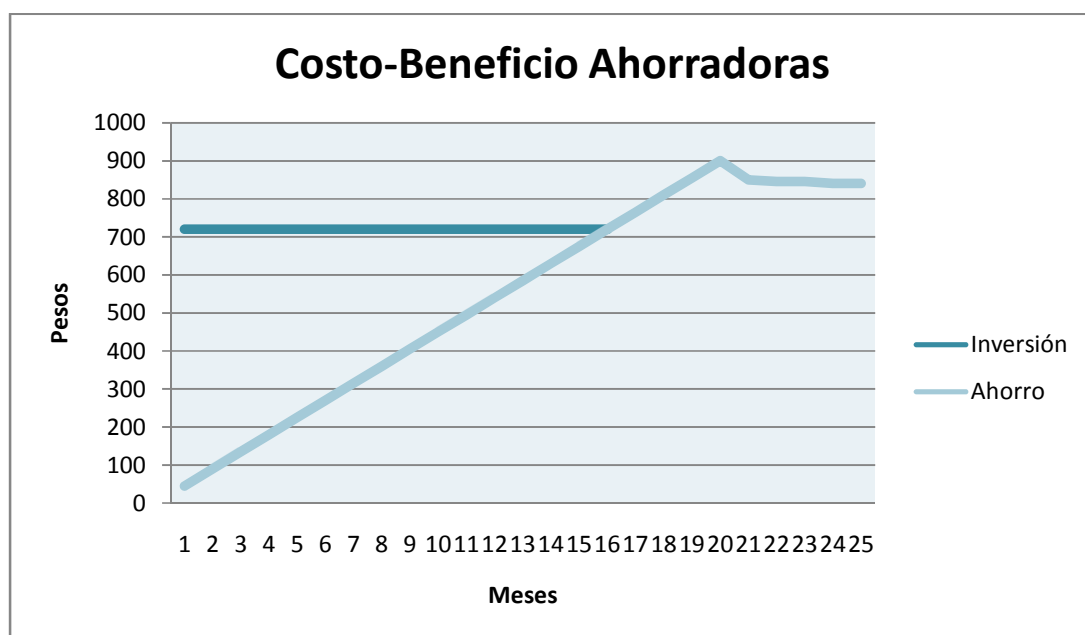
Ahora consideremos los KiloWatts que se consumirán mes con mes en promedio empleando las lámparas ahorradoras en base al costo de energía eléctrica para el mes de Marzo, obtenemos un costo de \$78.08 pesos (Tabla 4.12).

Consumo	KWh	Precio	Total
Básico	113	\$0.691	\$78.083
Extras		\$0.825	\$0.000
Suma			
<b>Total</b>			<b>\$78.08</b>

Tabla 4.12. Tabla de costo de tarifa eléctrica por mes con lámparas ahorradoras.

En promedio se tendrá un ahorro de \$45.00 pesos mensuales que a lo largo de un año sería un total de \$540.00 pesos de ahorro, logrando amortizar gran parte del costo invertido para la adquisición de las lámparas ahorradoras. Para cubrir por completo la inversión faltarían 4 meses.

La inversión para este caso que son las lámparas ahorradoras es de \$720.00 pesos, en base al ahorro de \$45.00 pesos en promedio al mes mencionado que se obtiene en la facturación eléctrica por usar este tipo de lámparas, el beneficio sería después de 1 año 4 meses (Gráfica 4.6), pero su vida útil en promedio se termina a los 2 años.



Gráfica 4.6. La recuperación de lo invertido se vería reflejada hasta los 16 meses de uso de estas.

