



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Aplicación y Uso de Innovaciones y
Desarrollos Tecnológicos, hacia una
Cultura para la Sustentabilidad, INBA-
Sustentable**

INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico Electrónico

P R E S E N T A

Luis Alberto Fernández Mendoza

ASESORA DE INFORME

Dra. Manuela Azucena Escobedo Izquierdo



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2019

INDICE

<i>Listado de tablas</i>	3
<i>Listado de fórmulas</i>	4
<i>Listado de ilustraciones</i>	4
<i>Listado de gráficos</i>	4
1 Objetivo	6
2 Antecedentes	6
2.1 <i>Descripción del proyecto</i>	6
3 Evaluación energética y Calidad de la Energía	7
3.1 <i>Diagnósticos energéticos</i>	7
3.2 <i>Calidad de la energía</i>	8
3.3 <i>Disturbios en los sistemas eléctricos</i>	10
3.4 <i>Parámetros eléctricos: Tensión, Corriente y Armónicos</i>	11
4 Normatividad (parámetros y límites permisibles)	13
4.1 <i>Normatividad utilizada en el Diagnóstico Energético</i>	13
4.2 <i>Manual sobre la gestión de la Energía e ISO 50001</i>	13
4.3 <i>Normatividad para Calidad de la Energía</i>	14
4.4 <i>IEEE-1159</i>	15
4.5 <i>CFE L0000-45</i>	18
5 Esquema metodológico Calidad de la Energía	18
5.1 <i>Caso de estudio</i>	18
5.2 <i>Situación de las instalaciones medidas</i>	19
5.3 <i>Análisis de parámetros eléctricos</i>	20
6 Esquema metodológico Diagnóstico Energético	32
6.1 <i>Matriz Energética</i>	33
6.2 <i>Usos finales</i>	35
6.3 <i>Análisis de facturación</i>	37
6.4 <i>Análisis de medición eléctrica</i>	38
6.5 <i>Indicadores Energéticos</i>	42
6.6 <i>Potenciales detectados en el Diagnóstico</i>	44
7 Propuestas, comparativo y discusiones	46
7.1 <i>Propuestas para ahorro de energía</i>	46
7.2 <i>Propuestas para problemas de calidad de la energía</i>	51

7.3	<i>Disturbios eléctricos encontrados en medición eléctrica</i>	52
7.4	<i>Comparativo con las normas</i>	52
8	<i>Resultados y Conclusiones</i>	54
9	<i>Bibliografía</i>	56
10	<i>Anexos</i>	58
10.1	<i>Beneficios Sociales (Energía)</i>	58
10.2	<i>Sustitución tecnológica</i>	59

Listado de tablas

<i>Tabla 1. Normas relacionadas por tipo de análisis</i>
<i>Tabla 2 Límites de Distorsión Armónica Permisible en Corriente.</i>
<i>Tabla 3 Límites de Distorsión Armónica de Tensión.</i>
<i>Tabla 4. Resumen</i>
<i>Tabla 5. Resumen de situación eléctrica</i>
<i>Tabla 6. Resumen de consumo y demanda</i>
<i>Tabla 7. Facturación eléctrica anual</i>
<i>Tabla 8. DPEA por zona</i>
<i>Tabla 9. Niveles de iluminación por zona</i>
<i>Tabla 10. Indicadores per cápita</i>
<i>Tabla 11. Potencial de ahorro por implementación de medidas operativas</i>
<i>Tabla 12. Ahorros obtenidos totales 2015-2016</i>
<i>Tabla 13. Ahorros obtenidos por uso final</i>
<i>Tabla 14. Ahorros eléctrico, económico y ambiental, producto del cambio de tecnología en luminarias</i>
<i>Tabla 15. Generación mensual estimada del sistema fotovoltaico</i>
<i>Tabla 16. Ahorro por generación de energía eléctrica en el sistema fotovoltaico.</i>
<i>Tabla 17. Comparativo con normas en Calidad de la Energía</i>
<i>Tabla 18. Comparativo con normas en Diagnóstico Energético.</i>
<i>Tabla 19. Comparativo caso base – propuesta</i>
<i>Tabla 20. Comparativo resumen</i>
<i>Tabla 21. Resumen luminarias LED.</i>
<i>Tabla 22. Acciones e impacto Programa INBA - Sustentable.</i>
<i>Tabla 22. Resumen de la sustitución.</i>
<i>Tabla 23. Resumen de la sustitución.</i>
<i>Tabla 24. Cédula de inscripción.</i>
<i>Tabla 25. Datos generales del inmueble.</i>

Tabla 26. Infraestructura energética.

Tabla 27. Distribución de superficie y tipos de uso.

Listado de fórmulas

Fórmula 1 Regulación de tensión.

Fórmula 2 Desbalanceo de Tensión o Corriente.

Listado de ilustraciones

Ilustración 1. Distribución de paneles fotovoltaicos

Ilustración 2. Luminaria LED 10W

Ilustración 3. Luminaria LED 20W

Ilustración 4. Luminaria LED 31W

Listado de gráficos

Gráfico 1. Voltaje por fases

Gráfico 2. Regulación en Voltaje ADM.

Gráfica 3. Distorsión Armónica de la Componente Fundamental

Gráfica 4. Distorsión Armónica. 3er Armónica.

Gráfica 5. Distorsión Armónica. 5ª Armónica

Gráfica 6. Distorsión Armónica. 7ª Armónica

Gráfica 7. Frecuencia

Gráfica 8. Voltaje Neutro-Tierra

Gráfica 9. Corriente por fases con neutro

Gráfica 10. Desbalanceo máximo en corriente

Gráfica 11. Distorsión armónica total en corriente

Gráfica 12. Distorsión armónica. 3er armónica

Gráfica 13. Distorsión armónica. 5a armónica

Gráfica 14. Distorsión armónica. 7a armónica

Gráfica 15. Carga instalada total censo

Gráfica 16. Demanda total censo

Gráfica 17. Consumo total anual censo

Gráfica 18. Número y porcentaje de luminarias por tipo

Gráfica 19. Número y porcentaje de misceláneos por tipo

Gráfica 20. Número y porcentaje de equipos de cómputo por tipo

Gráfica 21. Comparativa de consumo mensual de la energía eléctrica 2014-2015

Gráfica 22. Demanda semanal por día

Gráfica 23. Consumo acumulado semanal

Gráfica 24. Perfil de carga semanal

Gráfica 25. Factor de potencia

Gráfica 26. Ahorro mensual por sustitución de tecnologías

Gráfica 27. Comparativo del consumo anual 2015-2016 de acuerdo al censo, facturación y medición.

Gráfica 28. Comparativo del consumo anual 2015-2016 de acuerdo a facturación y generación.

1 Objetivo

Realizar una evaluación energética y análisis de la calidad de la energía en una escuela del Instituto Nacional de Bellas Artes (INBA) como parte del programa INBA Sustentable que forme la base para la sustitución de equipos de alto consumo, así como para la instalación de celdas solares, logrando ahorros económicos y ambientales en el consumo de energía eléctrica.

2 Antecedentes

Con el desarrollo tecnológico que se ha tenido en las últimas décadas, se ha hecho un uso de la energía eléctrica mas habitual, hasta llegar a un punto en el que se ha hecho casi indispensable en la vida cotidiana. Esto se traduce en una mayor demanda de dicho recurso trayendo problemas consigo como, una mayor explotación de recursos para su obtención, que a causado como consecuencia un problema ambiental y económico, tanto para el consumidor, como para el que suministra este recurso.

Es por esto, que a partir de la década de los ochenta, el concepto de Desarrollo Sustentable (DS) fue adquirido una mayor relevancia en la definición de las políticas de desarrollo en distintos países. Después de su primera aparición en el Informe Brundtland¹, este concepto se ha revisado y ampliado en varias ocasiones para atender a los retos actuales del desarrollo. Un ejemplo de esta situación fue la definición del término Desarrollo Humano Sostenible (DHS). A través de este elemento de trabajo se integraron las nociones de desarrollo humano y sostenible; situando a los seres humanos en el centro de las problemáticas y considerando las dimensiones ecológica, económica, institucional y socio-cultural en el contexto del desarrollo².

2.1 Descripción del proyecto

En 2012, el Instituto Nacional de Bellas Artes y Literatura (INBA), gracias a su alianza con el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y Fundación INBA (FINBA), puso en marcha el proyecto “Aplicación y Uso de Innovaciones y Desarrollos Tecnológicos, Hacia una Cultura de la Sustentabilidad (INBA-Sustentable)”. El programa INBA Sustentable busca que el INBA, en su calidad de referente como institución educativa y artística de nuestro país, cuente con un modelo de DHS que permita, ampliar su filosofía, definir nuevas políticas de sustentabilidad y disminuir el impacto ambiental derivado de su operación cotidiana.

¹ Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo “Our Common Future”, Brundtland, Harlem Gro (1987).

² Aguado, Itziar and Etxebarria, Carmen and Barrutia, J.M. (2007): Indicadores de desarrollo humano sostenible: análisis comparativo de la experiencia española.

En la primera fase de este proyecto (2013), se trabajó con un bloque de cuatro escuelas (Escuelas de Diseño, Artesanías, Laudería y La Esmeralda). A partir de los diagnósticos ambientales y una serie de estudios en el tema de residuos sólidos urbanos y peligrosos, desarrollados por el Programa Universitario de Medio Ambiente (PUMA) de la UNAM, se implementaron acciones en los distintos planteles que permitieron generar ahorros anuales estimados de 30% y 35% en los consumos de energía eléctrica y agua, respectivamente.

En la segunda etapa (2015) se iniciaría la colaboración con la empresa Box-S, en la cual, se incorporó un grupo de cinco escuelas más (Centro de Investigación Coreográfica, Academia de la Danza Mexicana, Escuela Nacional de Danza Folklórica, Conservatorio Nacional de Música y Centro de Educación Artística “Diego Rivera”), y de igual forma que la fase anterior, a través del programa INBA Sustentable se buscó facilitar en los centros educativos, la adopción de un modelo de desarrollo sustentable que permitió generar ahorros en el consumo de recursos, económicos y ambientales, además de implementar una campaña de comunicación y educación para el desarrollo sustentable.

El presente trabajo reporta el Diagnóstico Energético y Análisis de la Calidad de la Energía del Centro de Educación Artística CEDART Diego Rivera, que se realizó para maximizar el aprovechamiento de la energía eléctrica, y a su vez, identificar potenciales de ahorro; así como implementar tecnología y medidas para un uso eficiente y racional de la energía eléctrica que permitan un ahorro energético, económico y ambiental.

3 Evaluación energética y Calidad de la Energía

Para poder realizar una adecuada evaluación energética se estableció el alcance del diagnóstico energético en función de las necesidades del inmueble. Más adelante se verán los tipos de diagnósticos energético y el que se utilizó para el inmueble que se mencionó en el capítulo anterior. Sumado a esto, se realizó un estudio de calidad de la energía.

3.1 Diagnósticos energéticos

Para poder dar la evaluación energética de un inmueble, es indispensable realizar un diagnóstico energético. Esto, para conocer el consumo de energía eléctrica, así como realizar un desglose de las cargas conectadas a las líneas de distribución, y hábitos de uso junto con tipo de tecnología empleada; con estos datos se podrá establecer que tan eficiente es el inmueble y que tipo de adecuaciones necesita para generar ahorros energéticos, económicos y ambientales determinando los parámetros de factibilidad técnica y económica de las propuestas.

Para realizar un diagnóstico energético, es necesario hacer la distinción del nivel de profundidad que tendrá dicho diagnóstico. Esta clasificación está en función del nivel del análisis que se requiera, es decir, la precisión en los datos arrojados, el costo económico, la accesibilidad del inmueble. Existen tres tipos de niveles diferentes.

- Diagnósticos de primer nivel
En este nivel, el proceso para realizar el diagnóstico es básico. Se hace una inspección visual de las actividades que se realicen en el inmueble, así como el equipo utilizado para identificar áreas de oportunidad en cuanto a potenciales de ahorro. También se observan hábitos de uso del personal. Con esta evaluación visual se puede dar una serie de recomendaciones para hacer más eficiente el uso de la energía eléctrica y obtener ahorros a corto plazo. Los potenciales de ahorro solamente son estimados y cabe la posibilidad de que no puedan realizarse ya que no se observan otras implicaciones, más las que se puedan obtener de la inspección que se haya realizado.
- Diagnósticos de segundo nivel
Un diagnóstico de segundo nivel ya es más especializado y proporciona información de suma importancia como consumo eléctrico, un censo de equipos consumidores de energía, tipo de tecnología empleada y mediciones con instrumentos especializados como un analizador de redes, formas y horarios de uso, análisis de facturación y se obtienen índices para hacer comparaciones con valores que se especifican en normas oficiales.
- Diagnósticos de tercer nivel
En este último nivel se hace un análisis exhaustivo de procesos realizados en el inmueble para obtener información precisa y evaluar los consumos y pérdidas de energía en áreas específicas y así generar un ahorro mayor al de los dos niveles anteriores.

Como parte de las actividades realizadas en este proyecto, realicé el diagnóstico de las 5 escuelas del INBA, pero se presentan los resultados obtenidos del diagnóstico energético del CEDART Diego Rivera. Se complementó la información de los diagnósticos con un análisis de Calidad de la Energía, y análisis de los parámetros eléctricos medidos por el instrumento de medición (analizador de redes).

3.2 Calidad de la energía

Si bien, no existe una definición estandarizada de la calidad de la energía, la podemos definir como la capacidad de un sistema eléctrico para operar sin ningún tipo de alteración en la forma de onda de la señal, ya sea de voltaje o de corriente, por la

existencia de frecuencias armónicas; que no exista algún tipo de interrupción en la continuidad del servicio, o bien, sub y sobre tensiones que puedan afectar al funcionamiento del sistema o de alguno de sus equipos conectados así como una frecuencia constante.

La tensión y la corriente sufren de distorsiones al llegar a los diversos puntos de trabajo. Estas variaciones, pueden verse reflejadas en discontinuidades del servicio eléctrico o en fallas ocasionadas en los aparatos propios de un sistema. Existen normalizaciones para regular dichas distorsiones.

La norma que utilicé en el estudio de calidad de la energía, es la propuesta por la IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) que determina (IEEE 1100 – 2005 pág. 10) a la calidad de la energía como la alimentación y puesta de tierra de equipos electrónicos sensibles en una manera que sea adecuado para su operación.

Otra norma que fue utilizada para los análisis, fue la de la IEC (International Electrotechnical Commission) que, aunque no menciona el término calidad de la potencia hasta el año 1990 se utilizaba el término compatibilidad electromagnética que no es lo mismo que calidad de la potencia, pero existe una fuerte interrelación entre estos dos términos. (IEC 61000-1-1): Compatibilidad electromagnética es la habilidad de un dispositivo, pieza de equipo, equipo o sistema para funcionar satisfactoriamente en su ambiente electromagnético sin introducir disturbios electromagnéticos intolerables a cualquier cosa en ese ambiente.

La compatibilidad electromagnética tiene que ver con la interacción mutua entre el equipo y el suministro. Dentro de la compatibilidad electromagnética se usan dos términos importantes: la emisión es la contaminación electromagnética producida por un dispositivo; la inmunidad es la habilidad del dispositivo para soportar la contaminación electromagnética. La emisión está relacionada al término calidad de la corriente, la inmunidad al término calidad del voltaje (Bollen, 1999, Pág. 6).

Por otra parte existen otras definiciones de la calidad de la energía. Para el Ing. Enríquez Harper (2004, pág. 21), calidad de la energía eléctrica se puede definir como:

“una ausencia de interrupciones, sobretensiones, deformaciones producidas por armónicas en la red y variaciones de la tensión RMS suministrado al usuario [...] el objetivo de la calidad de la energía es encontrar caminos efectivos para corregir los disturbios y variaciones de voltaje en el lado del usuario y proponer soluciones para corregir las fallas que se presentan en el lado del sistema de las compañías suministradoras de energía eléctrica ...”.

Para realizar la medición de los parámetros eléctricos, y el análisis de la calidad de la energía, se deben de tomar mediciones en el lugar mismo al cual se requiere hacer el análisis. Existen diversos dispositivos para realizar esta tarea. El utilizado para este análisis fue un analizador de redes. Se describirá más adelante el tipo de analizador utilizado pero como una pequeña introducción se puede decir que fue un analizador de redes marca Fluke que midió a lo largo de una semana los diferentes parámetros eléctricos para realizar este análisis en un intervalo de medición de 10 min.

3.3 Disturbios en los sistemas eléctricos

Al proponerse la tarea de realizar un análisis de la calidad de la energía, debemos de tener en cuenta cuáles son los parámetros eléctricos que necesitamos medir para concluir que existe calidad en el suministro eléctrico o no, y que el dispositivo que se conecte a la red eléctrica para la medición cumpla con las expectativas deseadas.

Estos parámetros eléctricos como corriente, voltaje, armónicos, etc. de los cuales se tomará registro, deben reflejar fielmente el comportamiento del inmueble a medir, en el tiempo de labores normales para que se apegue más al comportamiento real.

Esto es, con la intención de que se vean registradas, cada una de las perturbaciones en las señales de energía eléctrica que pasan a través de la red y se pueda encontrar, en caso de que haya, el motivo de una falla y su posible solución.

Dentro de los parámetros a medir, se pueden observar alteraciones que pueden provocar una falla en el sistema. Estos parámetros son los siguientes:

- Voltaje
 - Sobretensiones (swells)
 - Subtensiones (sags o dips)
 - Regulación de Voltaje
 - Interrupciones
- Corriente
 - Desbalance de corriente
- Armónicos
 - Armónicos de corriente
 - Armónicos de voltaje
- Frecuencia

Estos parámetros, se toman en cuenta, basándose en la norma IEEE-1159, y en la IEC-610004-30 y la especificación de la Comisión Federal de Electricidad CFE L0000-45 de las que se hablará más adelante.

3.4 Parámetros eléctricos: Tensión, Corriente y Armónicos

Para poder analizar los datos que se obtengan de la medición, es necesario conocer los parámetros que se medirán, para optimizar el análisis de estos. En este caso, contamos con dos parámetros que son los más importantes, de los cuales, se derivan todos los parámetros que se analizarán. Estos son la Tensión (o voltaje) y la Corriente.

Dentro de las variaciones que se pueden dar en la tensión, son las sobretensiones (swells) que siguiendo la definición dada por la IEEE (1999), Sankaran (2002), Kennedy (2000) y Dugan, y otros autores (2004), podemos decir que un swell es el registro de un incremento en el valor RMS del voltaje con una duración entre medio ciclo y 1 minuto. Tanto las depresiones de tensión (sag o dip) como las elevaciones (swells) están relacionadas comúnmente con diversas condiciones de falla en el sistema, pero las elevaciones de tensión son mucho menos comunes que las depresiones.

En cuanto a regulación de tensión, es la estabilidad o bien, el grado de control del valor RMS de la tensión a la entrada de nuestro sistema. Esta regulación se calcula teniendo en cuenta el valor nominal de la tensión en el punto de acometida. El valor nominal de CFE es de 127 [V]. Por ejemplo, la regulación de tensión en un punto de servicio se calcula de la siguiente manera.

$$\% \text{ Regulación} = \frac{V_{max} - V_{min}}{V_n}$$

Fórmula 1 Regulación de tensión.

Por otro lado, el desbalanceo de tensión o bien, de corriente, lo podemos definir como la máxima desviación entre las fases de una línea de transmisión. Esta desviación se obtiene con el promedio de las fases dividido entre el valor de la tensión o corriente promedio. Por ejemplo, si tenemos una instalación trifásica, y los valores son 125 [V], 129 [V] y 131 [V], el valor promedio de la tensión es de 128 [V]. La máxima desviación de la tensión promedio es de 3 [V], y de esta manera se tiene que el desbalanceo es de $100 \cdot (3/128) = 2.34 \%$

$$\text{Desbalanceo } \% = 100 * \left(\frac{\text{Max Desv}_{prom}}{\text{Prom}} \right)$$

Fórmula 2 Desbalanceo de Tensión o Corriente.

Armónicos: Los armónicos o componentes armónicas, son tensiones de frecuencia variable senoidal que se presentan por el uso de equipos electrónicos como computadoras, luminarias fluorescentes, acondicionadores ambientales, electrodomésticos, etc. Para entenderlo más técnicamente, una función senoidal (en este

caso, el voltaje) puede ser descompuesta en la suma de una función senoidal de frecuencia fundamental y otras funciones senoidales, cuyas frecuencias, son múltiplos enteros de dicha frecuencia fundamental. A estas frecuencias diferentes de la fundamental, se les conoce como componentes armónicas.

Dicho concepto de señales armónicas, proviene del Teorema de Fourier que define ,que bajo ciertas condiciones analíticas, cualquier función periódica se puede considerar integrada por la suma de funciones senoidales que incluye un término constante en caso de asimetría con respecto al eje de las abscisas, siendo ésta, la primer armónica, que también se le denomina componente fundamental (THD), siendo del mismo periodo y frecuencia que la función original y el resto serán funciones cuyas frecuencias son múltiplos de la fundamental. A estas componentes se les denomina armónicas de la función periódica original. Por ejemplo, aquí en México la frecuencia nominal es de 60 Hz. Para un sistema con estas características, los múltiplos de las armónicas serían, 120 Hz para la segunda armónica, 180 Hz para la tercera y así sucesivamente.

