



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Análisis de la instalación eléctrica y
consumo de energía en el Edificio K
de la Facultad de Arquitectura**

TESINA

Que para obtener el título de
Ingeniera Eléctrica Electrónica

P R E S E N T A

María Fernanda Ortega Rojas

DIRECTOR DE TESINA

M.I. Iván Urzúa Rosas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2025

Índice

Índice de Gráficas.....	4
Índice de Figuras.....	5
Introducción	6
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
1 Marco Normativo en México.....	8
1.1 Normas Oficiales Mexicanas.....	8
1.1.1 NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización)	9
1.1.2 NOM-025-STPS-2008, Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo	10
1.1.3 NOM-007-ENER-2014, Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales	12
1.2 Especificación CFE L0000-45.....	14
1.3 Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas. Dirección General de Obras y Conservación	14
2 Metodología aplicada al caso de estudio	15
2.1 Iluminación	15
2.2 Eficiencia energética	18
2.3 Instalación eléctrica.....	19
2.4 Análisis energético	19
2.5 Etapas del diagnóstico energético y su aplicación en este análisis.....	21
2.5.1 Análisis Previo	21
2.5.2 Trabajo de Campo.....	21
2.5.3 Trabajo de Gabinete/ Análisis	21
2.5.4 Entrega del Estudio	22
3 Revisión de la Instalación Eléctrica del Edificio K.....	22
3.1 Detalles de la instalación eléctrica	23
3.2 Mediciones Eléctricas	24
3.3 Análisis de los Datos Registrados del Tablero General TG	25
3.3.1 Demanda	25
3.3.2 Consumo	26
3.3.3 Tensión	26
3.3.4 Corriente	27
3.3.5 Desbalance de corriente.....	28

3.3.6	Factor de Potencia	29
3.4	Capacidad disponible	30
3.5	Tableros Derivados	31
3.6	Anomalías en la instalación eléctrica	31
3.6.1	Alto Riesgo.....	33
3.6.2	Mediano Riesgo	34
3.6.3	Bajo Riesgo.....	36
3.7	Observaciones sobre la instalación eléctrica	38
3.8	Resumen y recomendaciones para prevenir riesgos en la instalación eléctrica	38
4	Estudio del comportamiento energético del Edificio K de la Facultad de	
	Arquitectura.....	39
4.1	Uso de la energía en el Edificio K de la Facultad de Arquitectura.....	41
4.2	Consumo anual de energía del Edificio K	41
4.3	Uso final de la energía	42
4.3.1	Iluminación	43
4.3.2	Cómputo.....	47
4.3.3	Misceláneos.....	47
4.4	Estimación de consumo por uso final	47
4.4.1	Emisiones de CO ₂ por consumo de energía.....	48
4.4.2	Recomendaciones	49
4.5	Resumen del análisis energético por uso final	50
5	Análisis del sistema de iluminación del Edificio K	50
5.1	Resultados del análisis de niveles de iluminación según la NOM-025-STPS-	
	2008	51
5.1.1	Resumen y recomendaciones del análisis de cumplimiento de la NOM-025-	
	STPS-2008	52
5.2	Eficiencia energética del sistema de iluminación del Edificio K conforme a la	
	NOM-007-ENER-2014.....	53
5.2.1	Resumen y recomendaciones del análisis de cumplimiento con la NOM-007-	
	ENER-2014.....	54
5.3	Análisis general del sistema de iluminación y recomendaciones.....	54
6	Medida de Ahorro Recomendada.....	54
	Conclusiones.....	57
	Trabajos a Futuro	58
	Bibliografía	60

Agradecimientos.....	63
Anexos.....	64

Índice de Tablas.

Tabla 1. Niveles de Iluminación para este caso de estudio.	12
Tabla 2. Densidad De Potencia Eléctrica Para Alumbrado (DPEA) para instituciones educativas	13
Tabla 3. Tabla A1 NOM-025-STPS-2008.....	16
Tabla 4. Demanda Del TG.	25
Tabla 5. Variación de Tensión TG.....	27
Tabla 6. Valores de Corriente en TG.....	28
Tabla 7. Porcentaje Desbalance De Corriente TG.	29
Tabla 8. Factor De Potencia En TG.	30
Tabla 9. Resumen De Anomalías En Los Tableros Específicos clasificadas como de Alto Riesgo.....	33
Tabla 10. Resumen De Anomalías En Los Tableros Específicos clasificadas como de Medio Riesgo.....	35
Tabla 11. Resumen De Anomalías En Los Tableros Específicos clasificadas como de Bajo Riesgo.	37
Tabla 12. Número De Recintos Por Nivel.	40
Tabla 13. Unidades de cómputo en cada piso	47
Tabla 14. Potencia en Watts que se registró en la herramienta de <i>Energy Star</i>	55
Tabla 15. Tableros Específicos.....	64
Tabla 16. Niveles de Iluminación	65
Tabla 17. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA).....	66

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Curva de demanda del tablero general TG.....	25
Gráfica 2. Energía acumulada en la semana de monitoreo	26
Gráfica 3. Variación de Tensión TG.	27
Gráfica 4. Variación De Corriente TG.....	28
Gráfica 5. Factor De Potencia Del TG.....	30
Gráfica 6. Capacidad Disponible TG Por Fases.	31
Gráfica 7. Anomalías Presentes En Los Tableros Específicos.	32
Gráfica 8. Potencia Promedio Por Áreas Del Edificio K.	41
Gráfica 9. Comparación De Valores Del Edificio K Vs El Tablero General.....	42
Gráfica 10. Potencia y tecnología de las lámparas contabilizadas.	43
Gráfica 11. Lámparas Por Área	44
Gráfica 12. Potencia instalada por área.....	44
Gráfica 13. Potencia instalada por tecnología.	45
Gráfica 14. Potencia instalada por tecnología.	46
Gráfica 15. Porcentaje de consumo al año por tecnología.....	46
Gráfica 16. Porcentaje de consumo al año.	48
Gráfica 17. Comparación de toneladas de CO2 al año.....	49

Gráfica 18. Áreas evaluadas para niveles de iluminación.....	51
Gráfica 19. Porcentaje de las áreas evaluadas del edificio K que cumplen con los 300 luxes.....	52
Gráfica 20. Comparación del DPEA especificado por la norma y el obtenido en el Edificio K.....	53
Gráfica 21. Consumo anual del sistema de Cómputo con medida de ahorro implementada	56

Índice de Figuras.