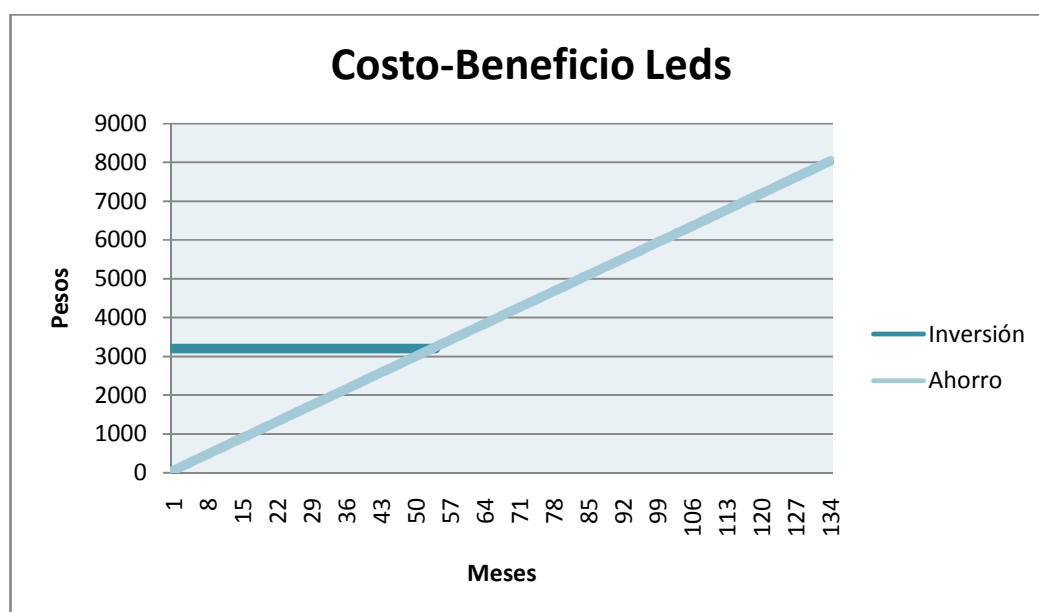
En el caso de las lámparas de leds tenemos que con el uso de éstas se tendría un consumo promedio de 100 KWh/mes y en base al costo de energía eléctrica para el mes de Marzo, obtenemos un costo de \$69.10 pesos (Tabla 4.13).

Consumo	KWh	Precio	Total
Básico	100	\$0.691	\$69.100
Extras		\$0.825	\$0.000
Suma			
<b>Total</b>			<b>\$69.10</b>

Tabla 4.13. Tabla de costo de tarifa eléctrica por mes con lámparas de leds.

El ahorro para este caso es de \$60.00 pesos en promedio, obteniendo así en un año un ahorro de \$720.00 pesos.

La sustitución a lámparas de leds tiene una inversión de \$3,200.00 pesos y el ahorro en la facturación eléctrica equivale a \$60,00 mensuales el beneficio se verá reflejado a los 4 años 4 meses (Gráfica 4.7). Para este caso tenemos que las lámparas de leds tiene una vida útil en promedio de 10 años o más.



Gráfica 4.7. La recuperación de lo invertido se verá reflejada hasta los 54 meses de uso de estas.

#### 4.8 PROPUESTA DE SALIDAS Y RECOMENDACIONES PARA LA CASA HABITACIÓN

En base al levantamiento realizado y al análisis hecho para conocer costos y tiempos para amortizar la inversión en la casa habitación, se propone que se emplee para la iluminación de la casa habitación lámparas del tipo leds, que aunque tiene un costo elevado tiene muchas ventajas dentro de las que se pueden mencionar:

- Bajo consumo de energía eléctrica
- Luz mas brillante
- Mayor vida útil.

En cuanto a las salidas para receptáculos también se propone aumentar la cantidad de estos ya que aunque no se usen, es más recomendable además de indicarlo la NOM-001-SEDE-2005, tener un mayor número de salidas y así evitar tener extensiones que pueden provocar accidentes al no tener cuidado y pisarlas o tropezar con ellas o conectar muchos aparatos eléctricos a una misma salida provocando con esto un disparo de las protecciones, además de debilitar el aislamiento de los conductores degradando así su vida útil.