Los armónicos que se van generando en la red eléctrica, provocan efectos negativos a los diferentes elementos que están conectados a dicha red. Entre los problemas más comunes se tienen:

- Deterioro de la capacidad dieléctrica en los materiales aislantes debido a sobretensiones.
- Aumento de pérdidas por corrientes armónicas excesivas
- Falla en aislamientos
- Mal funcionamiento en diversos equipos como de protección, control y medida.
- Neutros y transformadores de distribución sobrecalentados.

La distorsión armónica es limitada por un porcentaje bajo, al ser un múltiplo de la componente fundamental. Es ese caso el sistema, o equipo eléctrico funciona normalmente. Aunque ocasionalmente puede ocurrir una distorsión armónica alta en el voltaje, haciendo que dicho sistema o equipo funcione de manera inadecuada. El fenómeno complementario de la distorsión armónica de tensión es la de corriente. Esto se debe a que la distorsión armónica de tensión ocurre por corrientes de carga no sinusoidales, dándose así una fuerte relación entre los dos tipos de distorsión. La distorsión armónica de corriente sobredimensiona los componentes eléctricos, tales como transformadores y conductores ya que la resistencia se incrementa al ser un sistema en serie. Esto hace que una corriente distorsionada ocasione más pérdidas que una corriente sinusoidal con el mismo valor eficaz (Proteus Charles, 1919).

Frecuencia: La frecuencia es cualquier fenómeno físico, el cual, se repite cíclicamente. Es decir, que se puede repetir un número indeterminado de veces en un periodo de tiempo. Por convención, se utiliza como unidad de tiempo, un segundo, y un ciclo por segundo, es equivalente a un Hertz (Hz) por el SI. En lo que se refiere a frecuencia eléctrica, la CFE distribuye la energía eléctrica a 60 Hz. Para que no existan problemas que afecten al funcionamiento de equipos conectados a la red eléctrica es necesario que no haya variaciones del valor nominal de la frecuencia.

La decisión para tomar estos parámetros como caso de análisis, está basada en las normas que a continuación se explicarán en el siguiente capítulo.

4 Normatividad (parámetros y límites permisibles)

La normativa utilizada para este proyecto se divide en, normativa para el diagnóstico energético, y normativa para el estudio de Calidad de la Energía. Las normas utilizadas para el diagnóstico energético son la NOM-007-ENER-2014 Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Para Calidad de la energía, la IEEE-1159 y la especificación de la CFE L0000-45.

4.1 Normatividad utilizada en el Diagnóstico Energético

Como se mencionó anteriormente, se utilizan las dos normas oficiales mexicanas para comparar los niveles de DPEA y de iluminación obtenidos en el censo eléctrico del inmueble a diagnosticar. Estas dos normas nos dan los valores permisibles de la Densidad de Potencia Eléctrica por Alumbrado (NOM-007-ENER-2014) y de los niveles óptimos de iluminación para centros de trabajo (NOM-025-STPS-2008); por otro lado también, se obtiene el Índice de Consumo de Energía Eléctrica ICEE que es un índice de referencia para inmuebles de la Administración Pública Federal (APF), de acuerdo a la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE).

4.2 Manual sobre la gestión de la Energía e ISO 50001

La Organización Internacional de Estandarización (ISO) desarrolló una normativa para gestionar y administrar eficientemente los procesos energéticos de empresas, organizaciones, o cualquier organismo que utilice energía eléctrica, independientemente de su ubicación o sector. Esta normativa se desarrolló para lograr un continuo mejoramiento del uso de la energía eléctrica, teniendo como consecuencia ahorros, tanto económicos como ambientales. A su vez, la CONUEE publicó el Manual sobre la gestión

de la energía, teniendo como base la ISO 9001³, ISO 14001⁴, así como otros sistemas de gestión con el que se puede trabajar a la par.

Al igual que la ISO 50001, el manual de gestión energética, establece un ciclo de mejora continua con cuatro pasos, Planear, Hacer, Verificar y Actuar.

Dentro del primer paso, que es Planear, se establecen cuatro etapas que es plantear el compromiso, evaluar el desempeño energético, establecer objetivos metas, y crear un plan de acción. En el Hacer, está poner en marcha los planes de acción realizados. En Verificar se tendrá que evaluar el progreso obtenido. Y por último, en el Actuar, se reconocen los logros y se asegura la mejora continua del sistema de gestión.

Con estos sencillos pasos, se puede establecer las etapas del diagnóstico energético y la mejora continua que se pretende establecer con los resultados de dicho diagnóstico.

4.3 Normatividad para Calidad de la Energía

Existen diversas normativas para evaluar la calidad de la energía en un inmueble. En este caso se utilizará principalmente la norma IEEE-1159 y la especificación de la Comisión Federal de Electricidad CFE L0000-45 (ver punto 8. Consideraciones técnicas: Tabla A “Desbalance máximo permitido en la tensión en el punto de acometida). Existen otras normas propuestas por la IEC (International Electrotechnical Commission) o el CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) así como por la ANSI (American National Standards Institute). Se decidió trabajar con las normas propuestas por la IEEE ya que guardan mucha similitud con las normas de la IEC o las otras mencionadas.

Aquí en México tenemos las especificaciones de la CFE basadas en la IEEE y las NMX como por ejemplo la norma NMX-J550-ANCE de Compatibilidad electromagnética, que en su apartado 4-30 (técnicas de prueba y medición), nos dice que es necesario medir las características de la energía eléctrica.

Los parámetros de calidad de energía que se consideran en esta norma mexicana son frecuencia, magnitud de la tensión, parpadeos o flickers, depresiones de tensión o sags, incrementos de tensión o swells, interrupciones de tensión, transitorios de tensión, desbalance de tensión en el suministro, tensiones armónicas e interarmónicas, y variaciones de tensión rápidas. Por tanto, un estudio de calidad de energía completo debe contemplar esos parámetros, aunque en forma práctica y considerando el objetivo

³ ISO 9001: Sistema para la gestión del control de calidad en administración de productos y servicios.

⁴ ISO 14001: Sistemas de Gestión ambiental.

de la medición, pueden medirse todos o algunos de los fenómenos que se indican en dicha norma mexicana.

Al ser similares, y por entender la norma IEEE-1159 como un estándar en todos los análisis de calidad de la energía, se tomó en cuenta para el presente análisis.

4.4 IEEE-1159

La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) nació en 1963 siendo una asociación dedicada a la estandarización y desarrollo en áreas técnicas de la ingeniería. Sus objetivos se basan en promover el avance de teorías y prácticas con electrotecnología promoviendo el desarrollo y progreso. Algunos de los estándares publicados por la IEEE relacionados con la Calidad de la Energía son:

Tipo de Análisis	Normas relacionadas
Armónicas	IEEE Std C57.110, IEEE Std 519, IEEE Std 929
Disturbios	ANSI ⁵ C62.41, IEEE Std 1100, IEEE Std 1250
Monitoreo	IEEE Std 1100, IEEE Std 1159

Tabla 1. Normas relacionadas por tipo de análisis

Para este caso de estudio, el enfoque es con la norma IEEE-1159 que nos da una guía de cómo monitorear los disturbios y variaciones en los parámetros eléctricos que ahí se mencionan.

La norma IEEE-1159 basa sus umbrales de detección en tres categorías diferentes: Umbrales de Tensiones de Fase Conocidos, Umbrales de Tensiones Conocidas Diferenciales de Neutro a Tierra y Umbrales de Corriente.

Dentro de los umbrales de tensiones de fase conocidos, se dividen en: Subtensiones (Hueco de Tensión), Sobretensiones (swell), Armónicas, Frecuencia y Regulación de Voltaje por Fases. En los umbrales de tensiones conocidas diferenciales de Neutro a Tierra se dividen en: swell, transitorios impulsivos y ruido. Y por último para los umbrales de corriente, las categorías son: Corriente fase/neutro, Corriente por Tierra y Armónicas.

⁵ American National Standards Institute

Anteriormente se ha dado una serie de definiciones de los parámetros eléctricos que toma en cuenta esta norma. A continuación se dan los límites permisibles para cada parámetro eléctrico.

Dentro de los Umbrales de Tensiones de Fase Conocidos.

- Subtensiones (Hueco de Tensión): La disminución del hueco puede ser de entre el 0.9 y 0.1 del valor eficaz de la tensión. La norma IEEE-1159 basa para este parámetro, en el voltaje nominal de 120 [V] y 220 [V] una permisibilidad de hasta 10% de la tensión nominal. En este caso, el voltaje nominal dado por la CFE es de 127 [V].
- Sobretensiones (swell): El porcentaje permitido para el incremento por parte de la IEEE-1159 es de 5 %.
- Regulación de Voltaje: En este punto, con base en la especificación de la Comisión Federal de Electricidad CFE L0000-45 (ver punto 8. Consideraciones técnicas: Tabla A “Desbalance máximo permitido en la tensión en el punto de acometida) el desbalanceo máximo permitido para tensiones menores a 1 [kV] es de 3 %.
- Armónicos de tensión: En México la CFE en la especificación L0000-45 que es la publicada por la IEEE-1159 da los límites de distorsión armónica de 3 % por componente armónica, y de 5 % de distorsión total de la componente fundamental (THD).
- Frecuencia: el porcentaje de tolerancia permitido por parte de la IEEE-1159 es de 3%. Pero por otro lado, el Reglamento de la Ley de Servicio Público de Energía Eléctrica establece una tolerancia del 0.8% para la frecuencia de 60 [Hz] que es la normalizada en nuestro país. Se utilizará ésta última para efectos del presente análisis.

Para continuar con los parámetros indicados por la IEEE-1159, se analizarán los Umbrales de Tensiones Conocidas Diferenciales de Neutro a Tierra que se dividen en: swell, transitorios impulsivos y ruido.

Para el voltaje Neutro-Tierra la norma IEEE 1159 especifica que el valor es de 3 [V] que es el nivel típico de interés para problemas de neutro y tierra. Los transitorios impulsivos se pueden dar en un rango de 0 hasta 20 [V] que es donde la norma específica que se puede llegar a dar un problema.

Para los umbrales de corriente se analizará la Corriente fase/neutro. El nivel de umbral de corriente de carga puede estar bien por encima de la corriente normal, dependiendo de la cantidad de información deseada y de sus fluctuaciones.

Desbalance de corriente: Para un buen funcionamiento de los dispositivos conectados a la línea de alimentación, es necesario que exista un adecuado balance de carga en cada una de las fases, es decir, que circulen las mismas intensidades por cada fase del sistema. En el caso de que la acometida sea trifásica, se debe garantizar un buen balance de cargas que no se sature una fase más que otra y no existan fallas. Entre los principales problemas que causa un desbalance de fases en corriente son:

- Sobrecalentamiento de los conductores
- Pérdidas
- Disparo de las protecciones en tableros

En la norma IEEE-1159 así como en la especificación CFE L0000-45 se establece que el valor permisible es de 20 % máximo en el punto de acometida.

Para las armónicas de corriente, estas se comportan de manera similar a las de tensión. De acuerdo a la norma IEEE-1159 para los valores de distorsión armónica en corriente, se debe obtener una relación. Se debe dividir la corriente de cortocircuito del sistema entre la corriente máxima registrada.

De acuerdo a la tabla 2, se obtienen los límites permisibles para la distorsión armónica. Donde IL es la corriente máxima registrada e ISC es la corriente de cortocircuito del sistema.

Relación I _{sc} /I _L	Límites para componentes armónicas impares en % de I _L					Distorsión de la Demanda Total de Corriente en % (% THD)
	Armónicas < 11	Armónicas 11 a 17	Armónicas 17 a 23	Armónicas 23 a 35	Armónicas > 35	
I _{sc} /I _L < 20	4	2	1.5	0.6	0.3	5
20 < I _{sc} /I _L < 50	7	3.5	2.5	1	0.5	8
50 < I _{sc} /I _L < 100	10	4	4	1.5	0.7	12
100 < I _{sc} /I _L < 1000	12	5.5	5	2	1	15
I _{sc} /I _L > 1000	15	7	6	2.5	1.4	20

Tabla 2 Límites de Distorsión Armónica Permisible en Corriente (Para sistemas de distribución generales menores a 69[kV]).

La norma indica que, para la evaluación de los límites de distorsión, se debe de realizar la medición en el punto de acoplamiento común, es decir, en el punto donde se conecta la carga total, que en este caso es el punto de acometida.

4.5 CFE L0000-45

Esta especificación fue elaborada con las Bases Generales para la Normalización de la CFE por parte de la Unidad de Ingeniería Especializada. Especificación CFE L0000-45 Desviaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica. Las especificaciones son basadas en la norma IEEE 1159 que ya se describió anteriormente. Esta norma habla específicamente de la distorsión armónica permisible en un sistema eléctrico.

La tabla 1 comparte los mismos valores tanto para la IEEE-1159 como para la especificación de la CFE L0000-45. Para los límites permisibles de armónicos de tensión se muestra la tabla 3.

Nivel de Tensión en la Acometida (Vn)	Distorsión Armónica Individual	Distorsión Armónica Total THD Vn
Vn < 1 kV	5%	8%
1 kV < Vn < 69 kV	3%	5%
69 kV < Vn < 138 kV	1.50%	2.50%
Vn > 138 kV	1%	1.50%

Tabla 3 Límites de Distorsión Armónica de Tensión en % de Tensión Nominal.

Así se puede observar cómo la especificación pone límites dependiendo del valor de la tensión y de la corriente en el punto de acometida.

5 Esquema metodológico Calidad de la Energía

El estudio que se realizó se basó en las normas previamente mencionadas en el capítulo anterior. Se fue desarrollando bajo la metodología de la norma IEEE-1159 y se irá describiendo a continuación.

5.1 Caso de estudio

Como caso de estudio se tienen un inmueble educativo perteneciente al Instituto Nacional de Bellas Artes INBA. Es el CEDART Diego Rivera. Este inmueble se encuentra ubicado en la Ciudad de México.

Los Centros de Educación Artística (CEDART) surgen en 1976 a partir de la reunión nacional sobre profesionales y docentes del arte. En el mismo año, el CEDART Diego Rivera inicia actividades con el nombre CEDART "CHURUBUSCO", impartiendo el nivel de Secundaria de Arte y la carrera de instructor de Arte en Bachillerato. Para 1980 se construyó el edificio que alberga el Auditorio y las aulas para Danza, Música y Artes

Plásticas. Para el periodo comprendido entre 2009 y 2013, se realizan trabajos de remodelación y acondicionamiento en las instalaciones. Se construyen dos aulas más de artes visuales y se acondiciona un aula de medios.

Se trata de un edificio del sector educacional con una superficie total construida de 2,212 [m²], dividida en 3 plantas en las que se desarrollan diferentes actividades relacionadas con la educación artística y actividad administrativa del inmueble.

Institución	Ubicación	m ² construidos	Tipos de uso final Preponderante	Tarifa eléctrica
CEDART Diego Rivera	Ciudad de México	2,212	Iluminación, Cómputo, Misceláneos	2

Tabla 4. Resumen

Para tener un parámetro de comparación para el censo eléctrico y la facturación, se realizó el análisis del consumo, demanda, factor de potencia con el analizador de redes y también, para realizar el análisis de calidad de la energía, se requirió de un estudio de cada parámetro eléctrico que forma parte al sistema eléctrico.

Para conocer la situación actual del sistema se requiere la utilización de equipos de medición. Para el estudio se utilizó el siguiente equipo:

- Analizador de Redes:

- Datos técnicos:
 - Marca: Fluke
 - Modelo: 430 – II
 - Rango seleccionable nominal de voltaje 1 a 1000 [V]
 - Ancho de banda > 10 kHz, a 100 kHz para modo transitorio
 - Rango de corriente de 0.5 a 6000 [A]
- Función: obtener datos en un periodo definido de tiempo de los diferentes parámetros eléctricos para su análisis. Puede almacenar hasta 600 diferentes parámetros eléctricos definidos por el usuario.



5.2 Situación de las instalaciones medidas

Cada inmueble tiene diferentes formas de distribuir la energía eléctrica para su uso. Desde tableros de distribución hasta subestaciones eléctricas. A continuación se mostrará la situación eléctrica del inmueble en particular.

El Centro de Educación Artística CEDART Diego Rivera, cuenta con una acometida trifásica, a través de 3 medidores monofásicos. Cada medidor monofásico está alimentado de la línea de transmisión de la CFE.

Esta acometida alimenta a un interruptor general que a su vez distribuye energía a cada uno de los diferentes recintos a 127 [V] a través de un tablero de distribución. La conexión del analizador de redes se realizó en el interruptor general del inmueble, con el objeto de conocer el comportamiento de las variables eléctricas de esta escuela durante una semana.

El periodo de medición se realizó durante el ciclo escolar en una semana típica completa, del lunes 17 al lunes 24 de febrero de 2015 (7 días), tomando registros en periodos de 10 minutos.

Inmueble	Punto de conexión	Trafo.	Periodo de medición	Intervalo de medición
CEDART Diego Rivera	Interruptor General	No	17 - 14 Feb 2015	10 min

Tabla 5. Resumen de situación de la instalación eléctrica.

5.3 *Análisis de parámetros eléctricos*

Después de haberse realizado la conexión en el periodo de tiempo dicho con anterioridad, se procedió a analizar los datos obtenidos por el analizador de redes. A continuación se da el análisis de cada parámetro.

Como se comentó anteriormente, la norma IEEE-1159 basa sus umbrales de detección en tres categorías diferentes: Umbrales de Tensiones de Fase Conocidos, Umbrales de Tensiones Conocidas Diferenciales de Neutro a Tierra y Umbrales de Corriente. Dentro de los umbrales de tensiones de fase conocidos, se dividen en: Subtensiones (Hueco de Tensión), Sobretensiones (swell), Armónicas, Frecuencia y Regulación de Voltaje por Fases. En los umbrales de tensiones conocidas diferenciales de Neutro a Tierra se dividen en: swell, transitorios impulsivos y ruido. Y por último para los umbrales de corriente, las categorías son: Corriente fase/neutro, Corriente por Tierra y Armónicas.

Para realizar el análisis, se procederá, a analizar los Umbrales de Tensiones de Fase Conocidos.

Subtensiones (Hueco de Tensión)

Es una disminución abrupta del valor de la tensión con duraciones que van desde medio ciclo, de 8 a 10 ms, y puede llegar a durar hasta algunos segundos, o siendo subtensiones mayores, pueden durar algunos minutos. La norma IEEE-1159 basa para este parámetro, en el voltaje nominal de 120 V y 220 V una permisibilidad de hasta 10% de la tensión nominal. En el caso de esta escuela, el voltaje nominal es de 127 V. Cabe mencionar que en la configuración del equipo, se realizaron mediciones cada 10 minutos

y el equipo, en caso de encontrar alguna fluctuación en el intervalo de medio ciclo, se muestra como un “evento”, pero en el tiempo que llevó la medición, no hubo alguno detectado. Para un mejor análisis de estas fluctuaciones se debe de incrementar el tiempo de medición y el muestreo. Para efectos de este análisis se realizó el estudio solo con el intervalo de 10 minutos, por lo que el análisis puede arrojar otros datos en caso de medir específicamente solo los huecos o sobretensiones. Como se muestra en la gráfica 1, no se presentó problema en este rubro.

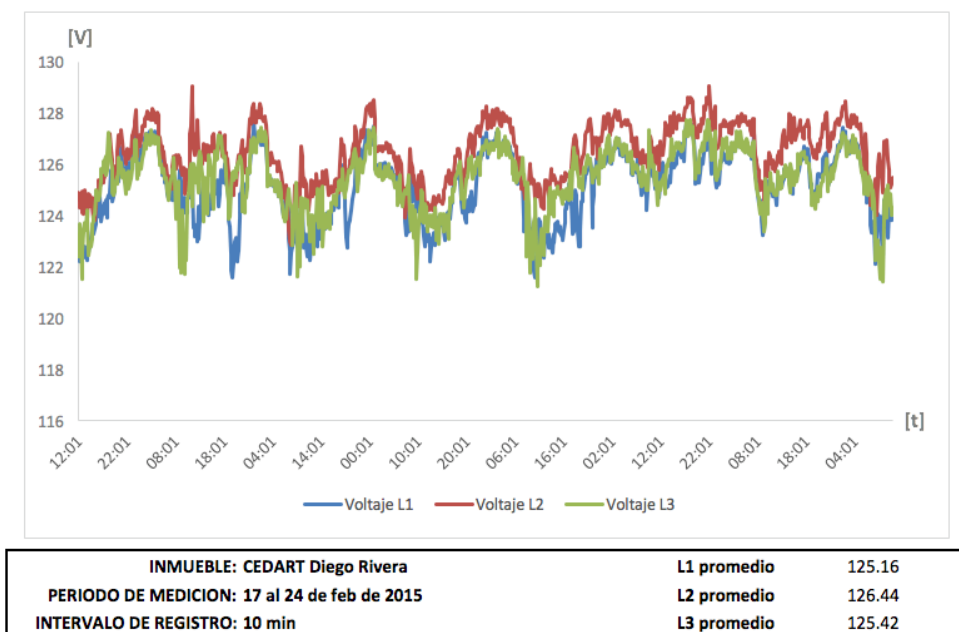


Gráfico 1. Voltaje por fases

Como se observa en la gráfica, el voltaje permanece en los límites establecidos por la especificación de la CFE⁶.

