



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Diagnóstico y propuestas
de ahorro energético para
un edificio Federal**

TESIS

Que para obtener el título de

INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P R E S E N T A N

BRAYAN OMAR OSORIO OLIVARES

DANKO SAÚL TAVERA MOLINA

DIRECTORA DE TESIS

DRA. ALEJANDRA CASTRO GONZÁLEZ



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2024

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: M.I. Alejandro Cortes Eslava

VOCAL: Dra. Alejandra Castro González

SECRETARIO: M.I. Rigel Gamez Leal

1er. SUPLENTE: Dra. Manuela Azucena Escobedo Izquierdo

2do. SUPLENTE: M.I. Ivan Urzua Rosas

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

Edificio de Gobierno Federal, Ciudad de México. Este trabajo se desarrolló bajo el programa PAPIME PEI13624 desarrollo y mejora del aprendizaje en economía circular de los residuos.

ASESORA DEL TEMA:

Dra. Alejandra Castro González

SUSTENTANTES:

Brayan Omar Osorio Olivares

Danko Saúl Tavera Molina

Agradecimientos

Brayan Omar Osorio Olivares;

A mi hijo Zabdiel Santiago,

a mi esposa Danae,

mi angel Adancito,

a mis padres y hermanas.

Que nunca dejaron de creer en mí.

Gracias infinitas, espero nunca defraudarlos.

“Siempre fuertes”.

Danko Saúl Tavera Molina;

Me enseñaron a ser resiliente,
a no darme por vencido, por más complicado que sea.

Que cada fracaso es una oportunidad de ser mejor.

Y que el éxito es la suma de aciertos y errores,
de experiencias buenas y malas.

Agradezco a mi familia por eso.

“Resistir, persistir y jamás desistir”.

ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABLAS	II
NOMENCLATURA	III
RESUMEN	IV
INTRODUCCIÓN	V
OBJETIVOS	VI
CAPÍTULO 1	1
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Eficiencia energética en México	1
1.2. Normatividad aplicable	1
1.2.1. Alimentación eléctrica	1
1.2.2. Iluminación	2
1.2.3. Carga de fuerza	2
CAPÍTULO 2	3
2. ANTECEDENTES	3
2.1. Condiciones iniciales	3
2.2. Análisis de facturación eléctrica	4
2.3. Levantamiento de cargas	6
CAPÍTULO 3	8
3. ANÁLISIS Y METODOLOGÍA UTILIZADA	8
3.1. Caso de estudio	9
3.2. Diagnóstico energético	10
3.3. Clasificación de diagnósticos energéticos	10
3.3.1. Diagnóstico energético nivel 1	10
3.3.2. Diagnóstico energético nivel 2	11
3.3.3. Diagnóstico energético nivel 3	11
3.4. Censos y evaluaciones	11
3.4.1. Censo de cargas de iluminación	11
3.4.2. Evaluación de normas de iluminación	11
3.4.2.1. Evaluación de NOM-007-ENER-2014	12
3.4.2.2. Evaluación de NOM-025-STPS-2008	12
3.4.3. Censo de cargas de aire acondicionado	12
3.4.4. Censo de cargas de cómputo	13
3.4.5. Censo de cargas de misceláneos	13
3.4.6. Censo de cargas de fuerza	13

CAPÍTULO 4	14
4. RESULTADOS	14
4.1. Censos y Evaluaciones	14
4.1.1. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de iluminación	14
4.1.1.1. Cantidad de luminarias y consumo por tecnología	14
4.1.1.2. Resultado de evaluación de NOM-007-ENER-2014	16
4.1.1.3. Resultado de evaluación de NOM-025-STPS-2008	17
4.1.2. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de aire acondicionado	18
4.1.2.1. Cantidad de equipos y consumo eléctrico de aire acondicionado por cada tecnología	18
4.1.2.2. Cantidad de equipos y consumo eléctrico de unidades manejadoras y lavadoras de aire	20
4.1.3. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de computo	20
4.1.3.1. Cantidad de equipos y consumo eléctrico de equipos de computo	20
4.1.4. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de equipos misceláneos	22
4.1.4.1. Cantidad de equipos y consumo eléctrico de cada equipo misceláneos	22
4.1.5. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de equipos de fuerza	26
4.2. Balance de energía	26
4.3. Balance general	26
4.4. Evaluación del factor de potencia en el banco de capacitores	29
4.4.1. Corrección del factor de potencia en el banco de capacitores	29
4.5. Propuestas de ahorro de energía	32
4.5.1. Potencial de ahorro en iluminación por sustitución tecnológica	33
4.5.2. Potencial de ahorro en aire acondicionado	34
4.5.3. Potencial de ahorro en cargas de fuerza	36
4.6. Medidas operativas sin inversión que se pueden implementar para ahorros energéticos	38
4.6.1. Propuestas en sistemas de equipos de computo	38
4.6.2. Propuestas en sistemas de iluminación	39
4.6.3. Promover el uso de escaleras	40
4.7. Otras propuestas de ahorro de energía	41
a) Mantenimiento adecuado de los equipos de climatización	41
b) Mantenimiento adecuado al sistema de iluminación	41
4.8. Análisis de las mediciones	42
CAPÍTULO 5	44
5. CONCLUSIONES	44
APÉNDICE	45
REFERENCIAS	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Historial de consumo eléctrico de julio del 2016 a mayo del 2018 (factura eléctrica del inmueble, CFE) en el caso de estudio	6
Figura 2.2 Representación gráfica del consumo conforme a las cargas conectadas del edificio de julio 2016 a marzo de 2018	7
Figura 3.1 Diagrama de actividades para realizar censos en los equipos	8
Figura 3.2 Fachada norte del caso de estudio	9
Figura 3.3 Fachada sur del caso de estudio	9
Figura 4.1 Representación gráfica del porcentaje de cumplimiento de la NOM-007 ENER 2014 en el caso de estudio	16
Figura 4.2 Representación gráfica del porcentaje de cumplimiento de la NOM-025-STPS-2008 por área en el caso de estudio	17
Figura 4.3 Resultados de la comparativa de consumos anuales para balanceo de cargas en el caso de estudio	28
Figura 4.4 Medición del factor de potencia en transformador TR-B del 11 al 18 de junio del 2018 en el caso de estudio	30
Figura 4.5 Fotografías de sistema del Chiller dentro de la fosa de máquinas en basamento en el caso de estudio	34
Figura 4.6 Fotografías donde se muestra la medición de los parámetros eléctricos de los equipos Chiller dentro de la fosa de máquinas en basamento en el caso de estudio	35
Figura 4.7 Fotografías donde se muestra el sistema de control de los UMA con variador de frecuencia que se encuentra en todos los pisos en el caso de estudio	35
Figura 4.8 Fotografías donde se muestra la placa de datos y estado del motor extractor ubicado en la azotea verde en el caso de estudio	36
Figura 4.9 Gráfica donde se muestran los armónicos en corriente de los motores de extracción en el caso de estudio	37
Figura 4.10 Diagrama fasorial de los motores de extracción del caso de estudio	37
Figura 4.11 Representación gráfica del ahorro en el consumo eléctrico al reducir el uso del elevador en el caso de estudio de un mes	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2 .1 Recopilación de los datos generales de la Información Energética (Formato RD1, CONUEE) en el caso de estudio	4
Tabla 2.2 Recopilación de datos de facturación eléctrica de julio del 2016 a mayo del 2018 (Factura eléctrica, CFE) en el caso de estudio	5
Tabla 2.3 Distribución de consumo por tarifa horaria de acuerdo al día, hora y región (CFE,2022) en el caso de estudio	6
Tabla 2.4 Cuadro de cargas del edificio en el caso de estudio	7
Tabla 3.1 Recopilación de los datos generales en el caso de estudio	9
Tabla 4.1 Censo de áreas que cumplen con normas en iluminación en el caso de estudio	14
Tabla 4.2 Censo de luminarias y consumo eléctrico por cada tecnología en el caso de estudio	15
Tabla 4.3 Censo y consumo de iluminación por tipo de tecnología en el caso de estudio	16
Tabla 4.4 Censo de cargas para equipos de aire acondicionado por tipo de tecnología en el caso de estudio	18
Tabla 4.4 (Continuación) Censo de cargas para equipos de aire acondicionado por tipo de tecnología en el caso de estudio	19
Tabla 4.5 Censo de cargas de equipos de cómputo en el caso de estudio	20
Tabla 4.5 (Continuación) Censo de cargas de equipos de cómputo en el caso de estudio	21
Tabla 4.5 (Continuación) Censo de cargas de equipos de cómputo en el caso de estudio	22
Tabla 4.6 Resultado de censo de cargas de equipo de misceláneos en el caso de estudio	23
Tabla 4.6 (Continuación) Resultado de censo de cargas de equipo de misceláneos en el caso de estudio	24
Tabla 4.6 (Continuación) Resultado de censo de cargas de equipo de misceláneos en el caso de estudio	25
Tabla 4.7 Resultados de censo de cargas de equipo de fuerza en el caso de estudio	27
Tabla 4.8 Resultados del diagnóstico energético de acuerdo a la distribución de cargas eléctricas (Formato RD3, CONUEE) en el caso de estudio	28
Tabla 4.9 Resumen del registro del factor de potencia para el transformador TR-B en el caso de estudio	30
Tabla 4.10 Datos de factor de potencia deseado y actual según la demanda máxima en el caso de estudio	30
Tabla 4.11 Fórmula para bonificación o penalización del factor de potencia en el caso de estudio	31
Tabla 4.12 Propuesta de ahorro de energía en el banco de capacitores de 125 VAR, 480 V y 60 Hz en el caso de estudio	31
Tabla 4.13 Precio promedio kWh en el caso de estudio	32
Tabla 4.14 Resumen de ahorro energético kWh mensual por sustitución de luminarios en el caso de estudio	33
Tabla 4.15 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en el caso de estudio	33
Tabla 4.16 Recopilación de información de placas de datos de equipos Chiller en el caso de estudio	34
Tabla 4.17 Intervalos de operación de los equipos Chiller en el caso de estudio	35
Tabla 4.18 Resultados de los ahorros energéticos mensuales por reemplazo de motores en el caso de estudio	38

Tabla 4.19 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en reemplazo de motores en el caso de estudio	38
Tabla 4.20 Ahorros energéticos mensuales en propuestas de sistemas de cómputo sin realizar inversión en el caso de estudio	39
Tabla 4.21 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en propuestas de sistemas de cómputo en el caso de estudio	39
Tabla 4.22 Resultados de la propuesta en sistemas de iluminación para el ahorro energético sin realizar ninguna inversión en el caso de estudio	39
Tabla 4.23 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en propuestas de sistemas de iluminación en el caso de estudio	39
Tabla 4.24 Promedio de uso de elevadores para determinar el consumo eléctrico en kWh por cada persona en el caso de estudio	40
Tabla 4.25 Ahorros energéticos mensuales en propuestas de sistema de elevadores en el caso de estudio	40
Tabla 4.26 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en propuestas de sistemas de elevadores en el caso de estudio	40
Tabla 4.27 Resultado de mediciones eléctricas (Formato RD4)	43
TABLA A-1 DE FACTOR K DE COMPENSACIÓN REACTIVA	45
Tabla A-2 NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.	46

NOMENCLATURA

Administración Pública Federal (APF)
Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE)
Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)
Comisión Federal de Electricidad (CFE)
Diodos Emisores de Luz (LED)
Factor de Potencia (F.P.)
Gran Demanda en Media Tensión horaria (GDMTH)
Indicadores Clave de Desempeño (ICD)
Lámparas Fluorescentes (LF)
Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC)
Norma Oficial Mexicana (NOM)

RESUMEN

El documento proporciona información sobre un programa de eficiencia energética implementado en un edificio de oficinas Federales en México. El informe detallado resume los hallazgos, el análisis realizado, las propuestas de mejora y su justificación.

El programa incluye la evaluación de diferentes equipos, como iluminación, climatización, equipos de cómputo y equipos de fuerza, para identificar ineficiencias y oportunidades de mejora en su operación. Se desarrollan propuestas concretas y recomendaciones para implementar mejoras en el sistema eléctrico, así como usos y costumbres de los usuarios del inmueble. Además, se establece un plan de acción que incluye medidas correctivas de equipos, ajustes de horarios de operación, mantenimientos preventivos y la instalación de equipos con alta eficiencia y ahorro de energía.

El proceso comenzó con un levantamiento de datos generales para evaluar el estado del sistema eléctrico del inmueble. Luego se realizó una inspección minuciosa del sistema y un censo de cargas en diferentes áreas, lo que permitió identificar patrones de uso y equipos conectados. Este procedimiento también se aplicó a los sistemas de iluminación y se llevaron a cabo mediciones pertinentes para comprender los parámetros de operación.

La información recopilada se analizó para proponer estrategias que reduzcan el consumo eléctrico y aumenten la eficiencia de los sistemas. Además, se realizaron mediciones en equipos de fuerza para evaluar su estado y determinar si requieren mantenimiento o reemplazo.

Finalmente, se presentan estrategias destinadas a fomentar una cultura de ahorro energético, buscando beneficios sociales y mejoras económicas en empresas y hogares, así como la preservación de recursos fósiles y no renovables que constituyen la base de la producción energética global.

La generación de un censo y un diagnóstico energético exhaustivo del edificio gubernamental es fundamental para proponer medidas que reduzcan el consumo y los costos anuales. Asimismo, se busca crear conciencia sobre las prácticas de los trabajadores en términos de uso de servicios, iluminación, equipos de cómputo y cargas. La documentación detallada y el registro de bitácoras de equipos de fuerza y sistemas de aire acondicionado son pasos esenciales para llevar a cabo mantenimientos adecuados y sostenibles en el tiempo.

INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética es un tema importante en México, por ello se han establecido varios planes y programas para promover el desarrollo integral y sustentable, así como el uso racional de la energía eléctrica en el país.

Buscando establecer un proceso de mejora continua para incrementar la eficiencia energética en los rubros participantes de las dependencias y entidades de la administración pública federal, mediante la implementación de mejores prácticas e innovación tecnológica, así como el uso de herramientas de operación, control y seguimiento, que contribuyan al uso eficiente de los recursos públicos y la sustentabilidad.

El caso de estudio se centra en un edificio de 4 niveles construido en 1976 en la Ciudad de México, que alberga a 2250 trabajadores y 1329 computadoras. El consumo de energía se divide en cinco categorías principales, siendo la iluminación la de mayor consumo (29%), seguida por equipos de cómputo (26%), aire acondicionado (18%), equipos de fuerza y potencia (15%) y cargas misceláneas (12%).

En el análisis llevado a cabo, se ha destacado un alto consumo de energía en iluminación, cómputo y aire acondicionado. Las recomendaciones apuntan a cambiar patrones de consumo ineficiente, promover la conciencia de ahorro energético y garantizar el cumplimiento de las normativas establecidas.

Los resultados del análisis revelan una demanda de consumo significativa, con desafíos específicos en áreas como la iluminación y el factor de potencia. Estas observaciones subrayan la necesidad de una conciencia social sobre el ahorro energético y la importancia de contribuir al esfuerzo global para reducir el gasto energético y económico.

A pesar de los avances tecnológicos, la eficiencia energética sigue siendo un desafío relevante, abordado mediante normativas y políticas públicas. En este contexto, el análisis detallado de problemas como los factores de potencia bajos y las operaciones fuera del horario laboral se convierte en una tarea crucial para mejorar la eficiencia energética en edificios federales.

OBJETIVO

Identificar oportunidades de ahorro de energía y mejorar la eficiencia del sistema eléctrico de un edificio Federal.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1. Eficiencia energética en México

En la actualidad la eficiencia energética es uno de los temas más importantes en baja, media y alta tensión que se deben abordar no solo por el buen funcionamiento de las instalaciones y equipos de servicio, sino que también representan ahorros energéticos y económicos.

Al ser esto una problemática de carácter nacional las instituciones competentes han creado planes para el cumplimiento de normas en seguridad eléctrica, eficiencia y condiciones óptimas de operación. Por ello, muchas instituciones han sido obligadas a cumplir con lo antes mencionado, específicamente aquellas que no cumplan con las normas o que presenten consumos elevados y penalizaciones por parte del proveedor de energía. Por lo cual en este caso para la institución que es objetivo de estudio, se realizó un diagnóstico energético para revisar las condiciones de operación, la distribución de la carga, usos y costumbres de la energía y encontrar oportunidades de ahorro por sustituciones tecnológicas, propuestas sin inversión y el cumplimiento de las normas aplicables.

La CONUEE tiene la facultad de participar en el proceso de Normalización Nacional al emitir las Normas Oficiales Mexicanas de Eficiencia Energética (NOM-ENER). Las NOM-ENER y sus Normas Mexicanas (NMX) asociadas, son un conjunto de normas que obligan a que a nivel nacional o regional sólo se puedan comercializar equipos y/o sistemas que cumplan con valores mínimos de desempeño energético. ([CONUEE, 2016](#))

1.2. Normatividad aplicable

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria, que tienen como finalidad establecer las características que deben reunir los procesos o servicios cuando estos puedan constituir un riesgo para la seguridad de las personas o dañar la salud humana; así como aquellas relativas a terminología y las que se refieran a su cumplimiento y aplicación.

1.2.1. Alimentación eléctrica

Es de interés examinar que el etiquetado de alimentación de los equipos cumpla con las especificaciones requeridas. Se considera pertinente debido a que se tomaron datos de estas para realizar el análisis de los datos. Como es:

- La Eficiencia energética de fuentes de alimentación externa, límites, métodos de prueba, marcado y etiquetado. ([NOM-029-ENER, 2017](#))

1.2.2. Iluminación

Para este rubro se establece el uso de dos normas, establecen *Indicadores Clave de Desempeño* (ICD, por sus siglas en inglés) bajo los cuales deben estar las mediciones respectivas. El objetivo principal es brindar seguridad al personal y usuarios.

La importancia de la normatividad de la iluminación es que es necesaria para los requerimientos obligatorios de la eficiencia energética. Las normas aplicables son:

- Condiciones de iluminación en los centros de trabajo (NOM-025-STPS, 2008):
Especifica los parámetros de iluminación requeridos para la realización de tareas por área en centros de trabajo.
- Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales (NOM-007-ENER-2014).