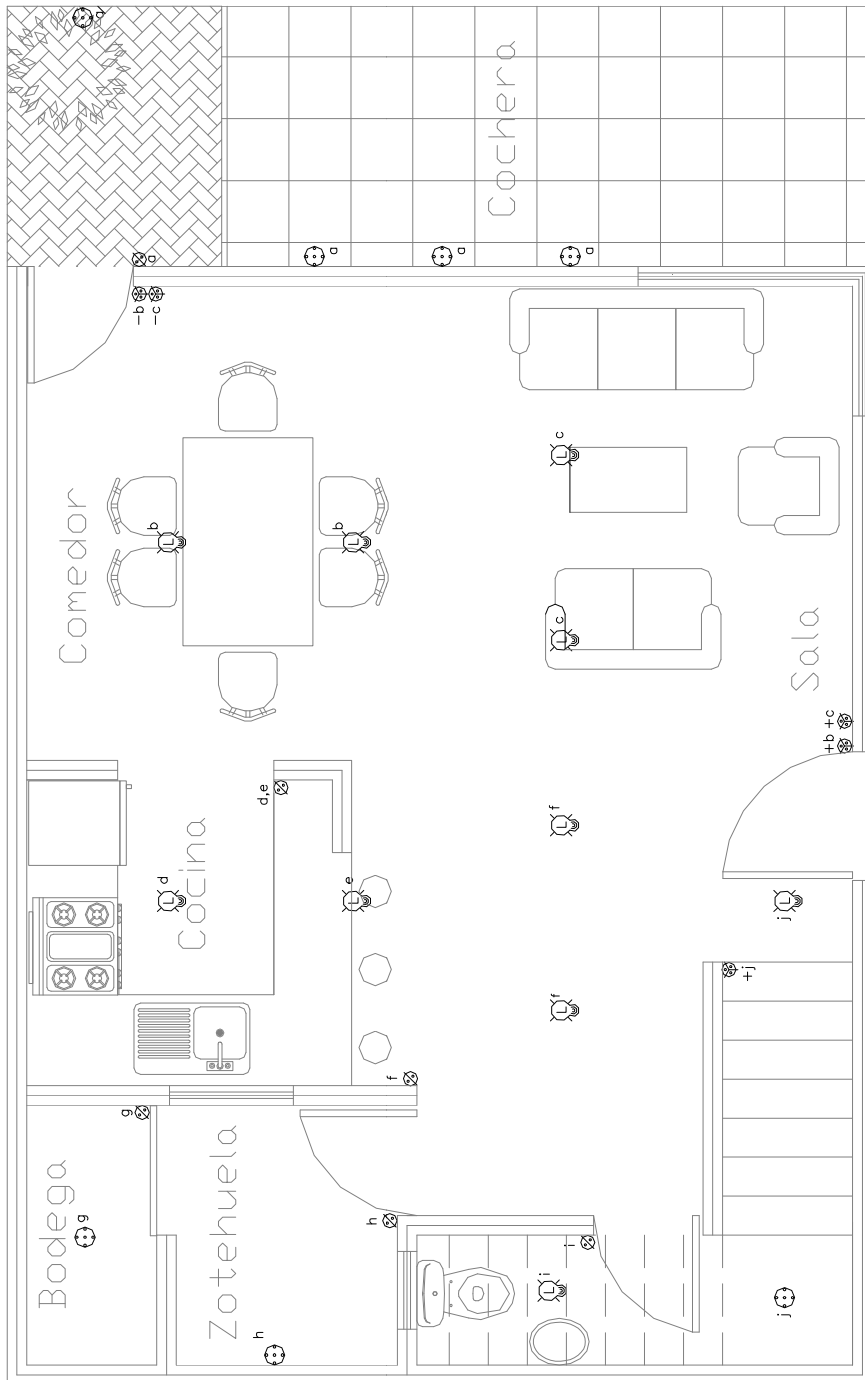
Además a lo antes mencionado también se recomienda emplear contactos con protección falla a tierra (Figura 4.9), en áreas húmedas para protección de los habitantes como también lo indica la normatividad vigente ya antes mencionada.

Figura 4.9. Receptáculo con protección de falla a tierra.

De lo antes mencionado, los planos con las propuestas indicadas de alumbrado (Figura 4.9) y contactos (Figura 4.10), para planta baja y alumbrado (Figura 4.11), y contactos (Figura 4.12) para el primer piso se muestran a continuación.