Figura 1. Foto Del Edificio K De La Facultad De Arquitectura.	6
Figura 2. Ejemplo De Toma De Puntos De Iluminación. Plano Del Área De Distribución De Luminarios.....	16
Figura 3. Modelo En AutoCAD De La Primera Planta Del Edificio K Con Los Puntos De Medición Para El Luxómetro Marcados.	18
Figura 4. Muestra Del Diagrama Unifilar (Ver Anexo).....	23
Figura 5. Fotografía Del Tablero General.....	24
Figura 6. AEMC 8336	24

Introducción

La presente tesina tiene como objetivo compartir los resultados del proyecto de ahorro de energía que se realizó en el Edificio K de la Facultad de Arquitectura, de abril de 2023 a octubre del 2023, este proyecto de servicio social se realizó como trabajo conjunto entre la Facultad de Ingeniería y la Facultad de Arquitectura de la UNAM. La responsable del programa del servicio social fue la Dra. Azucena Escobedo Izquierdo, los responsables técnicos del programa fueron, por parte de la Facultad de Ingeniería el Mtro. Iván Urzúa Rosas y por parte de la Facultad de Arquitectura, la Mtra. Liliana Ángeles Rodríguez.

La Facultad de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México es la dependencia encargada de realizar docencia e investigación en arquitectura, diseño industrial, urbanismo y arquitectura de paisaje. Tiene una tradición de más de dos siglos, heredada de la Academia de San Carlos. (Facultad de Arquitectura, 2024)

El edificio analizado para este estudio se encuentra en la Facultad de Arquitectura de la UNAM, se ubica en la zona poniente dentro de Ciudad Universitaria, en el costado Sur de la Torre de Rectoría. La dirección se encuentra en Ciudad Universitaria, Av. Universidad 3000, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México, C.P. 04510.

El Edificio K que se puede apreciar en la Figura 1, cuenta con un sótano, planta baja y tres pisos superiores. Está destinado a aulas, talleres, salas de usos múltiples, laboratorios de cómputo y oficinas administrativas. Si se desea ver el plano de cada planta, se pueden consultar en la sección de Anexos de esta tesina.

El área total evaluada del edificio fue de 4,737 m².

Funciona con actividades normales de lunes a viernes de aproximadamente 6:00 a 21:00 horas, mientras que el sábado funciona durante medio día.

Figura 1. Foto Del Edificio K De La Facultad De Arquitectura.



(Elaboración propia)

Este trabajo presentado en forma de tesina se adentra en un análisis de la Instalación eléctrica, del consumo de energía y del sistema de iluminación del Edificio K de la Facultad de Arquitectura con el objetivo de compartir los resultados obtenidos del estado actual, el levantamiento eléctrico y el análisis energético realizado, estos análisis fueron los alcances solicitados por parte de la Facultad de Arquitectura al PAE. Además, en el presente trabajo se muestran los resultados de la evaluación del cumplimiento de las normas de iluminación y la densidad de potencia eléctrica para el alumbrado, el cumplimiento de las normativas asegura que los espacios sean seguros, cómodos y saludables para la comunidad universitaria, protege a la institución y evita sanciones.

La Facultad de Arquitectura al igual que el resto de los edificios universitarios, presenta desafíos en términos de consumo energético y eficiencia eléctrica, debido a que actualmente en nuestro país y en el mundo se busca la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la adopción de prácticas que sean más eficientes y sostenibles. La eficiencia energética es un concepto que es fundamental en la planificación y gestión de energía de las edificaciones, en este estudio se conocerá la matriz energética del Edificio K, es decir, conoceremos el comportamiento del consumo energético del edificio y se analizarán los resultados para realizar recomendaciones y explorar oportunidades de ahorro de energía.

Al abordar estas problemáticas, también se fomenta en la comunidad estudiantil una conciencia social y ambiental, cumpliendo con el objetivo de la Facultad de Ingeniería para formar profesionales capaces de aplicar soluciones energéticas que beneficien tanto a las instituciones como a la sociedad en general.

Es importante estudiar estos temas y análisis debido a que la UNAM es un referente nacional en temas de educación y de tecnología. Para mantener su papel como modelo para otras instituciones la UNAM debe mantener sus edificios con buenas prácticas energéticas y cumplir con las normas nacionales. Además, permite que los estudiantes participen en diagnósticos energéticos reales, fortaleciendo su formación académica con experiencias prácticas.

A través de un proceso de levantamiento de cargas y de un análisis energético que no llega a ser un diagnóstico energético completo debido a que tiene ciertas limitaciones, esta tesina busca proporcionar una visión general de la situación energética del Edificio K, para identificar cómo y en qué se consume la energía del Edificio K identificando áreas de mejora y proponiendo recomendaciones que pudieran ser replicadas en otros entornos educativos, fomentando así el compromiso con la eficiencia energética en nuestra institución. La finalidad es comunicar una visión general del consumo energético y del estado actual de la instalación eléctrica, con base en observaciones en sitio, estimaciones de carga instalada, condiciones de operación y cumplimiento normativo.

En el transcurso de las siguientes páginas, el lector se sumergirá en el análisis detallado de los sistemas eléctricos del Edificio K, explorando tanto los retos, las deficiencias y las oportunidades que se presentan. A través de este estudio desarrollado en la Facultad de Arquitectura, se aspira a proporcionar una base para futuras iniciativas que impulsen la sostenibilidad.

Objetivo general

Realizar un análisis de la instalación eléctrica, sistema de iluminación y consumo de energía en el Edificio K de la Facultad de Arquitectura, ubicado en Ciudad Universitaria para identificar los principales usos de la energía, potencial de ahorro, además de conocer las condiciones de seguridad en las que se encuentran las instalaciones eléctricas para identificar anomalías.

Objetivos específicos

1. Clasificar riesgos y anomalías en la instalación eléctrica con base en la NOM-001-SEDE-2012 que afecten la seguridad de la comunidad universitaria para proponer soluciones a estos.
2. Realizar un análisis de consumo del Edificio K clasificado por uso final.
3. Identificar si el Edificio K cumple con las normas de:
 - NOM-025-STPS-2008, Condiciones de iluminación en los centros de trabajo.
 - NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.

1 Marco Normativo en México.

1.1 Normas Oficiales Mexicanas

Las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) son regulaciones de contenido técnico que son de carácter obligatorio para el territorio nacional, la definición se encuentra en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización:

“Artículo 3 fracción XI: la regulación técnica de observancia obligatoria expedida por las dependencias competentes, conforme a las finalidades establecidas en el artículo 40, que establece reglas, especificaciones, atributos, directrices, características o prescripciones aplicables a un producto, proceso, instalación, sistema, actividad, servicio o método de producción u operación, así como aquellas relativas a terminología, simbología, embalaje, marcado o etiquetado y las que se refieran a su cumplimiento o aplicación.” (Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 1992)

En los próximos apartados se explica la manera en que se aplicaron los conceptos de las normas que son referentes a instalaciones eléctricas, iluminación y DPEA a este caso de estudio del Edificio K de la Facultad de Arquitectura. En el tema de seguridad y eficiencia en los centros de trabajo, es necesario que se cuente con regulaciones en las condiciones de iluminación y eficiencia energética para garantizar la salud de las personas y el uso eficiente de la energía.