1.2.3. Carga de fuerza

En general, las cargas de fuerza o potencia, son motores o transformadores que se utilizan en los inmuebles, con la finalidad de facilitar las tareas a realizar por los usuarios. Por ejemplo; facilitar las tareas de movimiento como el uso de escaleras eléctricas y elevadores; que los transformadores y equipos se encuentren en buen estado. En general se busca que el sistema eléctrico y los equipos se encuentren en buen estado, además de que cuenten con un mantenimiento y revisión de equipos de manera periódica. Otro punto importante es que la instalación eléctrica se encuentre bien dimensionada en comparación al tamaño de los equipos. Para este rubro se consideran las normas:

- Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0.746 kW a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado(NOM-016-ENER-2016).
- Eficiencia energética de motores eléctricos de corriente alterna, monofásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, enfriados con aire, en potencia nominal de 0.180 kW a 1,500 kW. Límites, método de prueba y marcado (NOM-014-ENER-2004).

CAPÍTULO 2

CONDICIONES INICIALES

El *Plan Nacional de Desarrollo (PND, 2013 -2018)* tiene como objetivo garantizar que el desarrollo de la nación sea integral y sustentable. En conjunto con la *Estrategia Nacional de Energía (ENE, 2014-2028.)* desarrollada por la Secretaría de Energía (SENER), busca establecer las líneas de acción para asegurar el abastecimiento y uso racional de energía eléctrica en México. Una de estas líneas de acción es la promoción del uso eficiente de la energía a través del *Programa de Eficiencia Energética de la Administración Pública Federal (PEEAPF, 2014)*. El cual tiene como objetivo establecer una meta de ahorro de energía obligatoria en los inmuebles (oficina y otros usos) de las Dependencias y Entidades de la APF, mediante el establecimiento y seguimiento de la mejora continua en usos, prácticas y nuevas tecnologías, así como la utilización de herramientas de operación y control que contribuyan a la preservación de los recursos energéticos, públicos y a la ecología de la Nación.

Este programa es diseñado y operado por la CONUEE y establece que dependiendo de las diferentes características de los inmuebles (metros cuadrados construidos, consumo de energía eléctrica anual, zona térmica y uso de aire acondicionado), así como de su uso específico (de oficinas u otros usos), las metas van desde:

- A. Que el consumo de energía eléctrica del año en curso sea constante, con respecto al consumo que se tenía en el año anterior.
- B. Obtener al menos el 3% de reducción del consumo de energía, con respecto al año anterior.

Es por ello que, inmuebles de Dependencias y Entidades de la APF que cumplen con ciertas características de arrendamiento, superficie y consumo optan por la realización de Diagnósticos Energéticos Integrales que les permitan identificar el consumo por usos finales de energía eléctrica, térmica y combustibles; establecer el nivel de eficiencia energética, conocer los beneficios energéticos y económicos, así como establecer medidas para el uso eficiente de la energía.

Los porcentajes de ahorro derivados de este tipo de estudios, varían dependiendo de las condiciones energéticas de cada inmueble, los cuales pueden variar de un 5% al implementar medidas de ahorro energéticas sin inversión hasta un 40% en medidas de ahorro con inversión a mediano y largo plazo en inmuebles con gran potencial de ahorro. En este caso se ha desarrollado un Diagnóstico Energético para identificar el consumo de energía eléctrica en el inmueble de la APF y proponer estrategias para el manejo de la demanda y el uso eficiente de la energía eléctrica.

Para el desarrollo del mismo, la CONUEE nos proporciona los formatos para recopilar la información energética del inmueble, como se describe en la *Tabla 2.1*

Tabla 2 .1 Recopilación de los datos generales de la Información Energética (Formato RD1, CONUEE) en el caso de estudio

CONUEE	DATOS GENERALES			FORMATO RD1
				Fecha: Junio 2018
1.DATOS GENERALES				
Nombre del inmueble	OFICINAS CENTRALES	Clasificación del Inmueble:	OFICINAS	
ICEE ref. APF (kWh/m ²):	100	ICEE año base (kWh/m ²):	92.38	
Año de construcción	1976-1977	Año de Operación:	1977	
Ciudad:	CIUDAD DE MÉXICO			
Estado:	CIUDAD DE MÉXICO			
N ^a de personas	2250	Número de computadoras	1329	
3.CONSTRUCCIÓN				
N ^a Edificios:	1	Número de Niveles:	4	Superficie de terreno: 15,486 m ²
		Área total construida	24,000 m ²	
4.ELECTRICIDAD				
Tarifa:	GDMTH	Capacidad total Subestación (kVA):	1,000 kVA	
Región:	Centro	Capacidad total Subestación (kVA):	1,000 kVA	
5. AIRE ACONDICIONADO				
El inmueble tiene AA (SI/NO):	SI	Capacidad Instalada (TR):	719	
Se realizó análisis de carga térmica (SI/NO):	NO	Capacidad en kW:	469	

2.1. Análisis de facturación eléctrica

El inmueble tiene el contrato de suministro de energía eléctrica con *Comisión Federal de Electricidad (CFE)* en media tensión, su categoría tarifaria se encuentra como “Gran Demanda en Media Tensión Horaria (GDMTH), con una carga conectada de 1,722 kW y una demanda contratada de 1,035 kW. Esta tarifa aplica a los servicios que destinan el uso de la energía, con una demanda igual o mayor a 100 kW.

En la *Tabla 2.2* se observan los datos de facturación eléctrica mensual obtenidos de los recibos de CFE en el periodo de julio del 2016 a mayo del 2018, dichos recibos fueron entregados como parte del paquete de documentos requeridos al edificio, los cuales fueron devueltos al término del proyecto. Estos datos permiten visualizar el consumo promedio mensual y así poder analizar los periodos, con el fin de localizar los intervalos de mayor consumo, como se muestra en la *Figura 2.1*.

Los periodos de mayor consumo son los meses de más calor, esto se debe al como se muestra en la *Tabla 2.2*. Se presentan entre mayo y septiembre, la razón principal se debe al uso constante del uso de equipos de ventilación, así como aires acondicionados. Algunos datos relevantes que se observan son:

- Promedio de consumo de mayo 2017 a mayo 2018 es de 184,771 kWh.
- Promedio de consumo año 2017: 182,145 kWh.
- Promedio de consumo año 2017 (enero-mayo): 180,122 kWh.

Como se menciona, el tipo de tarifa del inmueble es horario, esto significa que en ciertos periodos de tiempo, el costo de la energía varía, como se observa en la *Tabla 2.3* Para la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. En este caso para la región Centro, a la cual corresponde el inmueble. Es necesario realizar el análisis de datos de facturación eléctrica considerando los horarios de servicio del inmueble (8:00 am a 2:30 pm) y el personal (7:00 am a 3:30 p.m.). Como se observa en los datos, la distribución del consumo es durante el horario laboral entre las 06:00 hasta las 20:00 horas, con un promedio del 71%. Las tarifas base y punta corresponden al 19% y 10% respectivamente.

Tabla 2.2 Recopilación de datos de facturación eléctrica de julio del 2016 a mayo del 2018 (Factura eléctrica, CFE) en el caso de estudio

CONUEE		DATOS DE FACTURACIÓN ELÉCTRICA									FORMATO RD1	
											Fecha: Junio 2018	
Inmueble:												
Edificio Federal, CDMX												
Mes	Periodo		Demanda máxima (kW)				Consumo de energía (kWh)				Factor de potencia [%]	Factura eléctrica [\$]
	inicio	Fin	Base	Intermedio	Punta	Facturable	Base	Intermedio	Punta	Total		
jul-16	30-06-16	31-07-16	232	496	413	438	37,257	147,104	14,604	198,965	98.06	\$309,528.09
ago-16	31-07-16	31-08-16	233	508	412	441	35,592	157,040	16,008	208,640	97.95	\$332,125.27
sep-16	31-08-16	30-09-16	239	480	405	428	36,934	145,426	14,603	196,963	97.94	\$337,055.96
oct-16	30-09-16	31-10-16	215	458	461	440	36,635	147,803	15,475	199,913	98.11	\$344,423.96
nov-16	31-10-16	30-11-16	215	470	438	448	35,399	120,821	28,936	185,156	98.04	\$361,926.55
dic-16						433				182,662	98.27	
ene-17										166,469	98.01	
feb-17	31-01-17	28-02-17	220	466	414	430	31,414	108,103	26,952	166,469	97.85	\$371,581.48
mar-17	28-02-17	31-03-17	226	446	411	422	33,533	123,456	30,686	187,675	98.02	\$452,437.03
abr-17	31-03-17	30-04-17	224	468	382	408	32,159	119,922	11,631	163,712	98.81	\$369,369.96
may-17										200,101	97.81	
jun-17	31-05-17	30-06-17	223	507	429	453	31,260	154,154	14,930	200,344	98.05	\$407,656.02
jul-17	30-06-17	31-07-17	220	471	387	413	32,410	137,266	12,348	182,024	98.85	\$366,208.89
ago-17	31-07-17	31-08-17	230	541	407	448	34,709	152,965	14,180	201,854	98.33	\$394,922.17
sep-17	31-08-17	30-09-17	263	490	390	420	34,979	127,651	11,830	174,460	98.42	\$343,522.99
oct-17	30-09-17	31-10-17	213	453	432	439	35,324	144,652	16,059	196,035	97.9	\$380,585.87
nov-17	31-10-17	30-11-17	243	448	411	423	33,842	113,055	27,848	174,745	97.92	\$378,040.46
dic-17						431				171,849	98.6	
ene-18	31-12-17	31-01-18	224	464	412	464	36,494	108,697	26,915	172,106	98.3	\$295,919.00
feb-18	31-01-18	28-02-18	216	452	420	452	33,156	102,353	25,829	161,338	98.2	\$300,957.00
mar-18	28-02-18	31-03-18	239	466	435	466	34,613	105,974	28,485	169,072	98.01	\$338,845.00
abr-18	31-03-18	30-04-18	287	432	402	482	36,682	140,966	14,205	191,853	97.67	\$399,356.00
may-18	30-04-18	31-05-18	347	540	474	474	41,394	149,844	15,002	206,240	97.61	\$479,268.00
Promedio mensual			237.32	476.63	417.63	440.62	34,936	131,960	19290.84	185,158	98.12	\$366,512.09
Máximo			347	541	474	482	-	-	-	-	98.85	\$479,268.00
Total 2016			-	-	-	-	181,817	718,194	89,626	1,172,299	98.06	\$1,685,059.83
Total 2017			-	-	-	-	481,969	1,789,058	276,900	3,086,346	98.14	\$5,278,669.87

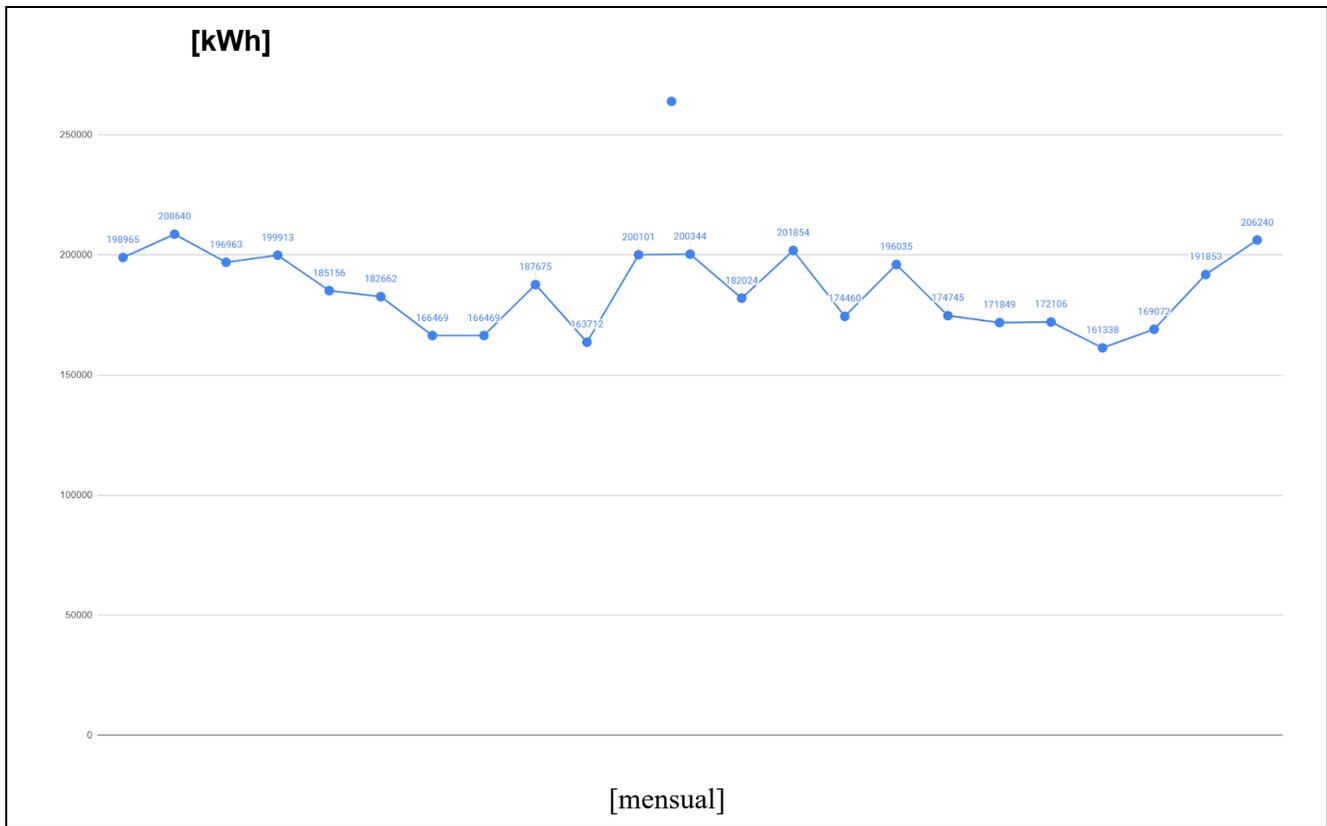


Figura 2.1 Historial de consumo eléctrico de julio del 2016 a mayo del 2018 (factura eléctrica del inmueble, CFE) en el caso de estudio

Tabla 2.3 Tarifa horaria de acuerdo al día, hora y región (CFE,2022) aplicado en el caso de estudio

Regiones Central, Noreste, Noroeste, Norte, Peninsular y Sur			
Día de la semana	Base	Intermedio	Punta
lunes a viernes	00:00 a 06:00	00:00 a 20:00 y 22:00 a 24:00	20:00 a 22:00
sábado	00:00 a 07:00	07:00 a 24:00	-
domingo y festivo	00:00 a 19:00	19:00 a 24:00	-

2.2. Levantamiento de cargas

El censo general de cargas del inmueble es una recopilación de datos, de los equipos consumidores de energía, la información obtenida permite visualizar un panorama más real sobre el consumo de energía del inmueble, como se detalla en la *Tabla 2.4*.

El consumo mensual determinado por el censo fue de 201,708 kWh. El sistema energético que mayor contribución tiene es la iluminación con el 29%, seguida de los equipos de cómputo con el 26%, aire acondicionado 18%, fuerza y potencia 15% y por último cargas misceláneas con el 12% como se muestra en la *Figura 2.2*.

Tabla 2.4 Cuadro de cargas del edificio en el caso de estudio

Sistema	Basamento	Primer Nivel	Segundo Nivel	Tercer Nivel	Cuarto Nivel	Azotea	Estacionamiento	Exterior	Total general
Aire Acondicionado	21,792	1,556	2,147	1,611	879	8,498	---	---	36,483
Cómputo	12,693	4,928	7,678	8,949	17,725	---	---	---	51,973
Fuerza	8,204	8	5	2	1	19,423	2,832	---	30,475
Misceláneo	8,964	3,409	3,599	6,142	1,877	0	---	---	23,99
Iluminación	17,024	8,273	9,138	9,147	7,504	22	4,567	3,152	58,827
Total general (kWh)	68,677	18,173	22,567	25,851	27,986	27,944	7,399	3,152	201,748

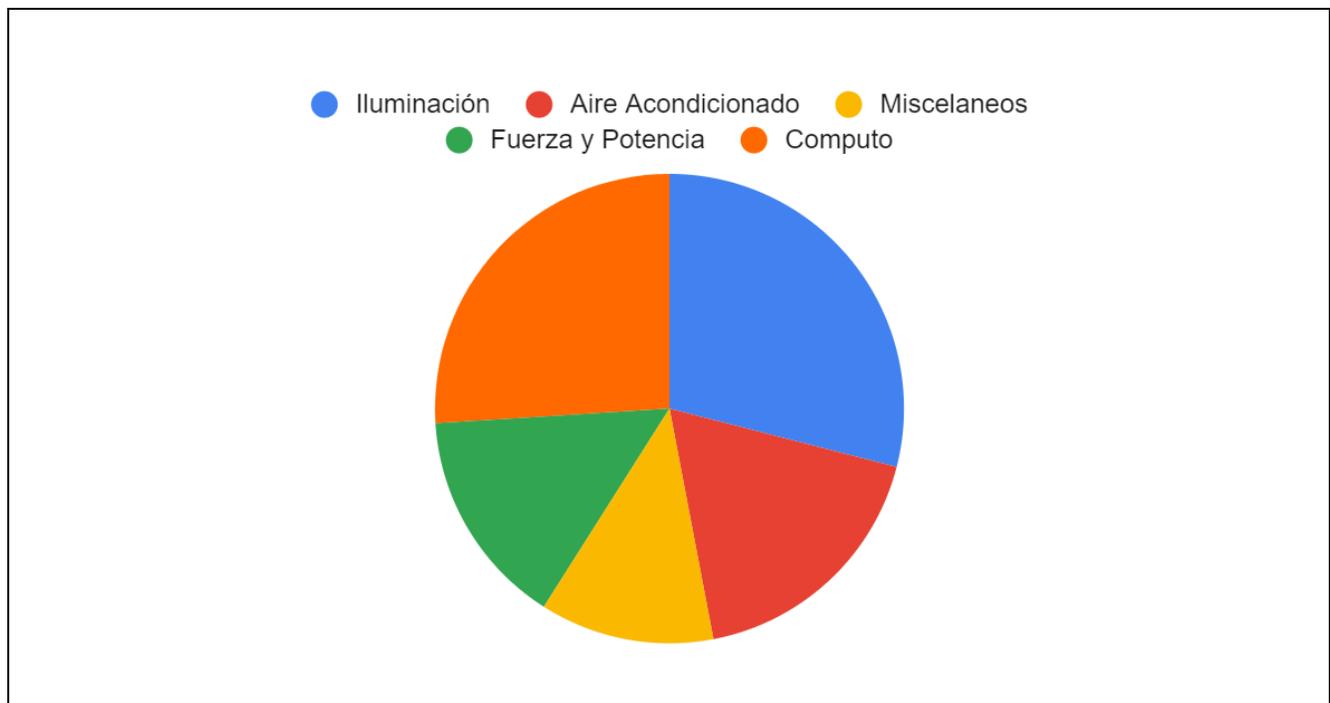


Figura 2.2 Representación gráfica del consumo conforme a las cargas conectadas del edificio de julio 2016 a marzo de 2018

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y METODOLOGÍA UTILIZADA

Para establecer medidas de ahorro en materia energética, fue necesario realizar la valoración del sistema eléctrico. Esto con el objetivo de conocer los parámetros y condiciones del sistema. Por lo cual es necesario establecer un censo de las cargas instaladas en el inmueble. Puesto que de esta forma, se evalúan las condiciones actuales y da pie a proponer mejoras en base a la normatividad vigente. Para esto se considera realizar un censo de los equipos de iluminación, aire acondicionado, cómputo, fuerza y misceláneos. Cada censo se realiza de manera independiente para cada sistema, teniendo como base el proceso como se muestra en la *Figura 3.1*.