En cuanto a las recomendaciones se enuncian las siguientes dadas por La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y por Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE):

- Revisar que en la instalación eléctrica no existan puntos calientes o "fugas a tierra".
- No conectar varios aparatos en un mismo contacto.
- Sustituir focos incandescentes por lámparas ahorradoras
- Mantener siempre limpios los aparatos eléctricos, principalmente los de la cocina.
- Revisar cuidadosamente aquellos aparatos que al conectarse producen chispas o calientan el cable.
- Desconectar los aparatos que están en modo de espera "standby"



**SIMBOLOGÍA**





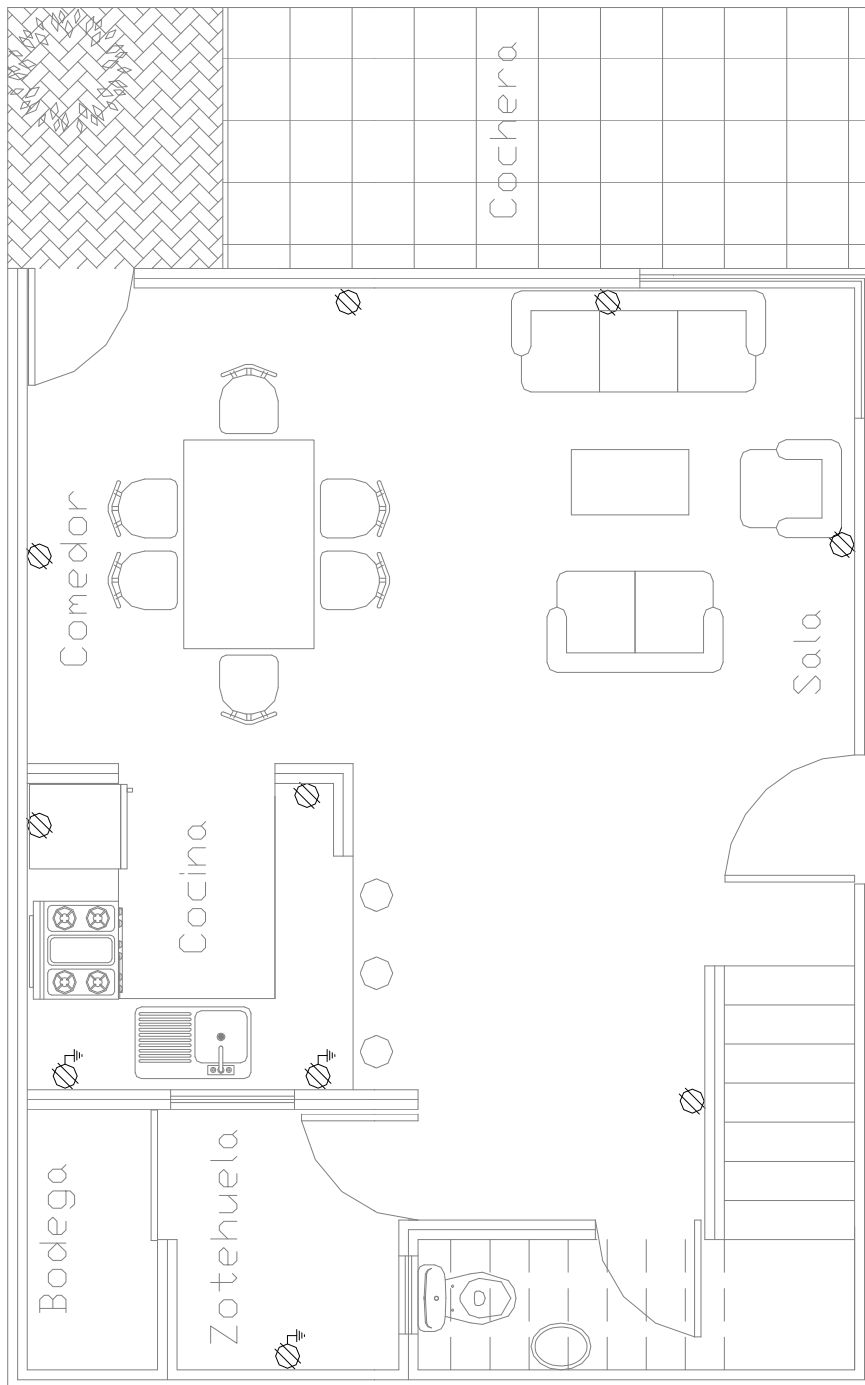
-  Lámpara de Leds, 7 W, 127 V, 60Hz.
-  Lámpara de Leds, 3 W, 127 V, 60Hz.
-  Apagador sencillo en muro, h=1.20m s.n.p.t.
-  Apagador de tres vias o de escalera en muro, h=1.20m s.n.p.t.