El gobierno de México estableció el distintivo NOM como un elemento que garantiza que productos y servicios cumplen con estándares de calidad y seguridad. Su cumplimiento es de carácter obligatorio. La certificación NOM es otorgada únicamente tras un proceso de rigurosa evaluación llevado a cabo por organismos acreditados (como la Secretaría de Energía, la Secretaría del Trabajo y la Secretaría de Economía) quienes analizan la información técnica y los resultados de ensayos efectuados en laboratorios certificados. (Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 1992)

En caso de no cumplirse con estas NOM pueden ser aplicadas multas, sanciones administrativas, e incluso suspensión de actividades dependiendo de la gravedad. (SEMARNAT, 2023)

Entre las normas relevantes para el desarrollo de este trabajo se encuentran las siguientes:

1.1.1 NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (utilización)

Esta norma es fundamental para garantizar que las instalaciones eléctricas en general cumplan con estándares de seguridad y eficiencia. Su aplicación es importante para asegurar que los sistemas de iluminación sean seguros y estén correctamente integrados a la infraestructura eléctrica de los centros de trabajo. (NOM-001-SEDE, 2012)

Esta norma fue elaborada por el Comité Consultivo de Normalización de Instalaciones Eléctricas y por la Dirección General de Distribución y Abastecimiento de Energía Eléctrica y Recursos Nucleares de la Secretaría de Energía con el apoyo de diversas asociaciones, instituciones y cámaras empresariales. Esta NOM está orientada a personas que diseñan y construyen las instalaciones eléctricas, sin embargo, es referente para quienes las operan, les dan mantenimiento, supervisan o administran actividades relacionadas con la instalación, también para el usuario final que debería tener algún conocimiento de ella para evitar y conocer riesgos en su instalación. (NOM-001-SEDE, 2012)

La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE de Instalaciones Eléctricas (utilización), desde su publicación inicial el 20 de abril de 1999, ha tenido dos revisiones: en 2005, la que se encuentra en vigor del año 2012 y en el año 2018 existió un proyecto PROY-NOM-001-SEDE-2018. La versión del 2012 tiene cambios con respecto a las otras que son derivados de la experiencia y del desarrollo tecnológico que aumentan la seguridad.

La instalación eléctrica de un edificio es uno de los componentes cruciales para garantizar el correcto funcionamiento de los sistemas eléctricos y la seguridad de sus ocupantes. En México es fundamental revisar una instalación eléctrica de acuerdo con la norma, en ésta se establecen lineamientos y especificaciones que deben satisfacer las instalaciones eléctricas en edificios residenciales, comerciales e industriales, con el fin de ofrecer condiciones seguras para las personas. (NOM-001-SEDE, 2012)

El cumplimiento de la NOM es obligatorio para todos los tipos de instalaciones eléctricas en México, por lo que realizar la revisión garantiza que la instalación eléctrica cumpla con las regulaciones legales del país. Esto también asegura que los técnicos e ingenieros encargados de realizar la instalación o mantenimiento estén trabajando dentro del marco legal y bajo condiciones. (NOM-001-SEDE, 2012)

Para la evaluación de las condiciones de las instalaciones eléctricas (incluyendo tableros generales y derivados, protecciones, riesgos eléctricos, factor de potencia y demanda) se utilizó como referencia la NOM-001-SEDE-2012. La revisión periódica de las instalaciones eléctricas es fundamental para prevenir riesgos como cortocircuitos, sobrecargas, incendios o accidentes eléctricos.

Durante el servicio social se llevó a cabo una revisión detallada de la instalación eléctrica del Edificio K de la Facultad de Arquitectura. Durante la revisión a la instalación se verificó el cumplimiento de diferentes requisitos y estándares de seguridad establecidos por esta norma. Esta revisión también nos permitió identificar áreas de oportunidad para mejorar el rendimiento y la confiabilidad del sistema eléctrico para garantizar la protección de la comunidad universitaria, la protección de las personas que les den mantenimiento y el óptimo desempeño de los equipos conectados, estas se describen en los próximos capítulos.

1.1.2 NOM-025-STPS-2008, Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo

Esta normativa establece los requisitos mínimos de iluminación que deben cumplir los espacios de trabajo para asegurar condiciones óptimas de visibilidad, ergonomía y seguridad. Fue diseñada con el objetivo de proteger la salud visual de los trabajadores y mejorar la eficiencia en las actividades laborales. (NOM-025-STPS, 2008)

Esta norma fue publicada en Diario Oficial de la Federación por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social el 30 de diciembre de 2008, y entró en vigor el 2 de marzo de 2009.

En esta Norma Oficial Mexicana se especifica que mientras se conserven las condiciones de iluminación bajo las cuales se llevó a cabo el reconocimiento y evaluación, el reporte del estudio estará vigente. Este estudio permite al empleador identificar los puestos de trabajo y las áreas visuales pertinentes, garantizando una visión confortable para desarrollar las actividades. (NOM-025-STPS, 2008)

Además, la norma en el Capítulo 5 que habla de las obligaciones del patrón, incorpora un seguimiento anual de la salud visual de los trabajadores mediante exámenes de agudeza visual, campimetría y percepción de colores. Estas medidas preventivas son cruciales para mitigar y evitar riesgos en áreas que requieren condiciones especiales de iluminación. (NOM-025-STPS, 2008)

Un aspecto relevante en esta norma es la inclusión del Capítulo 14, en el que se detalla el procedimiento para la Evaluación de la Conformidad. Este procedimiento aplica a la autoridad laboral y a las unidades de verificación aprobadas y acreditadas conforme a la Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Su objetivo es asegurar que las inspecciones y verificaciones en los centros de trabajo se realicen con certeza jurídica y transparencia, proporcionando claridad en los procesos de cumplimiento normativo. Es importante mencionar que se aplica para todo el territorio nacional. (Dirección General de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2010)

Comenzando con las condiciones de iluminación en el Edificio K, tenemos que analizar lo que dice la norma NOM-025-STPS-2008. Cuyo objetivo es:

Establecer los requerimientos de iluminación en las áreas de los centros de trabajo, para que se 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. (NOM-025-STPS, 2008)

Para este caso “los trabajadores”, se refieren a la comunidad universitaria, es decir, estudiantes, maestros, personal de limpieza, trabajadores de oficina y demás presentes que realizan actividades en el Edificio K de la Facultad de Arquitectura. Es necesario determinar que los niveles de iluminación sean adecuados, en la norma dice que es importante considerar que los valores recomendados para cada tipo de actividad y entorno se basan en estudios que evalúan la comodidad visual, la agradabilidad y el rendimiento visual, entre otros aspectos, por lo que una misma instalación puede generar diferentes impresiones en distintas personas. Estas sensaciones están influenciadas por diferentes factores como los estéticos, psicológicos y el nivel de iluminación, entre otros.