Sobretensiones (swell)

Por el contrario de la definición de hueco, el swell es un incremento súbito en el voltaje pero el porcentaje permitido para el incremento por parte de la IEEE-1159 es de 5 %. De acuerdo al análisis de mediciones, no se presentó ningún swell en la semana que se estuvo midiendo con el analizador.

⁶ Comisión Federal de Electricidad CFE L0000-45 (ver punto 8. Consideraciones técnicas: Tabla A “Desbalance máximo permitido en la tensión en el punto de acometida) el desbalanceo máximo permitido para tensiones menores a 1 [kV] es de 3 %.

Regulación en Voltaje

Después de observar las anomalías de incrementos y decrementos en el voltaje, se puede calcular la regulación de voltaje tomando como valor nominal 127 [V]. Es así como, se presenta la gráfica 2.

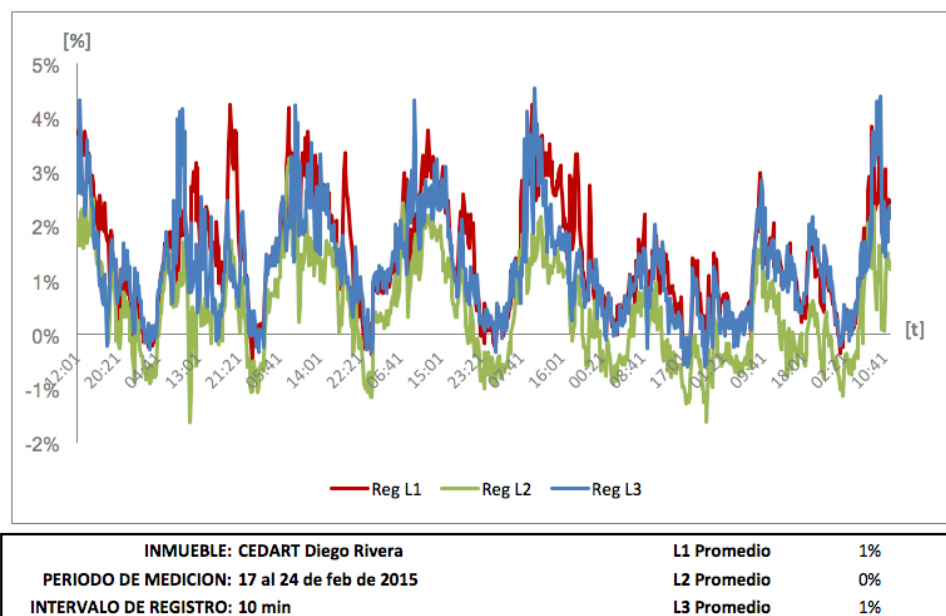


Gráfico 2. Regulación en Voltaje por fases ADM.

En este punto, con base en la especificación de la Comisión Federal de Electricidad CFE L0000-45⁷ se puede apreciar, que se presentan picos de hasta 4%. Esto se pudo haber debido a una mala regulación del voltaje en el suministro por parte de la CFE. O bien, el funcionamiento de aparatos eléctricos, como pueden ser motores para bombeo de agua o el inicio de clases en los salones de cómputo.

Aunque se encuentra en valores cercanos a la norma, esto, de agravarse, a largo plazo puede ocasionar fallas en los equipos del inmueble.

Armónicos de Tensión

Los armónicos o componentes armónicas, como se explicó anteriormente, son tensiones de frecuencia variable senoidal que se presentan por el uso de equipos electrónicos como computadoras, luminarias fluorescentes, acondicionadores ambientales, electrodomésticos, etc. Para entenderlo más técnicamente, una función senoidal (en este caso, el voltaje) puede ser descompuesta en la suma de una función senoidal de

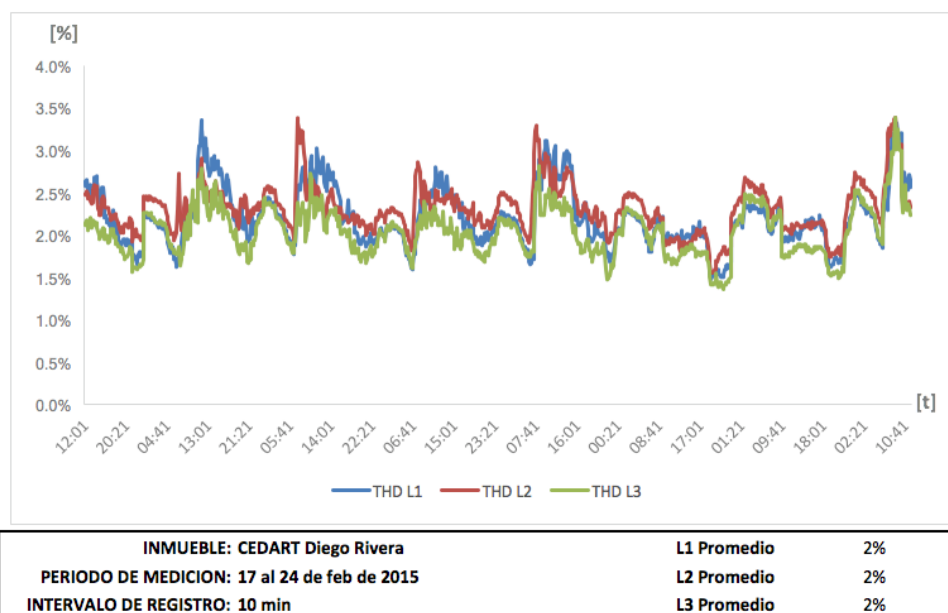
⁷ (ver punto 8. Consideraciones técnicas: Tabla A "Desbalance máximo permitido en la tensión en el punto de acometida) el desbalanceo máximo permitido para tensiones menores a 1 [kV] es de ± 3 %.

frecuencia fundamental y otras funciones senoidales, cuyas frecuencias, son múltiplos enteros de dicha frecuencia fundamental. A estas frecuencias diferentes de la fundamental, se les conoce como componentes armónicas.

Los armónicos que se van generando en la red eléctrica, provocan efectos negativos a los diferentes elementos que están conectados a dicha red. Entre los problemas más comunes son:

- Deterioro de la capacidad dieléctrica en los materiales aislantes debido a sobretensiones.
- Aumento de pérdidas por corrientes armónicas excesivas
- Falla en aislamientos
- Mal funcionamiento en diversos equipos como de protección, control y medida.

En México la CFE en la especificación L0000-45 que es la publicada por la IEEE-1159 da los límites de distorsión armónica de 3% por componente armónica, y de 5% de distorsión total de la componente fundamental (THD).

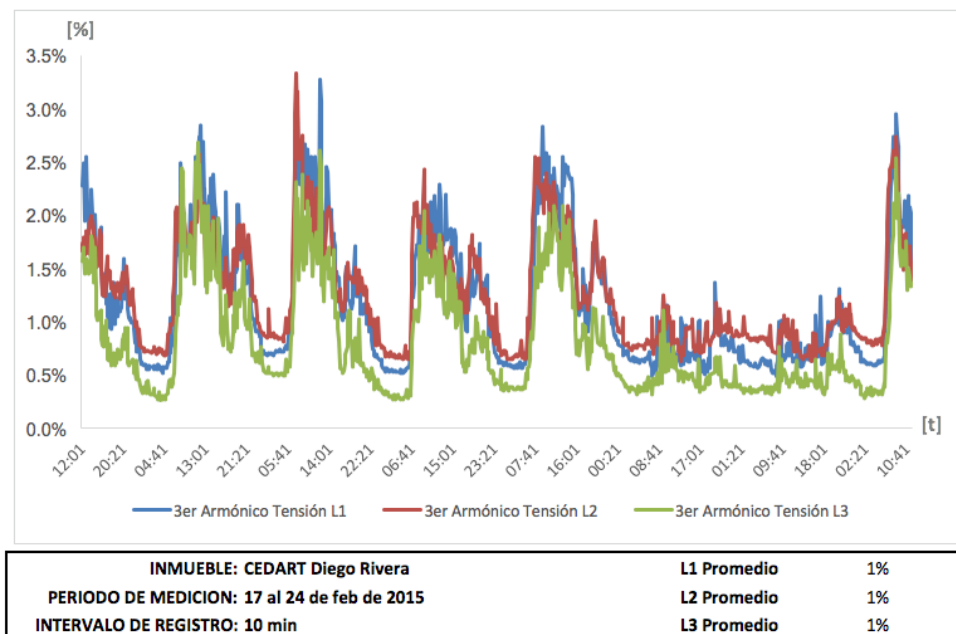


Gráfica 3. Distorsión Armónica Total de la Componente Fundamental en Voltaje.

Se puede apreciar que en algunos momentos la distorsión alcanza niveles impermisibles pero al analizarse el promedio de la medición, que fue de 2%, se puede concluir que se cumple con los límites de la especificación de la CFE. Aunque este caso se podrá discutir en el siguiente capítulo para dar recomendaciones de filtros de armónicos para que no se alcancen niveles superiores a los establecidos por la norma.

En cuanto a las componentes armónicas, se analizaron la 3, 5 y 7 ya que, actualmente, son las que más problemas le causan al sistema eléctrico. Esto se debe a que presentan grandes magnitudes y esto puede contribuir a la amplificación de voltaje y corriente cuando el circuito entra en resonancia.

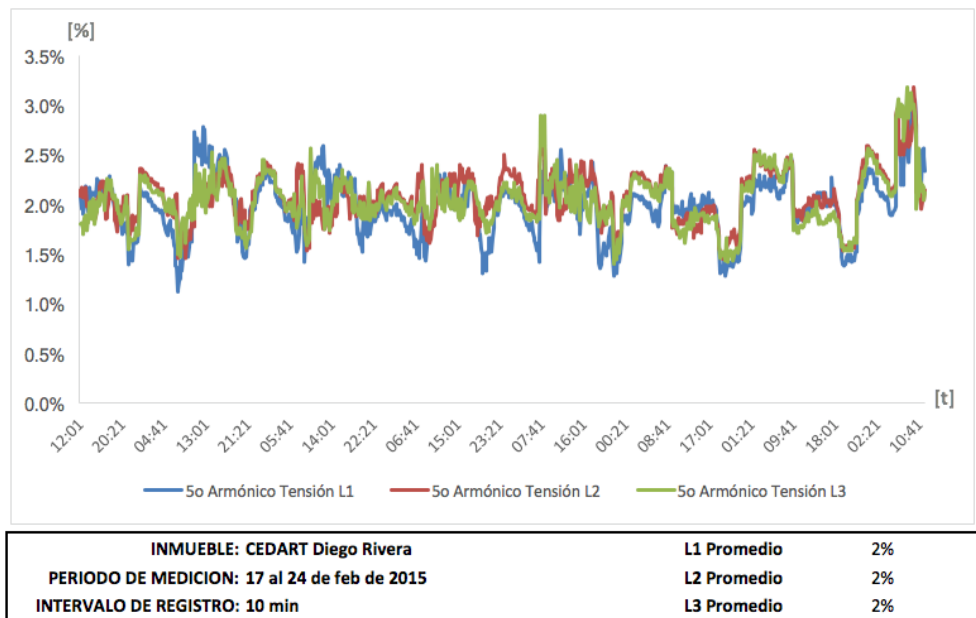
Para estos parámetros, el inmueble se mantuvo dentro de los límites establecidos por la norma.



Gráfica 4. Distorsión Armónica en Voltaje, 3er Armónica.

Durante toda la semana de medición, la distorsión se comportó de manera normal y aceptable, dentro del 1% en el rango establecido por la especificación de la CFE.

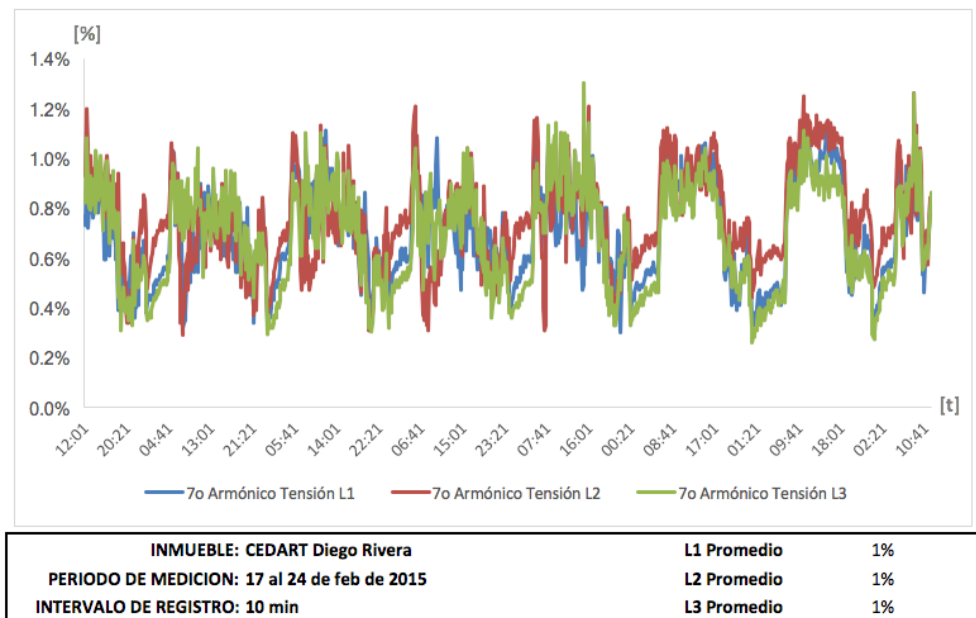
Con la quinta armónica, no se presentó problema alguno como se puede apreciar en la gráfica 5.



Gráfica 5. Distorsión Armónica. 5ª Armónica

De acuerdo a la gráfica y al análisis de las mediciones, la 5ª armónica se comportó de igual manera con un 2% de distorsión a lo largo de la semana, cumpliéndose con la especificación de la CFE en este inmueble.

Pasando al análisis de la septima armónica, se muestra la gráfica 6.

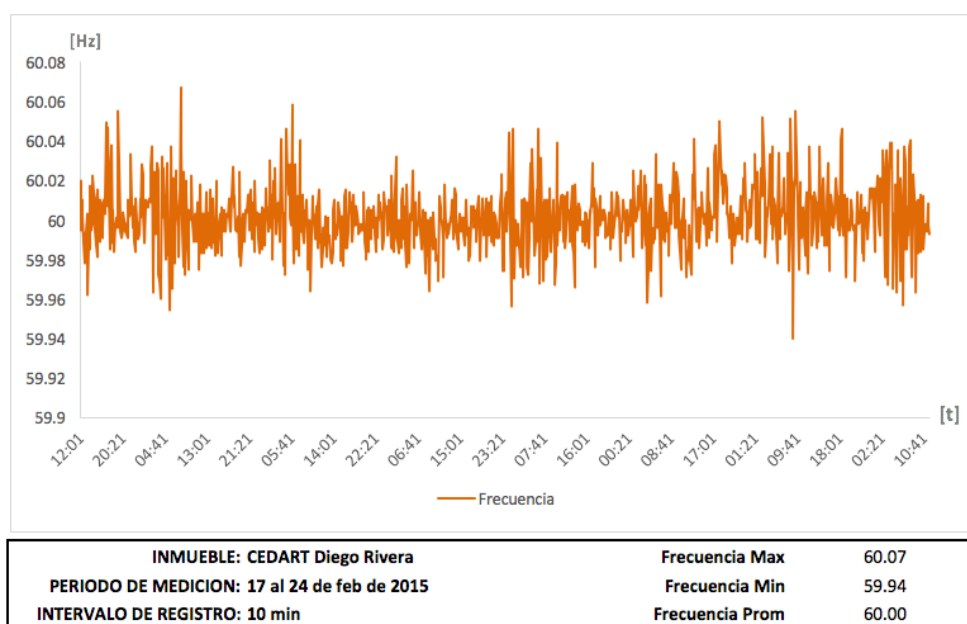


Gráfica 6. Distorsión Armónica. 7ª Armónica

Y aquí por último, con la 7ª armónica, se observa el mismo comportamiento estableciéndose que se sigue cumpliendo con lo requerido por la especificación de la CFE.

Frecuencia

La frecuencia es cualquier fenómeno físico, el cual, se repite cíclicamente. Es decir, que se puede repetir un número indeterminado de veces en un periodo de tiempo. Por convención, se utiliza como unidad de tiempo, un segundo, y un ciclo por segundo, es equivalente a un Hertz (Hz) por el SI. En lo que se refiere a frecuencia eléctrica, la CFE distribuye la energía eléctrica a 60 Hz. Para que no existan problemas que afecten al funcionamiento de equipos conectados a la red eléctrica es necesario que no haya variaciones del valor nominal de la frecuencia.

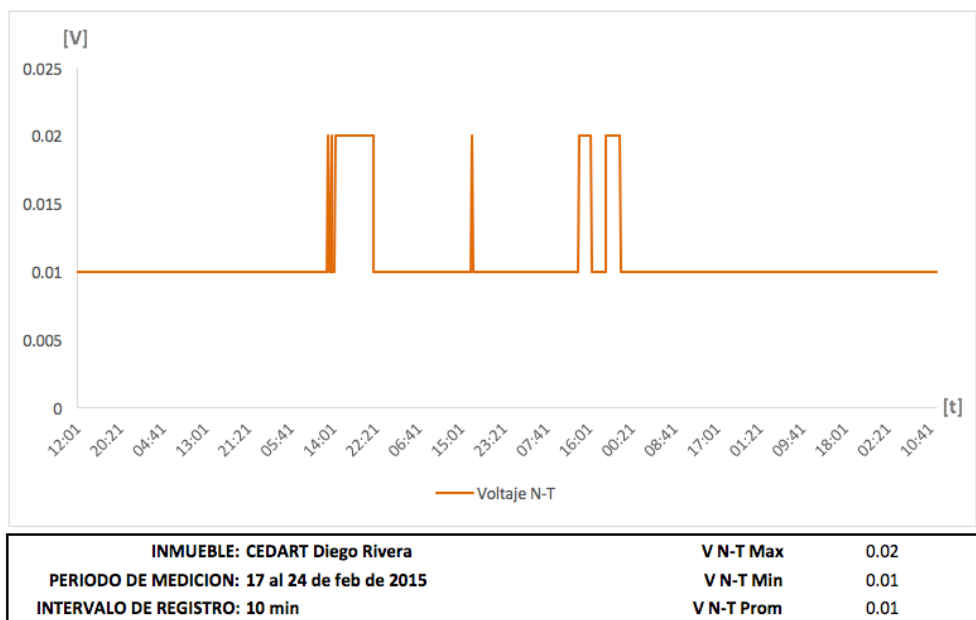


Gráfica 7. Frecuencia

De acuerdo al análisis, se puede observar en la gráfica anterior que la frecuencia se mantiene sin variaciones dentro del tiempo de medición. Se observa un valor máximo registrado de 60.07 Hz y un valor mínimo de 59.94 Hz. Por lo tanto, con la frecuencia, no existe problema alguno de acuerdo al Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica que indica que la tolerancia es de 0.8%. En este caso fue de 0.01%.

Umbrales de Tensiones Conocidas Diferenciales de Neutro a Tierra

Para continuar con el análisis, pasaremos a analizar los Umbrales de Tensiones Conocidas Diferenciales de Neutro a Tierra se dividen en: swell, transitorios impulsivos y ruido.



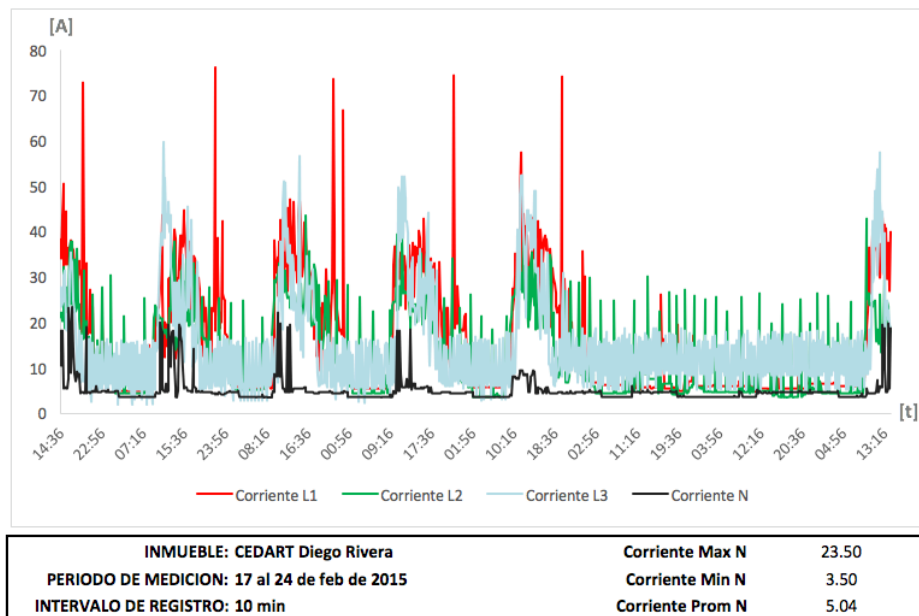
Gráfica 8. Voltaje Neutro-Tierra

Para la norma IEEE 1159 es de 3 V que es el nivel típico de interés para problemas de neutro y tierra. En este caso del CEDART el voltaje está dentro de los límites permitidos dentro de la norma con un registro máximo de 0.02 V.