Figura 4.9. Propuesta para alumbrado en planta baja.

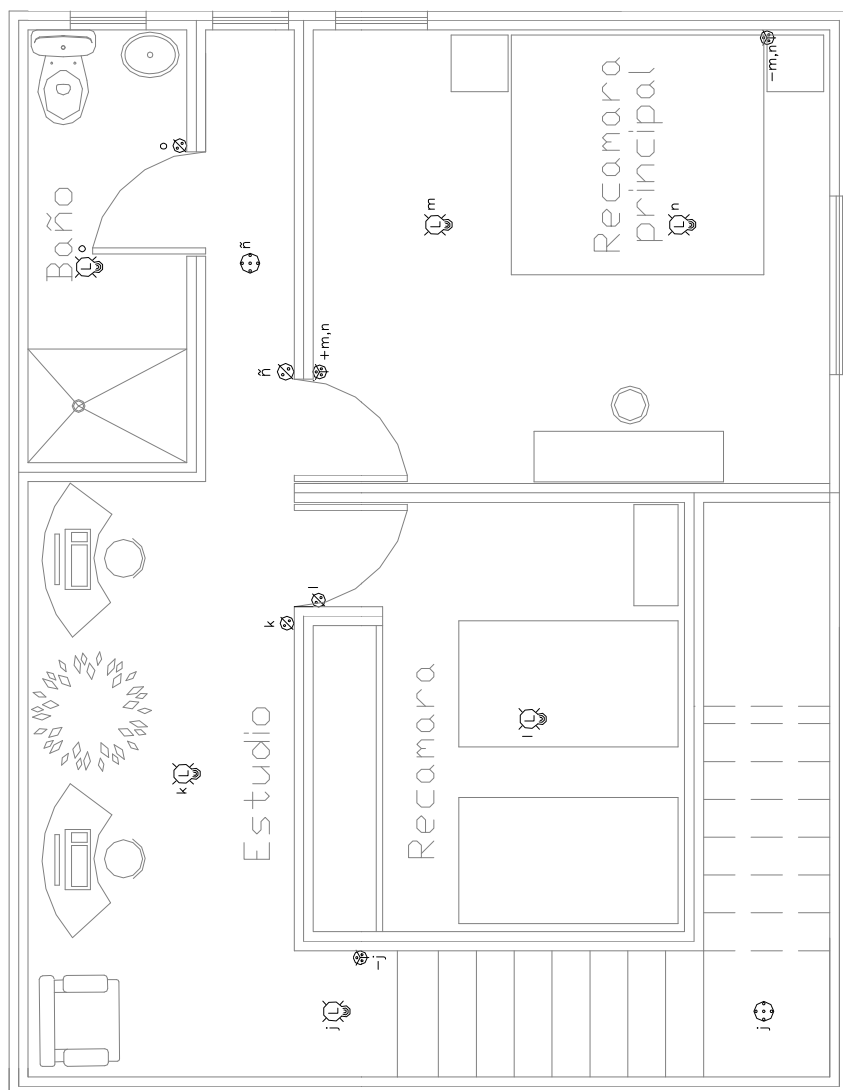


**SIMBOLOGÍA**


 Contacto duplex monofásico polarizado en muro, 127V, 60Hz.  
 h=0.30m s.n.p.t.