Con el fin de simplificar la implementación de la norma y de prevenir los riesgos laborales derivados de una iluminación insuficiente o excesiva en las actividades de los trabajadores, la norma abarca diversos aspectos relacionados con la iluminación: luminarias y lámparas, sistemas de iluminación, niveles de iluminación, deslumbramiento, reflexión, eficiencia luminosa y mantenimiento.

Esta misma norma es relevante en los edificios universitarios como el Edificio K, donde una iluminación inadecuada puede tener consecuencias significativas. Según el programa implementado por el IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social) ELSSA (Entornos Laborales Seguros y Saludables) cuyo objetivo principal es mejorar las condiciones de seguridad y salud en los entornos laborales, promoviendo prácticas que prevengan riesgos y enfermedades entre los trabajadores. En el manual “Prevención de accidentes en mano y tobillo”, afirman que una iluminación deficiente aumenta la posibilidad de que las personas puedan incurrir en errores o tropezones y como resultado de estos se generen accidentes. Además, una mala iluminación puede generar la aparición de fatiga visual, que tiene un impacto en la salud de las personas, se puede presentar en ojos (resequedad, picor o escozor), cansancio, dolor de cabeza, mal humor, también menciona que la mala iluminación contribuye a una mala calidad y productividad de los trabajadores. (IMSS, 2022)

Con toda esta información se pueden comprender los riesgos asociados a una mala iluminación en estos entornos universitarios como el Edificio K, estos incluyen fatiga visual, disminución del rendimiento académico, aumento del estrés y la posibilidad de accidentes. En espacios como aulas, bibliotecas y laboratorios, una iluminación deficiente se refleja en la concentración y el aprendizaje, afectando tanto a estudiantes como a profesores. Por todo esto, es crucial asegurar que los niveles de iluminación en los edificios universitarios cumplan con los estándares establecidos en la norma para crear un ambiente seguro y que sea propicio para el estudio y el trabajo académico.

Después de entender todo esto, se debe conocer cuál es la iluminación adecuada. Ésta se define como la que permite distinguir y apreciar los colores, las formas, los relieves y los objetos en movimiento, además de facilitar la visión de manera clara y sin esfuerzo, manteniendo siempre el confort visual. (IMSS, 2022)

Como se mencionó previamente, para verificar la correcta aplicación de esta norma tuvimos que recabar información importante como la distribución de las áreas de trabajo, la distribución de los luminarios, la potencia de las lámparas, colores, tipo de superficies.

Se registró toda la información en un formato con el nombre de las personas que registraron el nivel de iluminación, el horario en el que la tomaron, por la mañana, la tarde y la noche, el uso del área (biblioteca, sala de cómputo, aula), distribución de las luminarias de esa área y cuantas lámparas había por luminario.

Durante el levantamiento se contaron aproximadamente 897 lámparas en todo el Edificio K, con una distribución de acuerdo con su modelo y tipo de tecnología (LED o fluorescente), siendo las más representativas las lámparas LED T8 de 22 W y 16 W respectivamente, las fluorescentes T5 de 54 W, estos resultados se desglosarán más adelante en este trabajo en el tema de consumo energético por uso final del edificio.

Se realizó el censo del número de lámparas por área y se identificó la distribución de las lámparas instaladas en cada área (aulas, pasillos, oficinas).

Se realizó un registro con una descripción de las tareas visuales y de las áreas de trabajo, es decir se registró la actividad que se realiza, el color de las paredes, el tipo de superficie y las luminarias que funcionaban en ese momento.

Dentro del contenido de la NOM-025-STPS-2008 se muestran los niveles mínimos de iluminación que deben incidir en el plano de trabajo para cada tarea visual o área de trabajo.

Tabla 1. Niveles de Iluminación para este caso de estudio.

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles de Iluminación [LUXES]
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

(Extracto de la tabla 1 de la NOM-025-STPS-2008)

En la Tabla 1 se indica que el nivel mínimo de iluminación en el Edificio K que se requiere para realizar actividades de manera segura y confortable según la norma corresponde a 300 Luxes. Una vez que se reconocieron estos datos proseguimos con la definición de las ubicaciones para la toma de niveles de iluminación con la metodología descrita más adelante.

Si se desea ver la tabla completa de niveles de iluminación puede consultarse en la sección de Anexos en Tabla 16.

1.1.3 NOM-007-ENER-2014, Eficiencia Energética para Sistemas de Alumbrado en Edificios no Residenciales

Esta norma regula la eficiencia de los sistemas de iluminación en edificios nuevos no residenciales. Establece parámetros para la selección de equipos y tecnologías que minimicen el consumo de energía eléctrica, promoviendo así prácticas sostenibles y económicas, además provee el método de cálculo para la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA). (NOM-007-ENER, 2014)

Esta norma entra en vigor con el objetivo de promover la eficiencia del sector energético del país, la publicación vigente es del año 2014, sin embargo, en el 2013 se publicó el PROYECTO de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-007-ENER-2013, con el mismo título, este proyecto de norma fue elaborado por el Comité Consultivo Nacional de Normalización para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos (CCNNPURRE), con la colaboración de diferentes dependencias, organismos e instituciones. (DOF, 2013)

La primera publicación que se tuvo de esta norma en el Diario Oficial de la Federación fue el 1 de septiembre de 1995. La publicación que se encuentra vigente fue publicada en Diario Oficial de la Federación el 7 de agosto de 2014 y entro en vigor el 5 de diciembre del 2014. (NOM-007-ENER, 2014)

La DPEA (Densidad de Potencia Eléctrica en Alumbrado), según la NOM-007-ENER-2014, es una medida que establece la cantidad de potencia eléctrica que debe utilizarse por unidad de área para la iluminación de espacios dentro de un edificio, como oficinas, escuelas, hospitales, etc. (NOM-007-ENER, 2014)

Para comenzar hay que exponer que esta norma tiene dos objetivos principales:

- a) Establecer niveles de eficiencia energética en términos de Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA).
- b) Establecer el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (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 esta misma norma. (NOM-007-ENER, 2014)

Este parámetro se calcula tomando en cuenta el tipo de espacio que se está evaluando. La norma proporciona una tabla con los valores máximos de DPEA permitido según el uso del edificio. En la Tabla 2 se muestra el máximo DPEA permitido para el Edificio K de la Facultad de Arquitectura.

Tabla 2. Densidad De Potencia Eléctrica Para Alumbrado (DPEA) para instituciones educativas

Tipo de edificio	DPEA (W/m²)
Escuelas o instituciones educativas	14

(Extracto de la tabla 1 de la NOM-007-ENER-2014)

Dentro de la norma en su Tabla 1, se muestran los valores de DPEA para diferentes espacios pertenecientes a diferentes tipos de edificios. Se puede apreciar estos datos al final del trabajo (Ver Anexo en la Tabla 17). Como se puede ver, en la norma podríamos obtener el DPEA por cada área de nuestro edificio, sin embargo, al estar destinado a ser una institución educativa, debemos comparar el área completa contra el DPEA propio de escuelas o instituciones educativas correspondiente a 14 W/m².

