



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**AUDITORÍAS ENERGÉTICAS
PARA USUARIOS EN BAJA
TENSIÓN**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Andrés Iván Olivares Díaz

ASESOR DE INFORME

Ingeniero Alberto Cortez Mondragón



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017

AGRADECIMIENTOS

A mi madre Celerina Díaz López y abuela Artemia Ríos cortes, gracias por darme la vida, por ser guía en mi camino, este no solamente es un logro mío, es de los 3, ya que sin ustedes jamás lo hubiera conseguido, pese a todas las adversidades siempre estuvieron conmigo porque por ustedes me convertí en el hombre que soy, me faltan palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí. Y a mi familia por el apoyo y los consejos que me han dado.

A la UNAM y la Facultad de Ingeniería ya que durante todo este tiempo fue mi segunda casa, el lugar donde me he formado no solo como profesionista sino como ser humano. Donde cada profesor dejo una enseñanza invaluable que perdurara toda la vida.

A todos mis amigos y compañeros que durante nuestra estancia y en el camino de la vida nos fuimos encontrando, gracias por todo el apoyo que me han dado, en especial por el tiempo que compartimos juntos y su amistad.

A mis sinodales: Dra. Cecilia Martin del Campo, Dra. Manuela Azucena Escobedo Izquierdo, Ing. Alberto Cortez Mondragón, Ing. Hugo Alfredo Grajales Román y al Ing. Joaquín Jorge Téllez Lendech por regalarme su tiempo y experiencia en la revisión y corrección de este trabajo.

A mis jefes: M.A. Luis Alberto Vega de la Mora y M.I. Ricardo López Ordaz Muy en especial; gracias por darme la oportunidad de tener mi primer trabajo, por todo el apoyo y facilidades que me han dado, no tengo como agradecerles todo lo que han hecho por mi, gracias a ustedes tengo la oportunidad de titularme y formarme como profesionista. Muchas gracias, siempre estaré agradecido con ustedes.

Agradezco especialmente a mi padre Andrés Olivares Hernández, gracias por darme la vida, y aunque no en cuerpo presente gracias por cuidarnos y velar por nosotros, este logro es en especial dedicatoria a ti. Muchas gracias donde quiera que estés.

Índice

Introducción	7
Capítulo 1. Antecedentes	9
Capítulo 2. Descripción de la empresa	14
2.1. Historia de Pulsar	14
2.2. Organigrama	14
2.3. Objetivo de la empresa	15
2.4. Misión	15
2.5. Visión	15
2.6. Funciones del puesto de trabajo	16
Capítulo 3. Auditorías energéticas	17
3.1. Normas de eficiencia energética	17
3.2. Herramientas básicas necesarias	18
3.3. Metodología para elaborar un auditoria energética	19
3.3.1. Obtención de los hábitos de consumo del cliente	19
3.3.2. Prueba de fallas en la instalación eléctrica	20
3.3.3. Levantamiento de datos	25
3.3.4. Perfil de consumo histórico	26
3.3.5. Diagnóstico de consumo eléctrico	29
3.3.6. Análisis de la instalación eléctrica	36
3.3.6.1. Calculo de calibres, tubo conduit del medidor al interruptor principal, del interruptor principal al tablero de distribución	36
3.3.6.2. Calculo de las protecciones, conductor y electrodo de puesta a tierra y numero de circuitos derivados	39
3.3.6.3. Desbalanceo de fases	47
3.3.6.4. Calidad de la energía	48
3.3.6.5. Factor de Potencia	49
3.3.6.6. Diagrama unifilar	57

Capítulo 4. Oportunidades de ahorro y soluciones	58
4.1 . Identificación de oportunidades de ahorro. Propuestas de soluciones técnicas, de hábitos de consumo y el costo de estas.	58
4.2. Estimación de reducción en el consumo y el pago con las acciones de ahorro de energía.	69
4.3. Resultados y reportes de ahorro de energía.	77
Conclusiones	78
Anexos.....	79
Bibliografía	85
Referencias.....	88

Índice de figuras

Figura 1. Organigrama de la empresa Púlsar	15
Figura 2. Metodología	19
Figura 3. Instalación eléctrica monofásica.....	20
Figura 4. Instalación eléctrica bifásica con 1 solo medidor	20
Figura 5. Instalación eléctrica bifásica con 2 medidores	21
Figura 6. . Instalación eléctrica trifásica con 1 solo medidor	21
Figura 7. Instalación eléctrica trifásica con 3 medidores	21
Figura 8. Instalación eléctrica con 3 fases.....	24
Figura 9. Etiqueta de eficiencia energética	25
Figura 10. Sello FIDE	25
Figura 11. Consumos históricos	26
Figura 12. Ejemplo de dibujo de zonas	29
Figura 13. Análisis de instalaciones	30
Figura 14. Equipos de la zona 1	30
Figura 15. Equipos de la zona 2	31
Figura 16. Equipos de la zona 3	31
Figura 17. Registro de aparatos vampiro	34
Figura 18. Totales	34
Figura 19. Promedios bimestrales y anuales	35
Figura 20. Tensión en la instalación 1	48
Figura 21. Tensión en la instalación 2	48
Figura 22. Triángulo de Potencias	50
Figura 23. Triángulo de Potencias Inicial	53
Figura 24. Triángulo de Potencias Final	54
Figura 25. Triángulo de Potencias Corregido	54
Figura 26. Diagrama unifilar	57
Figura 27. Soluciones.....	62
Figura 28. Pago bimestral con las implementaciones para usuarios no domésticos	66
Figura 29. Pago bimestral con las implementaciones para usuarios domésticos.	69

Figura 30. Pago anual con las implementaciones para usuarios domésticos	70
Figura 31. Implementaciones y costo	71

Índice de tablas

Tabla 1. Indicadores de eficiencia energética en el sector residencial	12
Tabla 2. Indicadores de eficiencia energética en el sector de servicios y comercio	12
Tabla 3. Resistividad del suelo.....	44
Tabla 4. Consumo de aparatos eléctricos en modo espera.....	59
Tabla 5. Tabla de equivalencias de luminarias	61
Tabla 6. Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable	79
Tabla 7. Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit pesado RMC	79
Tabla 8. Número máximo de conductores o alambres para aparatos en tubo conduit metálico rígido RMC.....	80
Tabla 9. Ampacidades permisibles en conductores aislados	81
Tabla 10. Dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos.....	82
Tabla 11. Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos	84

Introducción

La energía eléctrica es un pilar esencial para el desarrollo de nuestra sociedad debido a que es indispensable para el crecimiento económico del País, tanto que éste es responsable de mover a la industria de un país, dado a que la mayoría de las actividades que se realizan día con día utilizan la electricidad. Además que garantiza una mejor calidad de vida.

Por lo cual, no podemos imaginarnos vivir sin electricidad, por tal motivo se ha vuelto indispensable y muy importante el ahorro, la eficiencia y el buen manejo de la energía.

La eficiencia energética es un tema muy importante y que recientemente ha tomado auge en nuestro país, debido a la necesidad de ahorrar energía frente a los incrementos en el precio de la electricidad y la paulatina disminución de los subsidios por parte del gobierno.

En México existen diferentes 5 tipos de tarifas en baja tensión.

- Las domesticas que comienzan con la tarifa 1, continuando con la 1A hasta la 1F, existe tal cantidad de tarifas debido a que cada una es empleada en diferentes zonas de la República Mexicana y su precio varía dependiendo de la temperatura de la zona, debido que el número de equipos, en especial de aire acondicionado, incrementa el consumo eléctrico.
- DAC: La tarifa DAC (Domestica de Alto Consumo) como su nombre lo indica es para usuarios de uso doméstico, pero se utilizan cuando el usuario ha rebasado el límite de consumo en kWh de tarifa 1.
- Tarifa 2. Servicio general hasta 25 kW de demanda, para uso comercial.
- Tarifa 3. Servicio general cuya demanda sea mayor de 25 kW, para uso comercial.
- Tarifa 9. Es utilizada para sistemas de bombeo de agua para riego agrícola.

Donde las tarifas 2, 3 y 9 se aplican indistintamente en todo el país sin variar los precios por región ni la forma de cobro, como se hace en las tarifas 1. La manera de cobro en tarifa DAC es la misma en todo México, pero lo que si varia, es el precio por cada región del país.

El título de este escrito engloba a todos los usuarios que estén en tarifas para baja tensión, pero cabe destacar que en la práctica profesional se han presentado solo casos, en la Ciudad de México y zona conurbada del Estado de México, para las Tarifas 1, DAC y 2, así que por ese motivo no se muestra el uso y manera de cobro de las tarifas 3 y 9, aunque se pueden realizar las auditorías energéticas en estos casos.

En este documento se presentan las actividades y habilidades adquiridas en mi estancia laboral para la empresa Pulsar, que corresponden a la realización de auditorías energéticas en usuarios que utilizan electricidad en baja tensión con el objetivo de reducir su consumo eléctrico y así que se traduzca en un ahorro a su economía.

Presento, cómo se lleva a cabo, para que sirve, cómo ayuda a reducir el consumo eléctrico, qué es la eficiencia energética y la importancia que tiene en el mundo, principalmente en Europa que es considerado pionero en estos temas de ahorro y eficiencia energética. Posteriormente se relaciona el tema en nuestro país, considerándolo como un tema relativamente nuevo y que gradualmente ha tomado más importancia por los motivos que se han mencionado con anterioridad además de su importante contribución a la conservación del medio ambiente, como del uso de energías limpias que ha dado una pauta muy grande al estudio de estos temas. De igual manera se mencionaran dónde está posicionada Púlsar como empresa dentro del mercado, en base a su historia, reconocimientos, que tanto puede ayudar a las personas a ahorrar energía; también el rol que he llevado a cabo, así como el lugar que actualmente ocupo dentro de la empresa para contribuir a su objetivo.

Con este informe se pretende dar a conocer las actividades laborales que he desempeñado dentro de la empresa, los procedimientos para realizar auditorías energéticas en base a un estudio energético personalizado en las instalaciones eléctricas del usuario, para conseguir una reducción en su consumo, mediante soluciones técnicas y corrección de hábitos de uso en los aparatos eléctricos. De tal manera que exista un beneficio económico rápido posterior a su implementación.

Capítulo 1. Antecedentes

La eficiencia energética tiene como objetivo el uso correcto de la electricidad reduciendo el consumo de energía, para lograr de esta manera un menor pago económico por el servicio, y un menor impacto ambiental al reducir el consumo de combustibles fósiles que contaminan al medio ambiente, los llamados gases de efecto invernadero (GEI). Además, ayuda a disminuir los costos de operación directos e indirectos de la energía, de esto, el creciente uso de energías limpias como la eólica o la solar.

Existen 2 tipos de eficiencia energética, la activa y la pasiva. La eficiencia energética activa consiste básicamente en el monitoreo y control de la energía mediante dispositivos, que permitan llevar el registro del consumo en el tiempo. La eficiencia pasiva es la implementación de aparatos de bajo consumo, cambios de luminarias, ahorradores de energía que en conjunto permiten la disminución en el consumo sin la necesidad de estar monitoreando o llevar el registro de éste.

La auditoría energética es el estudio que indica cómo se utiliza la energía eléctrica, cuánta se desperdicia y cómo se disminuyen las pérdidas. En palabras más formales, es el estudio y análisis de los consumos de energía de un lugar, donde se determina cómo y dónde se está usando esta energía, así como la identificación en oportunidades de ahorro e implementar soluciones que permitan la disminución en el consumo de energía eléctrica y por ende también en el pago del servicio. Estas pueden aplicarse desde usuarios que utilizan energía en baja tensión hasta usuarios considerados como grandes industrias.

Hay 2 tipos de auditorías energéticas:

1. Auditorias de reconocimiento o superficiales: son aquellas que consisten en observar e inspeccionar la instalación y los aparatos eléctricos con que cuenta el inmueble, así como obtener información sobre los hábitos de consumo. En este tipo de auditoria se dan soluciones rápidas producto de la observación y el costo que éstas representan.
2. Auditorias completas: son estudios más detallados sobre el consumo eléctrico en el lugar, consiste en la identificación de los aparatos, medición del consumo de cada dispositivo, realizar pruebas en las instalaciones para descartar alguna fuga a tierra o que esté aterrizado a tierra y ofrecer soluciones después de identificar las oportunidades potenciales de ahorro con el costo de estas y el retorno de inversión en un cierto lapso de tiempo en base al consumo histórico obtenido de los recibos en el lapso de un año.

Los factores principales que determinan el tipo de auditoria a realizar son: el financiamiento con el que se cuenta, tipo de instalación y la exactitud con la que se requieren los resultados obtenidos.

La auditoría completa es la más recomendable de usar para cualquier caso que se presente a analizar para así, determinar con mayor exactitud, el cómo y el costo de la actividad.

Los procesos para llevar a cabo el estudio de la auditoría se pueden dividir en 3:

- a) Auditoría de primer nivel: en esta primera instancia se reúnen tanto el auditor como el encargado del inmueble para obtener datos sobre la cantidad de personas que habitan/laboran el lugar, así como los hábitos de consumo que tienen. Además de inspeccionar de una manera superficial el tipo de instalación para encontrar posibles problemas a solucionar.
- b) Auditoría de segundo nivel: en este paso se procede a revisar la instalación de una manera más detallada, así como a medir los equipos de todo el lugar, pruebas del correcto funcionamiento de los equipos, etc. Y obtener los consumos históricos para elaborar el perfil de consumo de la persona a la que se auditó.
- c) Auditoría de tercer nivel: en esta etapa con los datos obtenidos de las mediciones, pruebas de falla, etc. Se elabora un diagnóstico del consumo del usuario y las oportunidades de ahorro, así como la inversión y el retorno de esta misma en el tiempo. Con todo esto obtenido se elabora el plan de acción de qué se puede hacer para corregir los problemas plasmando todo lo anterior en el reporte que se entrega explicando el contenido como parte final del proceso de la instalación.

El identificar los aparatos de mayor consumo por tipo de lugar ayuda a tener una idea de dónde podrían estar las oportunidades de ahorro y tener cuidado al realizar las mediciones en estos dispositivos para evitar errores y de esa manera obtener resultados más precisos.

La eficiencia energética y en especial las auditorías energéticas es un tema relativamente nuevo, comenzó a tener auge en el momento en que entraron al país los llamados focos ahorradores aproximadamente en el año 2010, donde se comenzaron a sustituir por los focos incandescentes, en este momento surgió la idea de ahorrar y saber utilizar la energía que consumimos, pero anterior a esto surgieron programas e instituciones encargadas del correcto uso de la electricidad

A finales del siglo pasado la demanda de energía se incrementó de una manera considerable teniendo en cuenta que los usuarios en baja tensión superan el 80% del total de consumidores en CFE, esta empresa decidió llevar a cabo varias acciones para la gestión y el ahorro de la energía.

La CFE en 1981 crea y entra en operación en 1989 el Programa Nacional del Uso Racional de la Energía Eléctrica (PRONUREE) cuyas tareas son enfocadas en la difusión del ahorro y uso eficiente de la electricidad.^[1]

En 1989 se crea la Comisión Nacional para el ahorro de la energía y el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE) que no sólo se encargan de promover la

eficiencia de la energía eléctrica en las instalaciones de los usuarios sino también en el sector eléctrico nacional. [2]

El Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica se constituyó el 14 de agosto de 1990 por iniciativa de la CFE para apoyar el Programa de Ahorro de Energía Eléctrica. Se encarga de certificar los equipos eléctricos que son eficientes y ahorran energía poniéndoles sellos de eficiencia que permiten identificar los equipos más convenientes para comprar donde inclusive hay programas en los que se puede cambiar equipos viejos por nuevos. [3]

Uno de los principales detonantes que propició en ahorro de la energía fue el Protocolo de Kioto el cual tiene como objetivo la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) los cuales son el dióxido y monóxido de carbono, gas metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, pentafluorocarbonos los cuales son los principales causantes del calentamiento global. Este protocolo se adoptó el 11 de Diciembre de 1997 pero no fue hasta el 16 de Febrero del 2005 cuando entró en vigor. A partir de este instante en México se pudo observar de una mejor manera la necesidad de reducir los gases contaminantes, el ahorro de la energía y el buen aprovechamiento de la misma.

A finales del 2008 la Secretaria de Energía (SENER) en conjunto con la Agencia internacional de Energía y financiado por la Embajada Británica iniciaron el proyecto “Strengthening Mexican Energy Indicators” que como su nombre lo indica trata sobre la creación de indicadores de eficiencia energética. Estos indicadores permiten calificar los resultados de las acciones y políticas llevadas a cabo por el gobierno ya que explican de una manera más profunda cómo y en qué se emplea la energía eléctrica en el país. [4] Ver Tabla No.1 y Tabla No.2.

Tabla No.1 Indicadores de eficiencia en el sector residencial

Indicador	Descripción	Unidad
Consumo de energía por usos finales	Cantidad de energía consumida por tipo de energético y uso final.	PJ
Consumo de energía eléctrica por aparato	Energía eléctrica consumida por cada tipo de aparato	kWh/unidad
Intensidad energética por vivienda	Energía utilizada por vivienda	GJ/vivienda
Intensidad energética por habitante	Energía consumida en las viviendas por habitante	GJ/habitante
Intensidad energética por m^2	Energía utilizada por metro cuadrado de superficie de viviendas	GJ/ m^2
Existencias	Total de aparatos de uso doméstico en las viviendas	Millones de unidades
Difusión	Relación entre el número de unidades de un aparato específico y el número total de viviendas ocupadas	Unidades/viviendas

Nota. Fuente: Indicadores de Eficiencia Energetica en México, 2017.

Tabla No.2 Indicadores de eficiencia en el sector de servicios y comercio

Indicador	Descripción	Unidad
Consumo de energía por usos finales seleccionados	Energía, por tipo de energético, que se destina para los siguientes usos: <ul style="list-style-type: none"> • Calentamiento del espacio • Enfriamiento del espacio • Iluminación • Otros usos 	PJ
Intensidad energética por VA	Energía consumida por unidades de valor agregado	GJ/PIB en dólares constantes PPA GJ/PIB en pesos constantes GJ/PIB en dólares constantes
Consumo de energía por m^2	Energía utilizada por metro cuadrado de superficie de los establecimientos	GJ/ m^2

Nota. Fuente: Indicadores de Eficiencia Energetica en México, 2017.