 Contacto duplex monofásico polarizado con interruptor de  
 protección de falla a tierra en muro, 127V, 60Hz. h=1.20m  
 s.n.p.t.

Figura 4.10. Propuesta para contactos en planta baja.



**SIMBOLOGÍA**





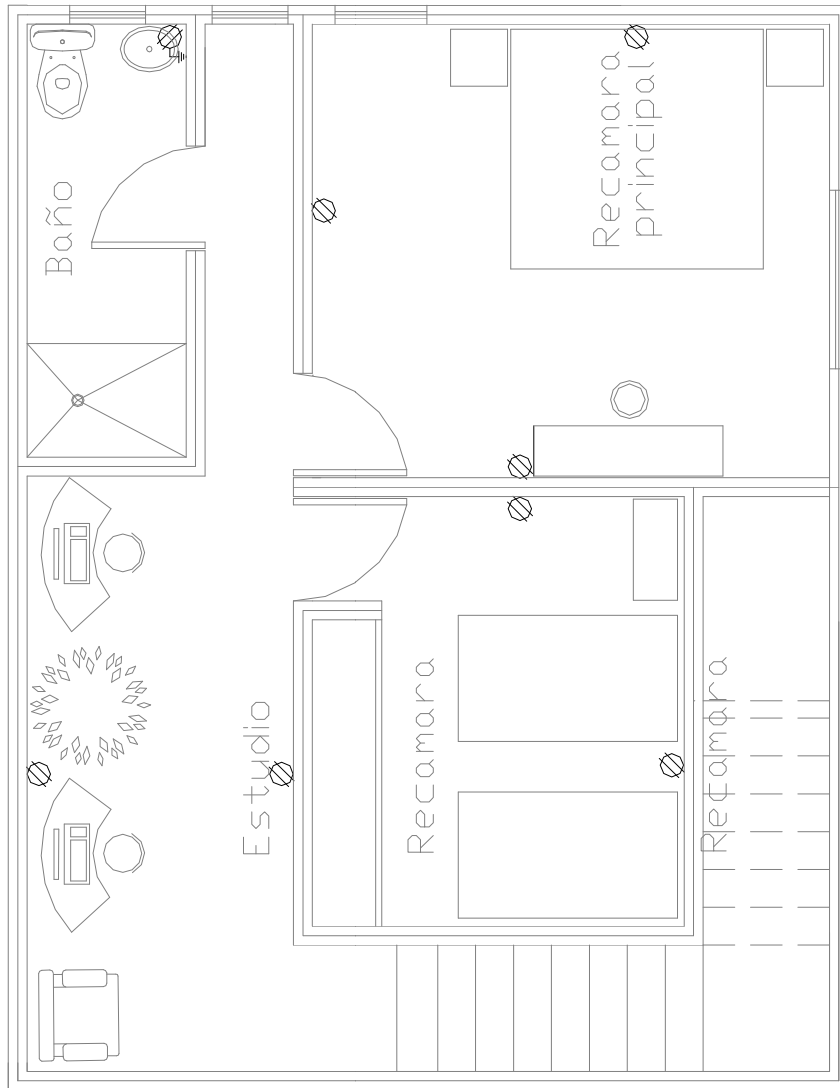
-  Lámpara de Leds, 7 W, 127 V, 60Hz.
-  Lámpara de Leds, 3 W, 127 V, 60Hz.
-  Apagador sencillo en muro, h=1.20m s.n.p.t.
-  Apagador de tres vías o de escalera en muro, h=1.20m s.n.p.t.

Figura 4.11. Propuesta para alumbrado en primer piso.



**SIMBOLOGÍA**


 Contacto duplex monofásico polarizado en muro, 127V, 60Hz.  
 h=0.30m s.n.p.t.



 Contacto duplex monofásico polarizado con interruptor de  
 protección de falla a tierra en muro, 127V, 60Hz. h=1.20m  
 s.n.p.t.

Figura 4.12. Propuesta para contactos en primer piso.