1.2 Especificación CFE L0000-45

La especificación CFE-L000045, titulada "Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica" es un documento emitido por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en México, en esta especificación se establecen las características y límites que son admisibles para las desviaciones de calidad en las formas de onda de tensión y corriente que pueden presentarse tanto en el suministro como en el consumo de energía eléctrica, en el punto de acometida en el que la CFE participe. (CFE, 2005)

Uno de los propósitos de esta especificación es garantizar una adecuada calidad de la energía eléctrica, definiendo los valores límites permisibles para diferentes fenómenos eléctricos que pueden afectar el desempeño de los equipos conectados a la red, en ella se contemplan variaciones de tensión, límites de distorsión armónica, frecuencia, desequilibrio de voltajes. (CFE, 2005)

Con el cumplimiento de esta especificación se protegen equipos eléctricos sensibles a distorsiones, la confiabilidad y eficiencia energética del sistema de distribución.

Se utilizó esta especificación en esta tesina como marco de referencia, ya que no se tomaron las mediciones eléctricas en el punto de acometida. Sin embargo, es importante mencionar que en contextos académicos o de diagnóstico eléctrico (por ejemplo, auditorías de calidad de energía), esta especificación es fundamental como marco de referencia técnico y normativo. (CFE, 2005) Para que su aplicación sea válida, debe acompañarse de mediciones eléctricas realizadas con analizadores de calidad de energía que estén certificados y calibrados.

1.3 Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas. Dirección General de Obras y Conservación

La Dirección General de Obras y Conservación (DGOC) es una dependencia de servicio de la UNAM encargada de planear, diseñar, construir, conservar, rehabilitar y mantener en un buen estado las edificaciones, espacios abiertos, equipos e instalaciones que conforman nuestro patrimonio inmobiliario institucional. Puede ser consultada en su sitio web que se encuentra accesible para todo el público. (UNAM. DGOC, 2020)

Entre las diferentes funciones de la dirección se encuentra la supervisión de la ejecución de obras y programas de conservación, la gestión y regulación de los servicios urbanos requeridos en Ciudad Universitaria, y la promoción de la normatividad en materia de obras dentro de la UNAM. Además, la DGOC participa activamente en la planeación, programación y adjudicación de contratos de obra, así como también en la asesoría técnica a las entidades académicas y dependencias universitarias para asegurar la correcta operación y mantenimiento de las instalaciones. (UNAM. DGOC, 2020)

La DGOC también elabora y actualiza la normatividad aplicable en materia de instalaciones eléctricas que se utiliza en este caso de estudio. (UNAM. DGOC, 2015)

Como se mencionó anteriormente, el diseño de las instalaciones eléctricas se rige por las disposiciones establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012. Las

Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas de la UNAM se alinean a esta normativa y a otros criterios de ingeniería para garantizar sistemas eléctricos seguros, flexibles y eficientes. Estas disposiciones fueron creadas y actualizadas para establecer los criterios, requisitos y procedimientos en la planeación, diseño y ejecución de las instalaciones eléctricas en los inmuebles de la UNAM. Su objetivo es lograr un uso óptimo y eficiente de la energía, garantizando un alto nivel de servicio y seguridad en el suministro eléctrico que demandan la comunidad universitaria. (UNAM. DGOC, 2015)

Su campo de aplicación de estas disposiciones es para todas las instalaciones eléctricas de la UNAM, tanto para inmuebles nuevos como para ampliaciones, remodelaciones y rehabilitación de instalaciones existentes.

2 Metodología aplicada al caso de estudio

El servicio social abarcó un período de seis meses, centrandó la atención en el sistema de iluminación, las instalaciones eléctricas y el consumo de energía del Edificio K de la Facultad de Arquitectura de la UNAM. Esta aproximación a los diferentes sistemas permitió obtener una visión detallada del consumo energético. La elección de los métodos específicos se basa en la necesidad de obtener datos precisos y relevantes para identificar áreas de mejora en la eficiencia energética.

2.1 Iluminación

Para conocer el sistema de iluminación se realizó un censo de luminarios en las que se registró el número de luminarios presentes en cada área, el tipo de tecnología, LED o fluorescente donde se consideró la presencia de balastos, la marca de las lámparas y la potencia dada por el fabricante de cada uno. El objetivo de esto fue conocer el consumo del sistema de iluminación en el edificio y además verificar que se cumpliera con las normas NOM-025-STPS-2008 Condiciones de iluminación en los centros de trabajo siguiendo las especificaciones de esta norma, que se mencionan más adelante en el documento, realizamos la evaluación de los niveles de iluminación en una jornada laboral bajo condiciones normales de operación.

Durante el censo se identificaron las áreas laborales y tareas visuales asociadas a cada zona del edificio, por ejemplo, el sótano se destina a aulas, la planta baja tiene un área destinada a laboratorios de cómputo y negocios como el *Plotter* que es negocio en el que los estudiantes pueden adquirir copias e imprimir sus planos, mientras que la primera planta se encuentran oficinas de administración, salas de cómputo y mediateca. Era necesario conocer el uso final de estas áreas para poder identificar en cuáles existe una iluminación deficiente o exceso de iluminación que pueda provocar un deslumbramiento.

Una de las actividades relacionadas con la NOM-025-STPS-2008 es recabar información técnica para conocer la cantidad de flujo luminoso en el plano de trabajo del sistema de iluminación.

Una vez que la información fue recabada se definió una metodología de evaluación de los niveles de iluminación.

Para obtener el número de puntos para las mediciones se utilizó el criterio de evaluación expuesto en la Tabla 3 que se encuentra en el Apéndice A de la NOM-025-STPS-2008.

Tabla 3. Tabla A1 NOM-025-STPS-2008.

Relación entre el Índice de Área y el número de Zonas de Medición

Índice de área	Número mínimo de zonas a evaluar	Números de zonas a considerar por la limitación
IC < 1	4	6
1 ≤ IC < 2	9	12
2 ≤ IC < 3	16	20
3 ≤ IC	25	30

(Extracto de la tabla A1 de la NOM-025-STPS-2008)

El índice de área es el que establece el número de zonas a evaluar se da por la siguiente Ecuación 1.

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)}$$

Ecuación 1.

Donde:

IC = índice de área.

x, y =dimensiones del área (largo y ancho respectivamente) en metros.

h =altura de la luminaria respecto al plano de trabajo expresada en metros.