De la misma manera a finales del año 2008 se crea la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) la cual promueve la eficiencia energética, además sus principales funciones son proponer la elaboración, revisión y expedición de las Normas Oficiales Mexicanas en cuanto a eficiencia energética las cuales nos dan los parámetros del correcto funcionamiento de los dispositivos eléctricos. ^[5]

En este año el FIDE lanzó el programa: Eco-credito empresarial, el cual consiste en el cambio de equipos viejos como refrigeradores, cámaras de refrigeración, calentadores solares, subestaciones, motores, equipos de aire acondicionado, bancos de capacitores, luminarias LED y de inducción magnética T5 y T8, por aparatos nuevos, esto es para usuarios en tarifas 2, 3 y OM con el afán de que tengan un uso eficiente de su energía, y reduzcan su consumo.

En nuestro país muchas de las empresas que se dedican a las auditorías energéticas están enfocadas en usuarios de media y alta tensión donde el análisis de las instalaciones lleva mucho tiempo debido al tamaño de los lugares, el equipo es más caro y las mediciones tardan más tiempo, son muy pocas las empresas que se dedican a la realización de auditorías energéticas para usuarios de baja tensión que, son en conjunto, quienes consumen más electricidad en el país como ya lo había mencionado. Los análisis para este tipo de usuarios demandan menos tiempo, equipo más barato y además la entrega de resultados es mucho más rápida.

Capítulo 2. Descripción de la empresa

2.1. Historia de púlsar

La empresa Púlsar se dedica a la realización de auditorías energéticas para usuarios en baja tensión en el Valle de México, fundada por los Ingenieros Luis Alberto Vega de la Mora y Ricardo López Ordaz. La empresa se registró el 17 de octubre del 2014 e inició operaciones en Enero del 2015. El 17 de junio del 2015 Púlsar ganó el tercer lugar del Premio Santander a la Innovación en la categoría de Innovación Empresarial por el proyecto “Control total de la energía”.

La empresa enfocó su mercado en usuarios de baja tensión como ya se mencionó antes debido a que éstos representan el mayor consumo de energía eléctrica en el país y son prácticamente un mercado potencial donde no hay muchas empresas que se dediquen a esto.

Una de las grandes ventajas de hacer el estudio a este tipo usuarios es la rapidez en el análisis y entrega de resultados, que permiten implementar las mejoras lo antes posible para reducir su consumo y su pago, que es el objetivo principal de las auditorías energéticas realizadas por la empresa, siendo de las pocas que se dedican a este tipo de estudios energéticos.

2.2. Organigrama

En la siguiente figura se muestra como está organizada la empresa, cómo se puede observar es un organigrama sencillo por el hecho de ser una empresa que recientemente ha salido al mercado

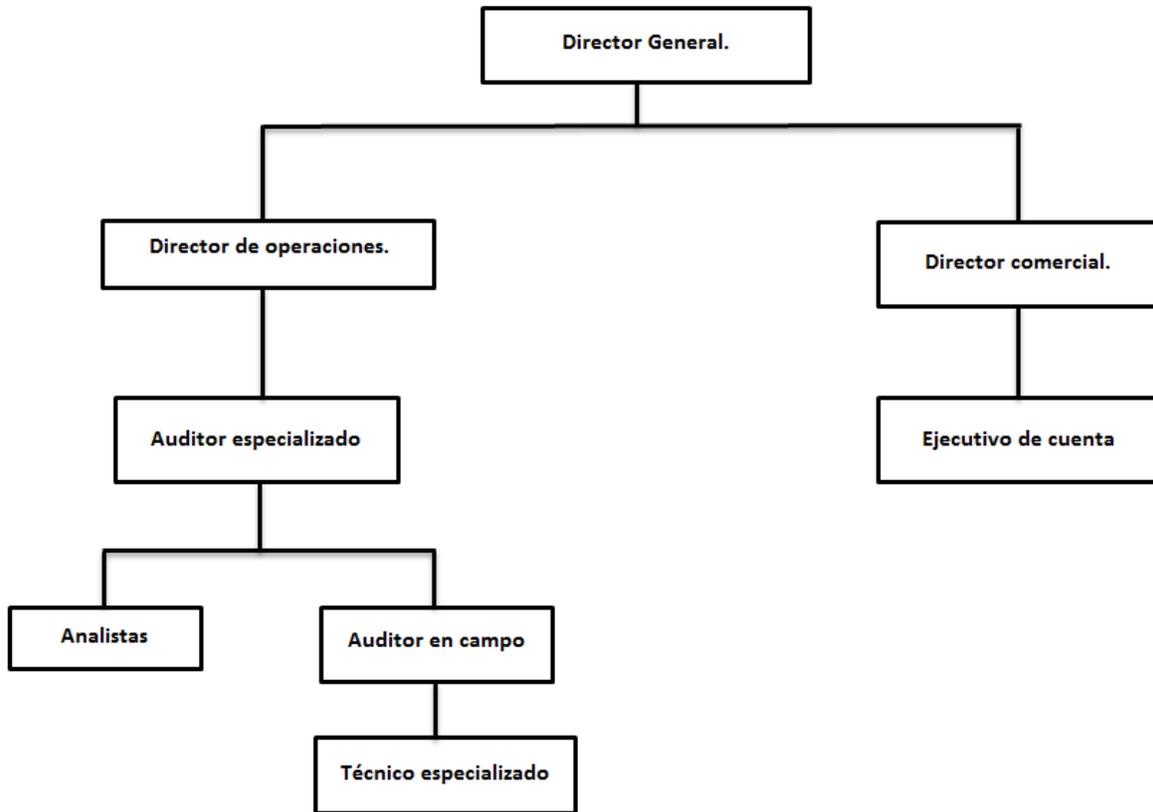


Figura 1. Organigrama de la empresa Púlsar

2.3. Objetivo de la empresa

Reducir el consumo eléctrico en los usuarios de baja tensión cuya tarifa sea 1, DAC o 2 en el Valle de México mediante auditorías energéticas las cuales son llevadas a cabo y adecuadas de acuerdo a las instalaciones y necesidades de los usuarios de una manera rápida de forma eficiente y así reducir gastos frente a la inminente alza en los precios de las tarifas eléctricas.

2.4. Misión

Ayudar a nuestros clientes a reducir su consumo eléctrico y tener un correcto uso de la energía eléctrica que utiliza mediante auditorías energéticas eficientes y rápidas, hechas a la medida de cada usuario.

2.5. Visión

Convertirnos en una de las empresas líderes en el ámbito de auditorías energéticas y eficiencia energética en el país.

2.6. Funciones del puesto de trabajo

A mi llegada a la empresa Púlsar, el primer puesto que ocupé fue el de Auditor en campo, donde mis actividades consistían en realizar los levantamientos de datos, el estudio de luminosidad y la detección de las posibles oportunidades de ahorro en el lugar a analizar, responsabilidad importante, dado a que a partir de esta información se procedía por medio del analista a realizar el diagnóstico correspondiente. La actividad se desarrolló en 2 meses y medio.

Posteriormente del puesto de Auditor en campo pasé a formar parte del grupo de analistas por 3 meses. En donde mis funciones consistían en realizar el análisis con los datos obtenidos, identificar los problemas en el lugar, proponer sus soluciones, establecer el tiempo de retorno de inversión, así como establecer el costo de ellas y el ahorro que se tendría al implementarlas. Además, elaborar el historial de consumos históricos del cliente, determinar las lecturas en los estudios de luminosidad de tal manera que fuesen adecuados para la salud visual de los usuarios y por último los reportes finales que se entregaban.

Al momento de ingresar a la empresa, el puesto de Auditor especializado estaba vacante y debido a mi desempeño en los dos puestos ya mencionados, fui promovido a dicho puesto. Es un trabajo de mucha responsabilidad ya que tengo gente a mi cargo, y tengo las funciones de supervisar cómo se realiza el levantamiento de datos y el análisis. Podría decirse que es la conjunción de ambos empleos en los que estuve dentro de Púlsar ya que soy el encargado de realizar todo el proceso de una auditoria energética y cualquier omisión, un mal dato calculado o ingresado implicaría que todo el trabajo hecho está mal por lo tanto tendría que repetirse lo cual haría perder tiempo a la empresa para entregar resultados y la confianza del cliente que con anterioridad se le habría dado una fecha para la entrega de resultados.

El haber entrado a esta empresa me ha permitido crecer como profesionalista, ya que al tener una responsabilidad así de grande que recae en mí, ha ocasionado que sea más pulcro en mi trabajo, que cuide los detalles, me ha enseñado a trabajar en equipo, bajo presión, a realizar las cosas lo más rápido posible y bien hechas para poder entregar resultados correctos. Todo esto se ha visto reflejado desde que terminé la capacitación y comencé con mi primera auditoria energética.

He aprendido mucho durante mi estancia en la empresa ya que este tema era desconocido para mí, aunque tenía conocimientos sobre eficiencia energética, pero no específicamente de las auditorías energéticas las cuales son muy útiles aparte de una herramienta eficaz y rápida para poder corregir dónde la energía se esté desperdiciando y de esta manera podamos tener un uso eficiente de la energía. Estos conocimientos tanto técnicos como teóricos no solo me ayudan a realizar bien mi trabajo, también contribuyen en una gran medida a mi formación ya que como ingeniero nunca se termina de aprender.

Capítulo 3. Auditorías energéticas

Las auditorías energéticas que se han hecho en la empresa Púlsar tuvieron que adecuarse tanto en su procedimiento, como en la metodología dadas las diferentes condiciones climatológicas, tarifas, maneras de cobro y cantidad de aparatos eléctricos que se presentan en el Valle de México, lo cual modifica la condición o manera de realizar una auditoría energética.

3.1. Normas de eficiencia energética

El conocimiento de las normas permiten identificar los aparatos que cumplen con los parámetros establecidos, por lo tanto es eficiente para el uso correcto de la energía eléctrica, de igual forma son de mucha utilidad para saber cuáles son las normas vigentes que debe cumplir cada equipo eléctrico ya que éstas se especifican en las etiquetas de eficiencia energética que se encuentran en los aparatos eléctricos.

- a) NOM-004-ENER-2014. Eficiencia energética para el conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia de uso doméstico, en potencias de 0,180 kW ($\frac{1}{4}$ HP) hasta 0,750 kW (1 HP). Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- b) NORMA Oficial Mexicana NOM-005-ENER-2016. Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- c) NOM-011-ENER-2006. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- d) NOM-015-ENER-2012. Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- e) NOM-022-ENER/SCFI-2014. Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- f) NORMA Oficial Mexicana NOM-026-ENER-2015. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido (Inverter) con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin ductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado.
- g) NORMA Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2016. Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.

- h) NOM-032-ENER-2013. Límites máximos de potencia eléctrica para equipos y aparatos que demandan energía en espera. Métodos de prueba y etiquetado.
- i) NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas.
- j) NORMA Oficial Mexicana NOM-020-ENER-2011, Eficiencia energética en edificaciones.- Envolverte de edificios para uso habitacional.

3.2. Herramientas básicas necesarias

Las herramientas que a continuación se mencionan son las necesarias para realizar las mediciones durante el levantamiento de datos.

- Amperímetro de gancho: se utiliza para checar si hay fugas o problemas de aislamiento poniéndolo en la fase o fases dependiendo de la instalación.
- Monitor de energía: usado para medir potencia y corriente de los aparatos eléctricos, especialmente de los de mayor consumo, para determinar si están trabajando bajo los parámetros de su placa de datos.
- Luxómetro: se usa para medir la luminosidad en las diferentes zonas del lugar a analizar
- Guantes: se usan por seguridad al momento de hacer las pruebas de falla al manipular el amperímetro de gancho en la fase o fases.
- Desarmador: utilizado para abrir los tableros de distribución y diferentes tareas.
- Elementos para tomar datos como cámara, libreta, etc.
- Metro: usado para medir el diámetro de los tubos conduit, y el perímetro de cada zona

3.3. Metodología para elaborar una auditoría energética

La metodología general para llevar a cabo el análisis energético es la siguiente:

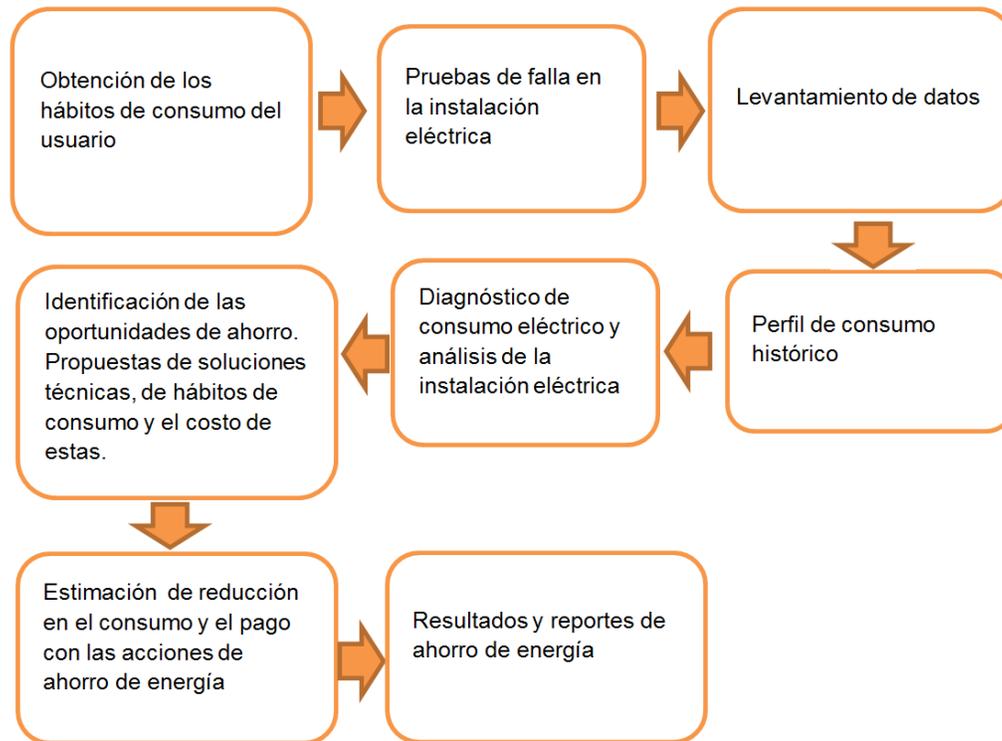


Figura 2. Metodología

3.3.1. Obtención de los hábitos de consumo del cliente

En primera instancia se identifica el tipo de instalación en la que se realizara el levantamiento que son las siguientes:

1. Casa/Departamento
2. Local comercial
3. Restaurante
4. Gimnasio
5. Hotel
6. Escuela
7. Oficinas

Posteriormente se le aplica al usuario una encuesta para obtener un panorama sobre su consumo, así como el horario de servicio, cuántas personas viven o trabajan en el lugar, antigüedad de los aparatos, cuánto tiempo los utilizan, etc. Además de identificar el tipo de tarifa en baja tensión con la que se hizo el contrato con CFE ya sea 1, DAC, 2 hasta 25 kW, que se encuentra en los recibos de luz, para poder hacer su perfil de consumo histórico en uno de los pasos posteriores.

Además, se le pregunta al cliente si existe algún aparato que no deba desconectarse lo cual es muy importante para tomarlo en cuenta al hacer la prueba de fallas en la instalación.

A continuación, se ejemplifica este escrito con una auditoría realizada en un restaurante ubicado sobre la Avenida Insurgentes Sur para ilustrar de una mejor manera todo el proceso que conlleva una auditoría energética.

3.3.2. Prueba de fallas en la instalación eléctrica.

Como primer paso, se tiene que identificar el tipo de instalación, porque dependiendo del número de fases y medidores, es el número de lecturas que se tomarán con los aparatos conectados, como en la prueba de falla o vacío.



Figura 3. Instalación eléctrica monofásica

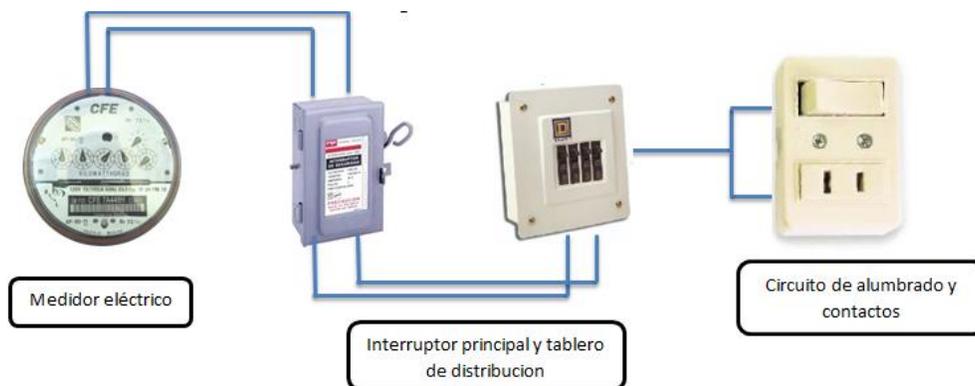


Figura 4. Instalación eléctrica bifásica con 1 solo medidor

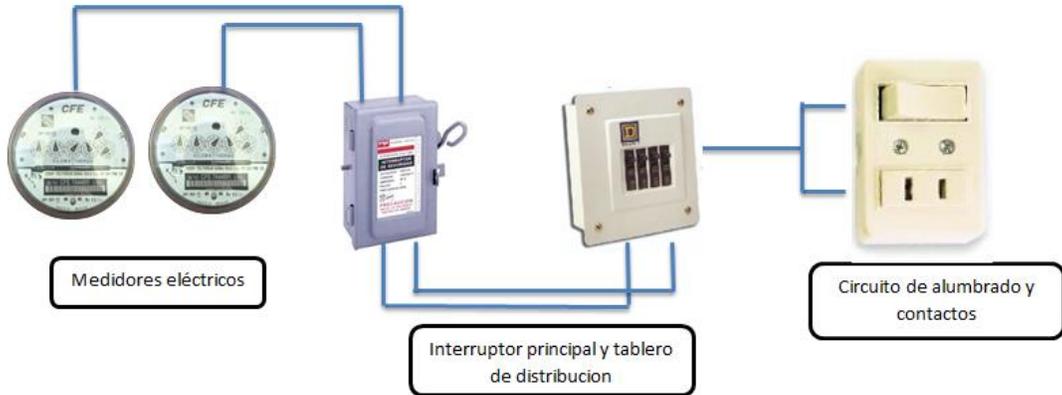


Figura 5. Instalación eléctrica bifásica con 2 medidores



Figura 6. Instalación eléctrica trifásica con 1 solo medidor

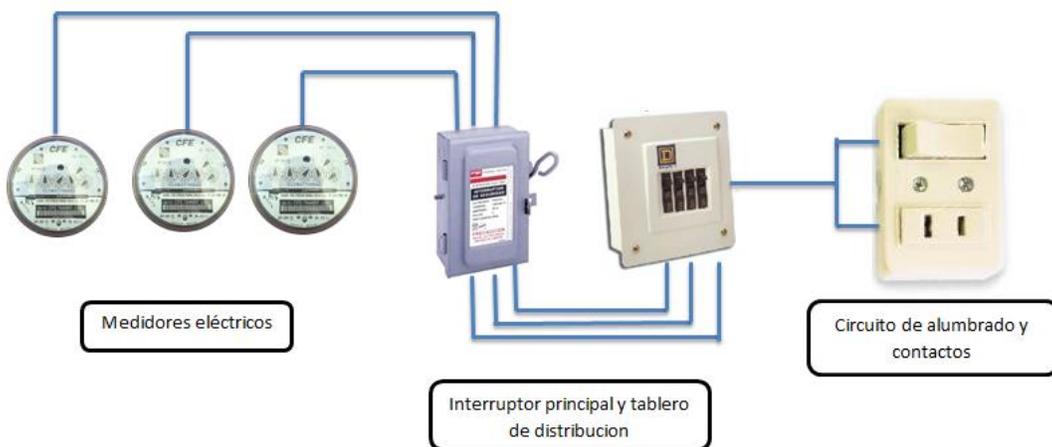


Figura 7. Instalación eléctrica trifásica con 3 medidores

Después de que se determinaba el tipo de circuito, lo que procedía a hacerse es poner el amperímetro de gancho en la fase o fases del interruptor principal y tomar la lectura en Amperes que marcara el amperímetro de gancho sin desconectar ningún aparato.