En este caso después de analizar el comportamiento del voltaje de neutro a tierra, no se aprecian transitorios impulsivos en los que el voltaje puede llegar hasta los 20 V o ruido. El voltaje se mantiene por debajo de 0.1 V así que no existe problema en este ámbito.

Umbrales de corriente fase-neutro

Para los umbrales de corriente primeramente se analizará la Corriente fase/neutro. El nivel de umbral de corriente de carga puede estar bien por encima de la corriente normal, dependiendo de la cantidad de información deseada y de sus fluctuaciones.



Gráfica 9. Corriente por fases con neutro

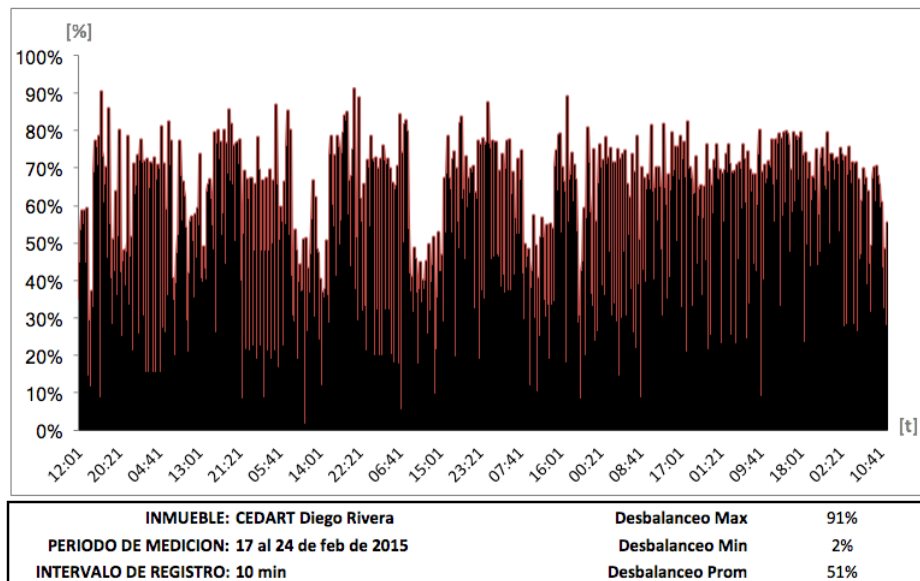
Al tener el valor de la corriente por debajo de valor registrado en las tres fases, se puede decir que se cumple con la norma en cuanto a la corriente de neutro. Por otro lado, se observa un comportamiento no deseado entre las 3 fases y el neutro ya que se puede demostrar un notable desbalance en las 3 fases que puede ocasionar problemas en el futuro en las líneas de distribución al interior del inmueble. El análisis del desbalance de corriente se muestra en el siguiente punto.

Desbalance de corriente

Para un buen funcionamiento de los dispositivos conectados a la línea de alimentación, es necesario que exista un adecuado balance de carga en cada una de las fases, es decir, que circulen las mismas intensidades por cada fase del sistema. En este caso la acometida es trifásica, por lo tanto un buen balance de cargas garantiza que no se sature una fase más que otra y no existan fallas. Entre los principales problemas que causa un desbalance de fases en corriente son:

- Sobrecalentamiento de los conductores
- Pérdidas
- Disparo de las protecciones en tableros

De acuerdo a las mediciones se obtuvo un desbalanceo máximo del 91%. En la especificación CFE L0000-45 se establece que el valor permisible es de 20 % máximo en el punto de acometida. Por lo que el sistema no cumple con esta norma lo que puede ocasionar problemas en la línea.



Gráfica 10. Desbalance máximo en corriente

Por último se observará el análisis de armónicas en corriente. Estas se comportan de manera similar a las de tensión.

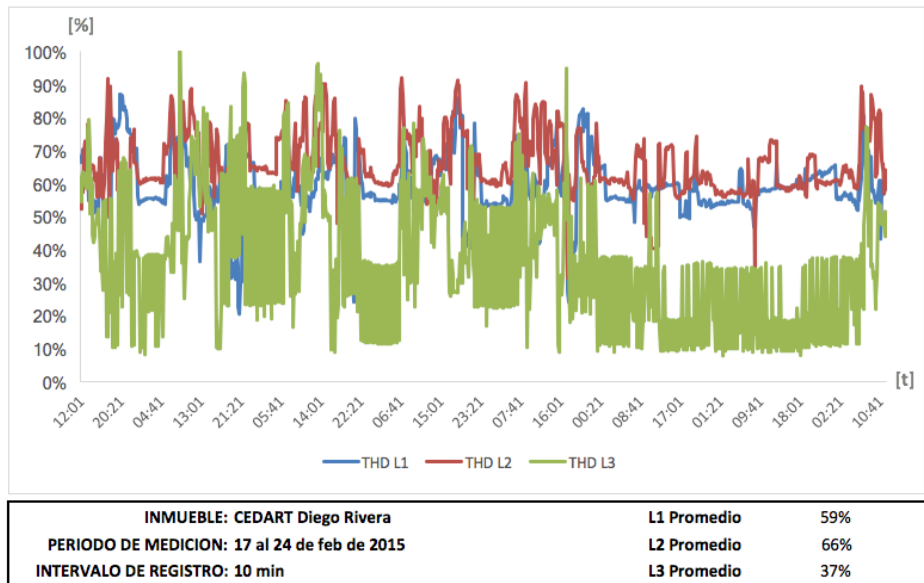
Armónicos de corriente

De acuerdo a la norma IEEE-1159 para los valores de distorsión armónica en corriente, se debe obtener una relación. Se debe dividir la corriente de cortocircuito del sistema entre la corriente máxima registrada. En este caso, la corriente registrada fue de 18.68 A y la corriente de cortocircuito es de 1100 A por lo que la relación es de 58.89. Y de acuerdo a la siguiente tabla, se obtienen los límites permisibles para la distorsión armónica. Donde IL es la corriente máxima registrada e ISC es la corriente de cortocircuito del sistema.

La norma indica que, para la evaluación de los límites de distorsión, se debe de realizar la medición en el punto de acoplamiento común, es decir, en el punto donde se conectan la carga total, que en este caso es el punto de acometida.

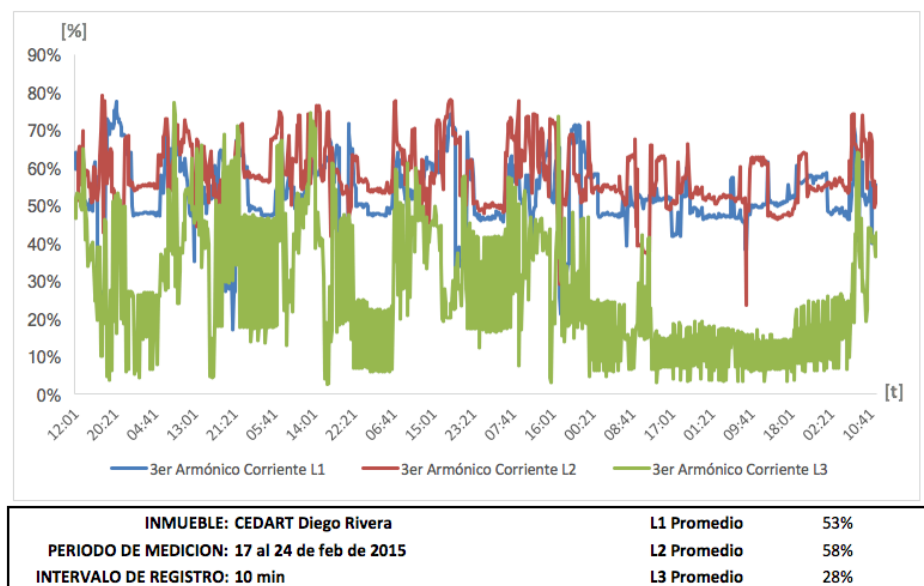
De acuerdo a los cálculos⁸, la relación obtenida fue de 58.89 por lo tanto, el límite permisible para el estudio de la distorsión total es de 12% y para cada armónico es de 10%.

⁸ Véase Tabla 2 Límites de Distorsión Armónica Permissible en Corriente.



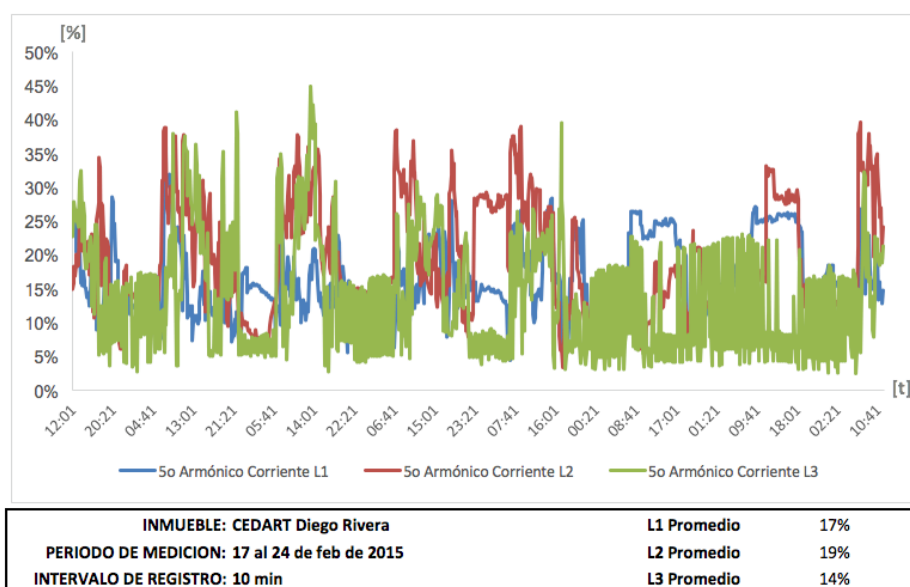
Gráfica 11. Distorsión Armónica Total de la Componente Fundamental en corriente

Como se puede apreciar en la gráfica 11, existen momentos en que la distorsión armónica se eleva, llegando hasta el 100%. En general, el sistema se comporta de manera que los armónicos, sobrepasan el límite permisible de 12% presentándose en la línea 1, un promedio de 59%, en la línea 2 de 66% y en la línea 3 de 37%. Esto además de reflejar un alto nivel de distorsión, demuestra un desbalance de fases que ya se había explicado con anterioridad. Lo que sumado, puede resultar en una afectación seria en las cargas conectadas a las líneas de energía eléctrica.



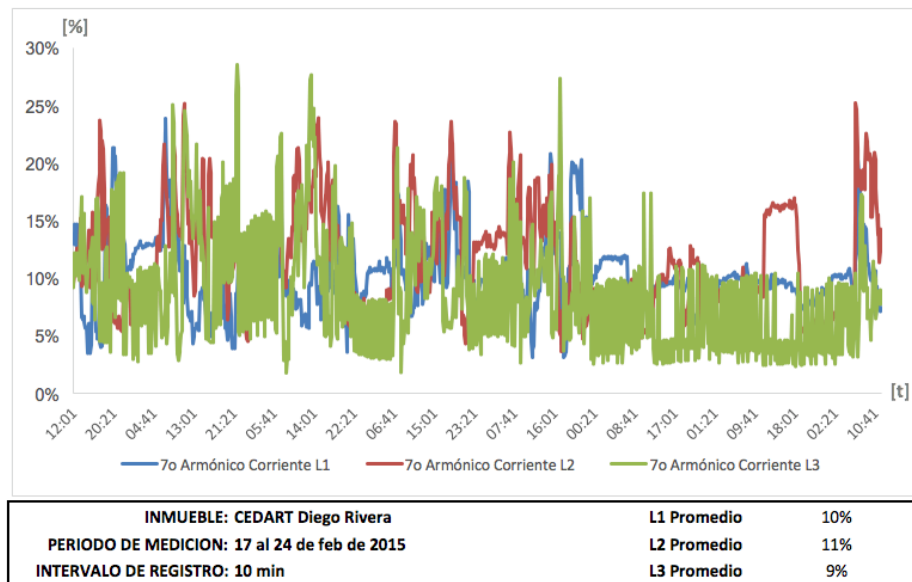
Gráfica 12. Distorsión armónica. 3er armónica

En el análisis de la 3er armónica, se puede observar que siguen existiendo problemas en cuanto a la distorsión superándose los límites permisibles por la norma. En la línea 1 se presentó un promedio de 53%, en la línea 2 un promedio de 58% y en la línea 3 un promedio de 28% superando los límites, presentándose problemas de armónicos en un porcentaje muy alto.



Gráfica 13. Distorsión armónica. 5a armónica

Al observar los valores de distorsión armónica en la 5ª armónica en la gráfica 13, podemos ver que siguen existiendo problemas elevándose en algunos puntos de la medición el porcentaje llegando hasta casi 40% en la línea 1 pero presentándose un promedio de 17% acercándose al valor permisible de la norma. En las líneas 2 y 3 con 19% y 14% respectivamente, se sigue incumpliendo con la norma.



Gráfica 14. Distorsión armónica. 7a armónica

Por último, en la 7ª armónica, se puede observar en la gráfica 14 que el porcentaje baja hasta el punto de cumplir con la norma teniéndose en la línea 1 un promedio de 10%, en la línea 2 con 11% y la línea 3 con 9%.

Al terminar con este análisis, se procedió a dar propuestas para la solución a los problemas encontrados en este apartado. Esas posibles soluciones se presentan en el capítulo 6, junto a las conclusiones encontradas después de dicho análisis.

6 Esquema metodológico Diagnóstico Energético

Como ya se ha mencionado anteriormente, el diagnóstico se realizó en la CEDART Diego Rivera, escuela perteneciente al INBA partiendo con el análisis de tres rubros.

- a) Censo: Es el levantamiento arquitectónico y eléctrico llevado a cabo en la zona de estudio y su análisis.
- b) Medición: Mediante la conexión de un analizador de redes en la zona de estudio. El cual va en función de la posibilidad de conectar el dispositivo en la institución educativa.
- c) Facturación: Tomando en cuenta las facturas eléctricas mensuales del inmueble a diagnosticar. El cual ocurre en función de que la institución educativa proporcione el histórico de dichas facturas.

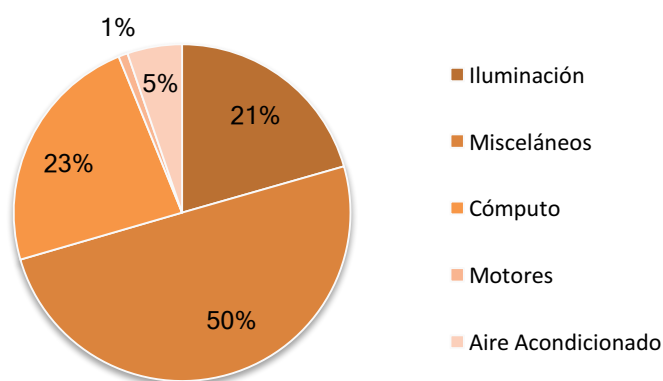
Para dichos análisis se toman, como primer punto de referencia, las normas aplicables⁹. La importancia de este punto promueve la utilización de las tendencias tecnológicas eficientes, que generen ahorros económicos y de consumo referentes al uso eficiente de los recursos energéticos. Aunado a esto, el estudio se basó en indicadores energéticos de acuerdo a la tipología del edificio y las actividades desarrolladas, que permitan detectar hallazgos para comparar y analizar la información desde un punto de vista metodológico y científico, respaldando de esta manera las propuestas finales de ahorro.

6.1 Matriz Energética

La energía eléctrica utilizada en el inmueble, se encuentra distribuida en 5 sistemas consumidores de energía: Iluminación, cómputo, misceláneos, aire acondicionado y motores.

En el sistema de iluminación se encuentran las luminarias interiores y exteriores. Cómputo está formado por: Computadoras de escritorio, multifuncionales, enrutadores y scanner. Por otro lado los misceláneos contemplan: sistemas de audio y video, electrodomésticos, herramientas de trabajo, artículos de oficina y acondicionadores ambientales. El sistema de aire acondicionado comprende equipos mini split y los motores engloban bombas de agua, extractores y herramientas de trabajo.

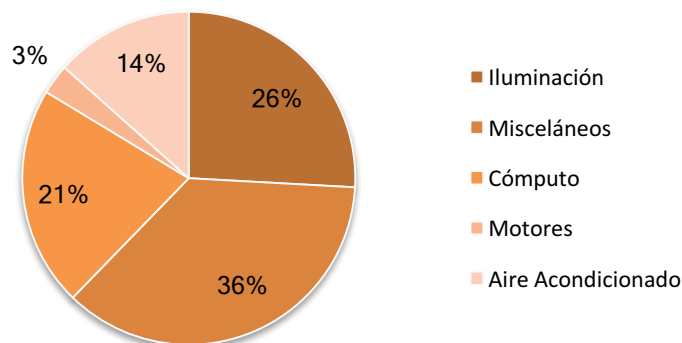
La carga instalada estimada del inmueble es de 86.7 [kW] y de acuerdo a cada uso final de la energía, se tiene la siguiente matriz energética: el sistema de misceláneos se encuentra en primer sitio con un 50%, cómputo en segundo lugar con 23%, seguido de iluminación con el 21%, aire acondicionado con el 5% y motores con el 1% como se observa en la gráfica 15.



Gráfica 15. Carga instalada total censo

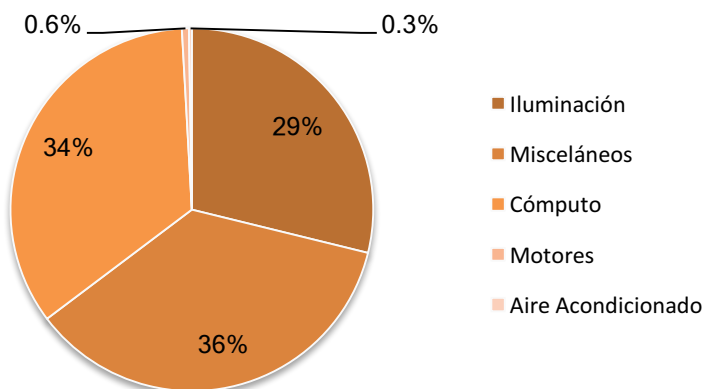
⁹ Véase capítulo 3.

La demanda máxima total estimada es de 17 [kW] donde los misceláneos representan el 36% de la carga, seguido de iluminación con un 26%, cómputo 21%, aire acondicionado 13% y motores 3%. Tabla 16.



Gráfica 16. Demanda total censo

El consumo anual estimado es de 33,949 [kWh], valor 5% inferior al dato arrojado por medición y 17.2% superior al dato anual de facturación. El consumo se encuentra en las siguientes proporciones: misceláneos 36%, cómputo 34%, iluminación 29%, motores 0.6% y aire acondicionado 0.3%. Gráfica 17.



Gráfica 17. Consumo total anual censo

En la tabla 6 se puede observar el resumen del análisis de la matriz energética.

Matriz energética			
Inmueble	Carga Instalada [kW]	Demanda Máxima [kW]	Consumo mensual estimado [kWh]
CEDART Diego Rivera	86.7	16.4	33,949

Tabla 6. Resumen de consumo y demanda

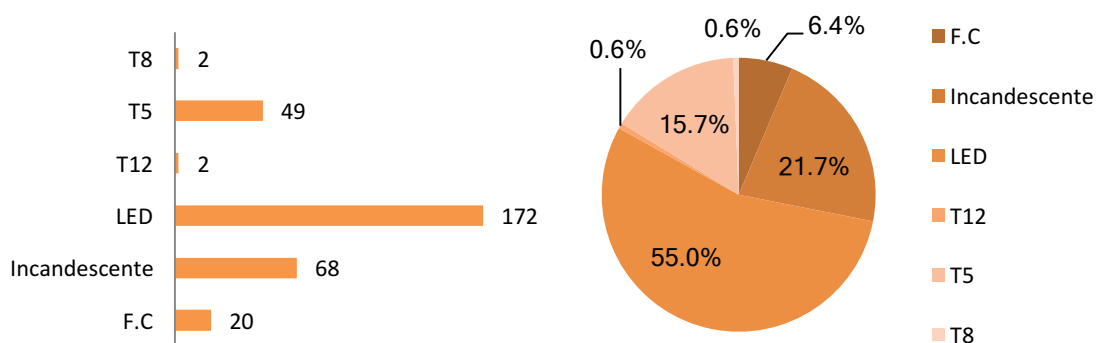
6.2 Usos finales

Como se mencionó anteriormente, se detectaron 5 usos finales de los aparatos consumidores de energía eléctrica en el inmueble. Estos se detallaran a continuación con información recabada en el censo eléctrico.