Este criterio fue utilizado como nuestra estrategia en todas las zonas del edificio, medimos el área de las aulas, salas de cómputo y oficinas, para posteriormente dividirlo en zonas del mismo tamaño de acuerdo con el número de puntos de medición obtenidos (IC), se puede mirar el ejemplo en la Figura 2 y de la Figura 3.

Figura 2. Ejemplo De Toma De Puntos De Iluminación. Plano Del Área De Distribución De Luminarios.

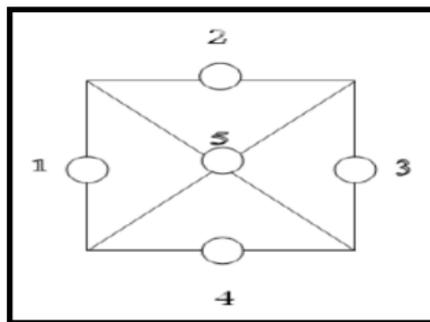


Imagen de: (Betancourt Morffis, Franquiz, & Rodríguez Sánchez, Yadamy, 2020)

Se tomó una descripción de paredes, pisos y techos, donde se registró la condición en la que se encontraban las distintas superficies (limpia, media o sucia) al momento de tomar los datos de iluminación y las condiciones generales del equipo de iluminación.

Una vez definidos los puntos se tomaron las medidas con el luxómetro que fue provisto por la Facultad de Ingeniería. Se colocó la celda del luxómetro mirando hacia arriba, evitando obstrucciones que reduzcan la incidencia de la luz, si los valores registrados son muy elevados se eliminan de la sumatoria para posteriormente obtener los promedios de iluminación como se menciona en la norma, en los tres momentos requeridos del día; por la mañana, mediodía y noche. Con la intención de captar cuando se utiliza la iluminación natural e iluminación artificial. La ecuación para obtener el promedio de iluminación se encuentra en el apéndice B de la NOM-025-STPS-2008 es la siguiente, mostrada en la Ecuación 2:

$$E_p = \frac{1}{N} (\sum E_i)$$

Ecuación 2.

Donde:

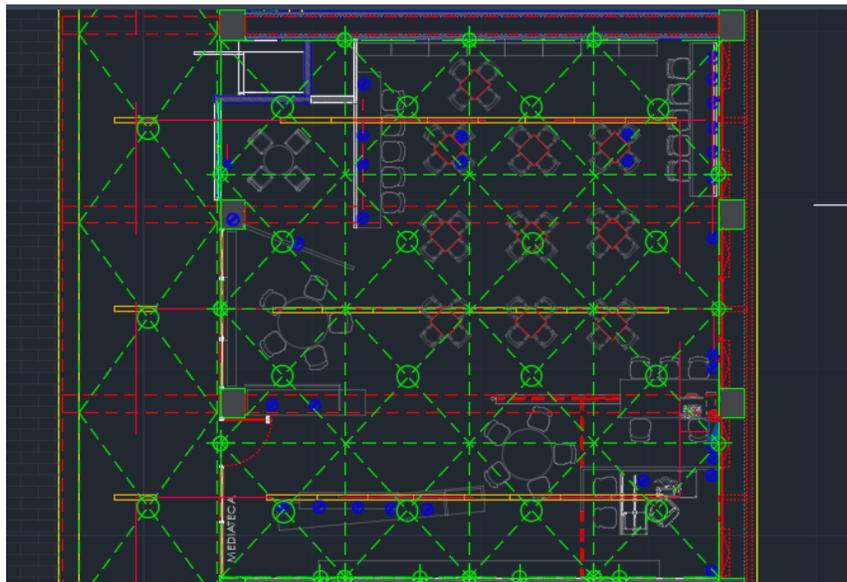
E_p = Promedio en Lux

N = Numero de mediciones realizadas

E_i = Nivel de iluminacion medido en cada punto

Primero se revisaron y actualizaron los planos de cada planta en el software AutoCAD brindados por la administración para establecer el número de puntos de medición de la iluminación en cada zona, como se muestra en la Figura 3. Posteriormente se realizó en estos puntos la medición con un luxómetro durante tres periodos del día, que corresponden a la jornada laboral bajo condiciones de iluminación natural, artificial y en condiciones críticas. Finalmente se determinó el factor de reflexión en el plano de trabajo y paredes para compararlo con la norma.

Figura 3. Modelo En AutoCAD De La Primera Planta Del Edificio K Con Los Puntos De Medición Para El Luxómetro Marcados.



(Elaboración propia)

Una vez realizado el censo de los luminarios por cada área de todo el edificio, se recopiló la potencia en Watts de éstos, además de la potencia de todos los dispositivos presentes en el edificio especificada por el fabricante y el área en metros cuadrados del edificio y de zonas específicas. Incluso se midió distintas áreas con un distanciómetro láser para comprobar que los datos brindados por la administración fueran correctos.

En la NOM-025-STPS-2008 se explica cómo obtener la Evaluación del Factor de Reflexión, en este caso de estudio no se obtuvo el nivel de reflexión debido a que no estaba en el alcance inicial y no es el objetivo obtener una certificación, sin embargo, es importante mencionar que según la norma se debe obtener este valor.

2.2 Eficiencia energética

Posteriormente para continuar con el sistema de iluminación verificamos si el Edificio K cumple con la norma NOM-007-ENER-2014, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales, donde se establecen los niveles de eficiencia energética y el método de cálculo para la determinación de la Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA) que deben cumplir los sistemas de alumbrado de edificios no residenciales. Más adelante se profundiza más acerca del DPEA.

El método de cálculo que se utilizó está establecido en la norma para la determinación del DPEA (Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado) debe de ser calculado a partir de la carga total conectada de alumbrado y el área total a iluminar de acuerdo con la siguiente expresión para el cálculo del DPEA que se muestra en la Ecuación 3:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado}}{\text{Área total iluminada}} \frac{W}{m^2}$$

Ecuación 3.

Donde la carga total conectada para el alumbrado se expresa en Watts y el área total iluminada se expresa en m^2 .

Para efectos de aplicación de esta norma el DPEA se debe cumplir de acuerdo con la clasificación del edificio, a pesar de que las áreas tienen diversos usos en este caso, el edificio completo entra en la clasificación de "Escuela o institución educativa" en cuyo caso se debe cumplir con $14 W/m^2$. (NOM-007-ENER, 2014) Los resultados obtenidos se describen más adelante.

2.3 Instalación eléctrica

Otra de las actividades realizadas durante el servicio social fue la verificación del estado de la instalación eléctrica del Edificio K tomando como base la NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas. Para comenzar esta etapa la administración brindó acceso a la subestación que se encuentra en la Facultad de Arquitectura la cual cuenta con un Tablero General de baja tensión.