Teniendo como dato adicional que en instalaciones monofásicas la corriente medida en la fase es casi la misma que en el neutro, ya que si se mide con el amperímetro de gancho fase y neutro al mismo tiempo la lectura debe dar aproximadamente 0 [A] y de esta manera se comienza a descartar fugas o con problemas de aislamiento en la instalación. De igual forma en instalaciones bifásicas y trifásicas, la corriente en el neutro debe ser casi la misma que la de la suma de las fases

Posteriormente se realiza la prueba en vacío, la cual consiste en desconectar todos los aparatos y apagar todas las luminarias. Después de esto se revisaba que el medidor o medidores (dependiendo del tipo de instalación) no registrara ninguna lectura, lo mismo se hacía con el amperímetro de gancho en la fase o en cada una de las fases, revisar que su lectura sea aproximadamente 0 [A], para que de esta manera se descartara que en alguna parte de la instalación existieran pérdidas eléctricas. En caso contrario que el medidor o en el amperímetro de gancho mostrara alguna lectura, se volvía a revisar que todo aparato estuviera desconectado y todas las luminarias apagadas, además se revisaba la sección entre medidor e interruptor principal que no existiera alguna derivación o punta que estuviera robando energía y sea la causante de las lecturas. Si aun así se registraba algún dato se daba por hecho que había una fuga de electricidad, falla o problemas de aislamiento que representaran pérdidas eléctricas y se tomaba la lectura.

En dado caso que llegara a existir un problema de pérdidas se tomaba el dato de cuánta corriente consumía y se calculaban los kWh bimestrales que gasta de la siguiente manera.

Primeramente se saca la potencia con la siguiente formula:

$$P = VI \dots\dots\dots (1)$$

Donde

$$P = \text{Potencia [W]}$$

$$V = \text{Voltaje [V]}$$

$$I = \text{Corriente [A]}$$

El valor del voltaje o también llamado tensión será de 127 [V] debido a que es el resultado de la diferencia de potencial entre fase y neutro obteniéndose de la siguiente forma.

$$V_{f-n} = \frac{220 [V]}{\sqrt{3}} = 127[V] \dots \dots \dots (2)$$

Donde los 220[V] es la tensión entre fases, se saca la tensión de fase a neutro porque, aunque se le haya solicitado a la compañía suministradora más de un hilo los circuitos son monofásicos, excepto algunos casos de uso como aires acondicionados o motores.

En el caso del restaurante que se tomó como ejemplo no hubo problemas de pérdidas eléctricas.

Suponiendo que en una instalación monofásica exista una falla, proponiendo un valor de corriente por ejemplo de 0.89 [A], se calcula la pérdida de la siguiente manera:

$$P = 0.89(127) = 113.03[W]$$

Teniendo este dato ahora se calcula cuantos kWh son los que consume la falla con la siguiente formula donde la potencia calculada se multiplica por las 24 horas del día y los 7 días de la semana debido a que la perdida eléctrica siempre estará presente hasta su corrección, también se multiplica por 8 que son el número de semanas al bimestre como se muestra en la siguiente formula:

$$\begin{aligned} \text{Fuga en kWh} &= \frac{P \times 24 \text{ horas} \times 7 \text{ dias} \times 8}{1000} = \frac{(113.03)(24)(7)(8)}{1000} \\ &= 151.91[kWh] \dots \dots \dots (3) \end{aligned}$$

De esta manera se obtiene cuanto consume la pérdida, aunado a esto y para checar si lo calculado es correcto hacemos una resta entre los kWh obtenidos durante el análisis menos los kWh promedio bimestrales de los históricos obtenidos como se muestra en la siguiente formula:

$$Fuga \text{ en kWh} = kWh \text{ promedio obtenidos} - kWh \text{ promedio bimestrales} \dots \dots \dots (4)$$

Lo obtenido debe ser casi igual que lo que resultaría de aplicar la fórmula 3, esto se hace en lugares donde se tenga 1 sola fase de alimentación, en caso que se tenga 2 o 3 fases se aplica la fórmula 4 para obtener un mejor resultado de cuanto es lo que la pérdida eléctrica consume, esta última formula se usara también posteriormente en el escrito.

Se debe tener presente al momento de hacer la prueba en vacío la existencia de algún aparato que no deba desconectarse, como mencioné con anterioridad, o si alguien está trabajando y no se pueda desconectar el equipo, se tiene que identificar los aparatos y la corriente con la que trabajan (nominal) para restársela a la medición obtenida en el amperímetro de gancho en la fase o fases, para evitar errores en la interpretación de los datos obtenidos.



Figura 8. Instalación eléctrica con 3 fases

3.3.3. Levantamiento de datos

Consiste en registrar todos los equipos y dispositivos que consuman energía eléctrica en cada una de las zonas de la instalación eléctrica. Y se realiza de la siguiente manera:

- Como primer punto se debe de identificar el tipo de instalación dependiendo de cuál de los siete tipos de instalación a analizar se trata: casa/departamento, local comercial, restaurante, gimnasio, hotel, escuela y oficinas, identificar los aparatos de mayor consumo, referenciados en la tabla 1 y también ubicar todos los aparatos que consumen energía en stand by.
- Posteriormente se procede a la primera zona donde en una libreta se dibuja la forma del perímetro de la zona y se identifican todos los aparatos que consumen energía eléctrica incluyendo las luminarias. Con ayuda del monitor de energía se medía su corriente y potencia eléctrica cuando estaban en funcionamiento y en modo de espera (stand by), esto se hace en todos los equipos que haya en la zona y sea posible tomar la medición pero principalmente en los aparatos de mayor consumo. También se buscaba en cada aparato su placa de datos y se le tomaba fotografía si es que contaba con ella. En caso que no cuente con placa de datos o que sea ilegible se debía tomar las características del aparato como marca, modelo y posteriormente lo buscaba en Internet. También se toma nota de los aparatos que tienen la etiqueta de eficiencia energética la cual informa sobre el ahorro de energía del aparato y bajo que Norma Oficial Mexicana correspondiente está regulada al equipo, y el dato sobre que dispositivo contaba con sello FIDE



Figura 9. Etiqueta de eficiencia energética. Fuente: Blog de CEMAER, 2017.



Figura 10. Sello FIDE.

Fuente: Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, 2017.

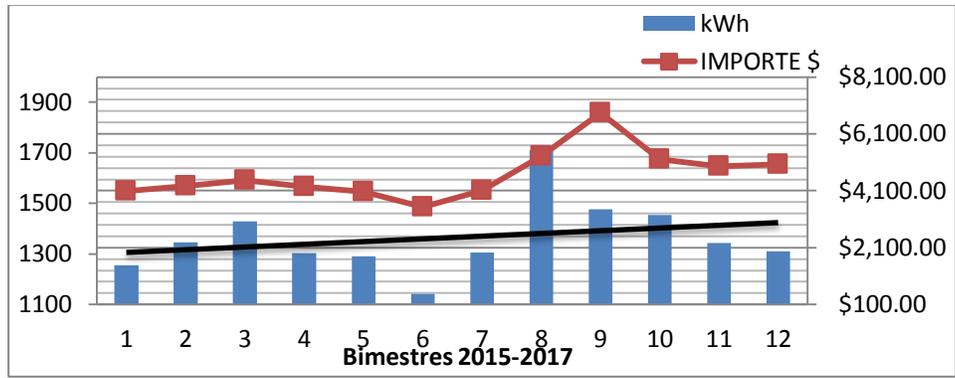
- c) Cuando se hallaba un aparato que no mencionara el usuario en un principio se toma el dato sobre los hábitos de consumo en éste, había que realizar lo mismo con las luminarias.
- d) Se procede a hacer lo mismo en todas las zonas y al final se verificaba que estuvieran registrados todos los datos de los equipos y zonas. En dado caso que faltara algo por tomar lectura, había que regresar a la zona a hacerlo.

3.3.4. Perfil de consumo histórico

A continuación, con ayuda de los recientes recibos de luz que el usuario proporciona, se elabora una tabla y grafica donde muestra el comportamiento del consumo eléctrico y el pago realizado a la compañía suministradora en un cierto lapso de tiempo dependiendo de la cantidad de recibos que hayan facilitado, para observar cómo varía en cada bimestre e identificar los meses en que se gasta más energía para idear estrategias que puedan disminuir el pago de la electricidad, además sirve para revisar que los kWh bimestrales que se consumen en promedio cuadren con los kWh calculados de acuerdo al número de aparatos por zona y hábitos de consumo del cliente.

Recibos de ELECTRICIDAD					Mensual	Anual
		Promedio de consumo bimestral (kWh) 09/02/2015-07/02/2017	1364		682	8185
Número de servicio		Promedio de pago bimestral 09/02/2015-07/02/2017	\$ 4,676	\$ 2,337.75	\$ 28,053	
Uso	General hasta 25kW					
Tarifa	2					
Hilos	3					
BIMESTRE	FACTURACIÓN	TIPO	kWh	IMPORTE \$	Pagos anuales	Incremento / Decremento
1	09/02/15-10/04/15	Normal	1256	\$ 4,091		
2	10/04/15-08/06/15	Normal	1345	\$ 4,258		
3	08/06/15-07/08/15	Normal	1430	\$ 4,472		
4	07/08/15-07/10/15	Normal	1302	\$ 4,255		
5	07/10/15-07/12/15	Normal	1290	\$ 4,074		
6	07/12/15-05/02/16	Normal	1142	\$ 3,518	\$ 24,668	
7	05/02/16-07/04/16	Normal	1306	\$ 4,099		
8	07/04/16-07/06/16	Normal	1711	\$ 5,318		
9	07/06/16-05/08/16	Normal	1478	\$ 6,834		
10	05/08/16-07/10/16	Normal	1455	\$ 5,195		
11	07/10/16-06/12/16	Normal	1344	\$ 4,963		
12	06/12/16-07/02/17	Normal	1310	\$ 5,029	\$ 31,438	27%

Figura 11. Consumos históricos



Grafica 1. Consumo contra precio

$$Promedio = \frac{dato\ 1 + dato\ 2 + \dots + dato\ n}{n} \dots \dots \dots (5)$$

Esta fórmula es muy importante en los cálculos para sacar los kWh en promedio que se consumen y el pago bimestral como en la Figura 11

$$\begin{aligned}
 & kWh\ promedio\ bimestral \\
 & = \frac{1256 + 1345 + 1430 + 1302 + 1290 + 1142 + 1306 + 1711 + 1478 + 1455 + 1344 + 1310}{12} \\
 & = 1364 [kWh]
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 kWh\ promedio\ mensual & = \frac{kWh\ promedio\ bimestral}{2} = \frac{1364}{2} \\
 & = 682 [kWh] \dots \dots \dots (6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 kWh\ promedio\ anual & = kWh\ promedio\ bimestral * 6 = 1364(6) \\
 & = 8185 [kWh] \dots \dots \dots (7)
 \end{aligned}$$

Tomando como ejemplo lo anterior, se hace lo mismo con el pago

Pago promedio bimestral

$$= \frac{4091 + 4258 + 4472 + 4255 + 4074 + 3518 + 4099 + 5318 + 6834 + 5195 + 4963 + 5029}{12}$$

$$= \$ 4,676$$

$$Pago\ promedio\ mensual = \frac{Pago\ promedio\ bimestral}{2} = \frac{\$4676}{2} = \$2337.75$$

$$Pago\ promedio\ anual = Pago\ promedio\ bimestral * 6 = \$4676(6) = \$28,053$$

Para calcular los calcular el incremento o decremento del pago anual se compara la suma de dinero del primer año con la del segundo y así sucesivamente tomando como ejemplo los datos de la Figura 11

$$\frac{Incremento}{decremento} = \left(\left(\frac{Valor\ actual}{Valor\ anterior} \right) - 1 \right) * 100 = \left(\left(\frac{31438}{24668} \right) - 1 \right) * 100$$

$$= 27.44\% \dots \dots \dots (8)$$

Como se ve, incremento el pago en un 27.44%, esto se sabe debido a que al momento de aplicar la formula si en el resultado aparece un signo negativo, significa decremento y viceversa si no aparece un símbolo se infiere que es positivo.

3.3.5. Diagnóstico de consumo eléctrico

Posteriormente de haber hecho el levantamiento, ya en la oficina con los datos obtenidos se realiza el estudio y diagnóstico, lo cual inicia con el dibujo de todas las zonas del lugar con sus respectivos aparatos eléctricos. Esto es de gran ayuda debido a que sirve para saber cuántos dispositivos hay en cada una de las zonas analizadas y así evitar que llegara a faltar algún equipo eléctrico durante el diagnóstico que pueda influir en un resultado erróneo.

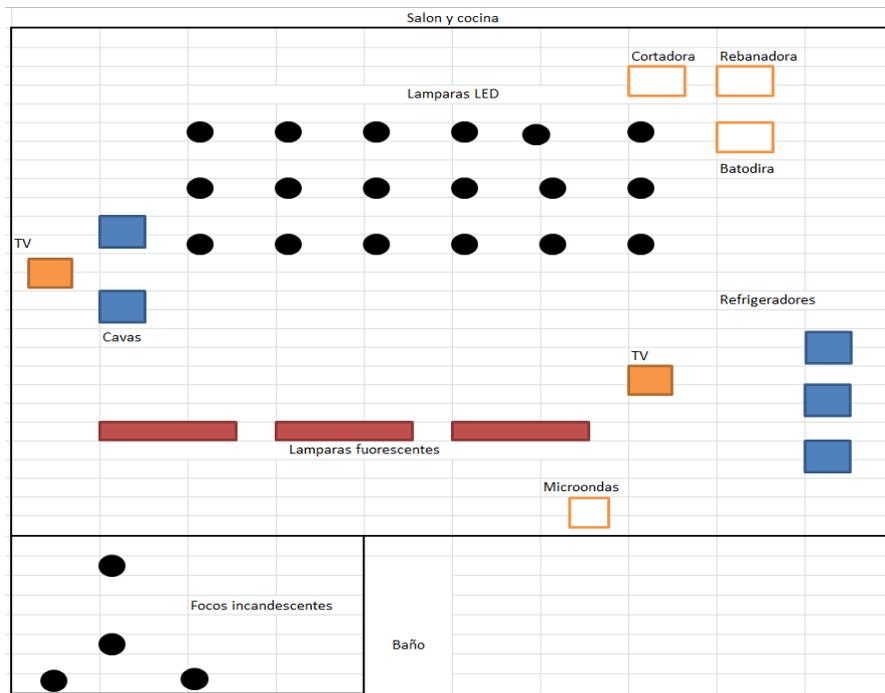


Figura 12. Ejemplo de dibujo de zonas

Posteriormente a eso, se proseguía a introducir los datos en la plantilla de Excel comenzando con la prueba de falla de la instalación y las mediciones en los equipos de mayor consumo. Este paso del análisis es muy importante debido a que aquí se puede encontrar una oportunidad de ahorro ya que se comparan los datos obtenidos del monitor de energía con los de la placa de datos del equipo eléctrico que está ubicada en el mismo dispositivo, pero si no se cuenta con esta, se busca en internet con la marca y modelo del aparato como ya se menciona con anterioridad.

Para identificar qué aparatos estaban fuera de rango se marcan con rojo y los que cumplan con las características nominales con verde, esto se hace para poder ubicarlos de una manera más fácil ya que una posible solución a implementar es cambiar equipos como se ve en la Figura 13.

ANÁLISIS DE INSTALACIONES								EQUIPOS DE MAYOR CONSUMO		
								EQUIPO	[A]	[W]
TIPO DE INSTALACIÓN	Restaurante	ELECTRICIDAD						Refrigerador 1	4.3	438
DIRECCIÓN		Medicion inicial fase 1 [A]	Medicion fase 2 [A]	Medicion fase 3 [A]	Medicion final (todo desconectado) fase 1 [A]	Medicion final (todo desconectado) fase 2 [A]	Medicion final (todo desconectado) fase 3 [A]	Refrigerador 2	3.6	597
FECHA	18/Febrero/2017	0.48	1.08	5.8	0	0	0	Refrigerador 3	2.8	371
HORA DE INICIO	12:00:00 p.m.							Horno de pan	15	1550
HORA DE TÉRMINO	13:10							Refrigerador de vino	1.42	111
# DE ZONAS	3							Microondas	8.35	1645

Figura 13. Análisis de instalaciones

Después se ingresan los datos obtenidos del levantamiento en la siguiente tabla que contiene las zonas, los aparatos eléctricos, sus características como: cantidad, potencia, marca, modelo; hábitos de consumo como horas de uso por día, días de uso por semana, kWh mensuales y bimestrales; además de mostrar qué aparato es el que consume más en cada zona como se ve en la Figura 14.