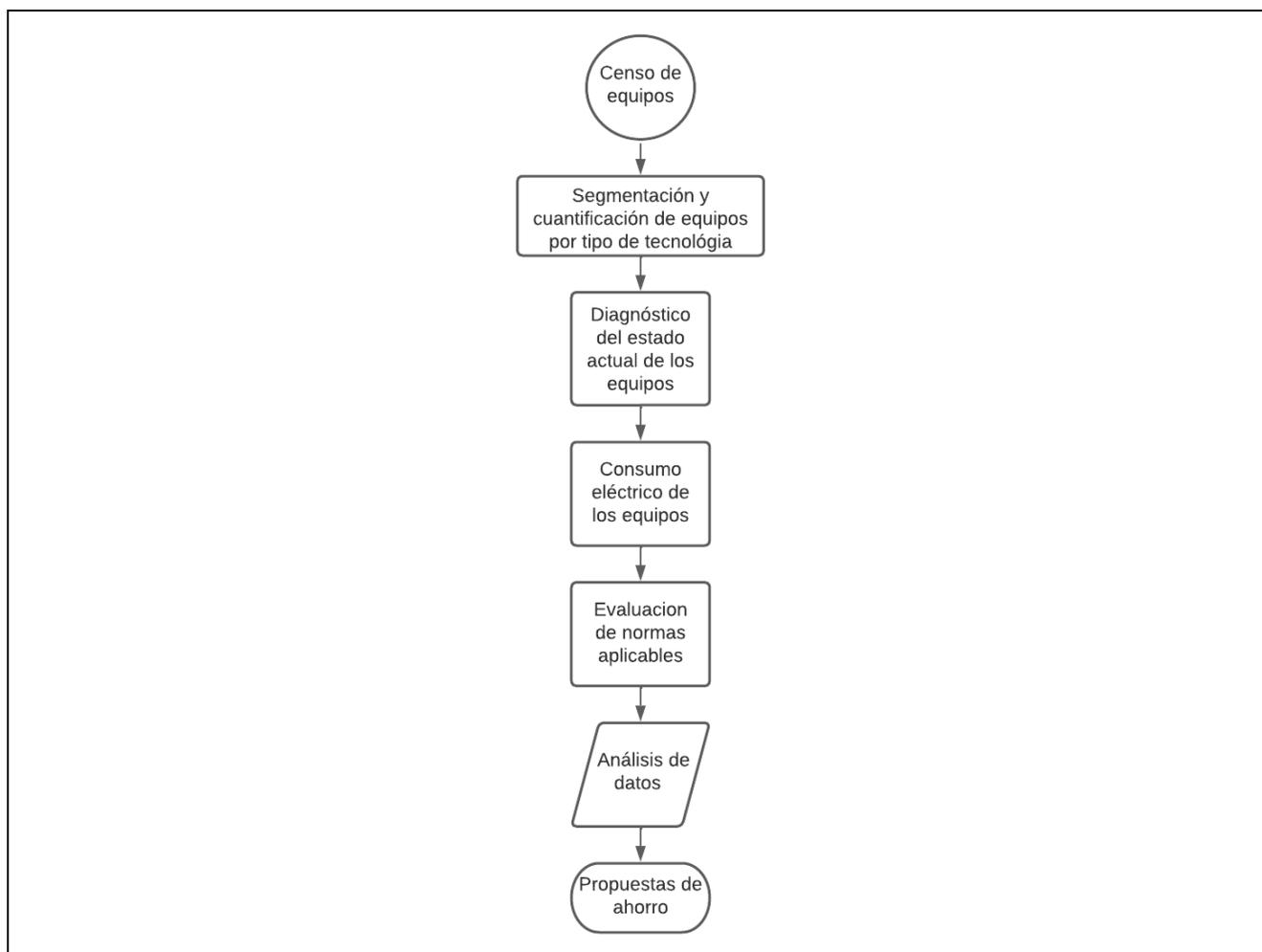


Figura 3.1 Diagrama de actividades para realizar censos en los equipos

3.1. Caso de estudio

Los datos generales del edificio se describen a continuación en la *Tabla 3.1*. Además de visualizar las fachadas norte y sur del edificio en las *Figuras 3.2* y *Figura 3.3*.

Tabla 3.1 Recopilación de los datos generales en el caso de estudio

DATOS GENERALES				Fecha: Junio 2018
1.DATOS GENERALES				
Nombre del inmueble	OFICINAS CENTRALES		Clasificación del Inmueble:	OFICINAS
Año de construcción	1976-1977		Año de Operación:	1977
Ciudad:	CIUDAD DE MÉXICO			
Estado:	CIUDAD DE MÉXICO			
Nº de personas	2250	Número de computadoras	1329	
3.CONSTRUCCIÓN				
Nº Edificios:	1	Número de Niveles:	4	Área total construida 24,000 m ² Superficie de terreno: 15,486 m ²

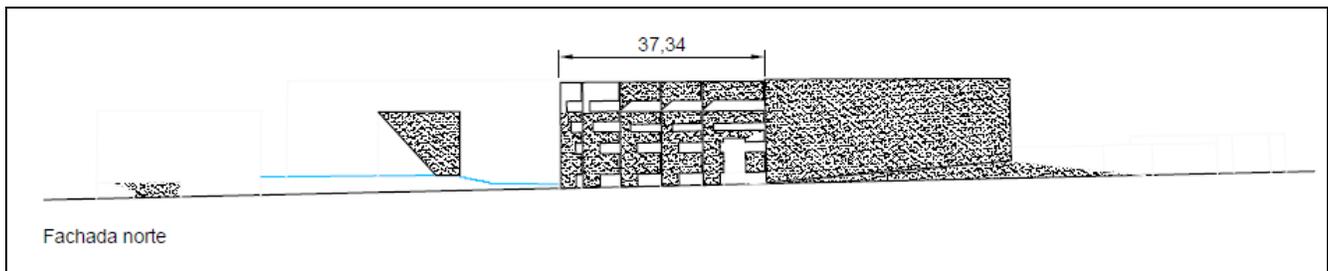


Figura 3.2 Fachada norte del caso de estudio

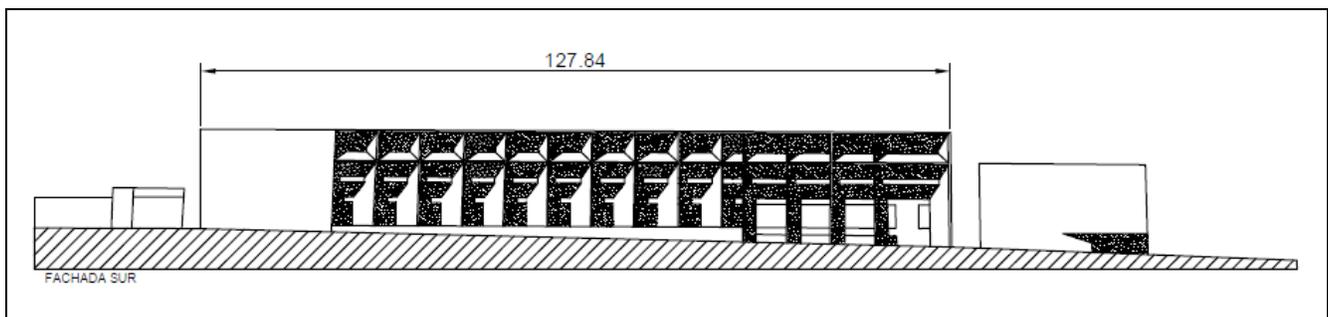


Figura 3.3 Fachada sur del caso de estudio

3.2. Diagnóstico energético

Una de las principales medidas de ahorro y eficiencia energética, se genera a partir del estudio, observación, mediciones y análisis del sistema eléctrico. El cual se compone de máquinas y equipos conectados a una red eléctrica. El sistema es operado por personal de servicio y utilizado de manera directa por los usuarios de un inmueble. A partir de los usos y costumbres que tengan los usuarios en cuestión de la energía y conociendo el estado de las cargas conectadas, es posible determinar estrategias para aumentar la eficiencia y buscar oportunidades de ahorro energético. A todo este proceso se le conoce como Diagnóstico Energético.

Actualmente no existe un sistema que determine de manera exacta el desarrollo de un diagnóstico energético. Este proceso se clasifica en función de los alcances que se tengan. En la publicación Promotores De Ahorro Y Eficiencia De Energía Eléctrica ([CNNE y FIDE, 2010](#)) se describen las características y objetivos de un diagnóstico energético. Teniendo como objetivos generales:

- Planeación
- Organización
- Integración
- Desarrollo

Para poder llevar a cabo un diagnóstico energético es necesario tener definido un programa de gestión de la energía. El cual debe establecer un análisis histórico del uso de la energía y la facturación por parte del proveedor. Contar con los documentos necesarios de diseño del sistema eléctrico del inmueble, además de conocer a detalle los equipos utilizados en la operación y usos finales del inmueble, así como de los usuarios.

En el caso de estudio, se realizó un diagnóstico energético de nivel 2 para revisar las condiciones de operación, la distribución de la carga, usos y costumbres de la energía. Para así encontrar oportunidades de ahorro por sustitución de tecnologías, propuestas de ahorro sin inversión y el cumplimiento de las normas aplicables.

3.3. Clasificación de diagnósticos energéticos

Como se mencionó anteriormente, los diagnósticos energéticos no están definidos de manera exacta en su implementación. Son clasificados en tres etapas que dependen directamente de la profundidad y alcances que se determinen en el desarrollo del mismo. En resumen, como se define en el documento de Diagnósticos Energéticos ([CNNE y FIDE, 2010](#)) el nivel de diagnóstico depende del volumen de trabajo, el enfoque, la precisión buscada y el presupuesto asignado.

3.3.1. Diagnóstico energético nivel 1

También conocido como básico, se lleva a cabo una inspección del sistema de manera visual, conociendo así el uso final de la instalación y el estado de los equipos conectados. Además de conocer de manera directa los usos y costumbres de los usuario y personal de servicio que tengan en cuestión de la energía. Este nivel permite determinar de manera general medidas de ahorro con respecto a la operación del sistema, cambios de equipos visualmente deficientes y mejorar los usos y costumbres del personal y usuarios.

3.3.2. Diagnóstico energético nivel 2

Este nivel es conocido como *fundamental*. Determina información del consumo energético (eléctrico y térmico) en áreas específicas de operación. Se analizan los procesos generales del inmueble, para identificar oportunidades de ahorro y corrección de fallas. En este nivel se realizan mediciones del sistema y equipos que proveen datos energéticos, que permiten desarrollar proyectos y aplicaciones en pro del ahorro y uso eficiente de la energía. Se cuantifican y cualifican los equipos y cargas conectadas, por esto es necesario contar con equipos e instrumentos de medición calibrados, para conocer de manera precisa el estado del sistema.

3.3.3. Diagnóstico energético nivel 3

Este nivel brinda información precisa de los procesos y usos finales por área del inmueble. Así como del parámetros energéticos de cada equipo conectado. Este nivel se caracteriza por la obtención de datos necesarios para el análisis del sistema. Es necesario contar con equipos e instrumentos de precisión para la adquisición de datos. Además del nivel de análisis e ingeniería aplicada para la definición de propuestas y proyectos enfocados al ahorro y uso eficiente de la energía. Este nivel es económicamente más costoso, debido a los equipos e instrumentación requerida, además del personal (especialista) requerido para el desarrollo del mismo.

3.4. Censos y evaluaciones

3.4.1. Censo de cargas de iluminación

El diseño del sistema de iluminación debe cumplir con requerimientos específicos de acuerdo al tipo de inmueble y a las actividades que se realizan las cuales son:

- Deberá proporcionar a los usuarios niveles de iluminación que les permitan realizar su trabajo sin el menor esfuerzo visual.
- Deberá permitir desplazarse en su área de trabajo sin ningún riesgo, cuidando que no se pierdan cualidades visuales tales como colores y textura de los objetos alrededor.
- Deberá crear un ambiente seguro a los usuarios donde les permita realizar su trabajo con eficiencia.

En el inmueble se realizó un levantamiento de datos referentes a iluminación en cada área. Se recabó información acerca de la posición de la luminaria, tipo de gabinete, difusor, lámpara, su potencia, modelo, luxes y horario del uso de iluminación.

3.4.2. Evaluación de normas de iluminación

La *CONUEE* estableció ciertos parámetros para evaluar la eficiencia energética en los sistemas de iluminación contemplando los niveles de iluminación establecidos por la Secretaría de Trabajo, con el objetivo de generar las condiciones idóneas de trabajo al personal. Dentro de las Normas Oficiales Mexicanas (NOM's) que se tienen que cumplir se encuentra la "*Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales*" ([NOM-007-ENER-2014](#)), la cual tiene por objetivo:

- a) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de *Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)* que cumplan los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales, edificios nuevos, ampliaciones y modificaciones de los edificios ya existentes, con el propósito de que a futuro sean proyectados y construidos haciendo un uso eficiente de la energía eléctrica, mediante la optimización de diseños y la utilización de equipos y tecnologías que incrementen la eficiencia energética sin menoscabo de los niveles de iluminancia requeridos.
- b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la *DPEA* de los sistemas de alumbrado de edificios nuevos no residenciales, ampliaciones y modificaciones de los ya existentes con el fin de verificar el cumplimiento de la presente *Norma Oficial Mexicana*.

La norma NOM-025-STPS, 2008, publicada por la Secretaría de Trabajo y Previsión Social. Tiene por objetivo establecer los requerimientos de iluminación en áreas de los centros de trabajo, para que cuente con la cantidad de iluminación requerida para cada actividad visual, a fin de proveer un ambiente seguro y saludable en la realización de las tareas que desarrollen los trabajadores.

3.4.2.1. Evaluación de NOM-007-ENER-2014

Con relación al censo de carga de iluminación y el levantamiento de superficies en campo se realizó el cálculo de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA). Los DPEA's se obtienen de la siguiente manera:

Dividiendo la cantidad de carga total por alumbrado entre el área total alumbrada como se muestra en la ecuación (Ec. 3.1).

$$DPEA's = \frac{CARGA\ TOTAL\ POR\ ALUMBRADO}{\text{ÁREA TOTAL A ALUMBRAR}} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

3.4.2.2. Evaluación de NOM-025-STPS-2008

Los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo, para cada tipo de tarea visual o área de trabajo. Estos niveles de medida se conocen como *luxes* y equivalen a un lumen por metro cuadrado.

Se realiza el levantamiento de *luxes* en las áreas de trabajo, para ello se debe tomar lecturas mediante un luxómetro posicionado en las superficies de trabajo, con la finalidad de determinar si la distribución de luz es homogénea y adecuada para las condiciones laborales.

3.4.3. Censo de cargas de aire acondicionado

Se realiza un levantamiento de los equipos, para verificar la correcta instalación, funcionamiento y estado general. Se verifican que los parámetros de uso sean correctos, así como los niveles de refrigerante y presión sean indicados, esto nos permitirá verificar que no existan fugas. Es necesario revisar que todas las conexiones se encuentren bien apretadas, además de que mangueras y cables no se encuentren resacos o dañados. En general que los equipos se encuentren en buenas condiciones.

El sistema de aire acondicionado del inmueble está conformado principalmente por dos equipos:

- Chiller de 250 TR cada uno
- 27 equipos UMA's
- 147 equipos Fan&Coil

El resto de los equipos son tecnologías como:

- Equipos enfriadores de aire portátiles
- Equipos MiniSplit, de diferentes capacidades.

3.4.4. Censo de cargas de cómputo

Se realiza un levantamiento en sitio para conocer la cantidad, estado actual, funcionamiento, carga eléctrica, hábitos de uso que se tiene sobre los equipos de cómputo. Es necesario considerar parámetros como las horas de uso, las horas que los equipos permanecen conectados a la corriente, entre otros parámetros que nos permiten visualizar el rendimiento de los equipos.

3.4.5. Censo de cargas de misceláneos

Se realiza un levantamiento en sitio para conocer la cantidad de equipos que se encuentran conectados a la instalación eléctrica del inmueble, además de conocer parámetros como el funcionamiento, carga y consumo eléctrico, así como hábitos de uso que se tiene sobre estos equipos misceláneos.

3.4.6. Censo de cargas de fuerza

Para determinar la eficiencia de los equipos de fuerza, fue necesario realizar mediciones con ayuda de un analizador de redes eléctricas. Verificando parámetros como potencia, calidad de la energía, funcionamiento.

Los equipos de fuerza que se encontraron en el caso de estudio son:

- Motores de bombas hidráulicas
- Extractores
- Motores de elevadores
- Torres de enfriamiento
- Cortinas del auditorio.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1. Censos y Evaluaciones

4.1.1. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de iluminación

Durante los recorridos en las diversas áreas del inmueble, se encontraron gabinetes en mal estado, algunos con los difusores rotos y/o sucios, lo que provoca una baja en los niveles de iluminación en las superficies de trabajo. Se propone darles mantenimiento y limpiarlos con más frecuencia, se visualizó que en la instalación de luminarias se combinan luz fría con luz cálida y el hecho de que la iluminación no sea homogénea en temperaturas provoca un deslumbramiento, esto puede afectar la productividad de los empleados. En los recorridos nocturnos se pudo apreciar que el uso de sistema de iluminación se encuentra encendido en su totalidad, cuando cuenta con un mínimo de empleados trabajando, esto repercute en que se eleven los consumos.