Durante las semanas de levantamiento se registraron diversos datos, por ejemplo, para los tableros se les asignó un nombre, se registró la marca, el catálogo, la ubicación de cada uno y su tipo de colocación. Se registró en orden los circuitos asignándoles un número, anotando su modelo, la capacidad del interruptor principal (si aplicaba) y la capacidad del interruptor de cada circuito, el calibre de conductor, de neutro, del hilo de tierra física (si aplica), calibre del alimentador, número de conductores, el diámetro de la tubería, además se tuvo registro del voltaje y de donde se alimentaban los tableros. Para cada uno se le hicieron observaciones relevantes, es decir, si existían empalmes, los cables estaban mal peinados, presentaban oxidación, etc., cualquier detalle que fuera relevante y presentara un riesgo a la instalación eléctrica y se tomó fotos como evidencia.

En esta etapa se verificó la secuencia de fases de cada uno de los tableros. Posteriormente se utilizó un analizador de calidad de la energía marca AEMC proporcionado por el grupo de Proyectos de Ahorro de Energía de la Facultad de Ingeniería utilizando equipos de protección como guantes y botas dieléctricas. Con el fin de conocer datos importantes, este dispositivo fue instalado en el Tablero general y tableros derivados con distintas configuraciones, realizamos el monitoreo de parámetros eléctricos durante una semana para cada tablero con una frecuencia de muestreo de 5 minutos, con ello se logró obtener el comportamiento del sistema como la variación de tensión, la variación de corriente, potencia activa, aparente, factor de potencia, se tomó como marco de referencia la especificación CFE L-000045. Se hicieron observaciones relevantes, los resultados se describen más adelante.

2.4 Análisis energético

Además de estas normativas, los diagnósticos energéticos juegan un papel importante en la evaluación y mejora continua de la eficiencia energética en los centros de trabajo.

Estos diagnósticos permiten identificar oportunidades de ahorro energético mediante la evaluación detallada del consumo y la eficiencia de los diferentes sistemas, proporcionando así una base para la implementación de medidas correctivas y la optimización de recursos. (CONUEE, 2025)

En el presente trabajo no se presenta el resultado de un diagnóstico energético en sentido estricto, ya que no se incluyeron todos los elementos requeridos para ello, como el análisis detallado de la facturación eléctrica o la medición en la acometida. No obstante, se aplicaron algunas de las etapas y metodologías propias de un diagnóstico energético, tales como el levantamiento de cargas, las mediciones eléctricas y la realización de estimaciones de consumo, con el objetivo de obtener la matriz energética y así comprender el comportamiento energético de la instalación. Por ello se consideró apropiado mencionar los antecedentes de los diagnósticos energéticos, esta información sienta las bases técnicas necesarias para la realización de un diagnóstico energético completo en una etapa posterior que incluya análisis de facturación, mediciones en acometida, modelado energético y evaluación económica de posibles medidas de eficiencia. Este podría ser realizado por estudiantes o investigadores de la comunidad universitaria.

El diagnóstico energético es relevante si se pretende lograr el ahorro de energía, su precisión es importante para determinar el éxito de las medidas que se adopten posteriormente. Intentar reducir el consumo energético sin un diagnóstico previo suele resultar en fracaso y pérdida significativa. (CONUEE, 2025)

A continuación, se describen brevemente los niveles de diagnóstico energético reconocidos, a fin de contextualizar el alcance del presente estudio y su potencial desarrollo futuro (CONUEE, 2025):

- Nivel 1: Consiste en una evaluación general basada en observaciones directas, entrevistas y revisión de facturas o registros básicos de consumo. No requiere mediciones instrumentales ni personal especializado, y permite detectar ineficiencias evidentes como iluminación innecesaria, equipos en desuso o malas prácticas operativas (CONUEE, 2025).
- Nivel 2: Implica un análisis más detallado de sistemas o áreas con alto consumo energético. Puede incluir mediciones temporales con instrumentos sencillos (como luxómetros o analizadores portátiles) y se apoya en registros históricos o datos operativos para justificar técnicamente las medidas de mejora (CONUEE, 2025).
- Nivel 3: Es el nivel más completo y técnico. Requiere mediciones directas con equipos especializados (como analizadores de red, cámaras termográficas o caudalímetros) para determinar el desempeño real de los sistemas energéticos. Este nivel permite construir balances energéticos precisos, calcular eficiencias y estimar con mayor exactitud el potencial de ahorro (CONUEE, 2025).

Con base en lo anterior, este informe corresponde a un análisis energético que cubre algunas actividades iniciales del diagnóstico de nivel 2, pero no alcanza a cumplir los requisitos técnicos y de información para ser clasificado formalmente como tal.

Cada nivel del diagnóstico cumple con un propósito específico y se elige según la complejidad del sistema, los recursos disponibles y los objetivos. (Kelsey, 2021)

2.5 Etapas del diagnóstico energético y su aplicación en este análisis

2.5.1 Análisis Previo

Esta etapa incluye la recopilación de información básica sobre la instalación, sus horarios de operación, equipos, consumo histórico de energía (a través de facturas eléctricas), se investigan sobre instituciones del mismo ramo, y se establecen los objetivos del diagnóstico.

En este estudio, se llevó a cabo una recolección de información previa. Se identificó el uso del edificio, se documentó la operación general de la instalación y se revisaron planos y diagramas existentes. Sin embargo, no se contó con el análisis de la facturación eléctrica ni con datos históricos de consumo, lo cual limita la caracterización energética completa (CONUEE, 2024).

2.5.2 Trabajo de Campo

Esta fase consiste en recorridos físicos por la instalación para censar cargas, identificar hábitos de consumo, evaluar el estado de los sistemas eléctricos y realizar mediciones con instrumentos especializados.

En este estudio se realizó un trabajo de campo detallado que incluyó:

- Censo y levantamiento eléctrico.
- Identificación de equipos y sistemas consumidores de energía.
- Medición de variables eléctricas relevantes como corriente, voltaje, factor de potencia y demanda.
- Inspección visual del estado físico de los tableros eléctricos y canalizaciones.

Estas actividades permitieron detectar anomalías, deficiencias de mantenimiento y riesgos en la instalación eléctrica (CONUEE, 2025).

2.5.3 Trabajo de Gabinete/ Análisis

En esta etapa se procesan y analizan los datos obtenidos en campo, se construyen balances energéticos y se estiman consumos, demandas y oportunidades de ahorro (CONUEE, 2025).

En este estudio, se realizó un análisis técnico basado en la información recabada en campo, el cual incluyó:

- Estimación de carga conectada, demanda máxima y consumo.
- Cálculo de factores de demanda, utilización, etc.
- Análisis de condiciones operativas y de mantenimiento de los sistemas eléctricos.

- Elaboración de una matriz energética, en la cual se clasificó el consumo eléctrico del edificio en tres categorías principales: misceláneos, cómputo e iluminación, permitiendo identificar la distribución relativa del consumo por tipo de uso.
- Propuesta de medida de ahorro energético de bajo costo para el sistema de cómputo.