ZONA	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN PARTICULAR	CARACTERÍSTICAS			HABITOS DE CONSUMO				MAXIMO
			CANTIDAD	CORRIENTE POR CADA APARATO (A)	POTENCIA POR CADA APARATO (W)	HORAS DE USO POR DIA	DIAS DE USO POR SEMANA	KWH AL MES	KWH AL BIMESTRE	
Cocina	Refrigerador 1	Vendo	1.00	4.3	438.00	7.00	7.00	85.85	171.70	401.18
	Refrigerador 2	Mabe	1.00	3.6	597.00	12.00	7.00	200.59	401.18	
	Refrigerador 3	Metalfrío	1.00	2.8	355.60	7.00	7.00	69.70	139.40	
	Microondas	LG	1.00	8.35	1,645.00	1.00	6.00	39.48	78.96	
	Batidora		1.00		560.00	1.00	6.00	13.44	26.88	
	Rebanadora		1.00		670.00	1.00	6.00	16.08	32.16	
	Molino de café		1.00		400.00	1.00	6.00	9.60	19.20	
	Licuadaora		1.00		600.00	1.00	6.00	14.40	28.80	
	Lampara fluorescente		4.00		32.00	11.00	6.00	33.79	67.58	
	Horno de pan	Moffat limited	1.00	15	1,550.00	3.00	5.00	93.00	186.00	
	TOTAL		13.00		6,943.60			575.93	1,151.86	

Figura 14. Equipos de la zona 1

ZONA	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN PARTICULAR	CARACTERÍSTICAS			HABITOS DE CONSUMO			KWH AL BIMESTRE	MAXIMO
			CANTIDAD	CORRIENTE POR CADA APARATO (A)	POTENCIA POR CADA APARATO (W)	HORAS DE USO POR DIA	DIAS DE USO POR SEMANA	KWH AL MES		
Salón	Focos LED		18.00		5.00	2.00	6.00	4.32	8.64	100.80
	TV		2.00		210.00	5.00	6.00	50.40	100.80	
	Cavas		2.00	1.42	111.00	5.00	7.00	31.08	62.16	
	TOTAL		22.00		732.00			85.80	171.60	

Figura 15. Equipos zona 2

ZONA	ELEMENTO	DESCRIPCIÓN PARTICULAR	CARACTERÍSTICAS			HABITOS DE CONSUMO			KWH AL BIMESTRE	MAXIMO
			CANTIDAD	CORRIENTE POR CADA APARATO (A)	POTENCIA POR CADA APARATO (W)	HORAS DE USO POR DIA	DIAS DE USO POR SEMANA	KWH AL MES		
Baño	Focos incandescente 1		1.00		60.00	2.00	6.00	2.88	5.76	5.76
	Focos incandescentes 2		3.00		40.00	2.00	6.00	5.76	11.52	
	TOTAL		1.00		60.00			8.64	17.28	

Figura 16. Equipos zona 3

Como se mencionó anteriormente hay que tomar la medición de corriente y potencia principalmente de los equipos de mayor consumo porque ahí puede existir una oportunidad de ahorro significativa, en los demás aparatos se usa la potencia de su placa de datos para los cálculos pero si no contaba con tal se buscaba en internet. Existen ocasiones en las que en internet no aparece el dato de la potencia a la que trabaja el equipo, pero si la corriente, entonces en estos casos se calcula la potencia con la fórmula 1

Después de calcular la potencia o de tener el dato se usan las siguientes fórmulas que ya están en la plantilla de Excel para calcular los kWh mensuales y bimestrales:

La fórmula de kWh mensuales es prácticamente la fórmula 3 solo que en lugar del 8 que representa las semanas del bimestre, se usan las 4 que son las semanas al mes:

$$kWh_{Mensuales} = \frac{P \times \# \text{ de equipos} \times \text{horas de uso por dia} \times \text{dias de uso por semana} \times 4}{1000} \dots \dots \dots (9)$$

Formula del cálculo de kWh mensuales:

$$kWh_{Bimestrales} = kWh_{Mensuales} \times 2 \dots \dots \dots (10)$$

Tomando como ejemplo la Figura 14, el refrigerador 3 en la placa de datos no proporciona la potencia, solo la corriente con la que trabaja, así que con el monitor de energía se obtuvo ese dato, como el de los demás equipos críticos, pero para comprobar si ese dato es correcto use la fórmula 1 para obtener la potencia:

$$P = VI = 127(2.8) = 355.6 [W]$$

Al observar este dato calculado es casi el mismo que el del monitor cuyo dato arrojado es de 354.8 [W] con lo cual se procede a calcular los kWh mensuales usando la fórmula 9.

$$kWh_{Mensuales} = \frac{355.6 (1) (7)(7)(4)}{1000} = 69.70 [kWh]$$

Posteriormente con la fórmula 10 se calculan los kWh bimestrales que básicamente es multiplicar los kWh mensuales por 2.

$$kWh_{Bimestrales} = (69.70)2 = 139.40 [kWh]$$

También se calcula el total de potencia por cada aparato, representado en la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned}
 & \textit{Total potencia por cada aparato} \\
 & = ((\#de\ equipos\ 1\ x\ Potencia\ 1) + \dots \\
 & + (\#de\ equipos\ n\ x\ Potencia\ n)) \dots \dots \dots (11)
 \end{aligned}$$

Tomando como ejemplo la Figura 15 donde hay muchos aparatos se mostrara el uso de la fórmula 11 de la siguiente manera.

$$\textit{Total potencia por cada aparato} = ((18 * 5 [W]) + (2 * 210 [W]) + (2 * 111 [W])) = 732 [W]$$

Todo este proceso de cálculo se repite para todos los aparatos zona por zona incluyendo el apartado de aparatos vampiro, excepto la parte de calcular la potencia, esto se hace si el caso lo amerita, por ejemplo que no cuente con el dato de la potencia en la placa, no se haya tomado la medición con el monitor o para comparar con lo medido.

Aunado al análisis realizado hasta ahora, también se agrega un apartado en la planilla de Excel sobre aparatos vampiro los cuales aunque su consumo sea pequeño representan una cantidad importante de energía los cuales ya son identificados durante el levantamiento de datos y aunque pertenecen a diferentes zonas de la instalación analizada, todos se colocan en la tabla representada por la Figura 17. Algunos aparatos como televisiones, además de tener un consumo durante su uso, son aparatos vampiro y además de hacer su análisis en la zona que correspondan, también se hace en esta tabla, pero tomando en cuenta solo lo que consume en stand by. Es por eso que además de tomar datos de placa de la potencia en espera, se usa el monitor de energía para obtener los datos de corriente y potencia para determinar si están trabajando dentro de los valores nominales y realizar el análisis de los aparatos vampiro.

Aparatos vampiro								
ELEMENTO	CANTIDAD	POTENCIA EN ESPERA POR CADA APARATO (W)	HORAS SIN USO DIARIAS	HORAS DE USO DIARIAS	DIAS POR CADA SEMANA	KWH AL MES	KWH AL BIMESTRE	MAXIMO
Modem inalambrico	1.00	17	15	8	7	7.14	14.28	14.28
TV	2.00	3	19		7	3.19	6.384	
TOTAL	1.00	23.00			14.00	10.33	20.66	

Figura 17. Registro de aparatos vampiro

Después de ingresar todos los datos, se obtienen los totales, los cuales sirven para verificar si faltó algún aparato por ingresar, además de obtener cuál equipo eléctrico es el que consume más y en qué zona se encuentra, pero más importante aún, ayuda a verificar si el total de kWh bimestrales que se calculó es iguales o casi iguales a los kWh en promedio que se consumen donde no debe variar más del 15%. En dado caso que no cuadren se tiene que revisar que todos los datos se hayan ingresado de manera correcta porque posiblemente el usuario haya mentido u omitido algo en sus hábitos de consumo. Aunque si anteriormente se detectó una fuga, aquí se puede observar aproximadamente de cuánto se trata y qué tan grave es para posteriormente recomendar soluciones a dicho problema, como se muestra en las Figuras 18 y 19.

CONSUMO TOTAL	TOTAL DE EQUIPOS	POTENCIA [W]	TOTAL KWH AL MES	KWH AL BIMESTRE	MAXIMO GRAL	CONCEPTO	ZONA MAYOR CONSUMO
	40.00	7,878.60	680.70	1,361.40	401.18	Refrigerador 3	Cocina
					NOTA: REVISAR EL % DE DIFERENCIA DEL PROMEDIO DE KWH BIMESTRALES - LOS KWH OBTENIDOS DE LAS MEDICIONES		
SI ESTE PORCENTAJE ES MAYOR A UN 15%, REVISAR POSIBLES FUGAS, ERROR EN LOS HÁBITOS DE CONSUMO O ERROR AL METER LOS DATOS						0.2%	

Figura 18. Totales

KWH promedio bimestral	KWH promedio anuales
1364	8185
\$ 4,675.50	\$ 28,053.00

Figura 19. Promedios bimestrales y anuales

Estos datos de los promedios son obtenidos del perfil de consumo histórico y referenciados en el diagnóstico energético para poder comparar valores de una manera más fácil.

Los totales se calculan sumando el total de cada zona, hay que tener especial atención en el total de los kWh bimestrales ya que con estos se calcula cuanto consume al bimestre una pérdida eléctrica si es que existe con la ayuda de la fórmula 4.

También se usan los kWh bimestrales para ver si lo que se calculó cuadra con los kWh en promedio bimestrales, esto sirve para volver a checar todo ya que si se obtenía un 15% de diferencia posiblemente haya error al meter los datos, el usuario proporcione hábitos de consumo incorrectos, o se confirma que hay una pérdida eléctrica. Para calcular esto se utiliza la fórmula 8 pero usando los kWh calculados y los promedio bimestrales

$$\% \text{ diferencia en kWh} = \left(\left(\frac{\text{kWh bimestrales calculados}}{\text{kWh promedio bimestral}} \right) - 1 \right) * 100 = \left(\left(\frac{1367.44}{1364} \right) - 1 \right) * 100 = 0.25\% \dots \dots \dots (12)$$

Tomando como ejemplo la Figura 18 se observan que se descartan pérdidas y los errores antes mencionados ya que los kWh calculados son casi iguales a los kWh promedio bimestrales obtenido de los históricos.

3.3.6. Análisis de la instalación eléctrica.

Muchas ocasiones los usuarios comentan que tienen problemas con la instalación como sobrecalentamiento de los conductores o que las protecciones se activan cuando encienden 2 o más aparatos al mismo tiempo, lo que se sugiere es cambiar el calibre de los cables por uno mayor y de la misma manera con las protecciones, ya fuera fusibles o termomagnéticos, pero esta recomendación no es la más correcta, así que se decidió implementar cálculos y el uso de la Norma para instalaciones eléctricas, para obtener resultados correctos.

Siguiendo con el ejemplo del restaurante que se está usando para ejemplificar este informe. Este restaurante utiliza 5 circuitos derivados donde en la acometida se tienen 4 hilos, 3 fases y el neutro.

3.3.6.1. Cálculo de calibres, tubo conduit del medidor al interruptor principal, del interruptor principal al tablero de distribución.

Se verifica que los calibres de los alimentadores y tubos conduit que van desde el medidor hasta el interruptor principal, así como las protecciones de esta, cumplan con las especificaciones que CFE pide instale el usuario. Para este caso de una instalación en tarifa 2, los parámetros que solicita la compañía suministradora son los siguientes:

- Tuberías del medidor al interruptor principal de 1 ½ pulgada.
- Calibre de los alimentadores de 8 a 4 AWG.
- Protección en el interruptor principal termomagnético 3 polos 1 tiro o fusibles de cartucho de 100[A], 250[V].

Esta parte de la instalación cumple con los requerimientos necesarios ya que el calibre de los alimentadores es 4 AWG, las canalizaciones son de 1 ½ pulgada y los fusibles son de 100[A]. Además, estos cables llegan del interruptor principal al tablero de distribución, por lo cual está bien y sobrado.

- El tubo conduit que viene del medidor lleva 4 conductores por lo cual el cálculo es de la siguiente forma.

El área de un conductor de calibre 4 AWG, desnudo es de 21.2 [mm²], con el dato del calibre se busca en la tabla 10 el área con el aislamiento, en este caso es THW, dicho dato es de 62.77 [mm²]. Posteriormente se saca el área para los 4 conductores, las 3 fases y el neutro de la siguiente manera:

Area total = # de conductores x area de cada conductor con el aislante ... (13)

$$Area\ total = 4(62.77\ [mm^2]) = 251.08\ [mm^2]$$

Siguiendo la norma para el cálculo del tubo conduit metálico pesado (RMC), tabla 7 del anexo, en la columna para más de 2 conductores fr=40% el tubo conduit adecuado es el de $1\frac{1}{4}$ de pulgada cuya área total es de 984 [mm²] y con una área 394 [mm²] para el factor de relleno del 40%.

Si se presentara el caso en el que el calibre de los alimentadores que van de interruptor principal al tablero de distribución fuera diferente se tendría que hacer los cálculos para determinar si es el correcto, como se presenta a continuación.

- a) En primera instancia hay que calcular la corriente total de los equipos y luminarias que existen en la instalación, usando la fórmula de la corriente que se muestra a continuación donde se propone el valor del F.P. a 0.9, el total de la potencia de todos los equipo que es de 7,878.6 [W] que se ve en la figura 18.

Corriente para circuitos monofásicos:

$$I_n = \frac{W}{127 \times F.P.} \dots \dots \dots (14)$$

Corriente para circuitos bifásicos:

$$I_n = \frac{W}{2 \times 127 \times F.P.} \dots \dots \dots (15)$$

Corriente para circuitos trifásicos:

$$I_n = \frac{W}{3 \times 127 \times F.P.} \dots \dots \dots (16)$$

En este caso al ser una instalación con 3 fases y el neutro se utiliza la siguiente formula:

$$I_n = \frac{W}{3 \times 127 \times F.P.} = \frac{7,878.6[W]}{3(127)(0.9)} = 22.97 [A] \approx 23[A]$$

- b) Teniendo en cuenta que se tiene más de 4 conductores se tendrá que calcular la corriente corregida I_c usando la norma que es la tabla 6 en este escrito, el porcentaje de ajuste es de 80% y se calcula de la siguiente manera:

$$I_c = \frac{I_n}{F.A. \times F.T.} = \frac{23 [A]}{(0.8)(1)} = 28.75 [A] \approx 29[A] \dots \dots \dots (17)$$

Donde F.T. es el factor de temperatura cuyo valor es 1 para para una temperatura ambiente promedio de 30°C.

- c) Ahora con el uso de la norma, tabla 9 en este escrito se busca el calibre de los conductores de acuerdo a su ampacidad. El encargado del restaurante proporcionó la caja del conductor donde venían los datos como el material del aislante del conductor que es THW, con estos datos en la tabla mencionada y la corriente corregida se obtiene el calibre adecuado para esta instalación, en la tabla 9 que fue extraída de la norma, no existe un valor de 29 [A] pero si de 35, así que se escoge el de 35, siempre se usa el mayor inmediato al valor que tenemos.

El calibre del cable es 10 AWG.

- d) Ahora se calcula el tamaño del tubo conduit pesado como se puede observar en la figura 8, del interruptor principal al tablero de distribución pasan 6 cables debido a que del medidor al interruptor principal van 4 cables en el tubo conduit, el neutro se conecta en el tablero de distribución y los 3 de fase van hacia el interruptor, y de ahí vienen 3 de regreso al interruptor principal

En la tabla 10 se encuentra que el área para 1 conductor calibre 10 AWG con aislamiento THW es de 55.68 [mm²]

$$Area\ total = 6(55.68\ [mm^2]) = 334.08\ [mm^2]$$

No se tomó en cuenta el neutro por lo anterior mencionado ni el cable de tierra ya que este se ingresó a la instalación por otro lado.

Siguiendo la norma para el cálculo del tubo conduit metálico pesado (RMC), tabla 7 del anexo, en la columna para más de 2 conductores fr=40% el tubo conduit adecuado es el de $1\frac{1}{4}$ de pulgada cuya área total es de 984 [mm²] y con una área 394 [mm²] para el factor de relleno del 40%.

Estos hubiera sido los valores, pero como se usaron también en este tramo los que CFE pide esta correcto y sobrado. Cabe mencionar que la tabla 8 muestra el número máximo de cables que caben en cada tubería dependiendo el tamaño de esta y los calibres de los conductores para tener una mejor referencia y evitar errores.

Después de realizar los cálculos se observó que el tamaño de estos tubos conduit es el correcto en esta parte de la instalación.

3.3.6.2. Cálculo de las protecciones, conductor y electrodo de puesta a tierra y número de circuitos derivados.

Para el cálculo de todas las protecciones se considera que deben soportar como mínimo el 125% de la corriente nominal de su carga continua más el 100% de la corriente nominal de su carga no continua. Esto acorde al artículo 220-3 de la NOM-001, de igual manera se hace lo mismo con los motores donde la corriente se multiplica por 1.25.

$$I_f = I_n \times 1.25 \dots \dots \dots (18).$$

El restaurante cuenta con 7 circuitos derivados los cuales los circuitos 1, 2, 4 y 7 son de 20 [A] cuyo cable es calibre 12 AWG y los circuitos 3, 5 y 6 de calibre 10[AWG] de 30[A]. Para encontrar el valor de la corriente se usa la fórmula 14 ya que es todos los circuitos en la instalación y los equipos son monofásicos.

- Circuito 1. Focos LED e incandescentes
 - 18 focos LED de 5 [W]
 - 1 foco incandescente de 60 [W]
 - 3 focos incandescentes de 40 [W]

$$I_n = \frac{((18 * 5) + 60 + (3 * 40))}{127 * 0.9} = 2.36 [A]$$

$$I_f = 2.36 * 1.25 = 2.95 \approx 3 [A]$$

El valor de la protección termomagnética de 1 polo más cercana es de 15 [A]. Se colocó en el tablero una protección de 20[A].

- Circuito 2. Lámparas fluorescentes
 - 4 lámparas fluorescentes de 32[W]

$$I_n = \frac{4 * 32}{127 * 0.9} = 1.11 [A]$$

$$I_f = 1.11 * 1.25 = 1.38 \approx 1.4 [A]$$

De la misma manera que en el circuito 1 se usa un termomagnético de 1 polo de 15 [A]. Se colocó en el tablero una protección de 20[A].