Iluminación

En 2013, se detectó que este sistema era el más representativo dentro de la matriz energética de consumo. Por esta razón, la tecnología ineficiente (lámparas lineales T12 e incandescentes) fueron sustituidas por 54 luminarias LED de 31 W (1.80m) y 90 luminarias LED de 20W (1.20m), generando un ahorro en iluminación del 52%.

En la gráfica 18 se observa la reducción de luminarias T12 y T8, las pocas con las que aún se cuentan están ubicadas en el Auditorio, éstas no fueron consideradas para la propuesta de sustitución tecnológica ya que son de uso especial y se debe cuidar las necesidades del usuario, adicional a los niveles de iluminación y carga instalada recomendada por la NOM-007-ENER-2013 y la NOM-025-STPS-2008.



Gráfica 18. Número y porcentaje de luminarias por tipo

Aire Acondicionado

Este edificio cuenta con 2 equipos de aire acondicionado de tipo mini split. Ambos tienen una capacidad de 24,000 BTU/h¹⁰; en algunos casos no operan de manera continua a través del año. En cuanto a la distribución del sistema de aire acondicionado, ambos se encuentran ubicados en el Auditorio. Se estima que este sistema impacta en el consumo de energía eléctrica en menos del 1%, mientras que en demanda es del 4% del total de la distribución de la carga.

Equipos de fuerza (Motores)

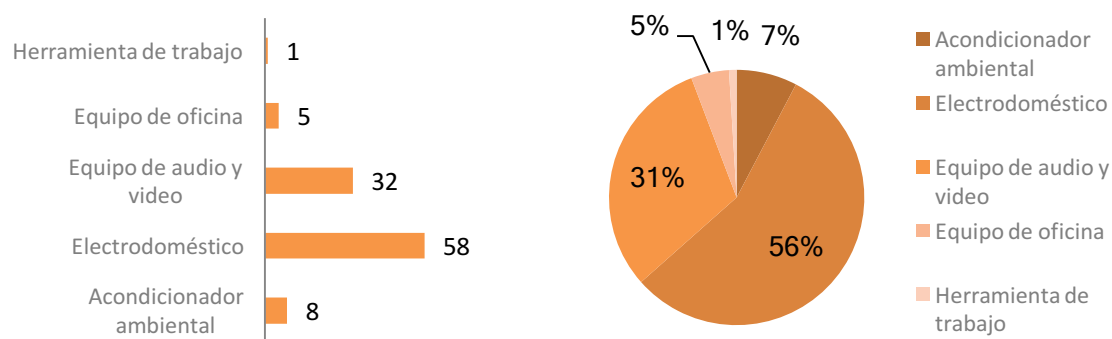
Existen 4 motores de tipo monofásico; tres de ellos son bombas de agua de ½ [hp]¹¹, 1/5 [hp] y 1/8[hp], el otro es un extractor de aire utilizado dentro de las aulas de 1/6 [hp].

Su impacto en consumo de energía eléctrica es de 0.6%, mientras que en demanda es del 1% del total de la distribución de la carga.

Misceláneos

El sistema de misceláneos presentó un aumento en su carga instalada, debido a que la escuela adquirió nuevo equipo eléctrico. Actualmente el CEDART DR cuenta con 104 misceláneos.

El porcentaje de consumo de energía eléctrica es del 36%, mientras que el de demanda es del 60% del total de la distribución de la carga.



Gráfica 19. Número y porcentaje de misceláneos por tipo

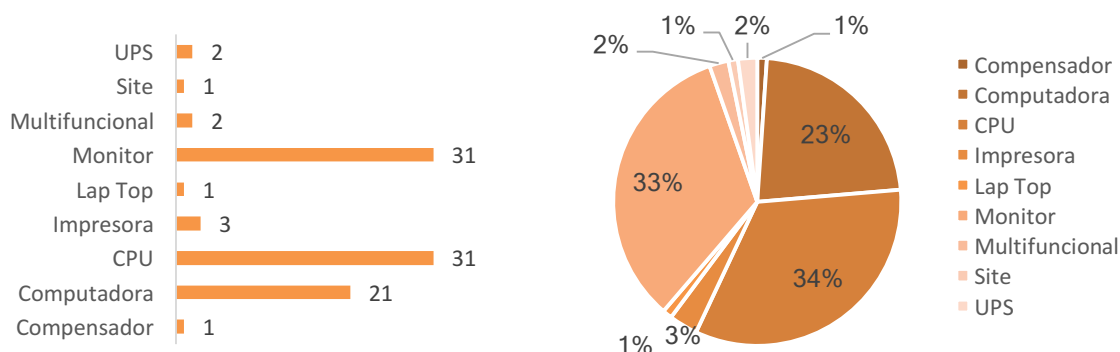
Cómputo

El CEDART DR cuenta con 61 equipos de cómputo de los cuales 52 son computadoras, 3 impresoras, 2 multifuncionales, 2 UPS, 1 laptop y 1 site.

¹⁰ British Thermal Unit: 3,412 [BTU] equivalen a 1 [kWh].

¹¹ Caballos Fuerza [hp]: Un caballo de fuerza equivale a 745.70 [W].

Cómputo es el segundo sistema en importancia en demanda y consumo. En el caso de carga instalada se encuentra con un porcentaje de 34%, mientras que en consumo con 41.0% del total de la carga.



Gráfica 20. Número y porcentaje de equipos de cómputo por tipo

6.3 Análisis de facturación

En la siguiente tabla se pueden observar periodos de facturación del mes de diciembre del 2013 a diciembre del 2014 con los consumos medidos por parte de la compañía comercializadora de electricidad.

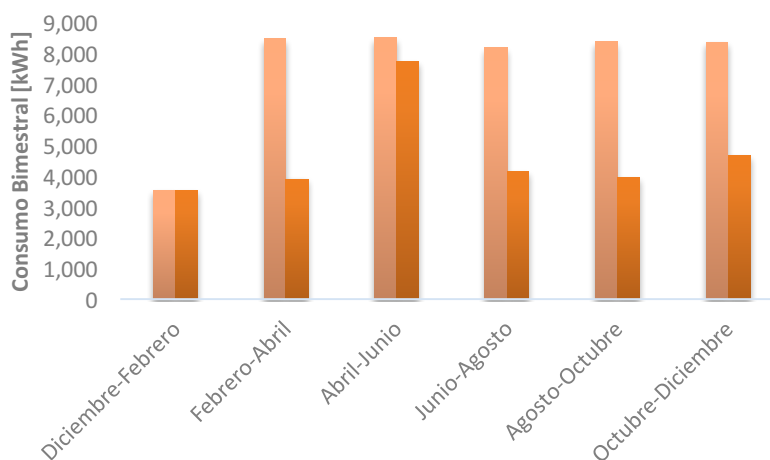
TARIFA 2			
Año	Período	Consumo bimestral [kWh]	Costo total con IVA
2015	Diciembre-Febrero	3,564	\$12,495
2016	Febrero-Abril	3,937	\$13,803
2016	Abril-Junio	7,752	\$27,072
2016	Junio-Agosto	4,170	\$14,712
2016	Agosto-October	3,999	\$14,114
2016	October-Diciembre	4,684	\$16,439
PROMEDIO MENSUAL		2,342	\$8,220
TOTAL ANUAL		28,106	\$98,635

Tabla 7. Facturación eléctrica anual

El consumo mensual promedio, de acuerdo a la facturación, es de 2,342 [kWh]. El consumo más alto se presenta en el bimestre de abril a junio de 2015 (7,752 [kWh]) dado

que en este periodo la escuela realizó el cierre de actividades escolares donde se presentaron diversos eventos que generaron un mayor consumo de electricidad.

La mayoría de las facturas emitidas por CFE muestran un valor estimado, por lo que, a través de los recibos de electricidad, sólo se puede tener un valor aproximado y no real del consumo energético del inmueble. Por tal motivo es posible, que en los recibos siguientes de CFE no se vean reflejados de manera tangible los ahorros energéticos obtenidos como resultado de las medidas de ahorro implementadas.



Gráfica 21. Comparativa de consumo mensual de la energía eléctrica 2015-2016

6.4 *Análisis de medición eléctrica*

Se realizó la segunda conexión del analizador de redes al interruptor general del inmueble, con el objeto de conocer el comportamiento de las variables eléctricas de esta escuela durante una semana.

El periodo de medición se realizó durante el ciclo escolar en una semana típica completa, del martes 17 al martes 24 de febrero de 2015 (7 días), tomando registros en periodos de 10 minutos, por lo que las mediciones no se comprometen con lecturas atípicas ya que toda la población cumple con labores de manera normal.

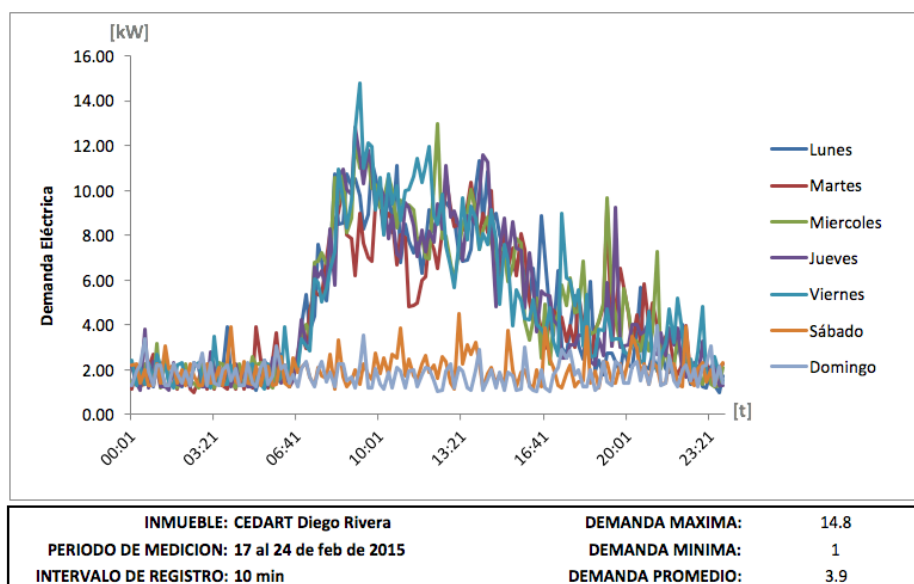
Demanda Eléctrica [kW]

De los registros de la medición se obtuvieron los siguientes valores: La demanda máxima se registró el día viernes 20 de febrero a las 9:11 con 14.8 [kW]. En los días contiguos se observa una demanda similar.

La demanda mínima fue registrada el día miércoles 18 de febrero a las 02:31. Además hubo otra medición mínima que se registró varias veces después de las 18 horas y hasta las 6:40 del día siguiente, la cual fue de 2.05 [kW] y es debida a la inactividad de la escuela.

La demanda base, de acuerdo al análisis de la medición fue de 3.94 [kW], la cual se produce después de las 18:00 horas. Esta demanda es en proporción 73.33% menor comparada con la demanda máxima. Este comportamiento probablemente es debido a los misceláneos que dejan conectados todo el tiempo.

En la siguiente gráfica se observa el comparativo de demanda de todos los días de la semana de medición. La demanda máxima de toda la semana se registra el día viernes con 14.8 [kW] y el comportamiento de los días laborales es similar. En el fin de semana se aprecia una demandada menor siendo de 0.98 [kW].



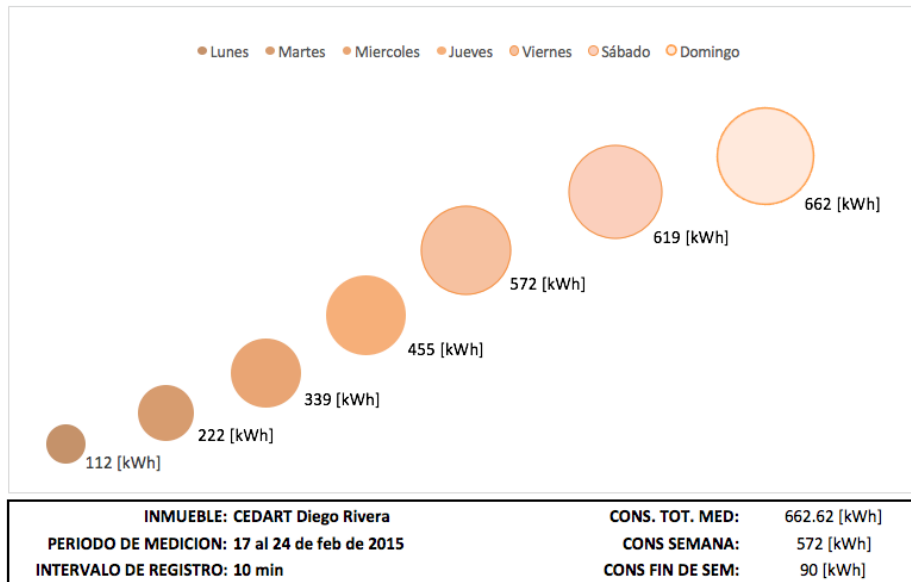
Gráfica 22. Demanda semanal por día

Se consideró como día típico laborable el miércoles, donde se registró una demanda máxima con medición de 12.94 [kW] y una mínima de 1.19 [kW]. Igualmente, a través del análisis, se estableció la demanda base en 4.88 [kW].

Como día típico no laborable se tomó en cuenta el día sábado, donde se midió una demanda máxima de 4.49 [kW], la cual se presentó de las 13:11 horas y la mínima fue de 1.12 [kW]. La demanda base, de acuerdo al análisis, fue de 1.97 [kW]. El día domingo no presentan actividades laborales.

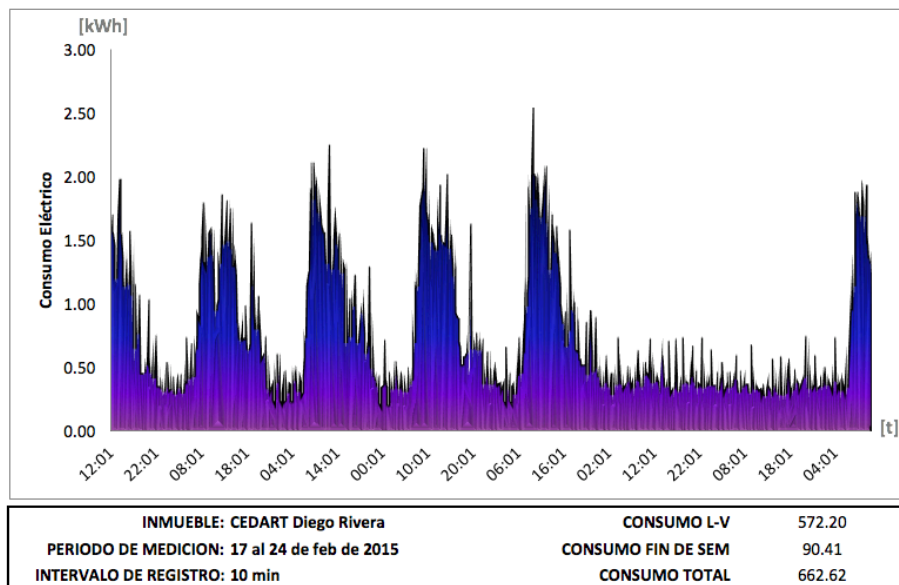
Consumo de Energía Eléctrica [kWh/mes]

El consumo acumulado que se midió durante toda la semana fue de 662 [kWh]. En la siguiente gráfica se puede apreciar, por día, el consumo que se tuvo, aunque el inicio del análisis se realizó el día martes 17 de febrero, el análisis de la medición determinó el siguiente cálculo: El lunes se tuvo un consumo de 112 [kWh], para el martes se había consumido 222 [kWh], para el miércoles se tenía un consumo acumulado de 339 [kWh] y así sucesivamente hasta llegar al domingo para un consumo acumulado de 662 [kWh].



Gráfica 23. Consumo por día acumulado semanal [kWh]

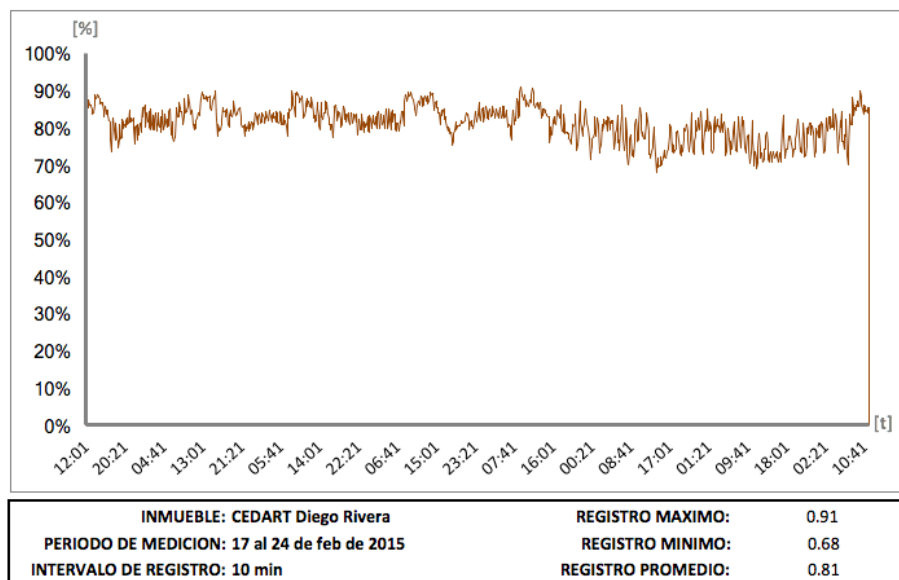
Realizando el cálculo para el consumo de energía típico de un mes completo y considerando los valores obtenidos en la medición, se obtuvieron dos consumos, el primero se estimó de acuerdo al día donde hubo más demanda que fue el viernes, los otros días de la semana se igualaron al consumo de ese día y el fin de semana de acuerdo a la medición, obteniéndose un consumo total de 2,927 [kWh/mes].



Gráfica 24. Perfil de carga semanal

Factor de Potencia [%]

Con el uso del analizador de redes se pudo establecer el nivel de fluctuación del F.P. en la entidad, obteniéndose las mediciones mostradas en la gráfica 25.



Gráfica 25. Factor de potencia

El factor de potencia, es la relación que existe entre la potencia real y la potencia aparente. En otras palabras, nos indica el aprovechamiento del uso de la energía eléctrica al convertirla en trabajo. El factor de potencia varia en valores de 0 a 1, o bien, del 0 al 100 %. El valor ideal es de 1 o del 100 %. Los principales beneficios de tener un factor de potencia alto son la reducción de pérdidas de energía en conductores y en las caídas de tensión, por consecuencia un aumento de vida útil de las instalaciones eléctricas, así como en transformadores y equipos conectados. Así mismo la compañía suministradora de energía da bonificaciones en facturación por registrar valores de factor de potencia arriba de 0.9 o 90% y penalizaciones si se registran por debajo del 90% en tarifa HM.

De acuerdo a la gráfica 25, existen bajas del F.P., esto se debe principalmente a las cargas inductivas que existen al interior del inmueble como motores, aunque principalmente en el censo se encuentran motores pequeños y de bombeo de agua, los cuales son la única carga importante. Un factor de potencia bajo (por debajo del 0.9) implica un aumento de la corriente aparente y por consiguiente, las pérdidas eléctricas aumentan, es decir, la eficiencia del sistema baja. Esto significa que la potencia real es menor a la potencia aparente y se pueden presentar sobrecargas en generadores o transformadores e igualmente afectan a las líneas de distribución ocasionando caídas de

tensión así como pérdidas de potencia. En este caso, el uso de motores, que necesitan potencia reactiva para activar campos magnéticos para su operación, produce un desfase entre tensión y corriente, disminuyendo el factor de potencia. Es necesario realizar un aumento en el factor de potencia a través de compensadores (bancos de capacitores) para corregir la relación entre potencias y tener un mayor F.P.

6.5 Indicadores Energéticos

Los indicadores de eficiencia energética permiten evaluar los resultados de las políticas públicas y acciones implementadas en la materia, ya que describen e indican de forma detallada cómo se está empleando la energía en los distintos sectores. No obstante, para construir indicadores apropiados, es sumamente importante tener una base de datos con información confiable, congruente, veraz, oportuna y en constante actualización, por lo que se tomarán como referencia los existentes en las Normas Oficiales Mexicanas.

Índice energético por Consumo de Energía Eléctrica (ICEE)

El índice energético por consumo de energía eléctrica (ICEE) es de 15.3 [kWh/m²-año], teniendo como dato el área construida del inmueble de 2,211.97 [m²] y un consumo estimado anual en censo de 33,949 [kWh]. El ICEE de referencia para inmuebles de la Administración Pública Federal (APF), de acuerdo a la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) debe encontrarse alrededor de los 60 [kWh/m²-año] para la zona centro en inmuebles que no cuentan con aire acondicionado¹².