Con base en los parámetros marcados se observa en la *Tabla 4.1* el resumen de las evaluaciones de iluminación realizadas en todas las áreas del inmueble. Se obtuvo que el 89% de las 526 áreas evaluadas cumplen con NOM-025-STPS, 2008 y el 94% de las 579 áreas evaluadas cumplen con NOM-007-ENER-2014, en general la mayoría de las áreas cumple con las normas en cuestión de iluminación.

4.1.1.1. Cantidad de luminarias y consumo por tecnología

De acuerdo con el censo de cargas en la *Tabla 4.2* se observa la cantidad de luminarias que fue recabada en el diagnóstico, la cual fue de 5,650 luminarias de diferentes tipos de tecnología entre las que se encuentran los *diodos emisores de luz (LED)*, *lámparas fluorescentes (LF)*, *lámparas fluorescentes compactas (LFC)*, *dicróicos*, *aditivos metálicos* e *incandescentes*.

En la *Tabla 4.3* se observa la tecnología que predomina en el inmueble, la cual es el LED con el 57.33% de carga instalada, seguido de las lámparas fluorescentes (LF) con el 38.14%, el resto de la carga conectada de iluminación se reparte en tecnologías dicróicas, incandescente y aditivos metálicos.

Tabla 4.1 Censo de áreas que cumplen con normas en iluminación en el caso de estudio

	NOM 025 STP	NOM 007 ENER
Total Zonas Evaluadas que "SÍ CUMPLEN"	470	450
Total de zonas evaluadas que "NO CUMPLEN"	56	129
Total Zonas Evaluadas	526	579

Tabla 4.2 Censo de luminarias y consumo eléctrico por cada tecnología en el caso de estudio

Tipo tecnología	Tipo de luminaria	Cantidad	Carga instalada (kW)	Consumo kWh/mes	Consumo kWh/año	Promedio de Horas en uso
Aditivos Metálicos		21	13	3,060	36,720	10
	Aditivos Metálicos	10	5	1,377	16,524	12
	Reflectores	11	8	1,683	20,196	8
Dicroico		24	1	224	2,693	7
	Dicroico	24	1	224	2,693	7
Incandescente		8	0	92	1,102	9
	Foco	8	0	92	1,102	9
LED		3,239	73	21,574	258,890	10
	CIRCULAR 15W	2	0	2	18	2
	Dicroico	400	3	544	6,531	8
	Foco	49	1	37	442	3
	Panel Led	421	18	5,487	65,848	10
	Plafón Led	45	1	165	1,981	5
	Reflector	10	1	97	1,163	7
	Spot	338	8	2,358	28,296	10
	spot pedestal	6	0	73	881	24
	T5 1x14W	6	0	6	77	3
	T5 3x10W	610	18	5,821	69,851	12
	T8 1x18W	1,239	22	6,697	80,362	16
	T8 2x18W	16	1	176	2,115	12
	Tiras led	24	0	88	1,058	12
	LED	73	0	22	268	12
LF		2,155	104	32,916	394,991	11
	T5 1X28W	7	0	60	720	12
	T5 2x24W	345	17	5,431	65,167	13
	T5 2X28W	113	6	1,845	22,140	11
	T5 3x14W	867	37	11,170	134,038	11
	T8 "U" 2X32W	34	2	751	9,009	13
	T8 1x32W	341	11	3,358	40,294	9
	T8 1X54W	8	0	132	1,586	12
	T8 1X59W	2	0	36	433	12
	T8 2X32W	384	25	7,318	87,816	6
	T8 2X42W	7	1	180	2,159	12
	T8 2x52W	15	2	764	9,165	21
	T8 2X59W	21	2	1,309	15,707	13
	T8 2x60W	11	1	563	6,756	15
LFC		203	4	961	11,531	7
	Espiral	133	3	670	8,043	7
	PLL	70	1	291	3,489	7
Total general		5,650	195	58,827	705,927	10

Tabla 4.3 Censo y consumo de iluminación por tipo de tecnología en el caso de estudio

Tipo tecnología	Cantidad	Carga instalada (kW)	Consumo kWh/mes	Consumo kWh/año	Porcentaje del total %
Aditivos Metálicos	21	13	3,060	36,720	0.37%
Dicroico	24	1	224	2,693	0.42%
Incandescente	8	0	92	1,102	0.14%
LED	3,239	73	21,574	258,890	57.33%
LF	2,155	104	32,916	394,991	38.14%
LFC	203	4	961	11,531	3.59%
Total general	5,650	195	58,827	705,927	100.00%

4.1.1.2. Resultado de evaluación de NOM-007-ENER-2014

Como resultado del cálculo de DPEA's se obtuvo que el 78 % de las áreas totales, cumplen con los DPEA's, mientras que el 22 % no cumple, como se observa en la *Figura 4.1*.

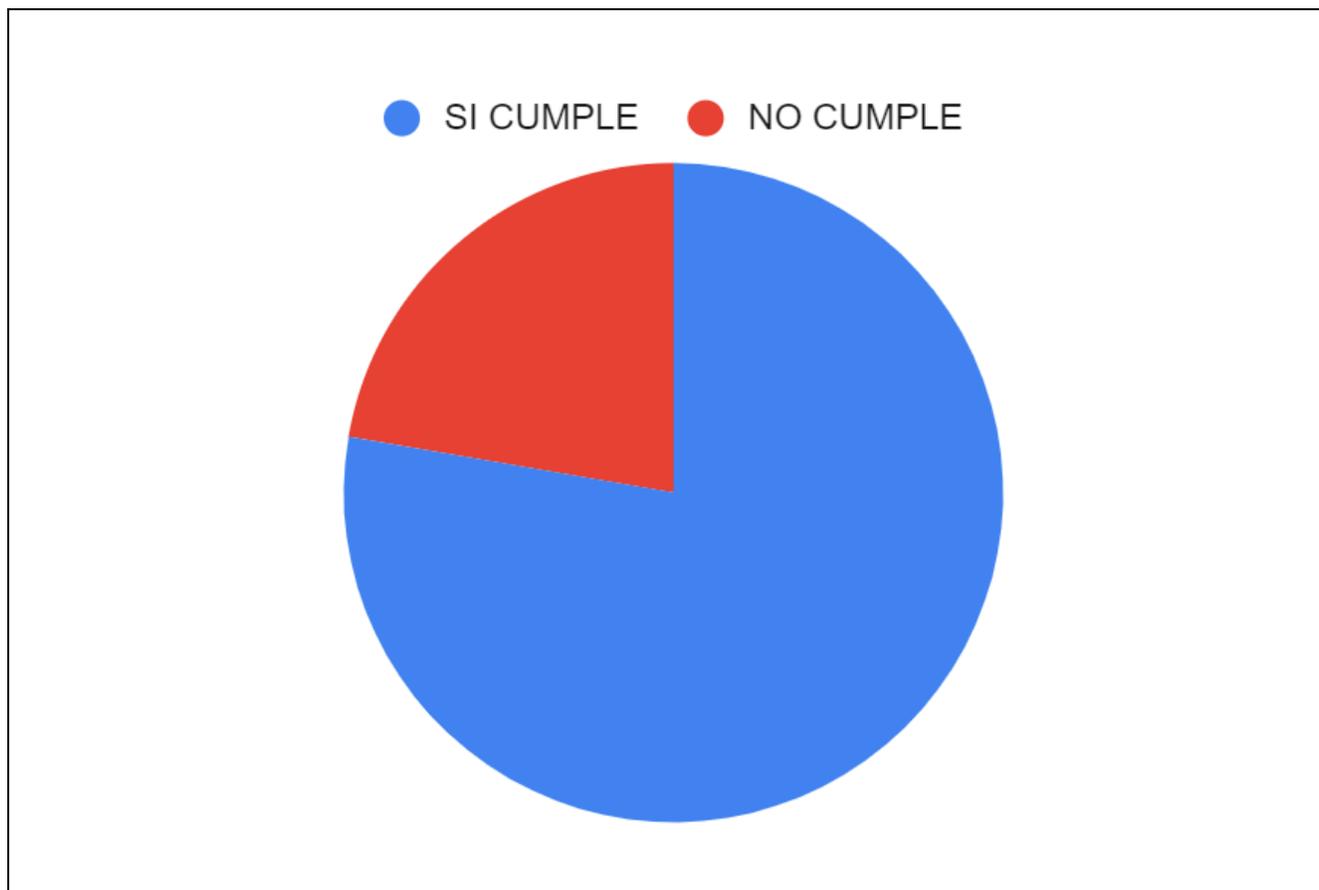


Figura 4.1 Representación gráfica del porcentaje de cumplimiento de la NOM-007 ENER 2014 en el caso de estudio

4.1.1.3. Resultado de evaluación de NOM-025-STPS-2008

De acuerdo a la evaluación de la NOM-025-STPS, 2008, se obtuvo un promedio de iluminación por área de trabajo permitiendo comparar este valor con el establecido por la norma, como se muestra en la Tabla A-2. Las áreas de trabajo con mayor predominancia son oficinas y pasillos, para las cuales la norma indica un valor promedio de entre 300 y 50 luxes respectivamente.

Derivado del análisis del levantamiento, se obtuvo que 89% de las zonas analizadas cumplen con la norma. Para garantizar las condiciones idóneas de trabajo, el personal deberá llevar a cabo las indicaciones hechas por la norma para lograr aumentar el porcentaje a 100% y mantenerlo. En la *Figura 4.2*.

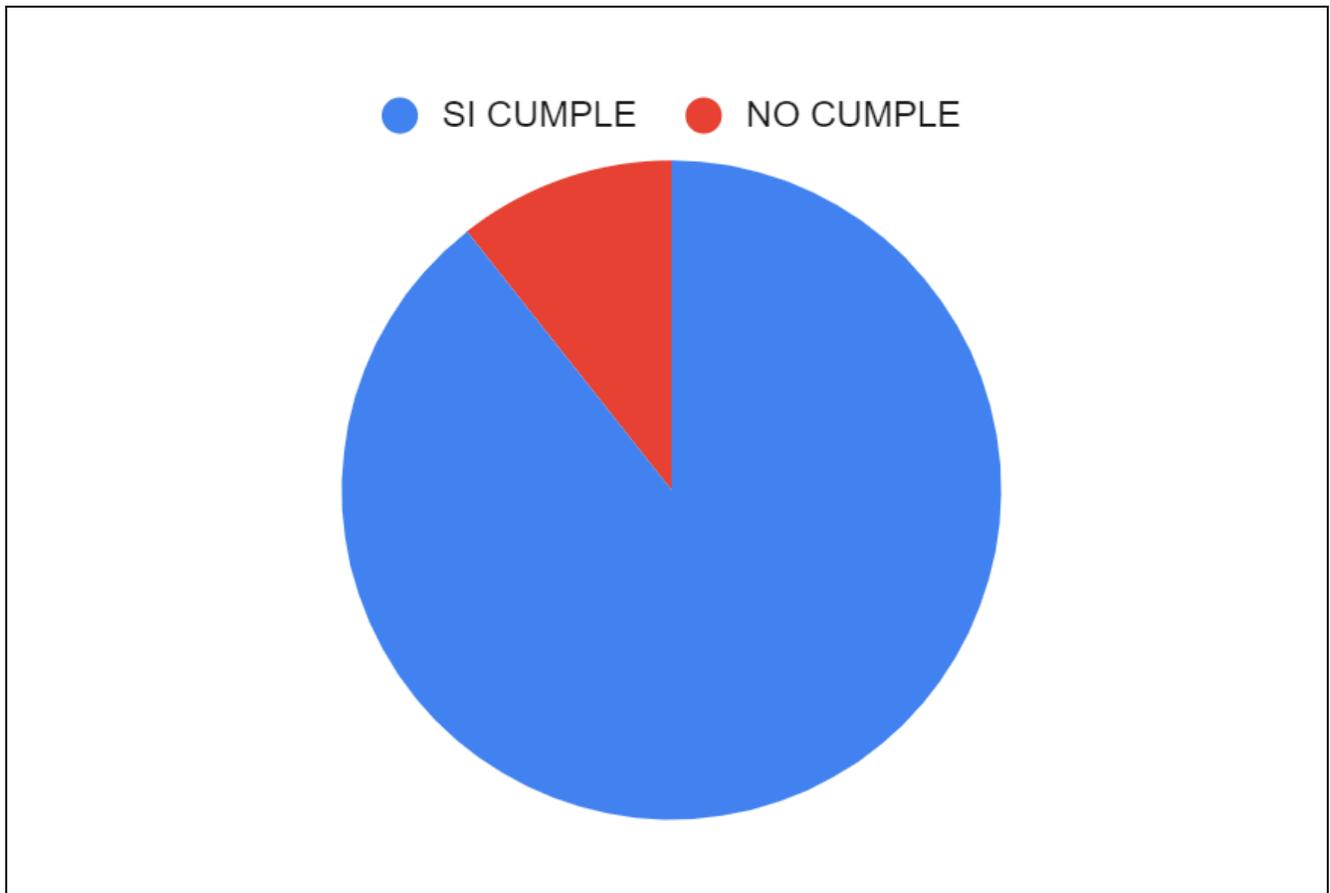


Figura 4.2 Representación gráfica del porcentaje de cumplimiento de la NOM-025-STPS-2008 por área en el caso de estudio

4.1.2. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de aire acondicionado

Durante los recorridos se observaron evaporadoras de MiniSplit y Fan&Coil con acumulación de polvo lo que afecta su eficiencia. Se recomienda dar mantenimiento preventivo con base a lo recomendado por el fabricante. Se detectaron termostatos sin protección y pueden ser manipulados por los usuarios, en algunos casos se encuentran configurados con temperaturas inferiores a 21°C. En recorridos nocturnos, en los niveles 2 y 3 se detectaron equipos Fan&Coil en funcionamiento sin que existiera una población de empleados laborando en dichas áreas, por lo cual se recomienda reducir las horas de uso de los mismos. Dichos equipos se encuentran en estado óptimo para su operación.

4.1.2.1. Cantidad de equipos y consumo eléctrico de aire acondicionado por cada tecnología

En la *Tabla 4.4* se refleja el censo de cargas derivado del diagnóstico energético, el cual está enfocado al consumo de energía eléctrica. La carga total instalada de aire acondicionado es de 1238 T.R., la demanda de aire acondicionado derivada del censo de cargas es de 469 kW.

Tabla 4.4 Censo de cargas para equipos de aire acondicionado por tipo de tecnología en el caso de estudio

Equipos	Cantidad #	T.R	Potencia Instalada [kW]	Consumo [kWh/mes]	Consumo [kWh/año]
Aire Acondicionado Honeywell Portátil	1	1	0.1	3	41
Aire Acondicionado Portatil LG	8	8	9.6	496	5,956
Chiller I	1	250	48.4	7,405	88,862
Chiller II	1	250	41.8	6,395	76,745
Condensadora Criotec I	1	2	1.8	94	1,126
Condensadora Daikin I	1	2	2.3	117	1,409
Condensadora Goodman I	5	15	14.7	752	9,021
Condensadora McQuay	2	8		-	-
Condensadora McQuay I	1	2	1.4	71	848
Condensadora McQuay II	1	12	2.1	137	1,644
Condensadora Mitsubishi I	3	5	7.9	404	4,847
Condensadora Mitsubishi II	4	24	20.2	1,032	12,387
Condensadora Mitsubishi III	6	18	78.1	3,981	47,773
Condensadora Multisplit LG I	1	15	12.9	657	7,889
Condensadora Multisplit LG II	4	40	33.2	1,693	20,318
Condensadora Multisplit LG III	1	12	9.9	505	6,059
Condensadora Multisplit LG IV	3	36	29.7	1,515	18,176
Condensadora Trane I	2	6	5.6	286	3,427
Condensadora Trane II	1	10	9.9	504	6,047
Condensadora York I	1	2	2.1	108	1,299
Condensadora York II	3	6	8.1	414	4,966
Condensadora York III	3	5	6.8	347	4,162

Tabla 4.4 (Continuación) Censo de cargas para equipos de aire acondicionado por tipo de tecnología en el caso de estudio

Fan & Coil	147	147	18.4	937	11,246
Evaporadora Cassete McQuay	3	9	0.1	37	441
Evaporadora Cassete Mitsubishi	48	144	0.9	53	636
Evaporadora Cassete McQuay	1	3	0.1	7	89
Evaporadora Confortstar	1	3	0.0	1	10
Evaporadora Daikin	1	3	0.0	1	12
Evaporadora LG	1	3	0.0	1	12
Evaporadora Mitsubishi	1	3	0.0	1	10
Evaporadora Trane	1	3	0.0	12	147
Evaporadora York	5	15	0.1	5	61
Minisplit Tipo Cassette	7	21	21.5	4,385	52,617
U.M.A. 13	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 14	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 15	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 16	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 18	1	5	2.2	113	1,350
U.M.A. 19	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 20	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 21	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 22	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 25	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 26	1	5	2.2	113	1,350
U.M.A. 27	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 28	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 29	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 30	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 31	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 32	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 33	1	1	0.7	37	450
U.M.A. 35	1	1	0.7	37	450
U.M.A. 37	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 38	1	1	0.7	37	450
U.M.A. 39	1	3	1.5	75	900
U.M.A. 4	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 40	1	1	0.7	37	450
U.M.A. 5	1	5	2.2	113	1,350
U.M.A. 7	1	7	3.7	188	2,250
U.M.A. 8	1	7	3.7	188	2,250
Total general	297	1238	469	36,482	437,789

4.1.2.2. Cantidad de equipos y consumo eléctrico de unidades manejadoras y lavadoras de aire

El inmueble tiene instaladas 27 UMA's, con una carga instalada de 80.9 kW la cual representa el 17% de la carga instalada de aire acondicionado, con base a datos de placa y a las horas de uso se determinó el consumo mensual de las unidades manejadoras de aire, el cual es de 4,125 kWh representa el 7.8% del consumo mensual del sistema de aire acondicionado.