Usando valores de la potencia en la figura 14 para los restantes circuitos derivados.

- Circuito 3. Horno de pan y rebanadora.

Horno de pan de 1550[W]

Rebanadora de 670[W]

$$I_n = \frac{(1,550 * 1.25) + 670}{127 * 0.9} = 22.81 \approx 23 [A]$$

$$I_f = 30 [A]$$

Se usa un termomagnético de 1 polo de 30 [A] ya que es el valor comercial siguiente a 23 [A].

- Circuito 4. Molino de café y batidora.

Molino de café de 600[W]

Batidora de 560[W]

$$I_n = \frac{400 + 560}{127 * 0.9} = 8.39 \approx 9 [A]$$

$$I_f = 9 * 1.25 = 11.25 \approx 15 [A]$$

Se usa un termomagnético de 1 polo de 15 [A]. Se colocó en el tablero una protección de 20[A].

- Circuito 5. Refrigeradores

Refrigerador 1 de 438[W]

Refrigerador 2 de 597[W]

Refrigerador 3 de 355 [W]

$$I_n = \frac{438 + 597 + 355}{127 \times 0.9} = 12.16 \approx 13 \text{ [A]}$$

$$I_f = 13 \times 1.25 = 16.25 \approx 20 \text{ [A]}$$

Se debería usar un termomagnético de 1 polo de 20 [A], aunque se colocó en el tablero de distribución un interruptor termomagnético de 30[A].

- Circuito 6. Cocina.
Microondas de 1645[W]
Licuadora de 600[W]

$$I_n = \frac{1,645 + 600}{127 \times 0.9} = 19.64 \approx 20 \text{ [A]}$$

$$I_f = 20 * 1.25 = 25 \approx 30 \text{ [A]}$$

Se usa un termomagnético de 1 polo de 30 [A].

- Circuito 7. TV's, cavas y demás circuitos
Dos TV's de 210[W]
Dos cavas de 111[W]

$$I_n = \frac{420 + 222}{127 \times 0.9} = 4.6 \approx 5 \text{ [A]}$$

$$I_f = 15 [A]$$

Se usa un termomagnético de 1 polo de 15 [A]. Se colocó en el tablero una protección de 20[A]

Para calcular el número de circuitos derivados se usa la formula número 19, se verifica si la cantidad de circuitos utilizados tanto para 20[A] como de 30[A] son de 20 [A] cuyo cable es calibre 12 AWG y de calibre 10[AWG] de 30[A].

$$\text{Número de circuitos} = \frac{\text{Carga total en watts}}{\text{Capacidad del circuito [A]} \times \text{Voltaje del circuito [V]}} \dots \dots \dots (19)$$

Para los circuitos 1, 2, 4 y 7:

$$\begin{aligned} \text{Número de circuitos} &= \frac{((18 * 5) + 60 + (3 * 40) + (4 * 32) + 400 + 560 + 420 + 222)}{20 * 127} \\ &= 0.787 \approx 1 \text{ circuito} \end{aligned}$$

En este caso está sobrada la cantidad de circuitos y podría reducirse a un solo circuito.

Para los circuitos 3, 5 y 6:

$$\begin{aligned} \text{Número de circuitos} &= \frac{1,550 + 670 + 438 + 597 + 355 + 1,645 + 600}{30 * 127} = 1.5 \\ &\approx 2 \text{ circuitos} \end{aligned}$$

La cantidad de circuitos para 30[A] esta sobrada ya que como se muestra el número de circuitos mínimo son 2 y podría reducirse.

➤ **Electrodo y conductor de puesta a tierra**

Existen diferentes maneras de poner un sistema de tierra las más comunes son por malla, placa, y electrodos en diferentes arreglos, pero el más usado en instalaciones en baja tensión es el de un solo electrodo enterrado. El valor de la resistencia de la varilla debe ser menor de $25[\Omega]$, un diámetro mínimo de 13 [mm] y un largo de 1.5 [m] por normativa. Pero la resistencia de esta varía cuando se encuentra enterrada en el suelo debido al tipo de terreno y composición, esto influye en la resistividad del terreno, este valor se obtiene de realizar mediciones en el suelo con ayuda de un instrumento llamado teluometro, pero sino se hacen estas mediciones, se pueden tomar los valores de la siguiente tabla:

Tabla No.3 Resistividad del suelo

Tipo de suelo	Abreviaturas	Resistividad promedio (Ω -m)	Resistencia de una varilla de 5/8 in (16mm) x 10ft (3m) [Ω]
Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	GW	600-1000	180-300
Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	GP	1000-2500	300-750
Gravas arcillosas grava pobremente graduada, mezclas de arena y arcilla	GC	200-400	60-120
Arenas limosas, mezclas de arenas y limo	SM	100-500	30-150
Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	SC	50-200	15-60
Arenas finas silvestres o arcillosas con ligera plasticidad	ML	30-80	9-24
Suelo arenoso o limoso fino, limoso elástico	MH	80-300	24-90
Arcillas de grava, arcillas arenosas, Arcillas limosas, arcillas magras	CL	25-60	17-18
Arcillas inorgánicas de alta plasticidad	CH	10-55	3-16

Nota. Fuente: (IEEE, 2007)

Para el cálculo de la resistencia de varilla puesta a tierra enterrada se usa la siguiente formula:

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{2L}{r}\right) \dots \dots \dots (20)$$

$\rho =$ Resistividad del terreno [$\Omega - m$]

$L =$ Longitud de la varilla [m]

$r =$ radio de la varilla [m]

En éste caso quien diseño la instalación había hecho un estudio de resistividad del terreno, que la persona encargada me proporciono, donde el valor es de 72 [$\Omega - m$].

La varilla usada es copperweld de 5/8 de pulgada y 3 metros de largo cuyo diámetro es de 15.88 [mm], teniendo un radio de 7.94 [mm] cuyo valor de resistencia de la varilla por norma es menor a 25 [Ω] ya que este tipo de electrodos son especiales para la puesta a tierra. El valor de la resistencia del electrodo en el terreno es el siguiente:

$$R = \frac{72 [\Omega - m]}{2\pi * 3 [m]} \ln\left(\frac{2 * 3 [m]}{7.94 * 10^{-3} [m]}\right) = 25.31 [\Omega]$$

Esta varilla tiene una resistencia pequeña y podría decirse que está dentro de lo normal cuando está enterrada , aunque de preferencia debería ser de un valor menor, para que la corriente de falla se vaya por ahí en caso de algún corto circuito.

El calibre del conductor de tierra se obtiene de la tabla 13, donde el tamaño depende del valor de los termomagnéticos. En este caso se tienen protecciones de 15, 20 y 30 [A], la persona que diseño la instalación, para economizar y de acuerdo a la norma el calibre elegido es 10 AWG para los termomagnéticos de 30 [A] y por lo tanto es adecuado e incluso sobrado para los demás.

Conductor calibre 10 AWG cuya área es de 5.26 [mm²].

- Para verificar si los tubos conduit de los circuitos derivados son los correctos se hacen los mismos cálculos que se realizaron para los calibres y el tubo conduit del interruptor principal y tablero de distribución:
 - a) El tubo conduit para los circuitos derivados de 3 cables, 2 de calibre 12 AWG y la tierra calibre 10 AWG.

Área de un cable 12 AWG aislante THW=11.68 [mm²]

Área de un cable 10 AWG desnudo=5.26 [mm²]

$$Area\ total = (11.68 * 2) + 5.26 = 28.62 [mm^2]$$

El tubo conduit elegido es de ½ de pulgada con un área con un área total interna de 204 [mm²] y un área de 81 [mm²] para más de 2 conductores con fr=40%

- b) El tubo conduit para los circuitos derivados de 2 cables, 1 de fase y uno de neutro calibre 12 AWG para los circuitos de las luminarias

Área de un cable 12 AWG aislante THW=11.68 [mm²]

$$Area\ total = (11.68 * 2) = 23.36 [mm^2]$$

El tubo conduit elegido es de ½ de pulgada con un área con un área total interna de 204 [mm²] y un área de 63 [mm²] para 2 conductores con fr=31%

- c) El tubo conduit para los circuitos derivados de 3 cables. Una fase, un neutro y un conductor de tierra, todos de calibre 10 AWG

Área de un cable 10 AWG aislante THW=55.68 [mm²]

Área de un cable 10 AWG desnudo=5.26 [mm²]

$$Area\ total = (55.68 * 2) + 5.26 = 116.62 [mm^2]$$

El tubo conduit elegido es de ¾ de pulgada con un área total interna de 353 [mm²] y un área 141 [mm²] para más de 2 conductores con fr=40%.

3.3.6.3. Desbalanceo de fases.

El desbalanceo se hace en instalaciones que tengan 3 fases para determinar que la carga que se demanda entre las fases no rebase el 5% ya que si pasa que alguna fase tenga más carga que otra, esta puede fallar y ocasionar un corto circuito. La fórmula que se utiliza es la mostrada en seguida, y es aplicada entre las fases de la siguiente: A-B, B-C y A-C; 1-2, 2-3, 1-3 para comprobar que no haya un desbalanceo de fases mayor al 5%.

$$\text{Desbalanceo de cargas} = \frac{\text{Carga mayor} - \text{Carga menor}}{\text{Carga mayor}} \times 100 \dots \dots \dots (21)$$

La carga en las 3 fases en el restaurante está distribuida de la siguiente manera:

Fase 1. Circuito 1 con carga de 270[W] y 3 con carga de 2,220[W]. Total de 2,490 [W]

Fase 2. Circuito 6 con carga de 2,245[W] y 7 con carga de 321[W]. Total de 2,566 [W]

Fase 3. Circuito 4 con carga de 960[W], 5 con carga de 1,390[W] y 2 con carga de 128[W]. Total de 2,478 [W].

$$\text{Desbalanceo } 1 - 2 = \frac{2,566 - 2,490}{2,566} \times 100 = 2.96\%$$

$$\text{Desbalanceo } 2 - 3 = \frac{2,566 - 2,478}{2,566} \times 100 = 3.42\%$$

$$\text{Desbalanceo } 1 - 3 = \frac{2,490 - 2,478}{2,490} \times 100 = 0.5\%$$

3.3.6.4. Calidad de la energía

La compañía suministradora tiene instalado en el restaurante 3 fases cuyo voltaje entre estas es de 220[V] pero como los circuitos son monofásicos la tensión debe ser aproximadamente de 127 [V]. Con los datos que se calcularon como el calibre de los conductores, tubos conduit, varilla de puesta a tierra, protecciones y desbalanceo de fases se puede decir que el lugar debe tener una calidad de energía adecuada debido a que los elementos calculados son iguales a los que se encuentran puestos en la instalación eléctrica. Esto se comprueba en las Figuras 20 y 21 donde se observan los valores de la tensión donde no superan el +/- 5%, además como se ve en el monitor de energía, debajo del valor de las tensiones, se muestra que la frecuencia de la onda es la correcta de 60 [Hz], ya que si se llegara a alterar este valor, los equipos eléctricos se dañarían, aunque es raro que se presenten variaciones muy grandes en la frecuencia..



Figura 20. Tensión en la instalación 1



Figura 21. Tensión en la instalación 2

Comprobando que no existen sobretensiones o bajas tensiones y usando la fórmula 8 se obtiene los valores de tolerancia de la tensión en la instalación eléctrica de la siguiente manera, teniendo en cuenta como el valor nominal los 127[V].

Para la figura 20.

$$\%Tolerancia = \left(\left(\frac{128.8[V]}{127[V]} \right) - 1 \right) * 100 = 1.42\% \text{ por encima del valor nominal}$$

Para la figura 21.

$$\%Tolerancia = \left(\left(\frac{124.1[V]}{127[V]} \right) - 1 \right) * 100 = -2.28\% \text{ por debajo del valor nominal}$$

Con lo que se comprueba que en la instalación no hay sobretensiones que dañen los equipos eléctricos, ni bajas tensiones que no permitan funcionar correctamente a los aparatos.

3.3.6.5. Factor de potencia

Factor de potencia se puede definir como el coseno del ángulo θ entre voltaje y corriente. También es un término usado para indicar la energía eléctrica útil que se convirtió en trabajo, siendo un indicador sobre el correcto aprovechamiento la electricidad, el valor del f.p. como también se le conoce al factor de potencia varia de 0 a 1.

Existen tres tipos de cargas, la primera, cuando la corriente y el voltaje están en fase se dice que es un circuito con carga puramente resistiva teniendo un f.p. igual a uno, teniendo un ángulo de 0° , cuando el voltaje y la corriente estén desfasados 90° atrasado, se trata de un circuito con carga reactiva inductiva, al contrario, si se encuentran desfasados 90° en adelanto, indica una carga reactiva capacitiva; estas dos ultimas tienen un factor de potencia igual a cero.

Como la misma definición lo indica el f.p. es la energía eléctrica que se utiliza convirtiéndose en energía, siendo la relación entre la potencia activa P y la potencia aparente S, donde la potencia reactiva Q ya sea que este adelantada o atrasada indica si es predominantemente capacitiva o inductiva, observando que no siempre existirán cargas puramente resistivas, inductivas o capacitivas, donde el f.p. quedaría expresado de la siguiente forma:

$$f.p. = \frac{P}{S} = \cos\theta \dots \dots \dots (22)$$

La potencia activa, representa la potencia útil y aprovechada que es expresada en Watts [W].

$$P = VI \cos \theta \dots \dots \dots (23)$$

La potencia reactiva, no produce ningún trabajo, pero es útil para la generación del campo magnético, es generado por motores, transformadores, lámparas fluorescentes y aparatos electrónicos. Esta Expresada en Volts-Amperes Reactivos [VAR].

$$Q = VI \sin \theta \dots \dots \dots (24)$$

La potencia aparente que vendría siendo la suma vectorial de las potencias tanto activa como reactiva, expresada en Volts-Amperes [VA].

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = VI \dots \dots \dots (25)$$

Estas expresiones se representan en el llamado triángulo de potencias de la siguiente manera:

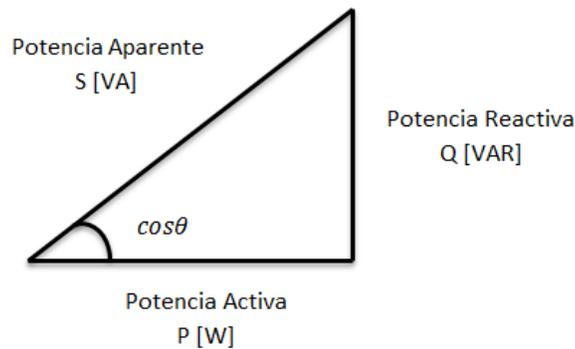


Figura 22. Triángulo de Potencias

Como se puede observar en el triángulo de potencias se observa la relación entre la potencia real y la potencia total consumida por las cargas.

El valor óptimo del factor de potencia debería ser 1, pero debido a los diferentes tipos de cargas este valor es imposible, a pesar de ello se debe mantener un f.p. arriba de 0.9 ya que la CFE bonifica cuando se tiene un f.p. igual mayor a ese valor y penaliza cuando es menor.

$$\text{Bonificación} = \frac{1}{4} \left[1 - \left(\frac{90}{f.p.} \right) \right] * 100 \dots \dots \dots (26)$$

$$\text{Penalización} = \frac{3}{5} \left[1 - \left(\frac{90}{f.p.} \right) \right] * 100 \dots \dots \dots (27)$$

El bajo factor de potencia se origina por un exceso en carga inductiva debido a:

- Un número grande de motores en el sitio.
- Uso excesivo de equipos de aire acondicionado y refrigeración.
- Mala instalación eléctrica y equipos dañados.

Cabe mencionar que la CFE en su facturación, no bonifica o penaliza, el buen o mal factor de potencia que llegue a presentarse en las instalaciones de usuarios en baja tensión, eso solo aplica para media y alta tensión. Aun así es importante realizar un estudio de f.p. con un analizador de potencias durante un lapso de tiempo para determinar si se tiene un factor de potencia adecuado, y en caso contrario corregirse para evitar que con el tiempo se dañe la instalación. El siguiente ejemplo es un caso especial donde el f.p. es casi el mismo durante todo el día debido al equipo de aire acondicionado y bombas de agua que se encuentran funcionando gran parte del día.

Un centro comercial que tiene un factor de potencia de 0.8 debido a que sus equipos de aire acondicionado y motores son muy viejos presentará los siguientes problemas:

- Un mayor consumo de corriente.
- Caídas de tensión.

- Desgaste de los conductores y sistemas de protección
- Sobrecargas en los transformadores.
- Aumento en las pérdidas de los conductores por efecto Joule.
- Mayor consumo y pago por la energía eléctrica.

La penalización será la siguiente:

$$\text{Penalización} = \frac{3}{5} \left[1 - \left(\frac{90}{80} \right) \right] * 100 = 7.5\%$$

Este porcentaje se le añadirá a la factura debido a que cuando la potencia reactiva inductiva es elevada por bajo factor de potencia los sistemas de generación se ven forzados a trabajar más por la mayor demanda de corriente debido a que no es una potencia que realice un trabajo útil.

En el momento en que se corrija el factor de potencia los problemas enunciados anteriormente serán solucionados, aumentará la vida útil de la instalación, y lo más importante se reducirá el costo de la facturación eléctrica.

Se busca corregir su f.p. a 0.95 colocando capacitores en paralelo, a continuación se muestra como se soluciona encontrando el valor de la capacitancia que se debe instalar para corregir el f.p. de 0.8., donde se tiene una carga de 10[kW] y todos los aparatos eléctricos son monofásicos que funcionan a 127 [V].