Densidad de Potencia Eléctrica por Alumbrado (DPEA)

De acuerdo a la NOM-007-ENER-2014, “Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales” el nivel de iluminación para edificios cuya tipología es escuela, la densidad de potencia por alumbrado (DPEA) debe ser de 16 [W/m²], dentro de este estudio el cálculo de DPEA obtenido fue de 11.3 [W/m²]; valor en un 29% por debajo de la norma. Como se observa en la siguiente tabla, al realizar la comparación por áreas, se observa que biblioteca, bodegas, pasillos y camerinos no cumplen con lo recomendado por la norma.

¹² Valor usado de referencia, aplicado para uso de oficinas.

DPEA por zona			
	DPEA MEDIDO	DPEA NOM-007	CUMPLE
Área de lectura (biblioteca)	3.1	10	Si
Aulas	2.8	13.4	Si
Bodegas	5.2	6.8	Si
Escaleras	1.4	7.4	Si
Laboratorio escolar	2.9	13.8	Si
Oficina cerrada	4.6	12	Si
Pasillos	2	7.1	Si
Preparación de comida	1.1	10.7	Si
Sanitarios	9.7	10.6	Si
Talleres	5.3	17.1	Si
Teatro sección de vestidores (camerinos)	10.5	4.3	No
Vestíbulo	10.4	9.7	No

Tabla 8. Densidad de Potencia Eléctrica por Alumbrado por zona

El DPEA calculado, cumple con los requerimientos estipulados por la NOM-007-ENER-2014. Al realizar el análisis por zona, el DPEA en vestíbulo se encuentra por encima del valor de la NOM al igual que el DPEA en camerinos, con lo que son las únicas zonas sin cumplir con lo recomendado por la norma.

Niveles de iluminación (Luxes)

Se realizaron mediciones de los niveles de intensidad de iluminación con un luxómetro en todas las áreas del inmueble.

El promedio actual de iluminación en oficinas, de acuerdo a la medición realizada es de 131 luxes, en aulas 241 luxes, bodegas 116 luxes, servicios 146 luxes, zonas especiales(auditorio) 35 luxes, taller 252 luxes, de acuerdo con estos promedios, los espacios no cumplen con los niveles óptimos propuestos en la NOM-025-STPS-2008, por ello se recomienda mejorar los niveles de iluminación realizando mantenimiento periódico a las luminarias con que cuentan.

ANÁLISIS LUXES PROMEDIO POR ESPACIO			
	LUXES MEDIDOS	LUXES NOM-025	CUMPLE
Aula	241	300	No
Bodega	116	50	Si
Especial	35	400	No
Oficina	131	300	No
Servicio	146	140	Si
Taller	252	270	No

Tabla 9. Niveles de iluminación por zona

Otros indicadores

Con los datos del censo, se determinaron indicadores per cápita de la escuela respecto a consumo y a las emisiones generadas, con un consumo de 129.08 [kWh] por usuario, como se observa en la tabla 10.

Indicador	
Consumo anual per cápita [kWh/per cápita]	129.08
Kilogramos de CO2 emitidos al año per cápita [Kg CO2/ per cápita]	63.25

Tabla 10. Indicadores per cápita

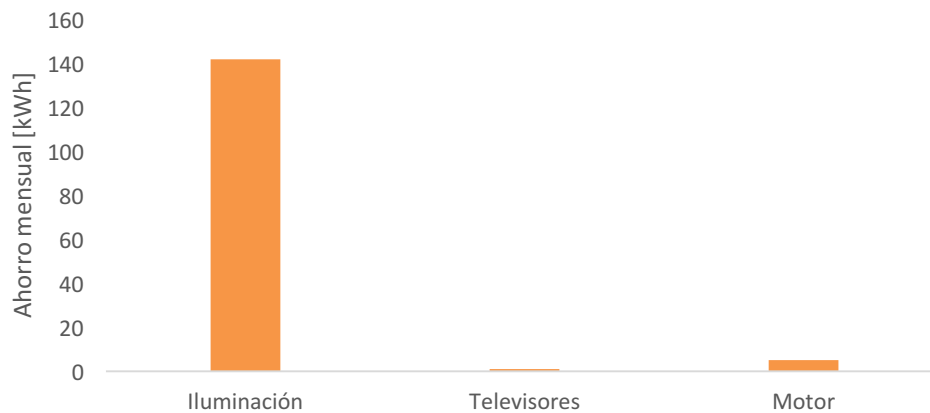
6.6 Potenciales detectados en el Diagnóstico

Para los siguientes análisis se toman, como primer punto de referencia, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM'S) aplicables. La importancia de este punto de referencia recae en una adecuada protección ambiental, para lo cual se promueve la utilización de las tendencias tecnológicas amigables con el ambiente, que generen ahorros económicos y de consumo referidos al uso eficiente de la energía eléctrica. Aunado a esto, el estudio se basa en indicadores energéticos acordes a la tipología del edificio y las actividades desarrolladas, que permitan detectar hallazgos para comparar y analizar la información desde el punto de vista metodológico y científico, respaldando de esta manera las propuestas finales de ahorro.

Medidas tecnológicas

La rentabilidad de las opciones energéticamente eficientes depende de la inversión diferencial, de la magnitud de la energía ahorrada, del costo unitario de la energía ahorrada y de la vida útil de la inversión, por ello se recomienda:

- La sustitución total de luminarias T5, T8, T12 e incandescentes por LED
- La sustitución de TV CRT por LCD o LED
- La sustitución del motor estándar, por uno Premium de alta eficiencia



Gráfica 26. Ahorro mensual por sustitución de tecnologías

De acuerdo a lo observado en la gráfica 26, se pueden obtener ahorros en algunos equipos eléctricos llegando a obtener un potencial de ahorro estimado del 4.8%. Debido a su baja rentabilidad, sólo se muestran como recomendaciones.

Medidas operativas

Es posible ahorrar energía o reducir la demanda máxima mediante acciones que no requieren de inversión. Para esto es necesario modificar hábitos de uso de la energía eléctrica¹³, mediante campañas de concientización y capacitaciones del personal para el ahorro y uso eficiente de energía, con la aplicación de todas ellas se podría alcanzar un ahorro máximo de 37%.

Potencial de ahorro de acuerdo al sistema	Potencial máximo de ahorro energético [kWh]
OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
El equipo funciona de acuerdo a diseño	11.5
Calibración de termostatos	2.9
Ajuste de interruptores	5.7
Implementación de mantenimiento preventivo	8
COMPORTAMIENTO DE PERSONAL	
Apagado del equipo que no se utiliza	5.2
Programa de sensibilización	1.7
Aprovechamiento de luz natural	1.9

Tabla 11. Potencial de ahorro por implementación de medidas operativas

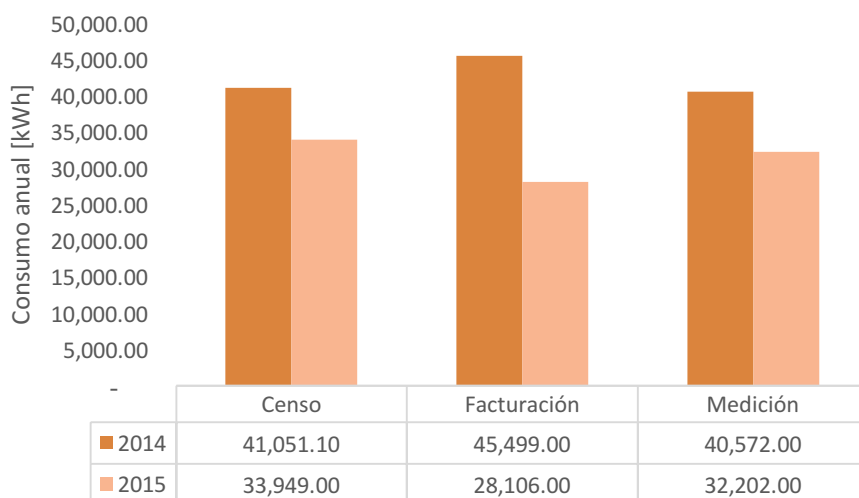
¹³ El uso eficiente de la energía no consiste en racionar o reducir los servicios que ésta presta, sino en utilizarla mejor.

7 Propuestas, comparativo y discusiones

En este capítulo se observará las diferentes propuestas encaminadas a resolver los problemas encontrados con el análisis de calidad de la energía, así como las propuestas de ahorro después de realizar el diagnóstico energético. Se comparará con las normas vigentes mencionadas con anterioridad y los resultados obtenidos después de la implementación de dichas medidas.

7.1 Propuestas para ahorro de energía

Al realizar el comparativo de facturación, medición y censo, en 2014 hay que considerar que la mayoría de los datos de facturación son estimados, mientras que el de censo es una aproximación. Por lo que el dato más confiable es el de medición (32,202 [kWh/año]). Para el caso del 2015, los recibos de CFE reflejan un ajuste en el cobro, y las lecturas reportadas comienzan a ser Normales y no Estimadas, por lo que la información presentada es cercana al consumo real. La medición y el censo presentan una diferencia poco significativa del 5%. La facturación presenta una diferencia porcentual promedio del 15% con respecto a censo y medición. Esto puede deberse a cambios en los hábitos de consumo, algún evento, o diferencia en el período de análisis.



Gráfica 27. Comparativo del consumo anual 2015-2016 de acuerdo al censo, facturación y medición.

Al ser el sistema de iluminación el más representativo del presente diagnóstico, se realizó la sustitución de luminarias ineficientes por tecnología Led y LFC, esta acción generó un ahorro en el consumo total de energía eléctrica de la escuela del 17% como se puede ver en la tabla resumen 12.

CEDART	Carga instalada total [kW]	Potencia [kW]	Demanda máxima [kW]	Consumo mensual [kWh]	Consumo anual [kWh]	ICEE	DPEA	Ahorro porcentual (%)
Censo 2014	74	50	18	3,732	41,051			
Facturación 2014				3,792	45,499	20.4	11.3	
Medición 2014			18	3,381	40,572			
Censo 2015	87	55	17	3,086	33,949			
Facturación 2015				2,342	28,106	15.3	8.1	17%
Medición 2015			15	2,927	32,202			

Tabla 12. Ahorros obtenidos totales 2015-2016

Ahorros por uso final

En tabla siguiente se desagrega el ahorro obtenido en el 2016 por cada uso final respecto al censo eléctrico realizado en el 2015, en iluminación se generó un ahorro del 52% debido a las sustitución de las luminarias y en el aire acondicionado hubo una reducción del 1% debido a un uso eficiente y racional. El sistema de cómputo no presentó cambios. Los usos finales de misceláneos y motores presentaron un incremento del 42% y 39% respectivamente debido a la adquisición de nuevos equipos por parte de la escuela, lo que generó un aumento de la carga instalada y por tanto del consumo eléctrico, por lo cual no se llegó al potencial de reducción estimado en el 2015 del 35% en el consumo total.

CEDART	Consumo anual 2014 [kWh]	Consumo anual 2015 [kWh]	Ahorro porcentual %
Iluminación	20,566	9,789	52%
Misceláneos	8,568	12,185	-42%
Cómputo	11,676	11,676	0%
Motores	153	212	-39%
Aire Acondicionado	88	87	1%

Tabla 13. Ahorros obtenidos por uso final

Ahorros por sustitución de luminarias

Como se observa en la tabla 14, se pasó de tener el 30% de luminarias eficientes en el 2015 a 77% en el 2016 debido a las sustitución tecnológica de luminarias ineficientes, con ello se obtuvo un ahorro anual en el sistema de iluminación del 51%, lo que

representa un ahorro del 13% dentro de la matriz energética del inmueble, reflejado proporcionalmente en el consumo eléctrico, económico¹⁴ y ambiental¹⁵.

	Consumo			Ahorros totales (%)		Luminarias (%)	
	Eléctrico (kWh/año)	Ambiental (kg de GEI/año)	Económico (pesos/año)	En iluminación (%)	En matriz (%)	Eficientes (%)	Ineficientes (%)
Iluminación 2015	20,566	10,077	61,782	-	-	30	70
Iluminación 2016	9,789	4,796	29,407	52%	13%	77	23
Ahorro 2015-2016	10,777	5,281	32,375	-	-	-	-

Tabla 14. Ahorros eléctrico, económico y ambiental, producto del cambio de tecnología en luminarias

El ahorro eléctrico es de poco menos de 11,000 [kWh/año], este representa el consumo aproximado de 3 años de la escuela, por lo que el ahorro en el pago realizado por el costo de la electricidad, que es de casi 33,000 pesos reflejándose los mismos 3 años promedio de ahorro. En cuanto a los [kg de CO₂] equivalentes producidos por generación de electricidad, se dejarían de emitir al ambiente más de 5,000 [kg anuales].

Ahorros estimados por paneles fotovoltaicos

Se adquirió un sistema de generación de energía eléctrica mediante una fuente renovable por lo cual se instaló un sistema de 12 [kWp] integrado por 48 módulos fotovoltaicos de los cuales se monitorea la generación en tiempo real. Este sistema tiene como finalidad generar parte de la energía eléctrica que se consume de la red de CFE y consecuentemente tener ahorros eléctricos, económico y contribuir con la conservación del ambiente.

El sistema se instaló en la azotea de la escuela que tiene un área de 366 m², el arreglo fotovoltaico ocupa un área aproximada de 133m² por lo que no se tiene ningún problema con el área disponible para su instalación.

Se estima que el sistema tendrá una producción energética diaria de 48 [kWh], generando 19,596 [kWh] anuales. Lo que representa el 70% del consumo total del inmueble en facturación.

¹⁴ Cálculo basado en el costo del [kWh] para la tarifa 2 en el mes de julio del 2015 de \$3.0041. SIE (Sistema de Información Energética)

¹⁵ Cálculo basado en 0.55 [kg deCO₂] equivalentes por cada [kWh] consumido. SENER (Secretaría de Energía)

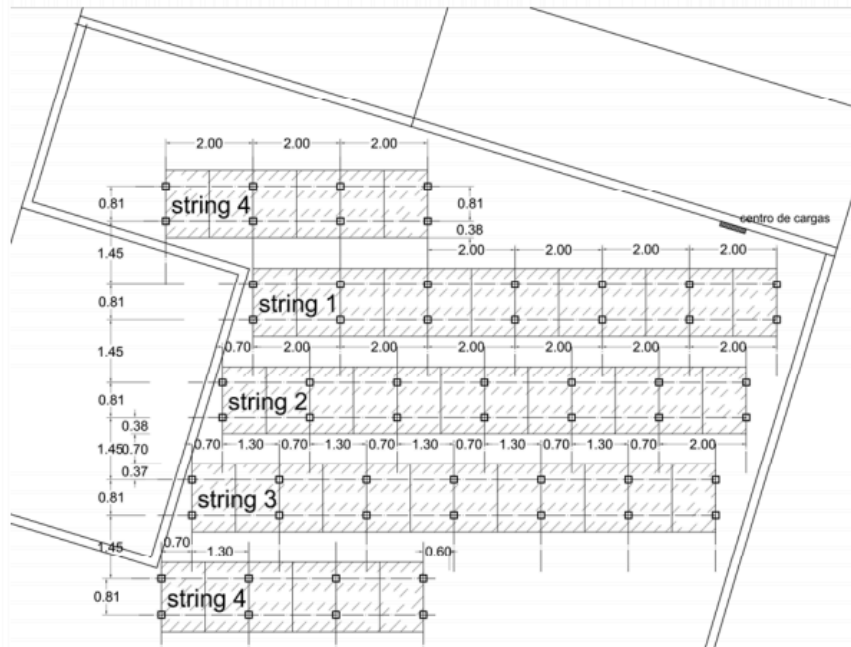


Ilustración 1. Distribución de paneles fotovoltaicos

El sistema consiste en un arreglo en serie de los módulos fotovoltaicos, colocados sobre bastidores de viguetas contra la corrosión y ancladas al piso de la azotea (ilustración 1), cuya generación eléctrica es inyectada a la red mediante un inversor que convierte de manera instantánea y continua la energía de corriente directa proveniente de los módulos fotovoltaicos a voltaje de corriente alterna compatible con la red eléctrica, realizando la sincronización y proporcionando las protecciones correspondientes. Subsecuentemente se instaló un medidor bidireccional para la interconexión con CFE.

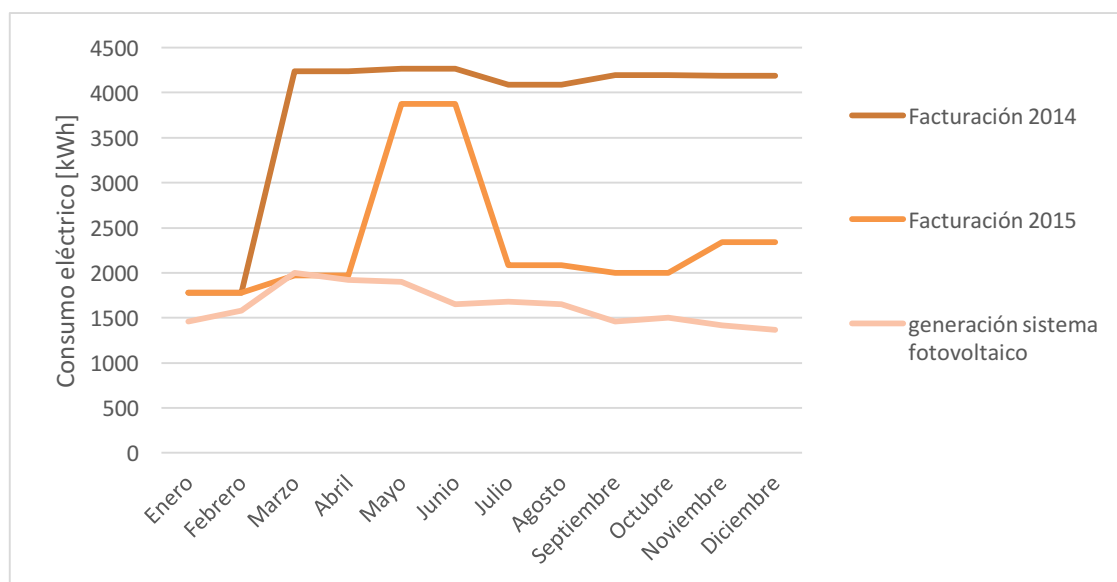
Generación estimada de energía eléctrica

En la siguiente tabla se indica la cantidad estimada de energía generada por el sistema fotovoltaico y el potencial de ahorro. Para el cálculo de la generación se asumió una eficiencia del sistema de 82%, que corresponde a las diversas pérdidas de energía en el sistema.

Período	Días	Horas promedio de irradiación [kWh/m2/d]	Generación del sistema fotovoltaico [kWh]	Ahorro mensual con IVA
Enero	31	4.78	1,458	4,380
Febrero	28	5.73	1,579	4,743
Marzo	31	6.55	1,998	6,002
Abril	30	6.5	1,919	5,764
Mayo	31	6.24	1,903	5,718
Junio	30	5.6	1,653	4,966
Julio	31	5.51	1,681	5,049
Agosto	31	5.42	1,653	4,967
Septiembre	30	4.95	1,461	4,390
Octubre	31	4.92	1,501	4,509
Noviembre	30	4.81	1,420	4,266
Diciembre	31	4.49	1,370	4,115
Promedio anual	30	5	1,633	4,906
Total	365	5	19,596	58,868

Tabla 15. Generación mensual estimada del sistema fotovoltaico

En la gráfica 29 se observa el comparativo mensual del consumo actual y la generación estimada con el sistema fotovoltaico.



Gráfica 28. Comparativo del consumo anual 2015-2016 de acuerdo a facturación y generación.

Recuperación de la inversión del sistema fotovoltaico¹⁶

En la siguiente tabla se muestra la inversión realizada en el sistema, siendo su recuperación en 7.4 años. Esta recuperación está basada en la inversión realizada entre el ahorro económico debido a la generación de energía eléctrica, como se muestra en la tabla 16.

CONCEPTO	CONSUMO ESTIMADO	AHORRO POR GENERACIÓN		FACTURACIÓN ESPERADA	
		VALOR	PORCENTAJE	VALOR	PORCENTAJE
Consumo anual [kWh]	28,106	19,596	70%	8,510	30%
Importe anual (\$) c/IVA	\$98,635	\$58,868	60%	\$39,767	40%

Inversión (\$) c/IVA	437,777	TSR(años)	7.44
----------------------	---------	-----------	------

Tabla 16. Ahorro por generación de energía eléctrica en el sistema fotovoltaico.

7.2 Propuestas para problemas de calidad de la energía

En este sistema se apreciaron varios elementos que podrían afectar seriamente el funcionamiento de los aparatos electrónicos conectados a la línea de energía eléctrica. Entre las más claras se destaca un pronunciado desbalance entre las fases lo que hace que existan corrientes desbalanceadas, lo que propicia también a la aparición indeseable de armónicos que pueden deteriorar continuamente a los conductores y a los propios equipos conectados.