4.1.3. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de cómputo

Conforme a los datos levantados en el censo de cómputo, se determinó que la tecnología más utilizada es la del tipo LapTop de dos modelos en específico; Dell Latitude E5470 y Lenovo L440 con 625 y 458 piezas respectivamente. Otros equipos representativos dentro de la *Tabla 4.10* de cómputo son las impresoras, multifuncionales, computadoras de escritorio y monitores.

En el levantamiento y recorridos se hallaron laptops conectadas a la energía todo el tiempo, esto afecta la vida útil de las baterías, haciéndose dependiente de estar conectadas todo el tiempo. Esto causa que aumenten los consumos en este rubro, se recomienda sensibilizar al personal para que desconecten sus equipos cuando se encuentren cargados completamente y recargarlas cuando el equipo lo requiera. Por otro lado los multifuncionales se encuentran encendidos en los recorridos nocturnos lo cual afecta directamente al consumo de energía.

4.1.3.1. Cantidad de equipos y consumo eléctrico de equipos de cómputo

Como podemos observar en la siguiente *Tabla 4.5* se presenta la carga de cómputo censada, la mayor carga instalada es de la Laptop Dell Latitude E5470 con 40.63 kW, seguida de la Laptop Lenovo L440 25.65 kW. La tecnología Multifuncional OKI ES4172LP representa una carga de 131.25 kW. La carga total instalada del censo de cargas arrojó un valor de 406.97 kW, lo cual representa un consumo al mes de 51,973 kWh.

Tabla 4.5 Censo de cargas de equipos de cómputo en el caso de estudio

Equipos de cómputo	Cantidad #	Carga Instalada (kW)	Consumo kWh/mes	Consumo kWh/año	Promedio de Horas en uso
Acer All In One	3	0.96	220	2,644	9.00
Computadora Apple Imac	4	1.08	228	2,741	8.00
Computadora Blomberg	1	0.13	26	306	8.00
Computadora Escritorio Armada	1	0.85	173	2,081	8.00
Computadoras Extenas	5	0.33	66	796	8.00
Copiadora Canon C5030	1	0.13	1	8	0.20
Copiadora LEXMARK C935	1	0.70	36	428	2.00
Copiadora LEXMARK X950	1	0.82	42	499	2.00
Copiadora Ricoh Pro 907ex	2	7.00	536	6,426	3.00
Desktop	8	1.92	441	5,288	9.00
Desktop Lenovo	2	0.48	110	1,322	9.00
Desktop Thinkcentre A25	2	0.46	23	282	2.00
DVR De Grabación	14	4.48	2,742	32,901	24.00

Tabla 4.5 (Continuación) Censo de cargas de equipos de cómputo en el caso de estudio

Escaner Dell	1	0.01	0	0	0.00
Escaner EPSON	1	0.03	0	1	0.10
Escaner Kodak I3450	1	0.05	0	0	0.00
Escaner Portatil Lg	1	0.01	0	0	0.00
HP Officejet 6500	1	0.30	1	15	0.00
Impresora Brother 2820	1	0.01	0	4	0.00
Impresora Epson L210	1	0.01	0	4	0.00
Impresora F16130	1	0.04	1	18	0.20
Impresora HP Laserjet 400	13	5.97	19	227	0.02
Impresora HP Laserjet MPP477	1	0.45	1	15	0.00
Laptop Dell Latitude E5470	625	40.63	9,302	111,623	9.15
Laptop Hacer Aspire One	1	0.05	10	124	9.00
Laptop Hipersonic	1	0.05	10	124	9.00
Laptop HP	42	3.23	742	8,906	9.00
Laptop Lenovo L440	458	25.65	5,591	67,087	8.97
Laptop Lenovo L440 T430	32	2.08	477	5,728	9.00
Laptop Toshiba	3	0.19	43	512	9.00
Laptop Z Book	1	0.07	15	179	9.00
Lenovo Thinkcentre	1	0.32	73	881	9.00
Mac 21	18	4.32	950	11,395	8.80
Modem	6	0.14	88	1,058	24.00
Monitor 24"	2	0.04	16	196	16.50
Monitor AOC	3	0.06	12	147	8.00
Monitor APC	1	0.02	15	176	24.00
Monitor Benq	7	0.70	143	1,714	8.00
Monitor Bloomberg	8	0.19	118	1,410	24.00
Monitor DELL	15	0.84	194	2,324	9.00
Monitor Dell 19"	2	0.03	6	73	9.00
Monitor Dell 24"	94	1.82	442	5,307	9.77
Monitor Eizo	41	5.21	1,593	19,120	12.00
Monitor HP	14	0.41	89	1,066	8.43
Monitor HPLV1911	1	0.02	4	50	9.00
Monitor Lenovo	3	0.07	15	176	8.00
Monitor Lenovo 19"	29	0.58	133	1,597	9.00
Monitor LG	4	0.13	26	313	8.00
Monitor LG 19"	4	0.08	27	328	12.75
Monitor SAMSUNG	2	0.14	29	353	8.00
Monitor Samsung 19"	3	0.06	14	174	9.00
Multifuncional	2	1.07	7	85	0.03
Multifuncional Brother	2	0.07	2	22	1.00
Multifuncional HP	16	14.06	33	393	0.04
Multifuncional Hp Pro400	18	10.45	63	761	0.20
Multifuncional Lexmark	23	20.35	33	397	0.03
Multifuncional OKI ES4172LP	175	131.25	768	9,216	0.19
Multifuncional RICOH	1	1.30	1	7	0.00
Multifuncional RICOH MP305	3	1.37	2	19	0.00

Tabla 4.5 (Continuación) Censo de cargas de equipos de cómputo en el caso de estudio

Multifuncional RICOH MP501	14	13.69	34	412	0.06
Multifuncional RICOH MPC306	3	3.90	2	22	0.00
Multifuncional RICOH SP45105F	1	1.30	1	18	0.00
Optiplex 7040	140	33.60	7,797	93,563	9.67
Pantalla LG	22	4.18	1,279	15,349	12.00
Pantalla Peler	1	0.09	18	220	8.00
Pantalla SAMSUNG	8	1.32	37	450	0.90
Pantalla Sanyo	6	1.09	14	167	0.50
Pantalla Sharp	3	0.55	11	127	0.67
Pantalla Sharp 70"	1	0.20	3	31	0.50
Pantalla Sharp Aquos	1	0.19	3	30	0.50
Pantalla SONY	3	0.50	13	151	1.00
Ploter EPSON	2	0.80	3	31	0.13
Proyector Epson	31	9.74	59	710	0.29
Proyector Epson Mp-280	1	0.28	0	0	0.00
Proyector Hitachi Cp-X809	4	1.10	0	0	0.00
Proyector Optoma	29	8.07	35	421	0.14
Proyector Sharp Xg-C435x	4	1.10	0	0	0.00
Proyector Sony	1	0.31	0	0	0.00
Proyector Viewsonic	1	0.32	0	0	0.00
RACKS IDF'S	12	4.57	2,798	33,577	24.00
Router	48	11.04	6,756	81,078	24.00
Sacapuntas Eléctrico	15	3.62	7	88	0.08
Samsung 55"	1	0.19	5	60	1.00
Ups	2	12.00	7,344	88,128	24.00
Total General	2,082	406.97	51,973	623,680	6.31

4.1.4. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de equipos misceláneos

El censo de cargas misceláneas realizado en el caso de estudio, determinó el uso de una gran cantidad de equipos considerados como misceláneos que en su mayoría no son propios del inmueble ni del uso de acuerdo al giro de las instalaciones. Tal es el caso de cafeteras personales, calentadores, hornos de microondas, jarras eléctricas, sandwichera, radio estéreo, tostadores, ventiladores personales, lámparas decorativas, parrillas eléctricas, etc.

Esto representa un consumo fuera de lo habitual se recomienda concientizar al personal sobre esto, también se encontraron demasiados contactos con sobrecarga utilizando multi-contactos esto representa un punto rojo en seguridad ya que puede provocarse un corto circuito y con ello un accidente al poner en riesgo la integridad del personal.

4.1.4.1. Cantidad de equipos y consumo eléctrico de cada equipo misceláneos

Los equipos que se encontraron en el diagnóstico se enlistan en la siguiente *Tabla 4.6*, por concepto de equipos considerados como misceláneos se registró un total de 1,159 equipos, en conjunto representan una carga instalada de 246.65 kW y en conjunto un consumo mensual de 23,990 kWh al mes.

Tabla 4.6 Resultado de censo de cargas de equipo de misceláneos en el caso de estudio

Equipo Misceláneo	Cantidad #	Carga Instalada (kW)	Consumo kWh/mes	Consumo kWh/año	Promedio de Horas en uso
Aoc 19"	3	0.09	12	141	5.00
Arco Detector De Metales	1	0.50	306	3,672	24.00
Báscula	1	0.04	1	12	1.00
Bascula RHINO	1	0.01	1	6	2.00
Batidora	2	0.50	8	96	0.63
BenQ DL2020-B	11	0.33	42	508	5.00
Bocina	5	0.13	37	441	7.80
Bocina Bose	4	0.15	11	138	3.00
Bubbler	1	0.66	50	606	3.00
Cafetera Bunn Mediana	1	0.95	24	291	1.00
Cafetera Chica	13	11.70	298	3,580	1.00
Cafetera Dolce Gusto	22	29.83	416	4,997	0.55
Cafetera HAMILTON BEACH	1	0.90	23	275	1.00
Cafetera Industrial	1	-	-	-	1.00
Cafetera Mediana	2	2.34	30	358	0.50
Cafetera Nespresso	1	1.37	35	419	1.00
Cafetera Oster	5	4.38	112	1,339	1.00
Cafetera Saeco Royal	1	1.20	31	367	1.00
Calefactor Eléctrico	1	1.50	38	459	1.00
Calentador	3	4.50	0	0	0.00
Calentador Calorex	1	4.00	0	0	0.00
Centro De Lavado	1	-	-	-	4.00
Checador Kaba	10	0.04	26	308	24.00
Checadores Kaba	36	0.15	93	1,110	24.00
Congelador	1	0.18	113	1,351	24.00
Congelador OJEDA	1	0.25	13	155	2.00
Desfibrilador	1	0.25	0	0	0.00
Dicroico 50W	1	0.05	0	0	0.00
Dispensador De Agua	27	9.12	108	1,292	0.24
Electrocardiógrafo	1	0.25	0	0	0.00
Empacadora BROTHER	1	0.20	5	61	1.00
Enfriador De Aire Honeywell	4	0.92	47	563	2.00
Equipo Ups Aire Acondicionado	1	8.86	5,419	65,031	24.00
Escaner Rayos X	1	1.20	275	3,305	9.00
Estereo Panasonic	1	0.09	4	52	2.00
Expendedora De Café	1	1.02	104	1,244	4.00
Expendedora De Dulces	1	1.02	104	1,244	4.00
Expendedora De Refrescos	1	1.02	104	1,244	4.00
Extractor Cocina	1	1.45	185	2,225	5.00
Extractor De Baño 6"	9	0.16	34	402	8.11
Frigobar 4 Pies Cúbicos	27	6.59	672	8,064	4.00

Tabla 4.6 (Continuación) Resultado de censo de cargas de equipo de misceláneos en el caso de estudio

Frigobar 4 Pies Cúbicos GE	11	0.40	209	2,511	21.14
Grabadora	8	0.10	1	16	0.50
Horno De Microondas	6	7.70	91	1,086	0.46
Horno De Microondas GE	10	10.00	31	367	0.00
Horno Menumaster	4	8.40	214	2,570	1.00
Horno Rational	1	0.00	0	0	1.00
Impresora De Venta	1	0.25	13	155	2.00
Jarra Eléctrica	2	0.36	2	28	0.25
Jarra Eléctrica	3	1.69	0	0	0.00
Kiosco Autoservicio	1	-	-	-	-
Koblenz ECO-190	10	12.50	478	5,738	1.50
Lámpara 10A	3	0.38	10	117	1.00
Lámpara 10A	2	2.54	32	389	0.50
Lámpara 23W	1	0.02	0	0	0.00
Lámpara 60W	1	0.06	2	18	1.00
Lámpara De Emergencia	10	0.05	-	-	-
Lámpara Decorativa	4	0.24	-	-	-
Lámpara Halógena	3	0.15	92	1,102	24.00
Lámpara Inc	1	0.15	0	0	0.00
Lámpara Lfc	5	0.18	111	1,329	24.00
Lámpara PLL	35	0.46	3	31	0.18
Lámpara PLL	12	0.16	1	12	0.25
Letrero LED	2	0.38	233	2,791	24.00
Licuada	3	1.55	118	1,415	2.25
Licuada Industrial	2	4.32	-	-	-
Máquina De Escribir Eléctrica	2	0.25	-	-	-
Monitor 19"	2	0.06	8	98	5.00
Pantalla Christie	2	0.38	11	130	1.00
Pantalla Escritorio	21	1.26	0	0	0.00
Pantalla Para Proyección	38	5.70	0	0	0.00
Pantalla Samsung 60"	4	0.30	5	59	0.00
Pantalla Sharp 60"	3	0.22	4	44	0.00
Parrilla De Inducción	2	2.50	128	1,530	2.00
Parrilla Eléctrica	1	0.70	0	0	0.00
Persiana Automática	16	3.04	0	0	0.00
Phillips 45"	16	2.32	119	1,423	2.00
Procesador De Alimentos	1	0.19	-	-	-
Puerta Automática Stanley	1	0.25	0	0	0.00
Pulidora	1	1.50	115	1,377	3.00
Purificador De Aire Nikken	9	6.75	172	2,066	1.00
Radio	1	0.02	1	6	1.00
Radio estéreo	1	0.02	0	2	0.50
Rebanadora De Jamón	1	0.48	18	218	1.50

Tabla 4.6 (Continuación) Resultado de censo de cargas de equipo de misceláneos en el caso de estudio

Refrigerador	5	4.51	460	5,519	4.00
Refrigerador GE	1	1.20	122	1,469	4.00
Refrigerador Tororey	1	0.54	83	991	6.00
Refrigerador True	1	1.32	135	1,616	4.00
Refrigerador True li	2	1.60	163	1,958	4.00
Refrigeradores	2	1.50	230	2,754	6.00
Reloj Checador	1	0.25	155	1,865	24.00
Reloj LED	1	0.06	37	441	24.00
Reloj Pared	1	0.01	7	88	24.00
Sacapuntas Eléctrico	57	7.07	87	1,050	0.48
Samsung 19"	11	0.33	47	567	5.44
Sandwichera	1	0.78	0	0	0.00
Sanyo 46"	11	1.17	247	2,960	8.18
Secador De Manos	2	4.57	58	700	0.50
Secador De Manos	1	1.30	0	0	0.00
Sharp Aquos 55"	10	1.90	53	638	1.00
Sierra Cinta Para Metales	1	0.37	1	8	0.07
Sierra Circular	1	1.66	3	33	0.07
Sumadora	1	0.01	0	0	0.00
Teléfono Cisco	314	13.72	8,394	100,727	24.00
Teléfono Videollamada Cisco	42	2.42	1,481	17,767	24.00
Terminal De Venta	1	0.45	103	1,239	9.00
Torniquete Control De Acceso	9	0.99	299	3,589	7.50
Tostador	1	0.80	0	0	0.00
Trituradora De Papel	22	17.42	3	37	0.03
Ventilador	18	0.75	153	1,836	8.00
Ventilador 20"	28	1.26	117	1,405	3.21
Ventilador 6"	99	1.76	402	4,821	8.86
Ventilador Escritorio	29	0.44	78	932	7.00
Ventilador Grande	1	0.11	3	32	1.00
Ventilador Honeywell	4	0.18	23	275	5.00
Ventilador Torre	5	0.25	32	383	5.00
Ventilador Torre	1	0.05	6	77	5.00
Ventilador Torre Chico	1	0.04	10	116	9.00
Vitrina	2	-	-	-	24.00
Total General	1,159	246.65	23,990	287,877	4.18

4.1.5. Resultados obtenidos en censos y evaluaciones de equipos de fuerza

Todos estos motores son de diferentes capacidades, el censo arrojó un total de 88 equipos de fuerza (motores eléctricos). La mayoría de estos motores, por su aspecto físico, aparentan una vida de uso no menor a los 5 años con un óptimo funcionamiento.

La operación de los chillers es alternada, se estandariza la vida media de los motores, en cuanto a los motores empleados en los elevadores presentan fugas de aceite lo que provoca una baja en la eficiencia y aumentan los consumos de electricidad, por lo que se recomienda corregir este tipo de problemáticas. Los motores empleados en extracción de aire, tiene mayor desgaste por la cantidad de horas de uso continuo, los equipos no son de gama Premium en eficiencia, podría ser un área de oportunidad en ahorro de energía.

En el caso de las cargas de fuerza se tomó la decisión de tomar mediciones puntuales de algunos equipos considerados de alto impacto en el consumo de energía eléctrica. A una muestra representativa se realizaron dichas mediciones con ayuda del analizador de redes eléctricas en los siguientes equipos: extractores de aire, motores de elevadores, MultiSplit, MiniSplit, bombas de agua helada; para verificar los parámetros eléctricos de funcionamiento.

La carga instalada registrada del censo es de 315.22 kW, tomando los datos de placa y horas de usos de los equipos de fuerza, el consumo mensual es de 30,475 kWh. Los datos registrados se muestran en la *Tabla 4.7*.

4.2. Balance de energía

El balance de energía, es la representación sintética de la totalidad de los sistemas energéticos del inmueble, el cual fue estimado de acuerdo a los datos recabados y analizados del censo de cargas.

Con referencia en la *Tabla 4.8*, es claro identificar al mayor consumidor del inmueble, el sistema de aire acondicionado representa el 29% de la carga total instalada. Sin embargo, su consumo no es proporcional a la carga, ya que el sistema de iluminación en cuanto a consumo representa el 29% del total del consumo mensual, seguido por el sistema de cómputo, el cual representa el 26% del consumo total mensual. El aire acondicionado y el sistema de fuerza arrojaron una contribución de 18% y 15% respectivamente. Por último, pero no menos significativo, se encuentra el sistema de misceláneos con el 12% restante del consumo total mensual.

4.3. Balance general

Este balance es una comparación del consumo entre el recibo de CFE, el levantamiento de cargas y las mediciones eléctricas que se realizaron se observa en la *Figura 4.3* que las mediciones coinciden.