Primero se calculan las potencias aparente y reactiva con el f.p. de 0.8

Usando la fórmula 20:

$$S = \frac{P}{f.p.} = \frac{10[kW]}{0.8} = 12.5[kVA]$$

Para calcular la potencia reactiva se usa la fórmula 25:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(12.5[kVA])^2 - (10[kW])^2} = 7.5[kVAr]$$

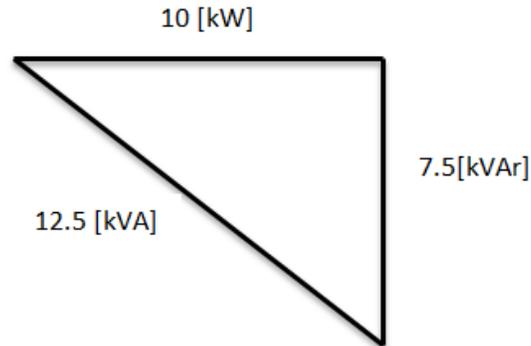


Figura 23. Triángulo de Potencias Inicial

Se realiza el mismo procedimiento para calcular las potencias aparente y reactiva para un $f.p.=0.95$.

$$S = \frac{P}{F.P.} = \frac{10[kW]}{0.95} = 10.5[kVA]$$

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{(10.5[kVA])^2 - (10[kW])^2} = 3.2[kVAr]$$

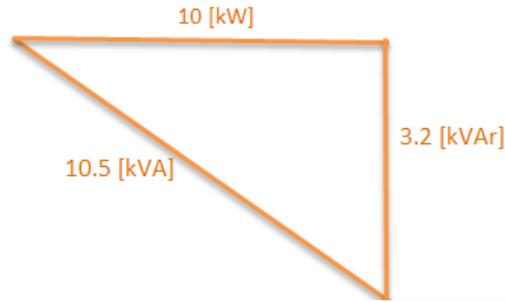


Figura 24. Triángulo de Potencias Final.

Se procede a restar la potencia reactiva inicial menos la final.

$$Q_c = Q_{inicial} - Q_{final} \dots \dots \dots (28)$$

$$Q_c = 7.5 - 3.2 = 4.3 [kVAr]$$

Se utiliza el resultado de la resta debido a que es la potencia reactiva que debe compensarse para que pase de 7.5 [kVAr] cuyo f.p. es de 0.8 a 3.2 [kVAr] con f.p.=0.95.

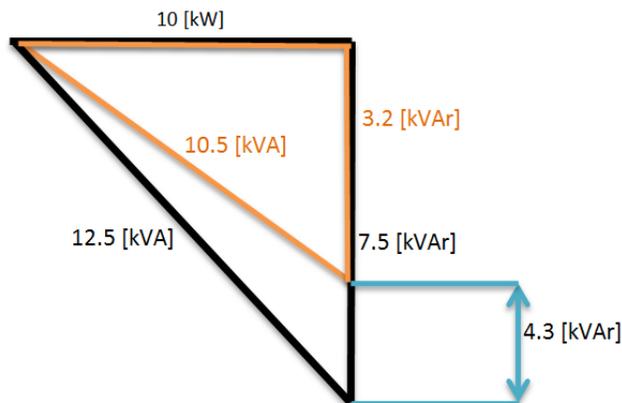


Figura 25. Triángulo de Potencias Corregido

Con el valor de la diferencia entre las potencias reactivas y el dato de la tensión a la que la instalación y los equipos funcionan, se obtiene la impedancia capacitiva usando la fórmula 29, posteriormente con ese resultado y usando la frecuencia de operación cuyo dato

siempre será de 60 [Hz], se aplica la fórmula 30 para poder encontrar el valor del capacitor que corregirá el factor de potencia, como se muestra a continuación:

$$X_c = \frac{V^2}{Q_c} \dots \dots \dots (29)$$

$$C = \frac{1}{2\pi f X_c} \dots \dots \dots (30)$$

Dónde:

$V =$ Tensión

$X_c =$ Impedancia capacitiva

$f =$ Frecuencia 60 [Hz]

$C =$ Capacitancia

$$X_c = \frac{(127)^2}{4.3 [kVAr]} = 3.75[k\Omega]$$

El valor del capacitor para corregir el f.p. es:

$$C = \frac{1}{2\pi(60[Hz])(3.75[k\Omega])} = 707.35[nF]$$

Con esto la bonificación en la facturación será la siguiente:

$$\text{Bonificación} = \frac{1}{4} \left[1 - \left(\frac{90}{95} \right) \right] * 100 = 1.26\%$$

Si el pago bimestral del lugar es de \$20,000, y si no se ha corregido el f.p. de 0.8, tomando en cuenta que la penalización es de 7.5%, el pago sería:

$$\text{\$ } \textit{final penalizado} = (1.075 * \$) \dots \dots \dots (31)$$

$$\text{\$ } \textit{final penalizado} = (1.075 * 20,000) = \$21,500$$

El pago cuando se corrija el factor de potencia a 0.95, la bonificación será de 1.26% y el pago sería de:

$$\text{\$ } \textit{final bonificado} = \$ - (0.0126 * \$) \dots \dots \dots (32)$$

$$\text{\$ } \textit{final penalizado} = 20,000 - (0.0126 * 20,000) = \$19,748$$

Por lo tanto, aparte de los beneficios técnicos al corregir el f.p., también económicamente conviene, ya que como se puede observar se hace un descuento en el pago por el uso de la energía lo contrario cuando se tiene un mal factor de potencia.

3.3.6.6. Diagrama unifilar

Por último se dibuja en AutoCAD el diagrama unifilar de la instalación eléctrica para una mejor visualización de los circuitos derivados y que alimentan.

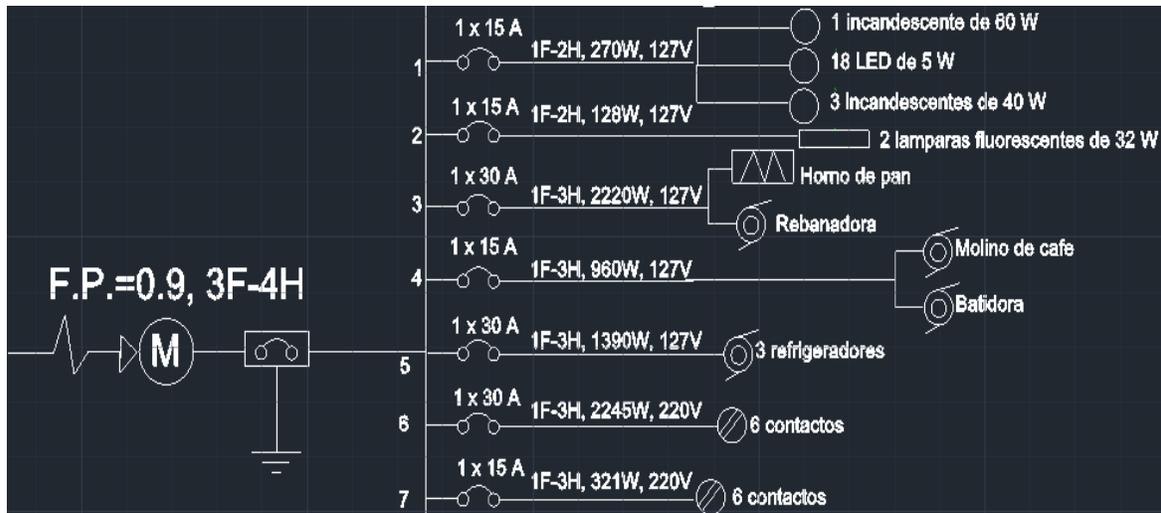


Figura 26. Diagrama unifilar

Capítulo 4. Oportunidades de ahorro y soluciones

4.1. Identificación de oportunidades de ahorro. Propuestas de soluciones técnicas, de hábitos de consumo y el costo de éstas.

La observación es una herramienta muy importante para identificar oportunidades de ahorro, ya que de primera mano permite reconocer los problemas que hay en la instalación por ejemplo cables salidos, chalupas sin tapa, cables pelados, así como la antigüedad de los equipos, el uso que se le dan, en qué zona se concentra el mayor número de equipos, etc. Todo esto se identifica durante el levantamiento de datos, ya que hay que tomar nota de cualquier problema que se observe o que el usuario indique.

Para proponer soluciones, ya sea de hábitos de consumo y/o técnicas hay que tener en cuenta que cada instalación donde se realiza la auditoria es diferente, donde cada usuario usa de diferente manera sus equipos. Pero aun así hay manera de proponer las soluciones debido a que hay ciertos comportamientos similares.

a) Propuestas de soluciones de hábitos de consumo

En este punto del análisis al conocer los hábitos de consumo del usuario en sus equipos, se les recomienda disminuir el número de horas o días de uso de determinado aparato dependiendo si esto se puede llevar a cabo, ya que hay dispositivos eléctricos que están en continuo funcionamiento como los refrigeradores, pero hay otros como las luminarias, equipos de entretenimiento. Que pueden disminuirse en su uso para obtener un ahorro en el consumo.

b) Propuestas de soluciones técnicas

Después de analizar los datos obtenidos del análisis y posibles fallas que pueda presentar la instalación, se proponen las siguientes soluciones:

1. Cambio de aparatos eléctricos viejos por nuevos. En casos donde se sugiera cambio de algún equipo eléctrico es debido a lo que a continuación se menciona:
 - 1.1. Al momento de comparar los datos obtenidos por el monitor de energía, con los valores nominales que se encuentran en la placa de datos del aparato eléctrico; si los primeros son mucho mayores a los segundos sugiere cambio de equipo ya que está consumiendo más de lo que debe.

También se lleva a cabo este procedimiento con las lecturas de los equipos en modo stand by. Se compara lo medido con lo que hay en la placa de especificaciones, o con los datos que hay tanto en la tabla 4 teniendo en cuenta el tiempo de vida y en el que operan en este modo los aparatos. Para determinar si funcionan de una manera correcta.

Tabla No.4 Consumo de aparatos eléctricos en modo espera

Aparato	Potencia en espera [W]	Horas de uso al día	Horas sin uso al día	Horas sin uso al mes	Consumo mensual [kWh]
Decodificador digital	17	6	18	547.20	9.3
Computadora	14.1	8	16	486.40	6.9
Modem inalámbrico	6.2	8	16	486.40	3
Microondas	4	1	23	699.20	2.8
DVD	3,8	2	22	668.8	2.5
Televisor analógico	3.8	6	18	547.20	2.1
Minicomponente	2.7	3	21	638.40	1.7
Pantalla LCD	3	6	18	547.20	1.6
Consola de videojuegos	1.9	2	22	668.8	1.3
Impresora	2.5	8	16	486.4	1.2

Nota. Fuente: PROFECO-CONUEE, 2014

- 1.2. El aparato es muy viejo. Se sugiere cambio por un equipo nuevo que este d con sello FIDE que indica un buen consumo de energía eléctrica, el aparato se escoge de características similares al que se quiere desechar y éste se busca en la página del FIDE donde arroja un catálogo de marcas y modelos de aparatos eficientes a elegir.

Hay que tener en cuenta el hecho que el cambio de equipo se realiza por otro casi igual con las mismas o similares características, se sugiere también que los aparatos nuevos cuenten con la etiqueta de eficiencia energética donde se muestra la NOM vigente bajo la cual están sujetos, tal es el caso de refrigeradores, calentadores, lavadoras, equipos de aire acondicionado, etc. El cambio por equipos nuevos puede ser por alguno de la misma potencia o menor que los viejos, dependiendo de las características y necesidades de los usuarios.

2. Instalación de ahorradores de energía en aparatos que usen un motor para funcionar como lavadoras, secadores, refrigeradores. Púlsar llevo a cabo un estudio sobre qué tanto podían ahorrar de energía estos llamados ahorradores haciendo un análisis en motores de diferentes potencias. Observando que se puede tener una disminución considerable, estos dispositivos ahorradores se conectan en una barra de contactos junto con el equipo eléctrico para que de esta manera hubiera una conexión en paralelo que pueda ayudar a disminuir el consumo.

3. Mantenimiento a la instalación eléctrica. Para poder determinar en parte de la instalación se debía dar mantenimiento como cambiar cintas de aislar, colocar la tapa a las chالupas, acomodar cables, etc. Se debía tener identificado previamente el problema y en qué zona del lugar se encontraba para que se pudiera corregir. Además que proponía la corrección a las pérdidas eléctricas si es que había y el ahorro en consumo al corregir dicho problema. Todo esto junto con el análisis a la instalación que se mostró con anterioridad.

4. Cambio de luminarias. Esta propuesta de cambio es de las más recurrentes ya que en los lugares en los que se han realizado auditorias, hay usuarios que aun utilizan bombillas incandescentes, focos fluorescentes, halógenos, lámparas fluorescentes y demás luminarias que no son de tecnología LED representando una gran oportunidad de ahorro debido que la iluminación LED es mucho más eficiente que cualquier otra tecnología para alumbrado debido a que a pesar de consumir menos energía tiene un nivel de iluminación igual o mejor, además que la vida útil de dichas luminarias es muy larga comparándola con cualquier otro tipo de iluminación. El cambio de cualquier tipo de luminarias a LED se lleva a cabo usando la siguiente tabla de equivalencias hecha por la empresa:

Tabla No. 5 Tabla de equivalencias de luminarias

Potencia LED	Bombilla incandescente	Halógenos	Foco ahorrador fluorescente	Tubo fluorescente
2		10	6	
3		20	8	
5		25	11	
6		30	12	12
7		35	14	14
9		60	15	18
10		70	18	20
12		80	20	25
13		90	25	28
15		100	30	32
18		140	40	36
20		150	50	44
25		200	60	58
30		250	70	70
35		300	80	
50		400	90	
80		600	100	
100		750	150	
120		800	200	
150		900	250	

Nota. Fuente: (Púlsar, 2017)

Ademas al momento de elegir las luminaria se sugieren luminarias que se encuentren en el catálogo de luminarias que cuenten con el sello FIDE.

Muchas veces las especificaciones que el fabricante proporcionaba en el empaque del producto eran de gran ayuda, debido a que con la información obtenida ya no era necesario buscar equivalencias sino que muestra el valor de la luminaria incandescente equivalente a la que pertenece y era más fácil su elección.

Aunado a todo esto, para determinar qué tipo de luminaria se debe escoger hay que identificar la temperatura de su color ya que dependiendo de esto, se usan en diferentes zonas dependiendo de los tres tipos de colores:

- Luz cálida con temperaturas de color entre 2800K y 3500K se recomienda en hogares, específicamente en dormitorios y salas de estar.
- Luz neutra o pura cuyo rango va entre los 3800K y 4500K se dice que es la luz más natural y se puede usar en cualquier espacio.

- Luz fría tiene temperaturas arriba de los 5000K es usado en lugares de trabajo, cocinas y baños.

c) Costo de las soluciones

Después de haber determinado qué soluciones se pueden implementar en el lugar procedía a ingresarlos en la tabla de la Figura 27, donde se calculaban cuántos kWh ahorra al bimestre, año y los porcentajes de ahorro, además algo muy importante que es cuánto costará cada solución tomando en cuenta, tanto material como mano de obra.

Soluciones						
Solución	KWH al bimestre nuevos	KWH ahorrados al bimestre	KWH ahorrados al año	% de ahorro del equipo	% de ahorro del total anual	Costo de la solución
Cambio de refrigerador 2 por uno nuevo que no sea de uso domestico	224.11	177.07	1,062.43	-44%	12.98%	\$ 20,000.00
Cambiar los 4 focos incandescentes de la zona del baño por LED de luz cálida de 9W	3.46	13.82	82.94	-80%	1.01%	\$ 400.00
Cambiar las 4 lamparas fluorescentes por lamparas LED T8 de 20 W en la cocina	42.24	25.34	152.06	-38%	1.86%	\$ 920.00
Colocar ahorrador de energia en el mismo contacto que el refrigerador 1 con ahorro de 5% del equipo	163.11	8.58	51.51	-5%	0.63%	\$ 350.00
Colocar ahorrador de energia en el mismo contacto que el refrigerador 3 con ahorro de 5% de equipo	132.43	6.97	41.82	-5%	0.51%	\$ 350.00
Reducir una hora el uso de las 2 TV's	80.64	20.16	120.96	-20%	1.48%	\$ -

Figura 27. Soluciones

Los cálculos en esta parte del análisis son de los más importantes debido a que indican el ahorro en kWh y el costo de las soluciones las formulas usadas son las siguientes

Cuando se cambia un equipo por uno nuevo de menor potencia o se propone reducción en el número de horas, días o cantidad del mismo equipo, se usa la siguiente formula que es prácticamente igual que la fórmula 9 con la única diferencia que aquí ya se toma en cuenta las 8 semanas del bimestre.

$$kWh_{Bimestrales\ nuevos} = \frac{P \times \# \text{ de equipos} \times \text{horas de uso por día} \times \text{días de uso por semana} \times 8}{1000} \dots \dots \dots (33)$$

La fórmula usada cuando se conecta un ahorrador de energía a aparatos que utilicen motor como refrigeradores, lavadoras o secadoras reducen un 5% aproximadamente su consumo, esta conclusión se llevó a cabo después de realizar diversas pruebas ayudadas del laboratorio de circuitos eléctricos de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Se usa la fórmula 10 multiplicado por 0.95 que representa el 5% de disminución de la siguiente manera:

$$kWh_{Bimestrales\ nuevos} = kWh_{Bimestrales} (0.95) \dots \dots \dots (34)$$

Para calcular los kWh ahorrados por la solución implementada se usa la siguiente fórmula:

$$kWh_{ahorrados\ al\ bimestre} = kWh_{Bimestrales} - kWh_{Bimestrales\ nuevos} \dots \dots \dots (35)$$

El cálculo de los kWh ahorrados al año simplemente se multiplica los kWh ahorrados al bimestre por 6 ya que en un año existen 6 bimestres, esta fórmula se usa en todos los cálculos que se requiera saber el dato en un año.

$$kWh_{ahorrados\ al\ año} = kWh_{ahorrados\ al\ bimestre} (6) \dots \dots \dots (36)$$

Para calcular los porcentajes de ahorro del equipo se usa la fórmula 8 y 12 que prácticamente son las mismas.

$$\% = \left(\left(\frac{\text{Dato nuevo}}{\text{Dato anterior o viejo}} \right) - 1 \right) * 100 \dots \dots \dots (37)$$

Para el % de ahorro del total anual se usan los kWh promedio anuales y los kWh ahorrados al año:

$$\% \text{ de ahorro del total anual} = \left(\left(\frac{\text{kWh ahorrados al año}}{\text{kWh promedio anuales}} \right) - 1 \right) * 100 \dots \dots \dots (38)$$

El costo de las soluciones propuestas se determina buscando cuánto cuesta el elemento a cambiar añadiéndole la mano de obra. Con las formulas anteriormente mencionadas los valores de la Figura 27 se calculan de la siguiente manera, utilizando de la misma manera kWh de las Figuras 14-16.