Aunque no se tomaron en cuenta soluciones para el problema de calidad de la energía, se propuso la reestructuración de la instalación eléctrica. Esto para poder balancear las tres fases en cuanto a las cargas conectadas. Esto evitaría una sobrecarga en alguna de las líneas, que después de observar los datos analizados, es muy evidente.

Por otro lado, filtros de armónicos pasivos o activos que pueden ayudar enormemente a la desaparición de estas señales que afectan la línea y equipos. Existen diversos tipos de filtros.

¹⁶ El retorno de inversión es un método extensamente empleado que calcula el tiempo que toma recuperar la inversión original, el ingreso del precio neto derivado o el ahorro neto realizado. El método de recuperación determina el número de años requeridos para que el capital invertido sea cubierto por los beneficios resultantes. El número requerido de años recibe el nombre de período de recuperación, de pago o de equilibrio. CONUEE 2013

Los beneficios de colocar filtros de frecuencias armónicas son las siguientes:

- Disminuyen los disturbios en la tensión, que son ocasionados por la energización de dispositivos electrónicos con condensadores.
- Al disminuir los disturbios en tensión, se limita la corriente en dichos dispositivos, y así las armónicas resultantes.
- Disminuye que los circuitos, ya sea en paralelo o en serie, entren en resonancia.
- Esto hará que la operación y eficiencia de los equipos conectados a la red, mejore, teniendo también como resultado, la disminución de fallos en el sistema.

La colocación de un filtro pasivo, requiere de un tipo de armónico en específico. Por el contrario, un filtro activo, puede filtrar el contenido total de las armónicas en el sistema. Se requiere de otro tipo de valoración para el diseño y colocación de dichos filtros.

7.3 Disturbios eléctricos encontrados en medición eléctrica

Dentro de los más evidentes, fue el desbalanceo entre fases que ya se mencionó en el apartado de calidad de la energía.

El factor de potencia también presenta problemas como un promedio de 81% y mediciones mínimas de hasta 61% con lo cual se encuentra un lejos del 90% que es el valor mínimo para un buen funcionamiento de los dispositivos conectados a la red.

De alguna forma esto no ha sido tomado en cuenta ya que la tarifa 2 de la CFE no tiene un mecanismo de amonestaciones por el valor del factor de potencia.

Además de que la carga es relativamente pequeña para poder establecer una solución de corrección de factor de potencia por banco de capacitores. En este caso no existen motores o cargas inductivas grandes que puedan agravar el problema.

En cuanto a la tensión, no se encontraron problemas, así como con la corriente.

7.4 Comparativo con las normas

Recapitulando todo lo anterior, se presenta la tabla 17 con el comparativo de los problemas encontrados a lo largo del presente trabajo.

Calidad de la Energía IEEE-1159, CFE-L0000-45			
Anomalia	Valor obtenido	Valor de referencia	Cumple
Umbrales de tensiones de fase conocidos			
Subtensiones (hueco)	-2%	±10%	Si
Sobretensiones (swell)	-2%	±5%	Si
Regulación en voltaje	1%	±3%	Si
Armónicos de tensión			
Distorsión tensión THD	2%	5%	Si
Distorsión 3ra armónica tensión	1%	3%	Si
Distorsión 5a armónica tensión	2%	3%	Si
Distorsión 7a armónica tensión	1%	3%	Si
Frecuencia	59.94 - 60.07	60 hz	Si
Umbrales de tensiones conocidas diferenciales de neutro a tierra			
Voltaje N-T	0.02 [V]	3 [V]	Si
Transitorios impulsivos	0.02 [V]	20 [V]	Si
Ruido	0.02 [V]	20 [V]	Si
Umbrales de corriente fase-neutro			
Corriente en neutro	23.5 [A]	<75 [A]	Si
Desbalance de corriente	91%	20%	No
Armónicos de corriente			
Distorsión corriente THD	54%	12%	No
Distorsión 3ra armónica tensión	46%	10%	No
Distorsión 5a armónica tensión	16%	10%	No
Distorsión 7a armónica tensión	10%	10%	Si

Tabla 17. Comparativo con normas en Calidad de la Energía

Como se puede observar, solo hubo problemas en el desbalance de corriente entre fases, y en la distorsión armónica de corriente.

Para seguir con el comparativo, se tienen los valores comparativos en el ámbito del diagnóstico energético.

Diagnóstico energético				
Indicador	Valor obtenido	Valor de referencia	Cumple	Norma
Índice energético por consumo de energía eléctrica (ICEE)	15.3 [kWh/m ² -año]	60 [kWh/m ² -año]	Si	ICEE de referencia para inmuebles de la Administración Pública Federal (APF)
Densidad de Potencia Eléctrica por Alumbrado (DPEA)	11.3 [W/m ²]	16 [W/m ²]	Si	NOM-007-ENER-2013, Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales
Iluminación (luxes)				
Oficinas	241	300	No	NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo
Aulas	116	50	Si	
Bodega	35	400	No	
Especial	131	300	No	
Servicio	146	140	Si	
Taller	252	270	No	
Consumo per cápita y emisiones CO2				
Consumo anual per cápita	129.08 [kWh/per cápita]	-	-	-
kg de CO2 emitidos per cápita	63.25 (kgCO ₂ /per cápita]	-	-	-

Tabla 18. Comparativo con normas en Diagnóstico Energético.

8 Resultados y Conclusiones

De acuerdo al censo realizado en el edificio estudiado, el consumo mensual es de 3,086.3 [kWh], el reflejado por la medición es de 2,927 [kWh] con lo que se tiene una diferencia de 5.1% respecto al censo. De las facturas proporcionadas por la Administración se tiene un consumo promedio mensual de 2,342 [kWh/mes] formando parte de la tarifa 2 y siendo 17.2% menor que el reflejado en el censo, esto puede ser debido a que las lecturas proporcionadas por CFE muestran un reporte estimado en la mayoría de los bimestres y no se tiene una lectura normal.

La instalación eléctrica actual se encuentra en buenas condiciones, una vez sustituidas las luminarias ineficientes deben promoverse campañas de concientización, dado que se observó que el personal no cuenta con buenas prácticas para realizar un uso responsable de la energía. Dado que censo y facturación son datos estimados, se utilizará el valor de medición como el que mejor refleja el comportamiento del inmueble.

La implementación de un sistema fotovoltaico prevé la reducción de emisiones de CO₂ generadas al ambiente y la reducción en el costo por concepto de consumo de energía eléctrica en un 70%.

De no aumentar la carga instalada y hacer un uso eficiente de la energía, se podría ver reflejado un 5% adicional de ahorro energético, lo que sumaría junto con los resultados obtenidos de la implementación del sistema de paneles fotovoltaicos un ahorro esperado del 75% sobre el total de facturación 2017.

En cuanto al problema de las frecuencias armónicas, se muestra un amplio panorama pero sin olvidar que se hace solamente el comparativo en cuanto a la respectiva normatividad ya que una evaluación más exhaustiva, requiere más elementos de análisis, sin embargo, el conocimiento de los aspectos más generales de las posibles causas y sus determinadas consecuencias, pueden ayudar a prevenir problemas en el sistema eléctrico, así como tomar medidas de corrección para disminuir los efectos de los mismos, y así, poder operar de forma adecuada y efectiva, pero sobre todo obteniendo seguridad en el usuario final.

Después del análisis presentado, se puede concluir, que el objetivo se cumplió y se pudieron dar elementos extras para dar una solución al problema energético, como la instalación de una fuente generadora de energía renovable, así como el cambio de tecnología en iluminación, que hizo más eficiente el uso de la energía eléctrica, generándose ahorros que se verán reflejados en el ámbito ambiental y económico. Esto a su vez, genera un cambio de conciencia en el usuario final, que, no solo puede actuar en esta entidad si no llevar esa conciencia a sus lugares de residencia que poco a poco va integrando de forma gradual a dicho usuario al uso eficiente y efectivo de la energía eléctrica.

Esto no siempre sucede; no con todos los usuarios. Dentro de la experiencia que pude obtener de este proyecto fue que algunas personas no están preparadas para realizar un cambio en hábitos y prácticas en cuanto al uso de la energía eléctrica. Fue complicado llegar a todos los usuarios ya que este tema del ahorro de energía, no ha llegado por completo a hacer hincapié en la mayoría de la población de más de 35 años. Esto fue un problema ya que las personas en estas edades, que laboraban al interior de la escuela, casi no ponían de su parte en el transcurso del proyecto, como por ejemplo, desconectar sus aparatos eléctricos cuando no eran utilizados así como apagar las luminarias en condiciones de buena iluminación o poner sus equipos de cómputo en modo ahorro. Esto por ejemplo no se vio con la mayoría de los alumnos que se interesaba por el tema y algunos comentaban que estaban llevando la información y prácticas a sus hogares.

Para las nuevas generaciones, es más fácil irse adaptando a este tipo de prácticas en las que, como se dijo anteriormente, se genere una conciencia de ahorro de energía y una conciencia ambiental que en momentos como estos, en los que los combustibles fósiles son ampliamente utilizados, pueda generar un cambio en las prácticas cotidianas e irse extendiendo a otros sectores sociales en los que se pueda adoptar este sistema de desarrollo sustentable.

En este periodo de tiempo en el que he estado laborando en el área de los sistemas energéticos, he podido acumular experiencia a lo largo de diversos proyectos que me han enseñado, que si bien, en el estudio durante la carrera universitaria, no vi todos los problemas que se pueden ir presentando fuera del aula, me dio las herramientas necesarias para afrontarlos y resolverlos de forma adecuada, y así, presentar resultados que cumplan con las expectativas necesarias de la profesión.

La satisfacción que he obtenido al momento de entregar resultados me ha hecho confirmar que tomé la mejor decisión de mi vida al momento de elegir esta profesión. Que, aunque no ha sido fácil el trayecto, ha sido muy gratificante. Todo esto aunado al apoyo que siempre tuve de mi asesora, el apoyo del equipo de trabajo de la empresa Box-S en la que me siento muy bien de colaborar, y el apoyo de Fundación INBA así como las facilidades otorgadas por el Instituto Nacional de Bellas Artes , puedo mencionar que me siento completamente satisfecho del trabajo realizado así como de los resultados obtenidos en este proyecto.

9 Bibliografía

IEEE Standard 1159 Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality A Status Update E. R. “Randy” Collins, Jr., PhD, PE Chair, Working Group for Monitoring Electric Power Quality Clemson University Department of Electrical and Computer Engineering.

American National Standard ANSI/IEEE C57.110-1986, Recommended Practices for Establishing Transformer Capability when Supplying Nonsinusoidal Load Current. New York: IEEE Press, 1988.

Alvarado Moreno, Otto, “Calidad de energía eléctrica: Análisis armónico de sistemas eléctricos de potencia”, Universidad de Texas, Arlington, USA.

Enriquez Harper, Gilberto, “El ABC de la calidad de la energía eléctrica”, Limusa Noriega Editores, México.

Balcells, J, Emmanuel A; "Practical Definitions for Powers in systems with Nonsinusoidal Waveforms and Unbalanced Loads: A discussion", IEEE Transactions on Power Delivery (Pags 97-99).

Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. (D.O. 31-V-1993)
<http://www2.scjn.gob.mx/Reglamentos/Archivos/00072004.doc>

Desviaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica, Especificación CFE L0000-45
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/58926/Anexo_N.pdf

Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas NOM-001-SEDE-2012
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5280607&fecha=29/11/2012

Norma Mexicana NMX-J-524/1-ANCE-2005 Compatibilidad Electromagnética
http://dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=2088917

IEC (International Electrotechnical Commission) 61000-4-3 "Electromagnetic Compatibility (EMC)-Part 4-3: Testing and measurement techniques-Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test", edición 3.0 (2006-02)

ANSI/IEEE C37.13 Std. for Low Voltage AC Power Distribution for Industrial Plants. 1981.

Llamas Terrés, Armando, Tejada Peralta, Alexis, "Efectos de las armónicas en los sistemas eléctricos", Publicación ITESM, Campus Monterrey.

<http://www.mty.itesm.mx/etie/deptos/ie/profesores/allamas/cursos/ueee/armonicas/07efectarm.pdf>

<http://www.cfe.gob.mx/Industria/AhorroEnergia/Lists/Ahorro%20de%20energia/Attachments/3/Factordepotencia1.pdf>

<http://www.cfe.gob.mx/Industria/AhorroEnergia/Lists/Ahorro%20de%20energia/Attachments/1/Administraciondelademandadeenergia.pdf>

http://www.semarnat.gob.mx/sites/default/files/documentos/cicc/20160623_guia_rene.pdf

10 Anexos

10.1 Beneficios Sociales (Energía)

CEDART DR

Energía

Sustitución de luminarias

La poderosa influencia de la luz en los neurotransmisores cerebrales modifica la atención, el humor y el comportamiento, altera la salud humana y afecta al rendimiento laboral. Las aulas del CEDART DR estaban pobremente iluminadas, con poca o nula luz solar; algunas áreas se encontraban con iluminación incandescente derrochando el 80% de la energía eléctrica transformándose en calor y en algunas otras se tenía tubos fluorescentes con parpadeos (Flicker), lo cual producía contaminación electromagnética (elektrosmog), lo que induce ondas cerebrales de estrés, además de fatiga crónica y cansancio visual. De ahí la importancia de sustituir las luminarias existentes con otras con mayor calidad de iluminación artificial, mejorando la salud de los alumnos y personal al igual que la seguridad al interior del inmueble y el rendimiento laboral.

10.2 Sustitución tecnológica

BL 600 M LED



DESCRIPCIÓN

- **Cuerpo:** Aluminio extruido
Acabado pintura electrostática poliéster
Color blanco mate
- **Refractor:** Acrílico texturizado
- **Montaje o instalación:** Sobreponer
- **Grado de protección:** IP50



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- **Fuente:** (1) Driver totalmente integrado, interno.
- **Rango de Tensión:** 90V- a 140V-
- **Corriente de Operación:** 0.13 A / 0.11 A
- **Frecuencia de Operación:** 50 / 60 Hz
- **Factor de Potencia:** 0.5
- **Potencia:** 10 W



FUENTE LUMINOSA

- **Tipo:** LED
- **Temperatura de color:** 4000 K
- **Flujo Luminoso:** 1080 lm
- **IRC:** 85
- **Vida Útil:** 50,000 hrs.

CLAVES DEL PRODUCTO

Descripción	Clave
<input type="checkbox"/> BL 600 M LED 4000 K	L-5304-140

REPUESTOS Y/O ACCESORIOS

Descripción	Clave
<input type="checkbox"/> BRAQUET FJJO	P-0263-000

DIMENSIONES (mm)



FOTOMETRÍA

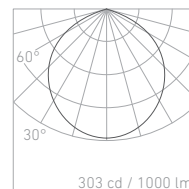


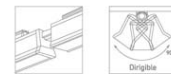
Ilustración 2. Luminaria LED 10W.

BL 1200 M LED



DESCRIPCIÓN

- **Cuerpo:** Aluminio extruido
Acabado pintura electrostática poliéster
Color blanco mate
- **Refractor:** Acrílico texturizado
- **Montaje o Instalación:** Sobreponer
- **Grado de protección:** IP50



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

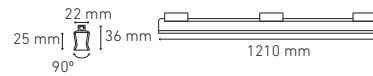
- **Fuente:** (1) Driver totalmente integrado, interno.
- **Rango de Tensión:** 100V- a 240V-
- **Corriente de Operación:** 0.25 A/0.16 A
- **Frecuencia de Operación:** 50 / 60 Hz
- **Factor de Potencia:** 0.5
- **Potencia:** 20 W



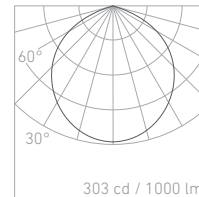
FUENTE LUMINOSA

- **Tipo:** LED
- **Temperatura de color:** 4000 K
- **Flujo Luminoso:** 2160
- **IRC:** 85
- **Vida Útil:** 50,000 hrs.

DIMENSIONES (mm)



FOTOMETRÍA



CLAVES DEL PRODUCTO

Descripción	Clave
<input type="checkbox"/> BL 1200 M LED 4000 K	L-5305-140

REPUESTOS Y/O ACCESORIOS

Descripción	Clave
<input type="checkbox"/> BRAQUET FIJO	P-0263-000

A1393 1C12

San Luis Tlatlilco No. 30 Col. Parque Industrial Naulcalpan. Naulcalpan de Juárez, Edo. de México.
C.P. 53489 Tel.: 01.55.5300.0646 • Fax: 01.55.5300.6965

www.magg.com.mx

La información contenida en esta ficha técnica es propiedad de Electro Mag S.A. de C.V.
Todos los derechos reservados. Nos reservamos el derecho de hacer modificaciones sin
previo aviso.



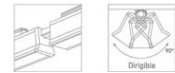
Ilustración 3. Luminaria LED 20W.

BL 1800 M LED



DESCRIPCIÓN

- **Cuerpo:** Aluminio extruído
Acabado pintura electrostática poliéster
Color blanco mate
- **Difusor:** Acrílico texturizado
- **Montaje o Instalación:** Sobreponer
- **Grado de protección:** IP50



CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

- **Fuente:** (1) Driver totalmente integrado , interno.
- **Rango de Tensión:** 100V- a 240V-
- **Corriente de Operación:** 0.4 A / 0.27 A
- **Frecuencia de Operación:** 50 / 60 Hz
- **Factor de Potencia:** 0.5
- **Potencia:** 31 W



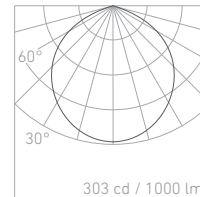
FUENTE LUMINOSA

- **Tipo:** (1) LED
- **Flujo Luminoso:** 3240 lm
- **IRC:** 85
- **Vida Útil:** 50,000 hrs.
- **Temperatura de color:** 4000 K

DIMENSIONES (mm)



FOTOMETRÍA



CLAVES DEL PRODUCTO

Descripción	Clave
<input type="checkbox"/> BL 1800 M LED 4000 K	L-5306-140

REPUESTOS Y/O ACCESORIOS

Descripción	Clave
<input type="checkbox"/> BRAQUET FIJO	P-0263-000

A1394 1C12

San Luis Tlatlilco No. 30 Col. Parque Industrial Naulcapan. Naulcapan de Juárez, Edo. de México.
C.P. 53489 Tel.: 01.55.5300.0646 • Fax: 01.55.5300.6965

www.magg.com.mx

La información contenida en esta ficha técnica es propiedad de Electro Mag S.A. de C.V.
Todos los derechos reservados. Nos reservamos el derecho de hacer modificaciones sin
previo aviso.



Ilustración 4. Luminaria LED 31W.