- Consumo mensual del recibo de luz (junio 2016-mayo 2018): 183,493 kWh.
- Consumo mensual del levantamiento de cargas: 201,748 kWh
- Consumo mensual de las mediciones eléctricas: 183,606 kWh

Tabla 4.7 Resultados de censo de cargas de equipo de fuerza en el caso de estudio

Equipo consumidor	Cantidad #	Carga Instalada (kW)	Consumo kWh/mes	Consumo kWh/año	Promedio de Horas en uso
Bomba I	1	0.38	0	0	0.00
Bomba II	1	2.21	113	1,350	2.00
Bomba sumergible	2	2.98	-	-	-
Cortinas	6	3.60	0	0	0.00
Elevador A	1	33.47	4,267	51,201	5.00
Elevador B	1	33.47	4,267	51,201	5.00
Elevador C	1	33.47	4,267	51,201	5.00
Elevador de carga	1	33.47	4,267	51,201	5.00
Elevador de estacionamiento	1	33.47	1,707	20,481	2.00
Elevador Dirección	1	14.70	187	2,249	0.50
Elevador silla de ruedas	1	1.15	0	0	0.00
Extractor de baño 6"	31	0.50	16	190	1.11
Extractor I	3	2.48	1,063	12,757	18.00
Extractor II	7	3.12	1,069	12,830	18.00
Extractor III	1	0.55	168	2,020	12.00
Extractor IV	1	0.55	168	2,020	12.00
Extractor tipo campana	1	0.05	2	28	2.00
Extractor Transformador	2	0.37	-	-	-
Extractor V	1	0.55	168	2,020	12.00
Extractor VI	1	3.68	1,125	13,502	12.00
Taladro de banco	1	0.37	0	0	0.00
Manejadora de Agua I	1	0.55	252	3,029	18.00
Torre enfriamiento I	2	4.41	675	8,100	6.00
Ventilador 6"	9	0.18	5	55	1.00
Motobomba	2	4.48	171	2,052	4.50
Motobomba II	1	2.24	29	342	0.50
Motobomba III	3	16.78	214	2,567	0.50
Motobomba IV	2	37.28	2,852	34,227	3.00
Motobomba V	2	44.74	3,423	41,073	3.00
Total general	88	315.22	30,475	365,696	4.21

Tabla 4.8 Resultados del diagnóstico energético de acuerdo a la distribución de cargas eléctricas (Formato RD3, CONUEE) en el caso de estudio

CONUEE	DISTRIBUCIÓN DE CARGAS ELÉCTRICAS (CENSO)			FORMATO RD3	
				FECHA: Junio 2018	
Inmueble: Edificio de gobierno federal, CDMX					
Sistema	Capacidad Instalada [kW]	Capacidad Instalada [T.R]	Demanda Máx. [kW]	Consumo [kWh/mes]	Consumo [kWh/año]
Aire Acondicionado	469	719	469	36,483	437,795
Cómputo	407		407	51,973	623,680
Fuerza	315		315	30,475	365,696
Iluminación	195		195	58,827	705,927
Misceláneo	247		247	23,990	287,877
Total general	1,634		1,634	201,748	2,420,975
Los niveles de iluminación cumplen con la NOM-025-STPS-2008 (SI/NO)			SI	NOTA: En cuanto al promedio pasan la NOM 025 y 007, Sin embargo hay zonas que no cumplen	
La densidad de potencia eléctrica del sistema de iluminación cumple con la NOM-007-ENER			SI		

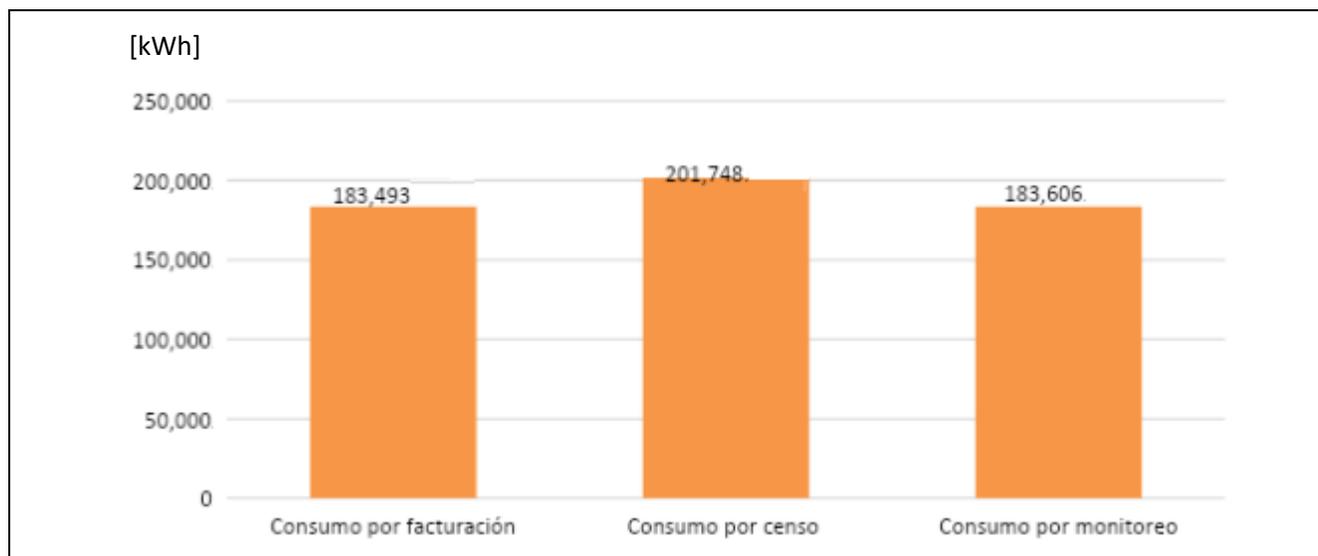


Figura 4.3 Resultados de la comparativa de consumos anuales para balanceo de cargas en el caso de estudio

4.4. Evaluación del factor de potencia en el banco de capacitores

Actualmente se tiene una bonificación del factor de potencia en la facturación eléctrica, ya que el promedio registrado es de 0.9812%, se analizaron los dos transformadores TR-A y TR-B, dando por resultado lo siguiente:

- *Transformador TR-A*
El factor de potencia promedio que se registró durante el periodo de medición fue de 0.98% y el valor mínimo registrado fue de 0.97%.
- *Transformador TR-B*
El factor de potencia promedio que se registró durante el periodo de medición fue de 0.91% y el valor mínimo registrado es de 0.76%,

4.4.1. Corrección del factor de potencia en el banco de capacitores

Se observa que hay un área de oportunidad para incrementar la bonificación de factor de potencia, al instalar un banco de capacitores en el transformador TR-B, a continuación se muestra el análisis para evaluar su potencial de ahorro.

El factor de potencia que se registró durante el periodo de medición en el transformador TR-B, muestra una tendencia por debajo del 0.9%. El bajo factor de potencia lo originan las cargas inductivas como motores, transformadores, ya que son cargas no lineales que contaminan la red eléctrica. En este tipo de equipos, el consumo de corriente se desfasa con relación al voltaje, lo que provoca un factor de potencia bajo.

Como observamos en la *Figura 4.4* durante el periodo de medición cincominutal se registraron valores sobre el 0.9%, lo que origina que en promedio el valor del factor de potencia para esta parte de la red sea de 0.91% según se muestra en la *Tabla 4.9*. Se recomienda compensar el factor de potencia de este transformador a un promedio mínimo de 1 capacitivo, en conjunto con el otro ramal que tiene un factor de potencia promedio de 0.989% y alcancen un promedio de 0.9945% y por lo tanto, la compensación por el bajo factor de potencia sea significativa.

Considerando la carga actual monitoreada de 218 kW_{máx}, para lograr una adecuada compensación del F.P. a un valor promedio mínimo de 1 capacitivo, es necesario realizar lo siguiente:

- Se utiliza la *Tabla A.1 Factor “k”* de compensación reactiva para el cálculo de la potencia del banco de capacitores ubicada en el apéndice, obteniendo los datos mostrados en la *Tabla 4.10*.

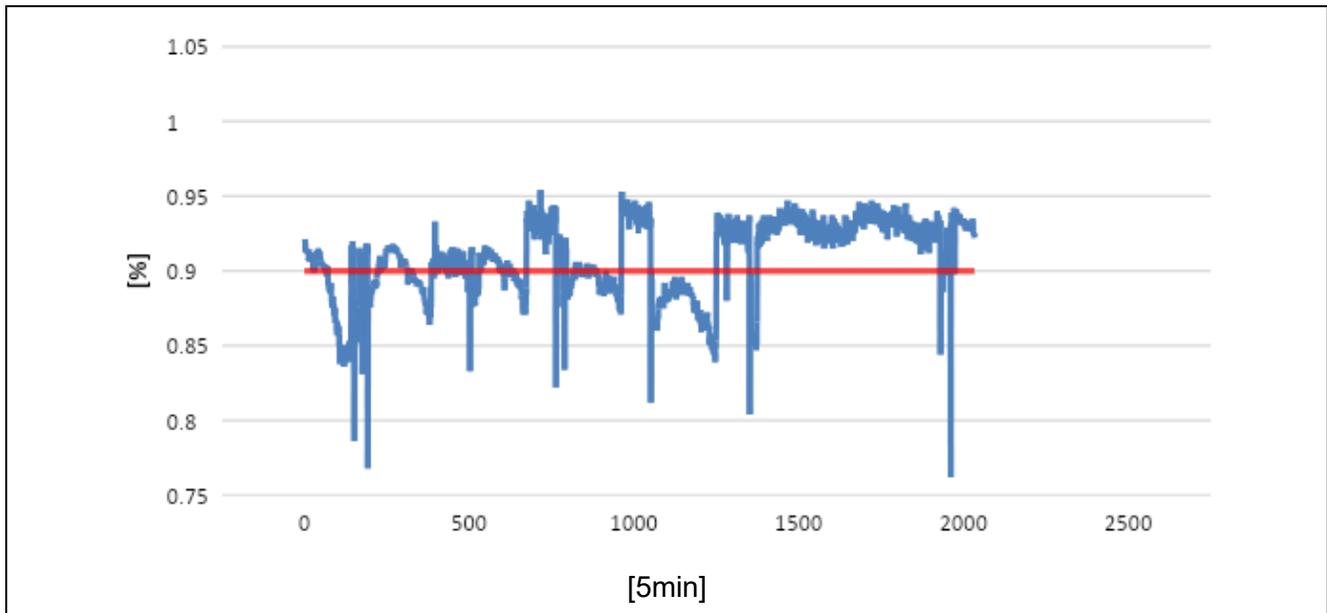


Figura 4.4 Medición del factor de potencia en transformador TR-B del 11 al 18 de junio del 2018 en el caso de estudio

Tabla 4.9 Resumen del registro del factor de potencia para el transformador TR-B en el caso de estudio

TR-B	F.P
Máximo	0.95%
Mínimo	0.76%
Promedio	0.91%

Tabla 4.10 Datos de factor de potencia deseado y actual según la demanda máxima en el caso de estudio

Demanda máx.	218 kW
F.P. Actual	0.76
F.P. Deseado	1

Según la relación entre el factor de potencia actual y el deseado el valor de $K=0.855$ por lo tanto, se tiene:

$$Q_c = \text{Potencia Activa} \times \text{Factor } K \quad \text{Ec. 4.1}$$

Sustituyendo:

$$Q_c = (218 \text{ kW}) \times (0.855)$$

$$Q_c = 186.39 \text{ kVAr}$$

Se propone instalar un *banco de capacitores* de una capacidad de 200 kVAR, diseñado para operar en 480 V y 60 Hz. El cual deberá conectarse directamente en el secundario del transformador TR-B y en la entrada del interruptor principal de este ramal.

Con el banco de capacitores propuesto el promedio del F.P. general es de 0.9945%. De acuerdo a la *Tabla 4.11* para el factor de potencia compensado, le corresponde una bonificación del 2.37%, con respecto al monto de la energía.

Tabla 4.11 Fórmula para bonificación o penalización del factor de potencia en el caso de estudio

Concepto	Fórmula	% Máximo aplicable
BONIFICACIÓN	$\frac{1}{4} \left[1 - \left(\frac{90}{F.P.} \right) \right] X 100$	2.5
PENALIZACIÓN	$\frac{3}{5} \left[\left(\frac{90}{F.P.} \right) - 1 \right] X 100$	120

Actualmente el sistema eléctrico general tiene un factor de potencia superior al 94% que varía mes con mes conforme a los usos de la energía del inmueble. Por lo que se le hace una bonificación por buen factor de potencia, tomando esta consideración para el análisis económico de esta propuesta. El ahorro estimado al compensar el bajo factor de potencia en el ramal TR-B es de \$1,132.57 en promedio al mes.

Como se puede ver en la *Tabla 4.12* anterior la propuesta no es viable económicamente, resulta una tasa de retorno simple, de 275 meses equivalentes a 22.89 años. Considerando el ahorro general compensado como base para el cálculo de la tasa de retorno simple, el tiempo de recuperación disminuye a 40.83 meses que equivalen a 3.4 años.

Tabla 4.12 Propuesta de ahorro de energía en el banco de capacitores de 125 VAR, 480 V y 60 Hz en el caso de estudio

Propuesta	Banco de capacitores 125 kVAR 480 VCA 60 Hz
Inversión	\$ 311,080.50
F.P. Compensado	0.9945%
Bonificación	2.37%
Energía promedio anual	\$ 321,421.84
Ahorro general (Compensado)	\$ 7,617.70
Ahorro Actual (Sin compensar)	\$ 6,485.13
Ahorro estimado (Compensado)	\$ 1,132.57
Tasa de Retorno Simple	275 meses

El promedio del factor de potencia del ramal B es superior al 90%, pero se deja a consideración si se compensan, los picos inferiores al 90% por las siguientes razones:

a) *Manifestación de los incrementos de las pérdidas por efecto joule.*

- Calentamiento de cables
- Calentamiento de embobinados de los transformadores de distribución
- Disparo sin causa aparente de los dispositivos de protección. Uno de los mayores problemas que causa el sobrecalentamiento, es el deterioro irreversible del aislamiento de los conductores que, además de reducir la vida útil de los equipos, puede provocar cortocircuitos.

b) *Sobrecarga en los generadores, transformadores y líneas de distribución.*

El exceso de corriente debido a un bajo factor de potencia, ocasiona que los generadores, transformadores y líneas de distribución, trabajen con cierta sobrecarga y reduzcan su vida útil, debido a que estos equipos, se diseñan para un cierto valor de corriente para no dañarlos, se deben operar sin que éste se rebase.

c) *Aumento de la caída de tensión.*

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, una caída de tensión o diferencia entre las tensiones de origen y la que lo canaliza, resultando en un insuficiente suministro de potencia a las cargas (motores, lámparas, etc.); estas cargas sufren una reducción en su potencia de salida. Esta caída de voltaje afecta a:

- Los embobinados de los transformadores de distribución.
- Los cables de alimentación, y a los
- Sistemas de protección y control.

4.5. Propuestas de ahorro de energía

El objetivo principal del diagnóstico eléctrico es hacer propuestas de ahorro de energía y verificar su viabilidad económica. A continuación se detallan los ahorros energéticos y económicos de estas propuestas, así como la estimación del monto de la inversión aproximada para la implementación. Para el cálculo de los ahorros económicos se determinó un precio promedio de la energía, tomando como base de CFE para usuarios GDMTH del mes de junio de 2018 y la distribución del consumo por tarifa horaria particular del inmueble, como se muestra en la *Tabla 4.13*.

Tabla 4.13 Precio promedio kWh en el caso de estudio

Tarifa GDMTH	Unidad	Precio	Distribución del consumo Inmueble	Precio Promedio
Base	\$/kWh	\$ 0.8741	19%	\$ 1.35
Intermedia	\$/kWh	\$ 1.4303	71%	
Punta	\$/kWh	\$ 1.667	10%	

4.5.1. Potencial de ahorro en iluminación por sustitución tecnológica

Tomando como base la revisión de la NOM-007-ENER-2014 y la NOM-025-STPS, 2008, se detectó que las áreas evaluadas que no cumplieron con la normatividad, cuentan en su mayoría con luminarias con tecnología T5 y T8 fluorescente; para lo cual se propone la sustitución tecnológica con luminarias LED. En la parte de iluminación externa del inmueble se detectaron reflectores de aditivos metálicos, los cuales pueden ser reemplazados por su equivalente en tecnología LED.

En las *Tabla 4.14* y *Tabla 4.15*. se describen los ahorros económicos y energéticos de la sustitución tecnológica propuesta.

Tabla 4.14 Resumen de ahorro energético kWh mensual por sustitución de luminarios en el caso de estudio

Luminaria actual	Luminaria propuesta	Carga actual (W)	Carga Propuesta (W)	Consumo actual (kWh) mensual	Consumo propuesto (kWh) mensual	Ahorro energético (kWh) mensual
T8 1x32W	T8 1x16W	11,117	5,456	3,422	1,679	1,742
T5 3x14W	T5 3x10W	36,934	26,010	11,170	7,952	3,218
T8 2x32W	T8 2x16W	24,806	12,288	7,313	3,657	3,657
T5 2x24W	T5 2x16W	16,767	11,040	5,431	3,558	1,872
Aditivos metálicos 450 W	Reflector LED 120W	4,500	1,200	1,377	367	1,010
Aditivos metálicos 750 W	Reflector LED 200W	8,250	2,200	1,683	449	1234
	TOTALES	102,374	58,194	30,396	17,663	12,733

Tabla 4.15 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en el caso de estudio

Luminaria actual	Luminaria propuesta	Inversión	Ahorro energético (mensual)	Ahorro económico (mensual)	TRS (meses)	TRS (años)
T8 1x32W	T8 1x16W	\$89,227.00	1,742	\$2,352.03	38	3.2
T5 3x14W	T5 3x10W	\$488,584.00	3,218	\$4,343.72	112	9.4
T8 2x32W	T8 2x16W	\$159,752.00	3,657	\$4,936.58	32	2.7
T5 2x24W	T5 2x16W	\$144,035.00	1,872	\$2,527.43	57	4.7
Aditivos metálicos 450 W	Reflector LED 120W	\$71,432.60	1,010	\$1,363.23	52	4.4
Aditivos metálicos 750 W	Reflector LED 200W	\$86,031.77	1,234	\$1,665.90	52	4.3
	TOTALES	\$1,039,062.37	12,733	\$17,188.89	60	5.0

4.5.2. Potencial de ahorro en aire acondicionado

El equipo de aire acondicionado que se tiene en el inmueble está compuesto principalmente por 2 equipos *Chiller*, como se muestra en la *Figura 4.5*. Los cuales a su vez alimentan a 27 *UMA*'s y 147 equipos *Fan&Coil*.