- a) Cambio de refrigerador 2 por uno nuevo que no sea de uso domestico

La nueva potencia será de 333.5 [W] y los demás datos serán los mismos que los del refrigerador 2 de la Figura 14.

$$kWh_{\text{Bimestrales nuevos}} = \frac{(333.5)(1)(12)(7)(8)}{1000} = 224.11[kWh]$$

Usando el valor de la Figura 14 de los kWh bimestrales de 401.18 [kWh] se calculan los kWh ahorrados al bimestre.

$$kWh_{\text{ahorrados al bimestre}} = 401.18 - 224.11 = 177.07 \text{ [kWh]}$$

Se calculan los kWh ahorrados al año.

$$kWh_{\text{ahorrados al año}} = 177.07(6) = 1,062.43 \text{ [kWh]}$$

$$\% \text{ de ahorro del equipo} = \left(\left(\frac{224.11}{401.18} \right) - 1 \right) * 100 = -44\%.$$

El signo negativo indica que hubo un decremento que se traduce en un ahorro.

$$\% \text{ de ahorro del total anual} = \left(\left(\frac{1,062.43}{8,185} \right) - 1 \right) * 100 = 12.98\%$$

- b) Cambiar los 4 focos incandescentes de la zona del baño por LED de luz cálida de 9W.

Para este cálculo en el baño a pesar de existir focos de diferente potencia el usuario pidió que todos fueran de la misma potencia, así que sumando los datos de la Figura 16 de ambos tipos de focos.

$$kWh_{Bimestrales\ nuevos} = \left(\frac{(9)(1)(2)(6)(8)}{1000} \right) + \left(\frac{(9)(3)(2)(6)(8)}{1000} \right) = 3.46 [kWh]$$

Se van a sumar los 2 valores de los kWh bimestrales de la Figura 16.

$$kWh_{ahorrados\ al\ bimestre} = (5.76 + 11.52) - 3.46 = 13.82 [kWh]$$

$$kWh_{ahorrados\ al\ año} = 13.82(6) = 82.94 [kWh]$$

$$\% \text{ de ahorro del equipo} = \left(\left(\frac{3.46}{(5.76+11.52)} \right) - 1 \right) * 100 = -80\%.$$

$$\% \text{ de ahorro del total anual} = \left(\left(\frac{82.94}{8,185} \right) - 1 \right) * 100 = 1.01\%$$

- c) Cambiar las 4 lámparas fluorescentes por lámparas LED T8 de 20 W en la cocina
Se usan los datos de las Figuras 14 y 27.

$$kWh_{\text{Bimestrales nuevos}} = \left(\frac{(20)(4)(11)(6)(8)}{1000} \right) = 42.24 \text{ [kWh]}$$

$$kWh_{\text{ahorrados al bimestre}} = 67.58 - 42.24 = 25.34 \text{ [kWh]}$$

$$kWh_{\text{ahorrados al año}} = 25.34(6) = 152.06 \text{ [kWh]}$$

$$\% \text{ de ahorro del equipo} = \left(\left(\frac{42.24}{67.58} \right) - 1 \right) * 100 = -38\%.$$

$$\% \text{ de ahorro del total anual} = \left(\left(\frac{152.06}{8,185} \right) - 1 \right) * 100 = 1.86\%$$

- d) Colocar ahorrador de energía en el mismo contacto que el refrigerador 1 con ahorro de 5% del equipo.

Se usan los datos de las figuras 14 y 27.

$$kWh_{\text{Bimestrales nuevos}} = 171.7(0.95) = 163.11 \text{ [kWh]}$$

$$kWh_{\text{ahorrados al bimestre}} = 171.70 - 163.11 = 8.58 \text{ [kWh]}$$

$$kWh_{\text{ahorrados al año}} = 8.58(6) = 51.51 \text{ [kWh]}$$

$$\% \text{ de ahorro del equipo} = \left(\left(\frac{163.11}{171.70} \right) - 1 \right) * 100 = -5\%$$

$$\% \text{ de ahorro del total anual} = \left(\left(\frac{51.51}{8,185} \right) - 1 \right) * 100 = 0.63\%$$

- e) Colocar ahorrador de energía en el mismo contacto que el refrigerador 3 con ahorro de 5% de equipo.

Se usan los datos de las figuras 14 y 27.

$$kWh_{\text{Bimestrales nuevos}} = 139.4(0.95) = 132.43 \text{ [kWh]}$$

$$kWh_{\text{ahorrados al bimestre}} = 139.4 - 132.43 = 6.97 \text{ [kWh]}$$

$$kWh_{\text{ahorrados al año}} = 6.97(6) = 41.82 \text{ [kWh]}$$

$$\% \text{ de ahorro del equipo} = \left(\left(\frac{132.43}{139.4} \right) - 1 \right) * 100 = -5\%$$

$$\% \text{ de ahorro del total anual} = \left(\left(\frac{41.82}{8,185} \right) - 1 \right) * 100 = 0.51\%$$

- f) Reducir una hora el uso de las 2 TV's

Se usan los datos de las figuras 15 y 27.

$$kWh_{\text{Bimestrales nuevos}} = \frac{(210)(2)(4)(6)(8)}{1000} = 80.64 \text{ [kWh]}$$

$$kWh_{\text{ahorrados al bimestre}} = 100.8 - 80.64 = 20.16 \text{ [kWh]}$$

$$kWh_{\text{ahorrados al año}} = 20.16(6) = 120.96 \text{ [kWh]}$$

$$\% \text{ de ahorro del equipo} = \left(\left(\frac{80.64}{100.8} \right) - 1 \right) * 100 = -20\%$$

$$\% \text{ de ahorro del total anual} = \left(\left(\frac{120.96}{8,185} \right) - 1 \right) * 100 = 1.48\%$$

4.2. Estimación de reducción en el consumo y el pago con las acciones de ahorro de energía.

Como se puede observar en la tabla de la Figura 27, cada acción que se pueda implementar significa una reducción en el consumo de energía eléctrica, esta reducción se puede observar en la columna que dice kWh ahorrados al bimestre. La suma de todos los kWh ahorrados de todas las soluciones sugeridas se le restan al promedio de kWh consumidos bimestralmente, siempre y cuando los datos cuadren con la cantidad calculada. En base al resultado de la resta lo que se procede a hacer era calcular cuánto iba a pagar el cliente bimestralmente con el ahorro.

Debido al alza en los precios de las tarifas eléctricas, se usa los costos en el día que realizaba el análisis, calculaba cuánto pagaría bimestralmente utilizando los kWh en promedio al bimestre como los de la Figura 19, para posteriormente calcular el precio que

pagaría con las implementaciones de ahorro. Tener estos 2 valores sirve para restar el costo con el ahorro, al costo sin el ahorro, y así obtener cuánto dinero al bimestre se estaba ahorrando.

Dependiendo de la tarifa es que se realizaba el análisis para estimar el pago y ahorro con las implementaciones aplicadas ya sea tarifa 1, DAC o 2.

En las Figuras 28 y 29 los kWh el ahorro total bimestral es la suma de los kWh ahorrados al bimestre.

$$kWh_{ahorro\ total\ bimestral} = kWh_{ahorrados\ al\ bimestre\ 1} + kWh_{ahorrados\ al\ bimestre\ 2} + \dots + kWh_{ahorrados\ al\ bimestre\ n} \dots \dots \dots (39)$$

$$kWh_{ahorro\ total\ bimestral} = 177.07 + 13.82 + 25.34 + 8.58 + 6.97 + 20.16 = 251.95 [kWh]$$

En el caso de la Figura 28 se muestra como se obtiene el pago en tarifa 2 que es el caso del ejemplo ilustrativo del restaurante analizado y se calcula de la siguiente manera:

Bimestral						Anual				
Consumo total bimestral	Consumo total con el ahorro (KWh) bimestral	KWh ahorro total bimestral	% ahorro total bimestral	Pago \$ bimestral	Ahorro \$ bimestral	Consumo total KWh al año	Consumo total con el ahorro (KWh) al año	KWh ahorro total al año	Pago \$ al año	Ahorro \$ al año
1364	1,112.13	251.95	18.47	\$ 4,747	\$ 1,072	8,184.50	6,672.77	1,511.73	\$ 28,483.80	\$ 6,433.97
			Pago hoy 29/03/2017	\$ 5,820						

Figura 28. Pago bimestral con las implementaciones para usuarios no domésticos

$$\begin{aligned}
 & \text{Pago \$ como usuario de tarifa 2 bimestral} \\
 & = ((\$ \text{ por los primeros } 100 \text{ kWh} * 100\text{kWh}) \\
 & + (\$ \text{ por los siguientes } 100 \text{ kWh} * 100\text{kWh}) \\
 & + (\$ \text{ por cada kWh adicional} * \text{kWh excedentes})) \\
 & + 16\% \dots \dots \dots (40)
 \end{aligned}$$

Tomando en cuenta el precio de las tarifas para esa fecha, el cálculo queda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Pago \$ como usuario de tarifa 2 bimestral} = & \left((100 * 2.783) + (100 * 3.356) + \right. \\ & \left. (912.13 * 3.669) + (66 * 2) \right) + \left(16\% * \left((100 * 2.783) + (100 * 3.356) + (912.13 * \right. \right. \\ & \left. \left. 3.669) + (66 * 2) \right) \right) = \$4,747 \end{aligned}$$

Para obtener el ahorro \$ bimestral se saca el pago por los kWh consumidos sin las implementaciones usando el precio de la tarifa para esa fecha y se le resta los kWh consumidos con el ahorro de las implementaciones.

Ahorro \$ bimestral

= *Pago sin implementaciones*

– *Pago con implementaciones* (41)

$$\text{Ahorro \$ bimestral} = \$5,820 - \$4,747 = \$1,072$$

El ahorro bimestral es igual a la fórmula 35.

$$\% \text{ ahorro total bimestral} = \left(\left(\frac{\text{Dato nuevo}}{\text{Dato anterior o viejo}} \right) - 1 \right) * 100$$

$$\% \text{ ahorro total bimestral} = \left(\left(\frac{1,112.13 \text{ [kWh]}}{1,364 \text{ [kWh]}} \right) - 1 \right) * 100 = -18.47\% = 18.47\%$$

Como ya se había mencionado el signo negativo significa un decremento que se traduce en ahorro. Para encontrar los datos al año se multiplican por 6 como antes también se mencionó.

Si en este caso en lugar de restaurante fuera una casa se usaría las siguientes fórmulas para calcular el ahorro y pago como se ve en las Figuras 28 y 29.

Pago \$ como usuario de tarifa 1 bimestral

$$\begin{aligned} &= ((150 \text{ kWh} * \$ \text{ por los primeros } 150 \text{ kWh}) \\ &+ (130 \text{ kWh} * \$ \text{ por los siguientes } 130 \text{ kWh}) \\ &+ (\text{kWh adicionales} * \$ \text{ por kWh adicionales})) \\ &+ 16\% \dots \dots \dots (42) \end{aligned}$$

Pago \$ como usuario de tarifa DAC bimestral

$$\begin{aligned} &= ((\text{kWh}) * \text{Cargo por energía consumida}) + (\text{Cargo fijo} * 2) \\ &+ 16\% \dots \dots \dots (43) \end{aligned}$$

Bimestral							
Consumo total bimestral	Consumo total con el ahorro (KWh) bimestral	KWh ahorro total bimestral	% ahorro total bimestral	Pago \$ como usuario basico bimestral	Pago \$ si continua en tarifa DAC bimestral	Ahorro \$ como usuario basico bimestral	Ahorro \$ si continua en tarifa DAC bimestral
1,364.08	1,112.13	251.95	18.47	\$ 2,987	\$ 5,785	\$ 4,059	\$ 1,261
				Pago hoy 29/03/2017	\$ 7,046		

Figura 29. Pago bimestral con las implementaciones para usuarios domésticos.

El cálculo es muy parecido al de la tarifa 2 solo que en primera instancia la mayoría de los análisis en casa/depto. Se encontraban en tarifa DAC así que se calcula el pago con y sin implementaciones, posteriormente los ahorros tanto en DAC como en tarifa 1, esto último se hace si se logra bajar el consumo de 500 kWh bimestrales. Esto debido a que después de 6 bimestres donde no exceda este límite pasa a tarifa 1.

$$\text{Pago \$ como usuario de tarifa 1 bimestral} = ((150 * 0.793) + (0.956 * 130) + (832.13 * 2.802)) + (16\% * ((150 * 0.793) + (0.956 * 130) + (832.13 * 2.802))) = \$2,987$$

$$\begin{aligned} \text{Pago \$ como usuario de tarifa DAC bimestral} &= \\ &= ((1112.13 * 4.315) + 188.34) + (16\% * ((1112.13 * 4.315) + 188.34)) \\ &= \$5,785 \end{aligned}$$

Se calcula el ahorro tanto en tarifa DAC y como usuario básico.

$$\begin{aligned} \text{Pago \$ como usuario de tarifa DAC bimestral sin implmentaciones} &= \\ &= ((1364.08 * 4.315) + 188.34) + (16\% * ((1364.08 * 4.315) + 188.34)) \\ &= \$7,046 \end{aligned}$$

$$\text{Ahorro \$ bimestral DAC} = \$7,046 - \$5,785 = \$1,261$$

$$\text{Ahorro \$ bimestral tarifa 1} = \$7,046 - \$2,987 = \$4,095$$

$$\% \text{ ahorro total bimetral} = (((1,112.13 [kWh]) / (1,364 [kWh])) - 1) * 100$$

$$= -18.47\% = 18.47$$

Anual						
Consumo total kWh al años	Consumo total con el ahorro (KWh) al año	KWh ahorro total al año	Pago \$ como usuario basico al año	Pago \$ si continua en tarifa DAC al año	Ahorro \$ como usuario basico al año	Ahorro \$ si continua en tarifa DAC al año
8,184.50	6,672.77	1,511.73	\$ 17,920.99	\$ 34,710.74	\$ 24,356.55	\$ 7,566.80

Figura 30. Pago anual con las implementaciones para usuarios domésticos.

Lo que seguía en el análisis era llenar la siguiente tabla usando los datos del cuadro de la Figura 27 donde dependiendo de qué tan grande es el porcentaje de reducción se clasifican en verdes, amarillos y rojos, en los que se dan dos opciones a implementar: 1) llevar a cabo las soluciones verdes y amarillas o 2) todas. En ambas opciones se pone cuánto sería el costo en ambos casos y el tiempo en el retorno de inversión que tendría dependiendo de cuánto dinero se esté ahorrando bimestralmente.

Propuestas	Tipo	Precio	% reducción aproximado	OPCIÓN 1 SOLUCIONES VERDES Y AMARILLAS		OPCIÓN 2 TODAS LAS SOLUCIONES	
				Precio	% ahorro	Precio	% ahorro
Colocar ahorrador de energía en el mismo contacto que el refrigerador 1	Técnico	\$ 350.00	0.63%				
Colocar ahorrador de energía en el mismo contacto que el refrigerador 3	Técnico	\$ 350.00	0.53%	\$ 2,020.00	5.51%	\$ 22,020.00	18.49%
Cambiar los 4 focos incandescentes de la zona del baño por LED de luz cálida de 9W	Técnico	\$ 400.00	1.01%	RETORNO DE INVERSIÓN		RETORNO DE INVERSIÓN	
Reducir una hora el uso de las 2 TV's	Habito	\$ -	1.48%	Meses	Años	Meses	Años
Cambiar las 4 lamparas fluorescentes por lamparas LED T8 de 20 W	Técnico	\$ 920.00	1.86%	4	0.3	41	3.4
Cambio de refrigerador 2 por uno nuevo que no sea domestico	Técnico	\$20,000.00	12.98%				

Figura 31. Implementaciones y costo.

El porcentaje de ahorro y el precio se obtienen realizando sumas. El retorno de inversión en meses y al año se calcula de la siguiente forma:

Retorno de inversión en meses

$$= \frac{(\text{Precio de las soluciones})(12)}{\text{Ahorro \$ al año}} \dots \dots \dots (44)$$

Retorno de inversión en años

$$= \frac{\text{Retorno de inversión en meses}}{12} \dots \dots \dots (45)$$

Calculando los valores de la Figura 31 se realizan de la siguiente manera:

- Opción 1, soluciones verdes y amarillas.

$$\text{Precio} = 350 + 350 + 400 + 920 = \$2,020$$

$$\% \text{ ahorro} = 0.63\% + 0.53\% + 1.01\% + 1.48\% + 1.86\% = 5.51\%$$

$$\text{Retorno de inversión en meses} = \frac{(\$2,020)(12)}{\$6,433.97} = 3.76 \approx 4 \text{ meses}$$

$$\text{Retorno de inversión en años} = \frac{4}{12} = 0.3 \text{ años}$$

- Opción 2, todas las soluciones:

$$\text{Precio} = 350 + 350 + 400 + 920 + 20000 = \$22,020$$

$$\% \text{ ahorro} = 0.63\% + 0.53\% + 1.01\% + 1.48\% + 1.86\% + 12.98\% = 18.49\%$$

$$\text{Retorno de inversión en meses} = \frac{(\$22,020)(12)}{\$6,433.97} = 41 \text{ meses}$$

$$\text{Retorno de inversión en años} = \frac{41}{12} = 3.4 \text{ años}$$

4.3. Resultados y reportes de ahorro de energía

Por último se realiza el reporte que se le entrega a los usuarios y contiene la siguiente información:

- El tipo de lugar a analizar, tarifa, numero de hilos.
- Historial de consumo eléctrico de por lo menos un año donde se incluye la Gráfica 1 y si la tendencia va a la alta o a la baja.
- Ahorro anual en pesos.
- Propuestas de soluciones, si se encontraron fugas.
- Número de zonas y equipos de mayor consumo.
- La tabla de las soluciones verdes, amarillas y rojas, así como las dos propuestas y el retorno de inversión que se muestran en la Figura 32.

El usuario al revisar el reporte que se le entrega y decide cuáles soluciones implementar considerando su economía, ya sea solucionándolo por su parte o acudiendo a la empresa para hacerlo.

El análisis del restaurante es un ejemplo de lo que se lleva a cabo en una Auditoria Energética donde se muestra como los procedimientos han ido mejorando para entregar mejores resultados.

Conclusiones

El trabajo que he desempeñado dentro de Púlsar ha sido muy benéfico en mi formación debido a que he trabajado tanto en oficina como en campo, lo cual me ha ayudado a tener una mejor perspectiva y conocimiento de lo que como ingenieros podemos llegar a desarrollar y hacer en ambos campos de trabajo.