Nivel 0: Pasillo Sur (Aula de Medios)		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión [\$]	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	4x17W T8 BE/ER	1	74.8	10	20	0.0748	0.0748			14.96	14.96					
Propuesta 1:	BL 1200 M LED	2	20	10	20	0.02	0.04	0.0348	47%	4	8	6.96	47%	2,455.76	20.91	117.45

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/ Modelo
Caso Base:	Lámpara	4x17W T8	68	85	6500	127	24000	1250	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base:	Balastro	Electrónico Encendido Rápido	74.8	N/A	N/A	127	-	N/A	1.1	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1200	20	85	4000	100-240	50000	2160	N/A	N/A	N/A	N/A	1227.88	L-5305-120	Magg/ BL 1200 M LED

Nivel 0: Pasillo Sur (Aula de Medios)		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	4x17W T8 BE/ER	4	74.8	10	20	0.0748	0.2992			14.96	59.84					
Propuesta 1:	BL 1800 M LED	4	31	10	20	0.031	0.124	0.1752	59%	6.2	24.8	35.04	59%	7,346.76	105.26	69.79

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/ Modelo
Caso Base:	Lámpara	4x17W T8	68	85	6500	127	24000	1250	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base:	Balastro	Electrónico Encendido Rápido	74.8	N/A	N/A	127	-	N/A	1.1	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1800	31	85	4000	100-240	50000	3240	N/A	N/A	0.4/0.27	N/A	1836.69	L-5306-120	Magg/ BL 1800 M LED

(Nivel 0: Aula de Medios) - (Nivel 1: Escaleras Sur)		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	4x21W T12 BE/EI	4	100.8	8	20	0.1008	0.4032			16.128	64.512					
Propuesta 1:	BL 1800 M LED	4	31	8	20	0.031	0.124	0.2792	69%	4.96	19.84	44.672	69%	7,346.76	134.20	54.75

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/Modelo
Caso Base:	Lámpara	4x21W T12	84	75	4200	127	7500	1150	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base:	Balastro	Electrónico Encendido Instantáneo	100.8	N/A	N/A	127	-	N/A	1.2	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1800	31	85	4000	100-240	50000	3240	N/A	N/A	0.4/0.27	N/A	1836.69	L-5306-120	Magg/ BL 1800 M LED

(Nivel 0: Danza 1) - (Nivel 1: Danza 2, Teatro)		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	4x21W T12 BE/EI	22	100.8	7.33	20	0.1008	2.2176			14.784	325.248					
Propuesta 1:	BL 1200 M LED	33	20	7.33	20	0.02	0.66	1.5576	70%	2.933333333	96.8	228.448	70%	40,520.04	686.28	59.04

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/Modelo
Caso Base:	Lámpara	4x21W T12	84	75	4200	127	7500	1150	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base:	Balastro	Electrónico Encendido Instantáneo	100.8	N/A	N/A	127	-	N/A	1.2	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1200	20	85	4000	100-240	50000	2160	N/A	N/A	N/A	N/A	1227.88	L-5305-120	Magg/ BL 1200 M LED

Nivel 1: Almacén (entre PB/P1 nivel 1), Cobacha, Anexo 1 (Fotografía)		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	2x30W T12 BEM/EI	6	72	4.17	20	0.072	0.432			6	36					
Propuesta 1:	BL 1200 M LED	4	20	4.17	20	0.02	0.08	0.352	81%	1.666666667	6.666666667	29.33333333	81%	4,911.52	88.12	55.74

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/Modelo
Caso Base:	Lámpara	2x30W T12	60	62	4100	127	9000	2150	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base:	Balastro	Electromagnético Encendido Instantáneo	72	N/A	N/A	127	-	N/A	1.2	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1200	20	85	4000	100-240	50000	2160	N/A	N/A	N/A	N/A	1227.88	L-5305-120	Magg/ BL 1200 M LED

(Nivel 0: Biblioteca Pasillo 2) - (Nivel 2: Aula Artes Plásticas 1, Aula Artes Plásticas 2)		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	2x32W T8 BEM/ER	12	70.4	8.67	20	0.0704	0.8448			12.20266667	146.432					
Propuesta 1:	BL 1800 M LED	12	31	8.67	20	0.031	0.372	0.4728	56%	5.373333333	64.48	81.952	56%	22,040.28	246.19	89.52

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/Modelo
Caso Base 1:	Lámpara	2x32W T8	64	82	4100	127	30000	2800	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base 1:	Balastro	Electromagnético Encendido Instantáneo	70.4	N/A	N/A	127	-	N/A	1.1	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1800	31	85	4000	100-240	50000	3240	N/A	N/A	0.4/0.27	N/A	1836.69	L-5306-120	Magg/ BL 1800 M LED

(Nivel 0: Auditorio Vestidores Hombres) - (Nivel 1: Almacén (entre PB/P1)) - (Nivel 2: Pasillo Aulas Sur (Artes Plásticas))		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	2x32W T8 BEM/ER	7	70.4	5.67	20	0.0704	0.4928			7.978666667	55.85066667					
Propuesta 1:	BL 1200 M LED	6	20	5.67	20	0.02	0.12	0.3728	76%	2.266666667	13.6	42.25066667	76%	7,367.28	126.93	58.04

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/ Modelo
Caso Base:	Lámpara	2x32W T8	64	82	4100	127	30000	2800	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base:	Balastro	Electromagnético Encendido Instantáneo	70.4	N/A	N/A	127	-	N/A	1.1	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1200	20	85	4000	100-240	50000	2160	N/A	N/A	N/A	N/A	1227.88	L-5305-120	Magg/ BL 1200 M LED

(Nivel 0: Copiadora Archivo, Oficina Recepción, Oficina Dirección, Oficina Subdirección) - (Nivel 1: Aula Música Grande)		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	2x39W T12 BEM/EI	10	93.6	6.7	20	0.0936	0.936			12.5424	125.424					
Propuesta 1:	BL 1800 M LED	10	31	6.7	20	0.031	0.31	0.626	67%	4.154	41.54	83.884	67%	18,366.90	252.00	72.89

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/ Modelo
Caso Base:	Lámpara	2x39W T12	78	72	6500	127	9000	2600	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base:	Balastro	Electromagnético Encendido Instantáneo	93.6	N/A	N/A	127	-	N/A	1.2	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1800	31	85	4000	100-240	50000	3240	N/A	N/A	0.4/0.27	N/A	1836.69	L-5306-120	Magg/ BL 1800 M LED

(Nivel 0: Salón 1, Salón 2) - (Nivel 1: Salón 3, Salón 4, Salón 5, Salón 6, Laboratorio)		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	2x39W T12 BEM/EI	18	93.6	8	20	0.0936	1.6848			14.976	269.568					
Propuesta 1:	BL 1200 M LED	42	20	8	20	0.02	0.84	0.8448	50%	3.2	134.4	135.168	50%	51,570.96	406.06	127.00

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/ Modelo
Caso Base:	Lámpara	2x39W T12	78	72	6500	127	9000	2600	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base:	Balastro	Electromagnético Encendido Instantáneo	93.6	N/A	N/A	127	-	N/A	1.2	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1200	20	85	4000	100-240	50000	2160	N/A	N/A	N/A	N/A	1227.88	L-5305-120	Magg/ BL 1200 M LED

(Nivel 0: Baños Mujeres, Baños Hombres, Biblioteca Pasillo 1) - (Nivel 2: Pasillo Aulas Norte, Aula Estampa, Aula 7, Aula 8)		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	2x75W T12 BEM/EI	21	180	8.57	20	0.18	3.78			30.85714286	648					
Propuesta 1:	BL 1200 M LED	34	20	8.57	20	0.02	0.68	3.1	82%	3.428571429	116.5714286	531.4285714	82%	41,747.92	1,596.46	26.15

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/ Modelo
Caso Base:	Lámpara	2x75W T12	150	84	6500	127	12000	4500	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Caso Base:	Balastro	Electromagnético Encendido Instantáneo	180	N/A	N/A	127	-	N/A	1.2	-	-	-	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1200	20	85	4000	100-240	50000	2160	N/A	N/A	N/A	N/A	1227.88	L-5305-120	Magg/ BL 1200 M LED

Nivel 0: Auditorio Vestidores Mujeres		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	100 W Incandescente	2	100	6	20	0.1	0.2			12	24					
Propuesta 1:	BL 1200 M LED	1	20	6	20	0.02	0.02	0.18	90%	2.4	2.4	21.6	90%	1,227.88	64.89	18.92

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/ Modelo
Caso Base:	Lámpara	100W Incandescente	100	100	3600	127	3050	1560	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1200	20	85	4000	100-240	50000	2160	N/A	N/A	N/A	N/A	1227.88	L-5305-120	Magg/ BL 1200 M LED

Nivel 0: Auditorio Bodega		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	60W Incandescente	1	60	2	20	0.06	0.06			2.4	2.4					
Propuesta 1:	BL 1200 M LED	1	20	2	20	0.02	0.02	0.04	67%	0.8	0.8	1.6	67%	1,227.88	4.81	255.46

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/ Modelo
Caso Base:	Lámpara	60W Incandescente	60	100	-	127	-	-	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1200	20	85	4000	100-240	50000	2160	N/A	N/A	N/A	N/A	1227.88	L-5305-120	Magg/ BL 1200 M LED

Nivel 0: Pasillo Vestidores		Número de luminarios	Potencia [W]	Horas al día	Días al mes	Demanda p/u [kW]	Demanda Total [kW]	Ahorro en Demanda [kW]	% Ahorro en Demanda	Consumo p/u [kWh mes]	Consumo Total [kWh mes]	Ahorro en Consumo [kWh/mes]	% Ahorro en Consumo	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual
Caso base:	150W Dicroica	1	150	10	20	0.15	0.15			30	30					
Propuesta 1:	BL 1200 M LED	1	20	10	20	0.02	0.02	0.13	87%	4	4	26	87%	1,227.88	78.11	15.72

Luminaria	Tipo	Tipo	Potencia Nominal [W]	IRC [Ra]	TCC [k]	Voltaje	Vida Útil Promedio [Hr]	Flujo Luminoso [lm]	Factor de Balastro	Temp. De Arranque [F°/C°]	Potencia de Línea [A]	TDH Máx.	Costo Unitario [\$]	Clave del Producto	Marca/ Modelo
Caso Base:	Lámpara	150W Dicroica	150	100	-	127	-	-	N/A	N/A	N/A	N/A	-	-	-
Propuesta 1:	Luminaria	Barra Lineal LED 1200	20	85	4000	100-240	50000	2160	N/A	N/A	N/A	N/A	1227.88	L-5305-120	Magg/ BL 1200 M LED

Tabla 19. Comparativo caso base - propuesta.

	Consumo			Ahorros obtenidos					
	Eléctrico (kWh/año)	Ambiental (kg de GEI/año)	Económico (\$/año)	Eléctrico		Ambiental		Económico	
				(kWh/año)	%	(kg de GEI/año)	%	(\$/año)	%
Caso base	21,670.62	11,918.84	65,100.70	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
Sustitución	6,418.13	3,529.97	19,280.70	15,252.49	70%	8,388.87	70%	45,820.00	70%

Número de luminarios	Inversión \$	Ahorro Por Mes [\$]	TSR mensual	En años
159	207,750.27	3,818.33	54.409	4.534052579

Tabla 20. Comparativo resumen.

Resumen Cambio de Luminarias por LED				
Ubicación (Nivel : Espacio)	Luminaria a Sustituir	Cantidad	Propuesta (Marca/Modelo/Clave)	Cantidad
Nivel 0: Pasillo Sur (Ala de Medios) ->Afuera Baños	4x17W T8 BE/ER	1	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	2
Nivel 0: Pasillo Sur (Aula de Medios)	4x17W T8 BE/ER	4	Magg/ BL 1800 M LED / L-5306-120	4
(Nivel 0: Baños Mujeres, Baños Hombres, Biblioteca Pasillo 1) (Nivel 2: Pasillo Aulas Norte, Aula Estampa, Aula 7, Aula 8)	2x75W T12 BEM/EI	21	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	34
(Nivel 0: Aula de Medios) - (Nivel 1: Escaleras Sur)	4x21W T12 BE/EI	4	Magg/ BL 1800 M LED / L-5306-120	4
(Nivel 0: Danza 1) - (Nivel 1: Danza 2, Teatro)	4x21W T12 BE/EI	22	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	33
Nivel 1: Almacén (entre PB/P1 nivel 1), Cobacha, Anexo 1 (Fotografía)	2x30W T12 BEM/EI	6	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	4
(Nivel 0: Copiadora Archivo, Oficina Recepción, Oficina Dirección, Oficina Subdirección) - (Nivel 1: Aula Música Grande)	2x39W T12 BEM/EI	10	Magg/ BL 1800 M LED / L-5306-120	10
(Nivel 0: Salón 1, Salón 2) - (Nivel 1: Salón 3, Salón 4, Salón 5, Salón 6, Laboratorio)	2x39W T12 BEM/EI	18	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	42
(Nivel 0: Biblioteca Pasillo 2) - (Nivel 2: Aula Artes Plásticas 1, Aula Artes Plásticas 2)	2x32W T8 BEM/ER	12	Magg/ BL 1800 M LED / L-5306-120	12
(Nivel 0: Auditorio Vestidores Hombres) - (Nivel 1: Almacén (entre PB/P1)) - (Nivel 2: Pasillo Aulas Sur (Artes Plásticas))	2x32W T8 BEM/ER	7	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	6
Nivel 0: Auditorio Vestidores Mujeres	100W Incandescente	1	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	1
Nivel 0: Auditorio Bodega	60W Incandescente	1	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	1
Nivel 0: Pasillo Vestidores	150W Dicroica	1	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	1
Nivel 1: Pasillo afuera de Laboratorio	No hay luminarias	0	Magg/ BL 1200 M LED / L-5305-120	2

108

156

Tabla 21. Resumen luminarias LED.

CEDART DR	
ACCIONES IMPLEMENTADAS	IMPACTO
Mantener campaña de concientización sobre el ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica.	Reduce el consumo de energía
Instalación del sistema de monitoreo de consumo energético.	
Capacitación para el uso del Sistema de Administración Ambiental.	
Sustitución del 100% de las 111 luminarias ineficientes (T8, T12 e incandescentes) por 159 con tecnología led y LCF.	
Instalación de sensores de presencia pasivos infrarrojos en pasillos del tercer nivel.	
Mantener campaña de concientización sobre el ahorro y uso eficiente del agua.	Reduce el consumo de agua
Instalación de sistema de monitoreo de consumo de agua.	
Realización del estudio de calidad del agua.	
Sustitución de 2 mingitorios ineficientes por ecológicos en baños de alumnos del plantel.	
Sustitución de 5 inodoros de tanque ordinario por tanque ecológico en baños de alumnos del plantel.	
Instalación de bebedero en patio central del plantel.	Ayuda a la separación de RSU
Mantener campaña de concientización sobre la disposición correcta de los RSU.	
Realización del estudio de composición y generación de RSU.	
Presentación de la propuesta de separación de RSU a la comunidad.	
Implementación de la infraestructura para la separación de los RSU: 40 contenedores de 15 litros (8 por categoría) y 6 de 120 litros para artesas generales.	
Sensibilización y pláticas con el personal operativo.	Crea conciencia ambiental
Campaña de difusión de programa de RSU	
Instalación de un sistema de cultivo hidropónico	
Juegos con temáticas ambientales.	
Proyección de videos ambientales y debates con la comunidad escolar	
Capacitación para el uso del sistema de cultivo hidropónico.	

Tabla 22. Acciones e impacto Programa INBA - Sustentable.

SUSTITUCIÓN LUMINARIAS

CASO BASE	Consumo			Datos del inmueble			
	Eléctrico (kWh/año)	Ambiental (kg de GEI/año)	Económico (\$/año)	% Tecnología ineficiente iluminación	% Tecnología eficiente iluminación	Tarifa	Precio kWh [\$]
CEDART	21,670.62	11,918.84	65,100.70	70.0%	30.0%	2	3.0041

SUSTITUCIÓN	Consumo			Ahorros obtenidos en iluminación			% Ahorros totales		Sustitución			
	Eléctrico (kWh/año)	Ambiental (kg de GEI/año)	Económico (\$/año)	Eléctrico (kWh/año)	Ambiental (kg de GEI/año)	Económico (\$/año)	% ahorro en iluminación	% ahorro en matriz	Luminarios sustituidos	Inversión \$	TSR mensual	TSR años
CEDART	6,418.13	3,529.97	19,280.70	15,252.49	8,388.87	45,820.00	70%	35%	159	207,750.27	54.41	4.5

Tabla 23. Resumen de la sustitución.

CEDULA DE INSCRIPCIÓN AL PROYECTO INBA-Sustentable					
DIRECTORIO DE ACTORES FUNDAMENTALES					
CARGO	NOMBRE	TELÉFONO	CORREO ELECTRÓNICO	DOMICILIO	HORARIOS LABORALES
DIRECTOR DE LA ESCUELA	Miguel Angel Gabriel Reyes	56891844	magreyes@inba.gob.x	Cerro de la estrella No. 120 Colonia Campestre Churubusco, C.P. 04200 Deleg. Coyoacán	7:00 19:00
SECRETARIO ADMINISTRATIVO	Norma Hernández Montoya	56891844	nhmontoya@inba.gob.mx		7:00 - 17:00
SECRETARIO ACADÉMICO	Miguel Ángel Chavez Castañeda	56891844	mchaves@inba.gob.mx		7:00 - 19:00
ENCARGADO DE MANTENIMIENTO	Juventino Vargas Rauda	56891844	N/A		7:00 - 18:00
ENCARGADO DE OBRAS Y PLANEACIÓN	Norma Hernández Montoya	56891844	nhmontoya@inba.gob.mx		7:00 - 17:00
VIGILANCIA	Francisco Perez Gaitan / Mónica Vázquez Nava	56891844	N/A		24:00:00
PERSONA DE VINCULACIÓN PROYECTO INBA-SUSTENTABLE	Miguel Angel Gabriel Reyes / Angeles Zavaleta	56891844	magreyes@inba.gob.x		7:00 - 17:00

Tabla 24. Cédula de inscripción.

DATOS GENERALES		
NOMBRE COMPLETO DE LA ESCUELA: CENTRO DE EDUCACIÓN ARTÍSTICA (CEDART) DIEGO RIVERA,		
UBICACIÓN DEL INMUEBLE: Cerro de la estrella No. 120 Colonia Campestre Churubusco, C.P. 04200 Deleg. Coyoacán México Distrito Federal		
TOTAL DE INMUEBLES QUE PERTENECEN A LA ESCUELA: 1		
¿HAY PLANOS DE LOS INMUEBLES QUE PERTENECEN A LA ESCUELA?	SI (x)	NO ()
¿HAY ALGÚN RESPONSABLE DE VINCULACIÓN PARA PROYECTOS AMBIENTALES?	SI (x)	NO ()
¿LA ESCUELA CUENTA CON UN COMITÉ AMBIENTAL ?	SI ()	NO (x)
¿SE HAN REALIZADO ESTUDIOS, MEDICIONES, DIAGNÓSTICOS O TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA, HIDRÁULICA, ?	SI (x) Hace 2 años.	NO ()
¿SE HAN REALIZADO ESTUDIOS, MEDICIONES, DIAGNÓSTICOS O TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN SOBRE LA INFRAESTRUCTURA RELACIONADA CON EL MANEJO DE RESIDUOS?	SI (x)	NO ()
¿TIENEN EL DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DEL PUMA?	SI ()	NO (x)
¿HAN ELABORADO UN PLAN DE ACCIÓN AMBIENTAL?	SI (x) Se llevan a cabo campañas medioambientales a través de los alumnos.	NO ()
¿LA CEDULA DE CAPTURA DE PARÁMETRICOS SEGÚN TIPO DE INMUEBLE DICTAMEN VALUATORIO HA SIDO LLENADA?	SI (x)	NO ()

USO DEL INMUEBLE				
TOTAL DE USUARIOS	FIJOS	263	FLOTANTES	25
HORARIOS GENERALES DE OPERACIÓN	7:00 a 19:00			
		POBLACIÓN TOTAL	HORARIOS NORMALES DE TRABAJO	
POBLACIÓN Y HORARIOS POR TIPO	ALUMNOS	188	7:00 - 17:00	
	DOCENTES	50	7:00 - 17:00	
	PERSONAL ADMINISTRATIVO	16	7:00 - 17:00	
	PERSONAL DE VIGILANCIA	4	24:00:00	
	INTENDENCIA	2	6:00 - 6:00	
	OTROS	3	7:30 - 15:00	

Tabla 25. Datos generales del inmueble.

INFRAESTRUCTURA EN EL TEMA DE ENERGÍA						
¿Tienen medidores?	si	<input checked="" type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>		
¿Cuántos y cuál es la distribución de los medidores? Explicar	3	Los medidores se encuentran en las oficinas de recepción, a lado de una estación de trabajo (escritorio).				
Edad de la instalación eléctrica	Hay una instalación relativamente nueva de 3 años y la anterior tenía aproximadamente 80 años.					
¿Han realizado algún tipo de mantenimiento de las instalaciones eléctricas?	si	<input checked="" type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>		
Breve explicación en caso de si	Básicamente se cambiaron las luminarias que eran ineficientes por tecnología más vanguardista, se arregló cableado y la red eléctrica. Anteriormente el edificio era una casa de huéspedes y obviamente contaba con luminaria distinta a las necesidades de una escuela.					
¿Tienen alguna fuente propia de energía eléctrica?	si	<input type="checkbox"/>	no	<input checked="" type="checkbox"/>		
Breve explicación en caso de si						
¿Tienen compresoras?	si	<input type="checkbox"/>	no	<input checked="" type="checkbox"/>	Cantidad	
¿Tienen bombas hidráulicas?	si	<input checked="" type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>	Cantidad	1
¿Tienen otros motores relevantes?	si	<input type="checkbox"/>	no	<input checked="" type="checkbox"/>	Cantidad	
¿Han elaborado alguna modificación para disminuir el consumo energético?	si	<input checked="" type="checkbox"/>	no	<input type="checkbox"/>		
Breve explicación en caso de si	Se cambiaron luminarios ineficientes por tecnología eficiente como luminarios fluorescentes lineales T5 y fluorescentes compactas.					

Tabla 26. Infraestructura energética.

DISTRIBUCIÓN DE SUPERFICIE [m ²]	
SUPERFICIE TOTAL DEL TERRENO	2211.97
AREA DE DESPLANTE	1166.92
AREA LIBRE	291.86
SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA	2211.97

TIPO DE USO	m ²	BREVE DESCRIPCIÓN DE CARACTERÍSTICAS
Auditorio	178.64	Auditorio para practicas escenicas equipado con motores, iluminación led, dicroica, incandescente, fluorescente compacta y lineal, equipo de audio y equipo de sonido.
Aula	828.44	Aulas para la formación de estudiantes, algunas equipadas con instrumentos de música, dispositivos de audio, video, otras aulas para la práctica de teatro de igual manera con equipamiento en audio y video, laboratorio de cómputo y laboratorio de artes.
Bodega	76.36	Bodegas y almacenes generales al edificio.
Especial	29.65	Cuarto de bombas y cafetería
Oficina	148.04	Oficinas administrativas, oficinas de personal docente y el anexo 1 fue habilitado como oficina
Servicio	67.96	Baños, cobachas, servicio de fotocopiado.

Total	1329.09
--------------	---------

Tabla 27. Distribución de superficie y tipos de uso.