Todos los sistemas mencionados, excepto los *Fan&Coil* del área de remodelación, cuentan con un sistema de monitoreo y control automático, el cual está programado para funcionar a ciertas frecuencias para disminuir el consumo de energía durante su arranque y operación continua. El sistema de control está implementado en un 75% de los equipos de aire acondicionado. Al realizar mediciones puntuales en los *Chiller* se demostró que estaban funcionando dentro de los rangos de operación mencionados en su placa de datos. Estos datos se recopilaron en la *Tabla 4.16*.

Las mediciones realizadas en los equipos se muestran en la *Figura 4.6*. y en la *Tabla 4.17*, se observan los datos arrojados en la mediciones de los intervalos de operación de los equipos.

En cuanto a las unidades manejadoras de aire (*UMA*) que se observan en la *Figura 4.7*, al igual que el *Chiller*, cuenta con un sistema de control y monitoreo. Por lo que el sistema de aire acondicionado se hace más eficiente ya que se programa con un valor fijo y un encendido y apagado establecido. Por lo anterior no se hace una propuesta de ahorro de energía para este sistema, ya que los equipos en general se encuentran en óptimas condiciones de funcionamiento y rangos de operación de acuerdo a los datos registrados en sus placas de funcionamiento.



Figura 4.5 Fotografías de sistema del *Chiller* dentro de la fosa de máquinas en sótano en el caso de estudio

Tabla 4.16 Recopilación de información de placas de datos de equipos *Chiller* en el caso de estudio

Equipo	Potencia [HP]	Velocidad del motor [RPM]	Fases	Voltaje [V]	Corriente [A]	Cumplimiento de parámetros de placa
YORK	179	3600	3	460	118	SI
RELIANCE	165	3600	3	220	252	SI



Figura 4.6 Fotografías donde se muestra la medición de los parámetros eléctricos de los equipos *Chiller* dentro de la fosa de máquinas en basamento en el caso de estudio

Tabla 4.17 Intervalos de operación de los equipos *Chiller* en el caso de estudio

Parámetros Chiller	L 1-2	L 2-3	L 3-1
Voltaje de operación	215 V	214.1 V	215 V
Corriente de operación	196.5 A	191.5 A	195.9 A
Potencia Activa			62.82 kW
Potencia Reactiva			35.87 kVAr
Potencia Aparente			72.34 kVA
Factor de potencia			0.87%



Figura 4.7 Fotografías donde se muestra el sistema de control de los UMA con variador de frecuencia que se encuentra en todos los pisos en el caso de estudio

4.5.3. Potencial de ahorro en cargas de fuerza

Las mediciones puntuales de los motores indicaron que están en condiciones mecánicas-eléctricas óptimas de funcionamiento, salvo los motores de extractores que presentaron algunas perturbaciones eléctricas como se muestra en la *Figura 4.8*.

Como se puede observar en el diagrama fasorial en la *Figura 4.9*, es posible determinar que dentro del motor no se encuentran fenómenos como desbalance en voltaje o corriente. Sin embargo, al verificar la gráfica de armónicos que se muestra en la *Figura 4.10*, es posible detectar que el 3^{er} armónico se encuentra con magnitud considerable, la cual puede afectar al transformador donde dicho equipo esté conectado, causando calentamiento por efecto de corrientes parásitas.

Es posible ver las armónicas 5^{ta} y 7^{ma} producidas por equipos trifásicos como controladores de frecuencia variable, los cuales ocasionan calentamiento en el rotor y estator, lo que ocasiona una reducción en su eficiencia debido a que ocupa mayor cantidad de tiempo para generar el mismo trabajo mecánico. Una alternativa es el reemplazo de estos motores por otras de la misma potencia pero de mayor eficiencia, la eficiencia de los motores actuales es de 82.5%, se propone el reemplazo por motores tipo *nema premium* con eficiencia del 95%.

Como se observa en la *Tabla 4.18* y *Tabla 4.19*. La propuesta no es económicamente rentable, el periodo de recuperación es muy alto, por lo que, la recomendación es que cuando cumplan su vida útil los actuales, sean reemplazados por motores de mayor eficiencia tipo *Nema Premium*.

Todas las medidas y actuaciones recogidas en esta sección son necesarias y constituyen el primer paso importante para que la organización pueda alcanzar sus objetivos de ahorro y mejora de la eficiencia energética. Sin la concientización y la colaboración activa de todos los usuarios sobre las ventajas de poner en marcha estas iniciativas, será muy difícil alcanzar en la práctica, los objetivos de reducción del consumo de energía fijados por la organización.



Figura 4.8 Fotografías donde se muestra la placa de datos y estado del motor extractor ubicado en la azotea verde en el caso de estudio

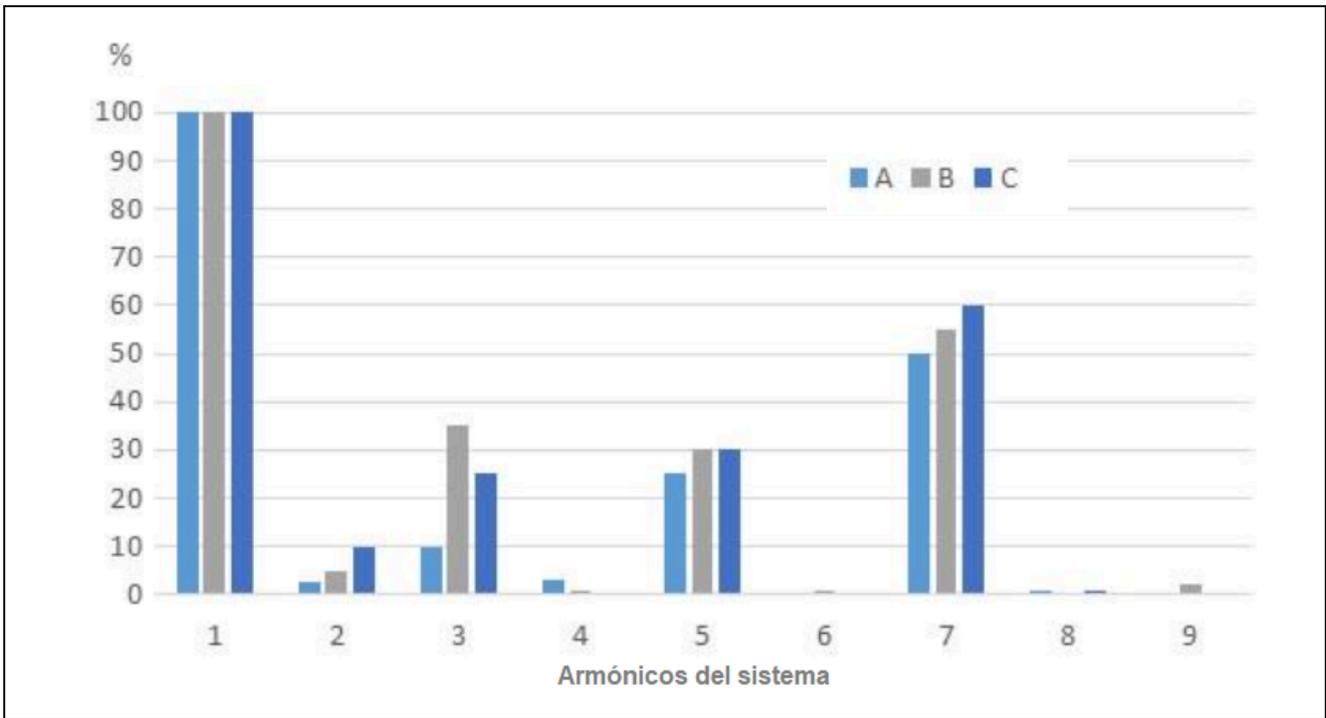


Figura 4.9 Gráfica donde se muestran los armónicos en corriente de los motores de extracción en el caso de estudio

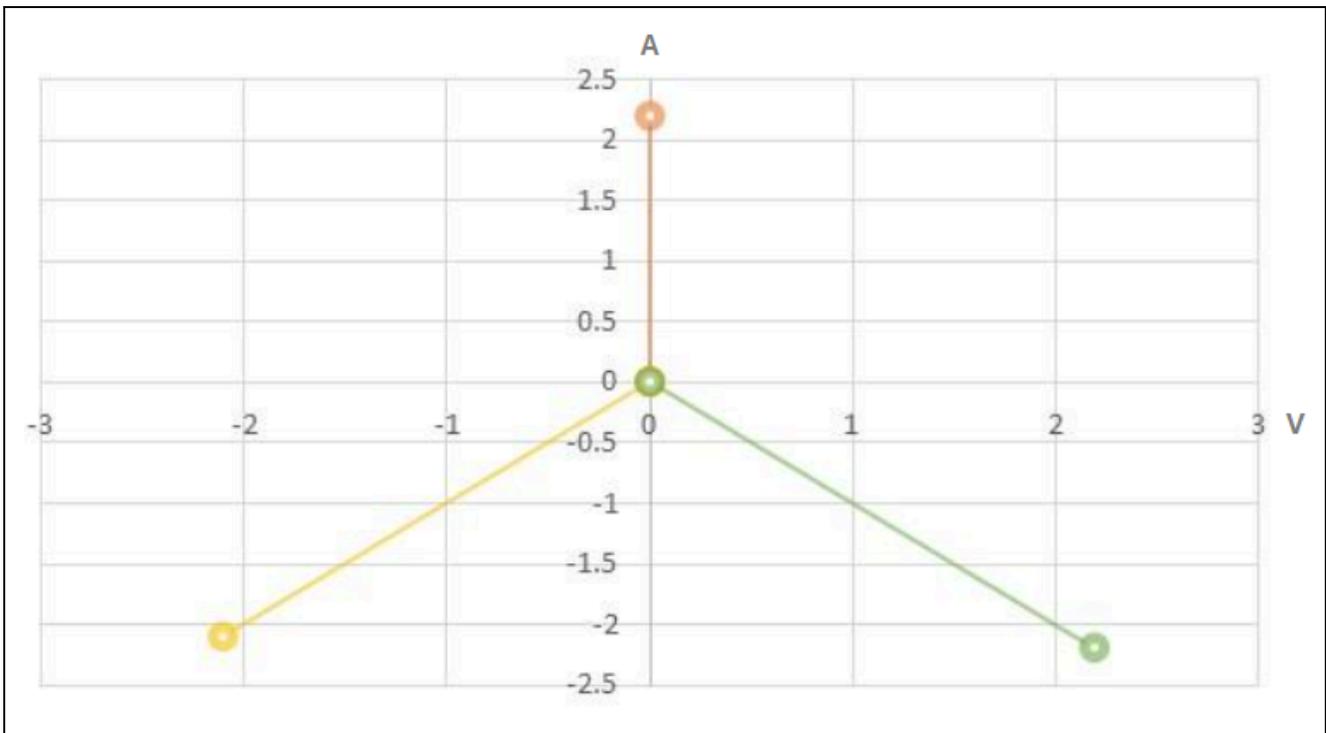


Figura 4.10 Diagrama fasorial de los motores de extracción del caso de estudio

Tabla 4.18 Resultados de los ahorros energéticos mensuales por reemplazo de motores en el caso de estudio

ACTIVIDAD	Carga actual (W)	Carga Propuesta (W)	Consumo actual (kWh/mes)	Consumo propuesto (kWh/mes)	Ahorro energético (kWh/mes)
Reemplazo de motores.	3,850	4,529	1,294	1,141	152

Tabla 4.19 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en reemplazo de motores en el caso de estudio

Actividad	Energético Demanda (kW)	Ahorros			Inversión \$	TSR
		Energético Consumo (kWh/año)	Económico \$ anual			
Reemplazo de motores.	-	1,828	\$2,468	\$77,329.00	31.34	

4.6. Medidas operativas sin inversión que se pueden implementar para ahorros energéticos

Todas las medidas y actuaciones recogidas en esta sección son necesarias y constituyen el primer paso importante para que la organización pueda alcanzar sus objetivos de ahorro y mejora de la eficiencia energética. Sin la concientización y la colaboración activa de todos los usuarios sobre las ventajas de poner en marcha estas iniciativas, será muy difícil alcanzar en la práctica, los objetivos de reducción del consumo de energía fijados por la organización.

4.6.1. Propuestas en sistema de equipos de computo

En el recorrido nocturno se pudo constatar equipos encendidos, siendo aproximadamente el 5% de los equipos, en el diurno se pudo constatar equipos encendidos sin suspensión a la hora de la comida, siendo aproximadamente el 20% total de los equipos en el inmueble. Se estima que se puede ahorrar de 30 minutos a una hora del promedio de uso diario, como se muestra en la *Tabla 4.20* y *Tabla 4.21*.

Las recomendaciones son:

- Programar *laptop* y *PCs* en modo ahorro de energía después de 10 minutos de inactividad.
- Apagar completamente el monitor, *laptop* y *Pcs* al salir de trabajar y durante los fines de semana.

En la *Tabla 4.20* se muestran los ahorros energéticos mensuales que pudieron obtenerse en cambios con el sistema de equipo de cómputo, sin realizar ninguna inversión.

4.6.2. Propuestas en sistemas de iluminación

Durante los recorridos nocturnos se pudo constatar luminarias encendidas, siendo aproximadamente el 20% de las luminarias de los pisos 1, 2 y 3 las cuales permanecen encendidas en áreas de oficina, se detectó áreas comunes y oficinas encendidas por una o dos personas que permanecían trabajando después de las 20:00 horas. Se debe llevar a cabo la Campaña “Apaga las luces”, campaña para concientizar al personal, en cuanto al apagado de luces, después de la jornada laboral. Se estima que se puede ahorrar en promedio 30 minutos del promedio de uso diario, como se muestra en la *Tabla 4.22*. El estudio económico para esta propuesta se muestra en la misma *Tabla 4.23*.

Tabla 4.20 Ahorros energéticos mensuales en propuestas de sistemas de cómputo sin realizar inversión en el caso de estudio

ACTIVIDAD	Carga actual (W)	Carga Propuesta(W)	Consumo actual (kWh/mes)	Consumo propuesto (kWh/mes)	Ahorro energético (kWh/mes)
Programar laptop y PCs en modo ahorro de energía.	121,310	121,310	27,966	24,952	3,978

Tabla 4.21 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en propuestas de sistemas de cómputo en el caso de estudio

Actividad	Ahorros			Inversión \$	Periodo simple de recuperación anual
	Energético Demanda (kW)	Energético Consumo (kWh/año)	Económico \$ anual		
Programar laptop y PCs en modo ahorro de energía.	-	47,736	\$64,444	0	Inmediata

Tabla 4.22 Resultados de la propuesta en sistemas de iluminación para el ahorro energético sin realizar ninguna inversión en el caso de estudio

Actividad	Carga actual (W)	Carga Propuesta(W)	Consumo actual (kWh/mes)	Consumo propuesto (kWh/mes)	Ahorro energético (kWh/mes)
Campaña de ahorro en iluminación	86,832	86,832	26,558	25,251	1,306

Tabla 4.23 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en propuestas de sistemas de iluminación en el caso de estudio

Actividad	Ahorros			Inversión \$	Periodo simple de recuperación anual
	Energético Demanda (kW)	Energético Consumo (kWh/año)	Económico \$ anual		
Campaña de ahorro en iluminación	-	15,672	\$21,157	0	Inmediata

4.6.3. Promover el uso de escaleras

Derivado del censo de cargas eléctricas, el uso de los elevadores centrales tiene una contribución significativa en el consumo de energía eléctrica, en la cual se deben implementar medidas operativas para promover el uso de las escaleras cuando menos 1 vez al día, cuando:

- a) Se llega al inmueble e incorporación al lugar de trabajo
- b) Horario de almuerzo
- c) Regreso al lugar de trabajo después de la hora de la comida
- d) Salida del inmueble al finalizar la jornada del día

De acuerdo a los datos recabados en campo, se obtuvo la información reflejada en la *Tabla 4.24*. Si se logra reducir una vez al día, por lo menos, el uso del elevador por persona, la energía que se ahorra en el uso del elevador es de 3,200.0 kWh al mes. Dicho ahorro representa el 25% de consumo actual como se muestra en la *Tabla 4.25* y *Tabla 4.26*, dicho ahorro se observa visualmente en la *Figura 4.11*.