El ahorro de energía eléctrica en la actualidad ya no es una opción. Cada día en México la demanda de electricidad es mayor y la generación es insuficiente y aunque existen organismos como La Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) o Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) que se encargan de aportar las recomendaciones para el uso eficiente, ahorro de la energía eléctrica en el hogar y de mostrar que productos eléctricos son los más eficaces y por lo tanto de menor consumo de energía eléctrica identificándolo con el sello FIDE, son insuficientes debido a la falta de difusión de los mismos.

A lo anterior sumemos una falta de cultura y de conciencia de cuidado de los recursos naturales, tan sólo en México el 92% de la energía utilizada proviene de combustibles fósiles y se emiten anualmente 188 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que representa cerca del 2% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero y lo ubica como el noveno país en este rubro a nivel mundial.

La necesidad de tomar medidas para disminuir el daño que se le da al medio ambiente se hace imperativo. Gracias al avance de la tecnología en la actualidad se cuenta con lámparas diseñadas a base de leds que son de muy bajo consumo de energía eléctrica, con ello se puede realizar la sustitución, ya sea de focos incandescentes o de lámparas fluorescentes por estas nuevas lámparas que están a la vanguardia. La sustitución por estas nuevas lámparas implica un costo elevado que se ve amortizado en un período de tiempo amplio, pero los beneficios por el uso de éstas son diversos y van desde:

- Ahorro de energía eléctrica
- Reducción de costo en el pago de energía eléctrica
- Iluminación eficiente

Además la tecnología tiende a bajar sus precios con el paso del tiempo por lo que en un período no muy grande, las lámparas de leds van a ser más accesibles para el público en general.

El uso de las lámparas de leds debe de aplicarse para las nuevas edificaciones y casas que formen parte de los conjuntos habitacionales, además para los casos de remodelaciones, tomado en cuenta para el constructor que la inversión será mayor, pero los inquilinos serán beneficiados al verse reducida su facturación eléctrica.

Es ineludible el buscar alternativas para el ahorro de energía eléctrica en el hogar porque aunque existen los organismos encargados de este tema es muy común encontrar en las casas que el uso de focos incandescentes (los menos eficaces pero si más económicos), sigue siendo el más socorrido, por lo tanto, la energía eléctrica desperdiciada en el hogar es bastante considerable económicamente.

Realizando la sustitución por lámparas de leds se brinda una ayuda al medio ambiente y al país por no desperdiciar energía eléctrica. Adicional a esto se pueden seguir las recomendaciones para ahorro de energía en el hogar emitidas por FIDE o la CONUEE que son sencillas de localizar en Internet, logrando con esto el no aportar CO<sub>2</sub> al ambiente, que multiplicado por todas las casas habitación existentes en México se convierte en un gran auxilio para el medio ambiente.

Enríquez Harper Gilberto  
**El ABC de la Calidad de la Energía Eléctrica**  
Limusa, México 2001

Enríquez Harper Gilberto  
**El ABC de las Instalaciones Eléctricas Industriales**  
Limusa, México 2001

H.P. Richter y W. Creighton Schwan  
**Manual Práctico de Instalaciones Eléctricas**  
Mc. Graw Hill, México 1986.

**Norma Oficial Mexicana (NOM-001-SEDE-2005)**  
"Instalaciones eléctricas de utilización"

**Norma Oficial Mexicana (NOM-017-ENER/SCFI-2008)**  
"Eficiencia energética y requisitos de seguridad de lámparas fluorescentes compactas autobalastadas.  
Límites y métodos de prueba"

**Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía**  
[www.conuee.gob.mx](http://www.conuee.gob.mx)

**Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica**  
[www.fide.org.mx](http://www.fide.org.mx)

**Comisión Federal de Electricidad**  
[www.cfe.gob.mx](http://www.cfe.gob.mx)

**Pantallas Led**  
[www.pantallasled.com.mx](http://www.pantallasled.com.mx)

Escobedo Azucena  
**“Diagnósticos Energéticos”**  
Curso análisis de datos

**Catalogo OSRAM**  
Led lamps in classic shapes for easy replacement  
2010

**Catalogo PHILIPS**  
Tendencias y soluciones  
Otoño 2009

**Guía de ahorro de energía**  
Greenpeace  
México 2007