La UNAM me aportó el conocimiento que me han ayudado a realizar mis actividades de acuerdo a los puestos en los que he ejercido en el tiempo que llevo en Púlsar, pero la experiencia que he ganado me ha ayudado a tener una formación como ingeniero que en mi vida como estudiante no conocía.

Debido al aprendizaje que he tenido en la empresa he logrado desarrollar aptitudes que han contribuido a mejorar varios aspectos en los cuales no era muy hábil. Además del rápido aprendizaje que tuve, pude cumplir de manera exitosa todas las auditorías energéticas que estuvieron a mi cargo y llegué a realizar, entregando resultados correctos, lo cual representa la satisfacción del cliente hacia la empresa y de la empresa hacia mi persona. Con lo cual se cumplen los objetivos de la empresa al realizar auditorías energéticas de una manera rápida que arrojan resultados correctos y viables para contribuir a un ahorro que ayude al bolsillo de los usuarios.

Además pude ser partícipe del estudio para determinar qué ahorradores de energía son los mejores dependiendo de la potencia del motor y principalmente propuse usar los kWh promedio sacando el costo de éstos dependiendo la tarifa para restarle los kWh con el ahorro implementado y determinar el ahorro en pesos.

Laborar en esta empresa me permitió conocer de una manera más cercana la importancia que tiene el ahorro y el correcto uso de la energía eléctrica, no sólo en lo económico debido al aumento en el pago de las tarifas, sino también en lo ambiental ya que se reduce la emisión de gases contaminantes producidos por la quema de combustibles para la generación de la energía eléctrica.

Anexos

Tabla No.6 Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

Número de conductores	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19) de la norma, ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

Nota. Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas, 2012

Tabla No.7 Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit pesado RMC

Artículo 344 Tubo conduit metálico pesado (RMC)							
Designación métrica	Tamaño comercial	Diámetro interno	100% del área total	60% del área total	Un conductor fr = 53%	Dos conductores fr=31%	Más de 2 conductores fr = 40%
		mm	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²	mm ²
12							
16	½	16.10	204	122	108	63	81
21	¾	21.20	353	212	187	109	141
27	1	27.00	573	344	303	177	229
35	1 ¼	35.40	984	591	522	305	394
41	1 ½	41.20	1333	800	707	413	533
53	2	52.90	2198	1319	1165	681	879
63	2 ½	63.20	3137	1882	1663	972	1255
78	3	78.50	4840	2904	2565	1500	1936
91	3 ½	90.70	6461	3877	3424	2003	2584
103	4	102.90	8316	4990	4408	2578	3326
129	5	128.90	13050	7830	6916	4045	5220
155	6	154.80	18821	11292	9975	5834	7528

Nota. Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas, 2012

Tabla No.8 Número máximo de conductores o alambres para aparatos en tubo conduit metálico rígido RMC

			CONDUCTORES											
Tipo	Tamaño o designación		Designación métrica (Tamaño comercial)											
	mm2	AWG o kcmil	16 (½)	21 (¾)	27 (1)	35 (1¼)	41 (1½)	53 (2)	63 (2½)	78 (3)	91 (3½)	103 (4)	129 (5)	155 (6)
RHH, RHW, RHW-2	8.37	14	3	5	9	17	23	39	56	88	118	153	243	349
	13.3	12	2	4	7	14	19	32	46	73	98	127	202	290
	21.2	10	1	3	6	11	15	26	37	59	79	103	163	234
	26.7	8	1	1	3	6	8	13	19	31	41	54	85	122
	33.6	6	1	1	2	4	6	11	16	24	33	43	68	98
	42.4	4	1	1	1	3	5	8	12	19	26	33	53	77
	53.5	3	0	1	1	3	4	7	11	17	23	29	47	67
	67.4	2	0	1	1	3	4	6	9	14	20	25	41	58
	85.0	1	0	1	1	1	2	4	6	9	13	17	27	38
	107	1/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	15	23	33
	127	2/0	0	0	1	1	1	3	4	7	10	13	20	29
	152	3/0	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	177	4/0	0	0	0	1	1	2	3	5	7	9	15	21
	127	250	0	0	0	1	1	1	2	4	5	7	11	16
	152	300	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6	10	14
	177	350	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5	9	13
	203	400	0	0	0	0	1	1	1	3	4	5	8	12
	253	500	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	7	10
	304	600	0	0	0	0	0	1	1	1	3	3	6	8
	355	700	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	5	7
	380	750	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	5	7
	405	800	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	7
	507	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4	5
	633	1250	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4
	760	1500	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4
	887	1750	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3
	1013	2000	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3
TW	8.37	14	6	11	20	35	49	82	118	185	250	324	514	736
	13.3	12	5	9	15	27	38	63	91	142	192	248	394	565
	21.2	10	3	6	11	20	28	47	67	106	143	185	294	421
	26.7	8	1	3	6	11	15	26	37	59	79	103	163	234
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	8.37	14	4	8	13	23	32	55	79	123	166	215	341	490
	13.3	12	3	6	10	19	26	44	63	99	133	173	274	394
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW	21.2	10	2	5	8	15	20	34	49	77	104	135	214	307
RHH*, RHW*, RHW-2*, THHW, THW, THW-2	26.7	8	1	3	5	9	12	20	29	46	62	81	128	184

RHH*, RHW*, RHW-2*, TW, THW, THHW, THW-2	13.3	6	1	1	3	7	9	16	22	35	48	62	98	141
	21.2	4	1	1	3	5	7	12	17	26	35	46	73	105
	26.7	3	1	1	2	4	6	10	14	22	30	39	63	90
	33.6	2	1	1	1	3	5	8	12	19	26	33	53	77
	42.4	1	0	1	1	2	3	6	8	13	18	23	37	54
	53.5	1/0	0	1	1	1	3	5	7	11	15	20	32	46
	67.4	2/0	0	1	1	1	2	4	6	10	13	17	27	39
	85.0	3/0	0	0	1	1	1	3	5	8	11	14	23	33
	107	4/0	0	0	1	1	1	3	4	7	9			

Nota. Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas, 2012. Fragmento

Tabla No.9 Ampacidades permisibles en conductores aislados

Tamaño o designación		Temperatura nominal del conductor					
		60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
mm2	AWG o kcmil	TIPOS TW, UF	TIPOS RHW, THHW, THHW-LS, THW, THW-LS, THWN, XHHW, USE, ZW	TIPOS TBS, SA, SIS, FEP, FEPB, MI, RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, THWN-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2	TIPOS UF	TIPOS RHW, XHHW, USE	TIPOS SA, SIS, RHH, RHW-2, USE-2, XHH, XHHW, XHHW-2, ZW-2
		COBRE			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE		
0.824	18 ^{AWG}	-	-	14	-	-	-
1.31	16 ^{AWG}	-	-	18	-	-	-
2.08	14 ^{AWG}	15	20	25	-	-	-
3.31	12 ^{AWG}	20	25	30	-	-	-
5.26	10 ^{AWG}	30	35	40	-	-	-
8.37	8	40	50	55	-	-	-
13.3	6	55	65	75	40	50	55
21.2	4	70	85	95	55	65	75
26.7	3	85	100	115	65	75	85
33.6	2	95	115	130	75	90	100
42.4	1	110	130	145	85	100	115
53.49	1/0	125	150	170	100	120	135
67.43	2/0	145	175	195	115	135	150
85.01	3/0	165	200	225	130	155	175
107.2	4/0	195	230	260	150	180	205
127	250	215	255	290	170	205	230
152	300	240	285	320	195	230	260
177	350	260	310	350	210	250	280
203	400	280	335	380	225	270	305
253	500	320	380	430	260	310	350
304	600	350	420	475	285	340	385
355	700	385	460	520	315	375	425

380	750	400	475	535	320	385	435
405	800	410	490	555	330	395	445
456	900	435	520	585	355	425	480
507	1000	455	545	615	375	445	500
633	1250	495	590	665	405	485	545
760	1500	525	625	705	435	520	585
887	1750	545	650	735	455	545	615
1013	2000	555	665	750	470	560	630

Nota. Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas, 2012

Tabla No.10 Dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos

Tipo	Tamaño		Diámetro aproximado	Área aproximada
	mm ²	AWG o kcmil	mm	mm ²
Tipo: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF				
RFH-2, FFH-2	0.824	18	3.454	9.355
	1.31	16	3.759	11.10
RHH, RHW, RHW-2	2.08	14	4.902	18.9
	3.31	12	5.385	22.77
	5.26	10	5.994	28.19
	6.63	8	8.28	53.87
	8.37	6	9.246	67.16
	21.2	4	10.46	86
	26.7	3	11.18	98.13
	33.6	2	11.99	112.9
	42.4	1	14.78	171.6
	53.5	1/0	15.8	196.1
	67.4	2/0	16.97	226.1
	85.0	3/0	18.29	262.7
	107	4/0	19.76	306.7
	127	250	22.73	405.9
	152	300	24.13	457.3
	177	350	25.43	507.7
	203	400	26.62	556.5
	253	500	28.78	650.5
	304	600	31.57	782.9
	355	700	33.38	874.9
380	750	34.24	920.8	
405	800	35.05	965	
456	900	36.68	1057	
507	1000	38.15	1143	
633	1250	43.92	1515	
760	1500	47.04	1738	
887	1750	49.94	1959	

	1013	2000	52.63	2175
SF-2, SFF-2	0.824	18	3.073	7.419
	1.31	16	3.378	8.968
	2.08	14	3.759	11.10
SF-1, SFF-1	0.824	18	2.311	4.194
RFH-1, XF, XFF	0.824	18	2.692	5.161
TF, TFF, XF,XFF	1.31	16	2.997	7.032
TW, XF, XFF, THHW, THW, THW-2	2.08	14	3.378	8.968
TW,THHW, THW,THW- 2	3.31	12	3.861	11.68
	5.26	10	4.470	55.68
	6.63	8	5.994	28.19
RHH*, RHW*, RHW-2*	2.08	14	4.140	13.48
RHH*, RHW*, RHW- 2*, XF, XFF	3.31	12	4.623	16.67

Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, RHH, RHW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN2, XF, XFF

RHH*, RHW*, RHW- 2*, XF, XFF	5.26	10	5.232	21.48
RHH*, RHW*, RHW-2*	6.63	8	6.756	35.87
TW,THW,THHW,THW- 2,RHH*,RHW*,RHW-2*	8.37	6	7.722	46.84
	21.2	4	8.941	62.77
	26.7	3	9.652	73.16
	33.6	2	10.46	86.00
	42.4	1	12.50	122.60
	53.5	1/0	13.51	143.40
	67.4	2/0	14.68	169.30
	85.0	3/0	16.00	201.10
	107	4/0	17.48	239.90
	127	250	19.43	296.50
	152	300	20.83	340.70
	177	350	22.12	384.40
	203	400	23.32	427.00
	253	500	25.48	509.70
	304	600	28.27	627.7
	355	700	30.07	710.3
380	750	30.94	751.7	
405	800	31.75	791.7	
456	900	33.38	874.9	

	507	1000	34.85	953.8
	633	1250	39.09	1200
	760	1500	42.21	1400
	887	1750	45.1	1598
	1013	2000	47.80	1795

Nota. Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas, 2012. Fragmento

Tabla No.11 *Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos*

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	-	-
20	3.31	12	-	-
60	5.26	10	-	-
100	8.37	8	-	-
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

Nota. Fuente: NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas, 2012

Bibliografía

- Almendra, A., Miranda, A., & Peralta, L. (s.f.). *Auditoría energética a edificios laborales de la SEZGO-CFE en México*. Veracruz.
- Becerril L., D. (2002). *Instalaciones eléctricas prácticas* (Doceava ed.). Ciudad de México, México.
- Blog de CEMAER. (s.f.). Recuperado el 4 de Febrero de 2017, de <http://www.gstriatum.com/energiasolar/blog/2010/03/31/etiqueta-de-eficiencia-energetica/>
- Carpio, J., Míguez, J., Guirado, R., & del Valle-Inclán, J. L. (2013). *Alimentación de cargas críticas y calidad de la energía eléctrica*. Madrid, España: UNED.
- CFE. (s.f.). *Ahorro de energía*. Recuperado el 8 de Febrero de 2017, de http://www.cfe.gob.mx/casa/4_Informacionalcliente/Paginas/Ahorro-de-Energia.aspx
- CFE. (s.f.). *Clientes*. Recuperado el 28 de Febrero de 2017, de http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/Estadisticas/Paginas/clientes.aspx
- CFE. (s.f.). *Para contratar*. Recuperado el 22 de Marzo de 2017, de http://www.cfe.gob.mx/negocio/4_Informacionalcliente/Paginas/Para-contratar.aspx
- Contreras López, K. G., & Franco Franco, N. (Junio de 2014). *Curso de ahorro de energía en el espacio familiar*. Ciudad de México, México: Gerencia de capacitación.
- CONUEE. (s.f.). Recuperado el 4 de Abril de 2017, de <https://www.gob.mx/conuee>
- Energía a debate*. (s.f.). Recuperado el 7 de Abril de 2017, de <https://www.energiaadebate.com/auditorias-energeticas-paso-obligado-hacia-la-sostenibilidad/>
- Enríquez Harper, G. (1998). *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*. Ciudad de México, México: Limusa.
- Enríquez Harper, G. (1998). *El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales* (Decimocuarta ed.). Ciudad de México, México: Limusa.
- Enríquez Harper, G. (2004). *El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión* (Segunda ed.). Ciudad de México, México: Limusa.
- Enriquez Harper, G. (2009). *La calidad de la energía en los sistemas eléctricos*. Ciudad de México, México: Limusa.
- Faradayos Tecnología Eléctrica*. (2015). Recuperado el 3 de Mayo de 2017, de <http://faradayos.blogspot.mx/2014/02/tipos-circuitos-derivados-calculos-clasificacion.html>

- Fideicomiso para el Ahorro de Energia Electrica.* (23 de Febrero de 2017). Obtenido de http://www.fide.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=289&Itemid=270
- IEEE. (2007). *IEEE Std 142-2007 Green book. Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems.* New york, USA: IEEE.
- Indicadores de Eficiencia Energetica en México. (2011). Recuperado el 14 de Marzo de 2017, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/85305/Bibliograf_a_6.pdf
- Marchais, J.-J. (2011). *Generando ahorros permanentes con soluciones de eficiencia energetica activa.* Chile: Schneider Electric.
- NOM-004-ENER-2014. Eficiencia energética para el conjunto motor-bomba, para bombeo de agua limpia de uso doméstico, en potencias de 0,180 kW (¼ HP) hasta 0,750 kW (1 HP). Límites, métodos de prueba y etiquetado. (2014). México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 4 de Febrero de 2017, de http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5361894
- NOM-011-ENER-2006. Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo central, paquete o dividido. Límites, métodos de prueba y etiquetado. (2006). México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 13 de Abril de 2017, de http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/2464/SENER_2_22062007/SENER_2_22062007.htm
- NOM-015-ENER-2012. Eficiencia energética de refrigeradores y congeladores electrodomésticos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. (2012). México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 4 de Abril de 2017, de <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4646/sener/sener.htm>
- NOM-032-ENER-2013. Límites máximos de potencia eléctrica para equipos y aparatos que demandan energía en espera. Métodos de prueba y etiquetado.* (27 de Enero de 2017). Obtenido de i) NOM-032-ENER-2013. Límites máximos de potencia eléctrica para equipos y aparatos que demandan energía en espera. Métodos de prueba y etiquetado.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones Eléctricas. (2012). Ciudad de México, México: Diario Oficial de la Federacion . Recuperado el 29 de Abril de 2017, de <http://dof.gob.mx/index.php?year=2012&month=11&day=29>
- NORMA Oficial Mexicana NOM-005-ENER-2016. Eficiencia energética de lavadoras de ropa electrodomésticas. Límites, métodos de prueba y etiquetado. (15 de Noviembre de 2016). México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5460980&fecha=15/11/2016

NORMA Oficial Mexicana NOM-022-ENER/SCFI-2014, Eficiencia energética y requisitos de seguridad al usuario para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos. Límites, métodos de prueba y etiquetado. (27 de Noviembre de 2014). Diario Oficial de la Federación.

Recuperado el 6 de Febrero de 2017, de

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5372759&fecha=27/11/2014

NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. (30 de Diciembre de 2008). México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 4 de Febrero de 2017, de

<http://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/normatividad/normas/Nom-025.pdf>

NORMA Oficial Mexicana NOM-026-ENER-2015, Eficiencia energética en acondicionadores de aire tipo dividido (Inverter) con flujo de refrigerante variable, descarga libre y sin ductos de aire. Límites, métodos de prueba y etiquetado. (2015). Diario Oficial de la Federación.

Recuperado el 5 de Marzo de 2017, de

http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5424751&fecha=09/02/2016

NORMA Oficial Mexicana NOM-030-ENER-2016. Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba. (17 de Enero de 2017). México: Diario Oficial de la Federación. Recuperado el 26 de Marzo de 2017, de

<http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/183748/NOM-030-ENER-2016.pdf>

PROFECO-CONUEE. (2014). Vampiros energeticos. La espera consume mucha luz. *Revista del consumidor*, 49.

Púlsar. (2017). *Manual para el levantamiento de datos*. Ciudad de México, México: Púlsar.

Rimaluz S.L. Iluminacion. (s.f.). *Rimaluz S.L. Iluminacion*. Recuperado el 2 de Marzo de 2017, de

http://rimaluz.com/niv_vivienda.html

Schneider Electric. (s.f.). Auditorias Energeticas. Recuperado el 22 de Febrero de 2017, de

http://energy.schneideruniversities.com/content/lessons/323/Spanish_Energy_Audits_6x/SCORM.htm

Viakon. (2013). Recuperado el 2 de Mayo de 2017, de

<http://www.viakon.com/pdf/categorias/24.pdf>

Volani- Lighting Designs. (s.f.). Recuperado el 23 de Marzo de 2017, de <http://www.volani-designs.com/home-es/>

Xataka Smart Home. (s.f.). Recuperado el 1 de Abril de 2017, de

<https://www.xatakahome.com/iluminacion-y-energia/como-elegir-la-bombilla-led-correcta-para-cada-necesidad-especial-iluminacion-led>

REFERENCIAS

- [1] Contreras López & Franco Franco, 2014.
- [2] Contreras López & Franco Franco, 2014.
- [3] Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica, 2017.
- [4] Indicadores de Eficiencia Energética en México, 2011.
- [5] CONUEE.