Tabla 4.24 Promedio de uso de elevadores para determinar el consumo eléctrico en kWh por cada persona en el caso de estudio

Elevadores Centrales		
Consumo de elevadores centrales	12,800.4	kWh al mes
# de personas	2,500	
Indicador 1	0.05	kWh 1 uso por persona

Tabla 4.25 Ahorros energéticos mensuales en propuestas de sistema de elevadores en el caso de estudio

ACTIVIDAD	Carga actual (W)	Carga Propuesta(W)	Consumo actual (kWh/mes)	Consumo propuesto (kWh/mes)	Ahorro energético (kWh/mes)
Usa la escaleras una vez al día	1,004,000	1,004,000	12,800	9,600	3,200

Tabla 4.26 Cálculo de la Tasa simple de recuperación en propuestas de sistemas de elevadores en el caso de estudio

Actividad	Energético Demanda (kW)	Ahorros		Inversión \$	Periodo simple de recuperación anual
		Energético Consumo (kWh/año)	Económico \$ anual		
Usa la escaleras una vez al día	-	38,400	\$51,840	0	Inmediata

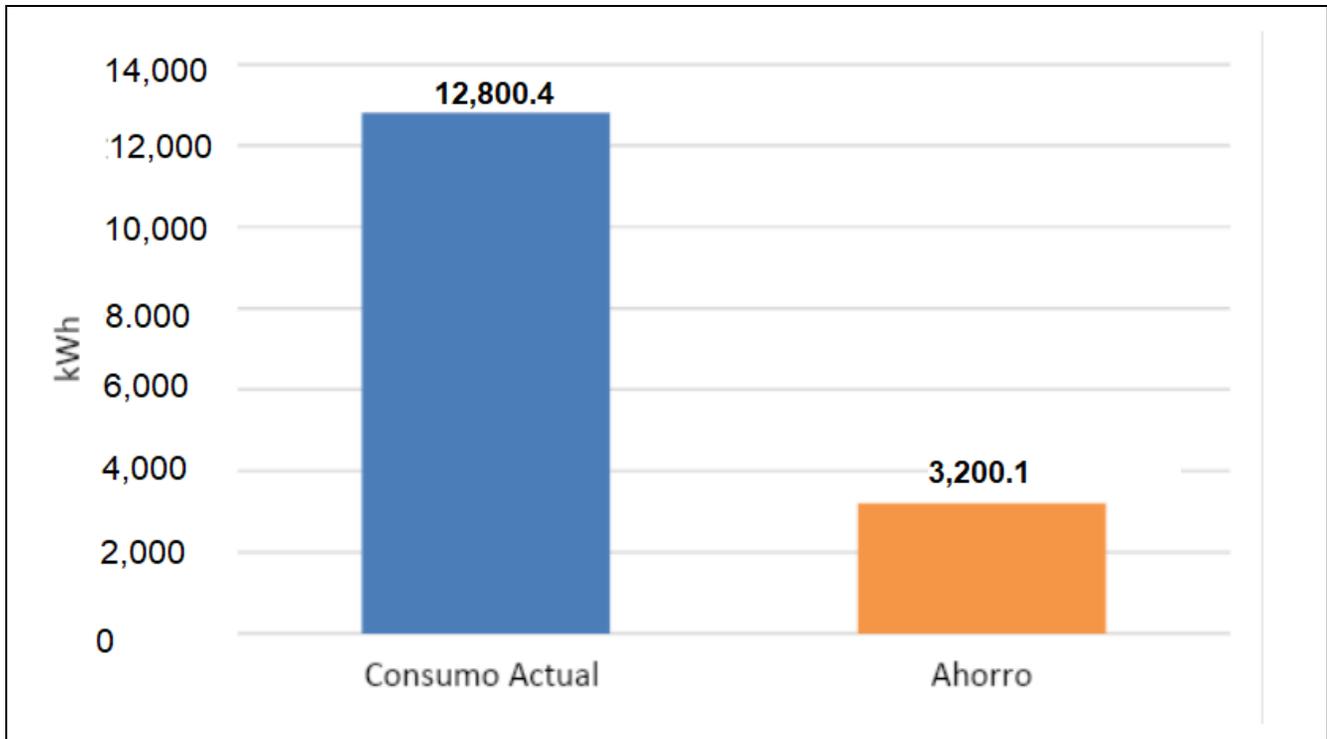


Figura 4.11 Representación gráfica del ahorro en el consumo eléctrico al reducir el uso del elevador en el caso de estudio de un mes

4.7. Otras propuestas de ahorro de energía

a) Mantenimiento adecuado de los equipos de climatización

Para alargar la vida útil de los equipos es necesario realizar de forma periódica mantenimiento para asegurar el adecuado funcionamiento y rendimiento de los aires acondicionados, poniendo especial cuidado a lo siguiente:

- Limpieza de los filtros de los equipos de aire acondicionado.
- Conservación y reparación del aislamiento de los canales de distribución.
- El funcionamiento correcto de los sistemas de regulación de la temperatura de los equipos (termostatos).

b) Mantenimiento adecuado al sistema de iluminación

El polvo que se acumula en gabinetes y luminarias reduce el rendimiento de los sistemas de iluminación en el tiempo. Por lo que se recomienda realizar un mantenimiento periódico programado, limpiando las fuentes de luz y las luminarias, y reemplazando las lámparas necesarias en función de la vida útil indicada por el fabricante.

c) Sustitución progresiva de computadoras de escritorio por computadoras portátiles

Las computadoras portátiles son equipos más eficientes que las de sobremesa o escritorio. Tienen pantallas de cristal líquido, que consumen menos energía que cualquier monitor de un PC convencional, e incorporan más opciones de ahorro de energía.

4.8. Análisis de las mediciones

Se realiza una evaluación exhaustiva del sistema eléctrico para comprender su rendimiento, eficiencia y posibles áreas de mejora. Los datos obtenidos del levantamiento eléctrico son esenciales para llevar a cabo este análisis. En el formato RD4, mostrado en la *Tabla 4.27*, se describen los parámetros clave como corrientes, voltaje, carga eléctrica, factor de potencia (F.P.), balance de cargas y eficiencia de equipos. Se comparan las mediciones de energía registradas durante el levantamiento con los registros de facturación para asegurarse de que no haya discrepancias significativas. Esto puede revelar posibles errores en la facturación o problemas en el sistema.

Se miden y analizan las corrientes y voltajes en diferentes puntos del sistema eléctrico para asegurarse de que estén dentro de los rangos aceptables y que no haya sobrecargas ni caídas de voltaje significativas.

Se analiza el consumo de energía en diferentes áreas y circuitos del edificio para identificar patrones de consumo y áreas de alta demanda. Esto ayuda a determinar dónde se requieren mejoras en términos de eficiencia y reducción de consumo.

El factor de potencia indica la eficiencia en el uso de la energía eléctrica. Un factor de potencia bajo puede resultar en cargos adicionales en la facturación eléctrica y puede ser un indicador de la presencia de cargas inductivas no lineales. Se busca corregir y optimizar el factor de potencia. Se proponen medidas correctivas, como la instalación de bancos de capacitores.

Se evalúa la distribución de cargas en los tableros eléctricos para garantizar que no haya sobrecargas en circuitos específicos. Es necesario contar con un balance adecuado de cargas, esto ayuda a evitar problemas de seguridad y a maximizar la eficiencia. En caso de existir un desbalance en las cargas es necesario identificar los circuitos sobrecargados o desequilibrados y proponer una redistribución en el tablero o circuitos.

Se analizan los datos de equipos específicos, como iluminación, climatización, equipos de cómputo, equipos de fuerza y cargas misceláneas para identificar ineficiencias y oportunidades de mejora en su operación. En este caso es conveniente priorizar las acciones que puedan tener un mayor impacto en el ahorro de energía y en la optimización del sistema.

Se evalúan costos y beneficios esperados, como el ahorro energético, la reducción de costos operativos y la prolongación de la vida útil de los equipos. Se desarrollan propuestas concretas y recomendaciones para implementar mejoras en el sistema eléctrico, así como usos y costumbres de los usuarios del inmueble.

Se establece un plan de acción que incluye medidas correctivas de equipos, además de proponer ajustes de horarios de operación, mantenimientos preventivos y la instalación de equipos con alta eficiencia y ahorro de energía. Esto se presenta en un informe detallado, que resume los hallazgos, el análisis realizado, las propuestas de mejora, así como su justificación.

En caso de ser necesario se realiza el seguimiento para monitorear los resultados, ajustar las estrategias si es necesario y verificar la efectividad de las mejoras implementadas.

Tabla 4.27 Resultado de mediciones eléctricas (Formato RD4)

CONUEE	RESULTADO MEDICIONES ELÉCTRICAS						FORMATO RD4	
							FECHA:	jun-18
Inmueble: Edificio de gobierno, CDMX								
Periodo medición: del 11 al 18 de junio del 2018								
Concepto	Voltaje [Volts]	Corriente [Ampers]	Frecuencia [Hz]	Potencia activa [kW]	Potencia aparente kVA	Factor de Potencia [%]		
Mínimo	460.45	37.32	59.94	33	36	0.76		
Máximo	491.83	380.05	60.05	285	287	1		
Promedio	480.77	163.95	59.99	131	136	0.95		
Desbalanceo máximo entre fases (%)	0.41	Parámetro dentro del norma NOM-001-SEDE-2012				Si		
Distorsión armónica máxima en corriente (%)	13.2	Parámetro dentro de la recomendación de la norma IEC-519 (SI/NO)				Si		
Consumo mensual [kWh/mes]	183,606.00	Consumo anual [kWh/año]	2,203,272.00					

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

En conclusión, el análisis abordó la problemática de la eficiencia energética en un edificio federal mediante un diagnóstico energético completo. Se evaluaron minuciosamente el sistema eléctrico y los equipos conectados, cumpliendo con las normativas establecidas.

El proceso incluyó una evaluación detallada de la iluminación, carga de fuerza, sistemas de aire acondicionado y equipos de cómputo para garantizar su cumplimiento normativo y condiciones óptimas para los usuarios. Se propusieron estrategias enfocadas en el ahorro energético, como apagar luces durante períodos de inactividad.

Los datos se recopilaron a través de un censo de carga y cuadro de cargas, revelando patrones de consumo y permitiendo mediciones calibradas para garantizar el cumplimiento de las normativas. Las propuestas se basaron en estos datos, abordando áreas de oportunidad como iluminación, climatización, equipos de cómputo y carga de fuerza.

Se revisó la facturación eléctrica para identificar errores y tarifas adecuadas. Las recomendaciones incluyeron corregir el factor de potencia y optimizar la iluminación y la carga de fuerza, lo que se proyecta que resultará en una reducción significativa de la facturación.

El análisis destacó altos consumos en iluminación, cómputo y carga de fuerza, con equipos operando innecesariamente durante períodos de descanso. Se propuso cambiar estas dinámicas para fomentar la conciencia de ahorro energético y garantizar la operación óptima del inmueble.

Los resultados mostraron una demanda de capacidad instalada de 1,630 kW, con consumos mensuales y anuales significativos. Se observó que los niveles de iluminación cumplen con ciertas normas, pero hay áreas de incumplimiento. El factor de potencia promedio permitió bonificaciones en la facturación eléctrica.

Este proyecto enfatiza la importancia del ahorro de energía en instituciones gubernamentales a nivel nacional, transformando el consumo de energía en una inversión a largo plazo. Contribuir al esfuerzo global de reducción del gasto energético y económico es una responsabilidad compartida por todos, a pesar de los avances tecnológicos, persisten desafíos en la eficiencia energética que deben abordarse mediante normativas y políticas públicas.

Para enfrentar eficazmente la eficiencia energética en edificios federales, es crucial realizar análisis exhaustivos y proponer estrategias basadas en datos sólidos.

APÉNDICE

TABLA A-1 DE FACTOR K DE COMPENSACIÓN REACTIVA

Cont.

TAN Φ O COS Φ ANTES DE LA COMPENSACIÓN (VALOR EXISTENTE)		TAN Φ O COS Φ DESEADO (COMPENSADO)												
Tan Φ		0,75	0,59	0,48	0,46	0,43	0,40	0,36	0,33	0,29	0,25	0,20	0,14	0,0
	Cos Φ	0,80	0,86	0,90	0,91	0,92	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	1
1,27	0,62	0,515	0,665	0,781	0,809	0,836	0,870	0,902	0,936	0,974	1,014	1,062	1,123	1,265
1,23	0,63	0,483	0,633	0,749	0,777	0,804	0,838	0,870	0,904	0,942	0,982	1,030	1,091	1,233
1,20	0,64	0,450	0,601	0,716	0,744	0,771	0,805	0,837	0,871	0,909	0,949	0,997	1,058	1,200
1,17	0,65	0,419	0,569	0,685	0,713	0,740	0,774	0,806	0,840	0,878	0,918	0,966	1,007	1,169
1,14	0,66	0,388	0,538	0,654	0,682	0,709	0,743	0,775	0,809	0,847	0,887	0,935	0,996	1,138
1,11	0,67	0,358	0,508	0,624	0,652	0,679	0,713	0,745	0,779	0,817	0,857	0,905	0,966	1,108
1,08	0,68	0,329	0,478	0,595	0,623	0,650	0,684	0,716	0,750	0,788	0,828	0,876	0,937	1,079
1,05	0,69	0,299	0,449	0,565	0,593	0,620	0,654	0,686	0,720	0,758	0,798	0,840	0,907	1,049
1,02	0,70	0,270	0,420	0,536	0,564	0,591	0,625	0,657	0,691	0,729	0,796	0,811	0,878	1,020
0,99	0,71	0,242	0,392	0,508	0,536	0,563	0,597	0,629	0,663	0,701	0,741	0,783	0,850	0,992
0,96	0,72	0,213	0,364	0,479	0,507	0,534	0,568	0,600	0,634	0,672	0,712	0,754	0,821	0,963
0,94	0,73	0,186	0,336	0,452	0,480	0,507	0,541	0,573	0,607	0,645	0,685	0,727	0,794	0,936
0,91	0,74	0,159	0,309	0,425	0,453	0,480	0,514	0,546	0,580	0,618	0,658	0,700	0,767	0,909
0,88	0,75	0,132	0,282	0,398	0,426	0,453	0,487	0,519	0,553	0,591	0,631	0,673	0,740	0,882
0,86	0,76	0,105	0,225	0,371	0,399	0,426	0,460	0,492	0,526	0,564	0,604	0,652	0,713	0,855
0,83	0,77	0,079	0,229	0,345	0,373	0,400	0,434	0,466	0,500	0,538	0,578	0,620	0,687	0,829
0,80	0,78	0,053	0,202	0,319	0,347	0,374	0,408	0,440	0,474	0,512	0,552	0,594	0,661	0,803
0,78	0,79	0,026	0,176	0,292	0,320	0,347	0,381	0,413	0,447	0,485	0,525	0,567	0,634	0,776
0,75	0,80		0,150	0,266	0,294	0,321	0,355	0,387	0,421	0,459	0,499	0,541	0,608	0,750

Tabla A-2 NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles Mínimos de Iluminación (luxes)
En exteriores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Exteriores generales: patios y estacionamientos.	20
En interiores: distinguir el área de tránsito, desplazarse caminando, vigilancia, movimiento de vehículos.	Interiores generales: almacenes de poco movimiento, pasillos, escaleras, estacionamientos cubiertos, labores en minas subterráneas, iluminación de emergencia.	50
En interiores.	Áreas de circulación y pasillos; salas de espera; salas de descanso; cuartos de almacén; plataformas; cuartos de calderas.	100
Requerimiento visual simple: inspección visual, recuento de piezas, trabajo en banco y máquina.	Servicios al personal: almacenaje rudo, recepción y despacho, casetas de vigilancia, cuartos de compresores y pailería.	200
Distinción moderada de detalles: ensamble simple, trabajo medio en banco y máquina, inspección simple, empaque y trabajos de oficina.	Talleres: áreas de empaque y ensamble, aulas y oficinas.	300
Distinción clara de detalles: maquinado y acabados delicados, ensamble de inspección moderadamente difícil, captura y procesamiento de información, manejo de instrumentos y equipo de laboratorio.	Talleres de precisión: salas de cómputo, áreas de dibujo, laboratorios.	500
Distinción fina de detalles: maquinado de precisión, ensamble e inspección de trabajos delicados, manejo de instrumentos y equipo de precisión, manejo de piezas pequeñas.	Talleres de alta precisión: de pintura y acabado de superficies y laboratorios de control de calidad.	750
Alta exactitud en la distinción de detalles: ensamble, proceso e inspección de piezas pequeñas y complejas, acabado con pulidos finos.	Proceso: ensamble e inspección de piezas complejas y acabados con pulidos finos.	1000
Alto grado de especialización en la distinción de detalles.	Proceso de gran exactitud. Ejecución de tareas visuales: · de bajo contraste y tamaño muy pequeño por periodos prolongados; · exactas y muy prolongadas, y · muy especiales de extremadamente bajo contraste y pequeño tamaño.	2000

REFERENCIAS

- CNNE y FIDE, 2010. Curso – Taller: Promotores De Ahorro Y Eficiencia De Energía Eléctrica. Módulo I: Diagnósticos Energéticos. Programa Integral De “Asistencia Técnica Y Capacitación Para La Formación De Especialistas En Ahorro Y Uso Eficiente De Energía Eléctrica De Guatemala”. Publicado por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNNE, Guatemala) en colaboración con el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE, México) en Marzo del 2010 Guatemala, Guatemala.
Disponible en:
[https://www.cnee.gov.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20Módulo%20I%20\(Diagnósticos%20Energéticos\).pdf](https://www.cnee.gov.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/001%20Módulo%20I%20(Diagnósticos%20Energéticos).pdf)
- CONUEE, 2016. Normatividad aplicable -Estados y Municipios. Publicado por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) el 16 de febrero de 2016. Ciudad de México, México.
Disponible en:
<https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/normatividad-aplicable-estados-y-municipios?state=published>
- Estrategia Nacional de Energía, 2014-2028. Publicado por la Secretaría de Energía (SENER) en febrero del 2014. Ciudad de México, México.
Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/214/ENE.pdf>
- NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales. Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014. Publicado por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) el 23 de julio de 2014. Ciudad de México, México.
Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/5437/sener/sener.html>
- NOM-014-ENER-2004. Eficiencia Energética De Motores Electricos De Corriente Alterna, Monofasicos, De Induccion, Tipo Jaula De Ardilla, Enfriados Con Aire, En Potencia Nominal De 0,180 Kw A 1,500 Kw. Limites, Método De Prueba Y Marcado. Norma Oficial Mexicana Nom-014-Ener-2004 Publicado por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) el 19 de abril del 2005. Ciudad de México, México.
Disponible en:
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4919668&fecha=19/04/2005#gsc.tab=0
- NOM-016-ENER-2016. “Eficiencia energética de motores de corriente alterna, trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, en potencia nominal de 0,746 kW a 373 kW. Límites, método de prueba y marcado. NORMA Oficial Mexicana NOM-016-ENER-2016”. Publicado por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) el 15 de noviembre del 2016. Ciudad de México, México.
Disponible en:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5460981&fecha=15/11/2016#gsc.tab=0

- NOM-025-STPS, 2008. Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. Publicado por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) el 12 de diciembre de 2008. Ciudad de México, México.
Disponible en: <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3581/stps/stps.htm>
- NOM-029-ENER, 2017. Eficiencia energética de fuentes de alimentación externa. Límites, métodos de prueba, marcado y etiquetado. Norma Oficial Mexicana NOM-029-ENER-2017. Publicado por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) el 27 de octubre del 2017. Ciudad de México, México.
Disponible en:
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5502802&fecha=27/10/2017#gsc.tab=0
- Plan Nacional de Desarrollo, 2013 -2018. Publicado por la Secretaría de Gobernación en el Diario Oficial de la Federación el 20 de mayo del 2013. Ciudad de México, México.
Disponible en:
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5299465&fecha=20/05/2013#gsc.tab=0
- Programa de Eficiencia Energética de la Administración Pública Federal (2014). DISPOSICIONES administrativas de carácter general en materia de eficiencia energética en los inmuebles, flotas vehiculares e instalaciones industriales de la Administración Pública Federal 2014. Publicado en el Diario Oficial de la Federación. Ciudad de México, México.
Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5340109