Se describirá a fondo en las páginas posteriores.

2.5.4 Entrega del Estudio

Esta es la última etapa de la auditoria energética, donde se entregan los resultados con el detalle solicitado, con datos justificados donde se incluyen las mediciones, proyecciones y recomendaciones.

El contenido del reporte abarca los objetivos y alcances acordados al inicio de la auditoría e incluye una lista de acciones recomendadas y plan de acción en caso de que existan oportunidades de mejora. El auditor distribuye el reporte entre las autoridades pertinentes (CONUEE, 2025).

Terminando de describir la metodología, con el objetivo de conocer el consumo del edificio y su eficiencia energética se realizó un levantamiento eléctrico en el cual con el apoyo del grupo de la Especialización de Ahorro y Uso Eficiente de Energía de la UNAM, se realizó un censo de cargas de todo el edificio donde se conectó un wattorímetro en puntos estratégicos para conocer el consumo de ciertos equipos, se registró la marca, modelo y potencia de los dispositivos presentes en cada zona del edificio, posteriormente se registró en una base de datos y se clasificaron los equipos de acuerdo a su uso final quedando registrados como iluminación, computo, misceláneos.

Para conocer el consumo aproximado del edificio se utilizó la potencia registrada por el fabricante de dispositivos y de lámparas, con el fin de conocer el consumo total, se estimó el consumo de los dispositivos utilizando las horas de uso, los días de la semana y las horas en espera, para el consumo del sistema de iluminación se hizo un conteo de las lámparas por luminario, se registró las que se encontraban fuera de servicio, el total de luminarios por zona y en caso de que aplicara se calculó la potencia con pérdidas por balastro.

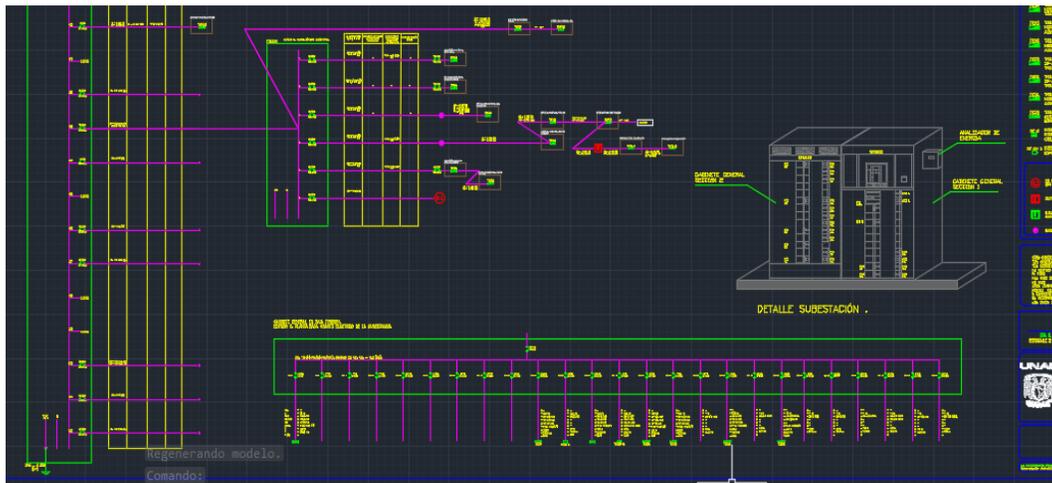
3 Revisión de la Instalación Eléctrica del Edificio K

El análisis de la instalación eléctrica realizado durante el servicio social comenzó en agosto del año 2023, fue llevado a cabo en el Edificio K de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, donde se alojan oficinas de diversos propósitos, laboratorios de docencia y aulas.

Se hace notar que el Edificio K no contaba con planos eléctricos actualizados a pesar de tener modificaciones de su diseño original, entonces, para verificar la seguridad y obtener el diagrama unifilar actualizado se realizó una revisión de tableros eléctricos principales y derivados, todo esto con respecto a la NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (utilización).

Una de las actividades desarrolladas en el servicio social, se elaboró el diagrama unifilar actualizado de la instalación eléctrica del Edificio K (Figura 4). A modo de ejemplo se muestra una parte del diagrama unifilar realizado durante el servicio social y que fue provisto por el Programa de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía de la Facultad de Ingeniería.

Figura 4. Muestra Del Diagrama Unifilar (Ver Anexo)



(PAE. Diagrama unifilar Edificio K)

3.1 Detalles de la instalación eléctrica

Para obtener los detalles de la instalación eléctrica, el personal de la dependencia nos dio acceso a la subestación que se encuentra en la Facultad de Arquitectura, esta cuenta con un Tablero General de baja tensión TG dividido en dos secciones, marca *Square D* modelo RTG02601, con una tensión nominal de 220 [V] y 1600 [A], se alimenta de la Subestación 2 de la Facultad de Arquitectura por medio de un arreglo de 5 hilos con 6 conductores por fase de 500 [KCM] por fase y neutro. El interruptor principal es de 3X1600 [A] con una capacidad interruptiva de 65 [kA]. Se puede apreciar el tablero General en la Figura 5.

Figura 5. Fotografía Del Tablero General.



(Elaboración propia)

Seguidamente se determinó la demanda y consumo que se presentan en la medición de parámetros eléctricos en el tablero general TG del Edificio K. Es importante conocer la demanda de energía que se tiene de manera general en el Edificio K de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, con el propósito de verificar si el sistema cuenta aún con la capacidad adecuada con respecto a la demanda de energía actual. Para ello se conectó en el tablero general (tablero TG) un analizador de redes eléctricas durante una semana en el sistema eléctrico, con la finalidad de registrar la capacidad utilizada y la capacidad disponible en ambas secciones. Además de verificar que se cumple con las desviaciones máximas permisibles en la forma de onda de corriente y tensión establecidos por la especificación de la CFE L0000-45 la cual se utilizó únicamente como referencia.

3.2 Mediciones Eléctricas

Para realizar las mediciones se utilizó un dispositivo analizador de la calidad de la energía de la marca AEMC, modelo 8336 (Figura 6), que fue instalado en el tablero general TG con una configuración de 3 fases – 5 hilos, midiendo la variación en la tensión, corriente, potencia total, factor de potencia y distorsión armónica total.

Figura 6. AEMC 8336



(AEMC INSTRUMENTS, 2023)

El monitoreo de parámetros eléctricos del tablero general se realizó durante una semana, del 31 de agosto al 7 de septiembre de 2023, con una frecuencia de muestreo de cinco minutos.

3.3 Análisis de los Datos Registrados del Tablero General TG

A continuación, se presenta el análisis de los parámetros eléctricos registrados. Como referencia se utiliza la especificación de la Comisión Federal de Electricidad, CFE L0000-45, Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica (CFE, 2005).

3.3.1 Demanda

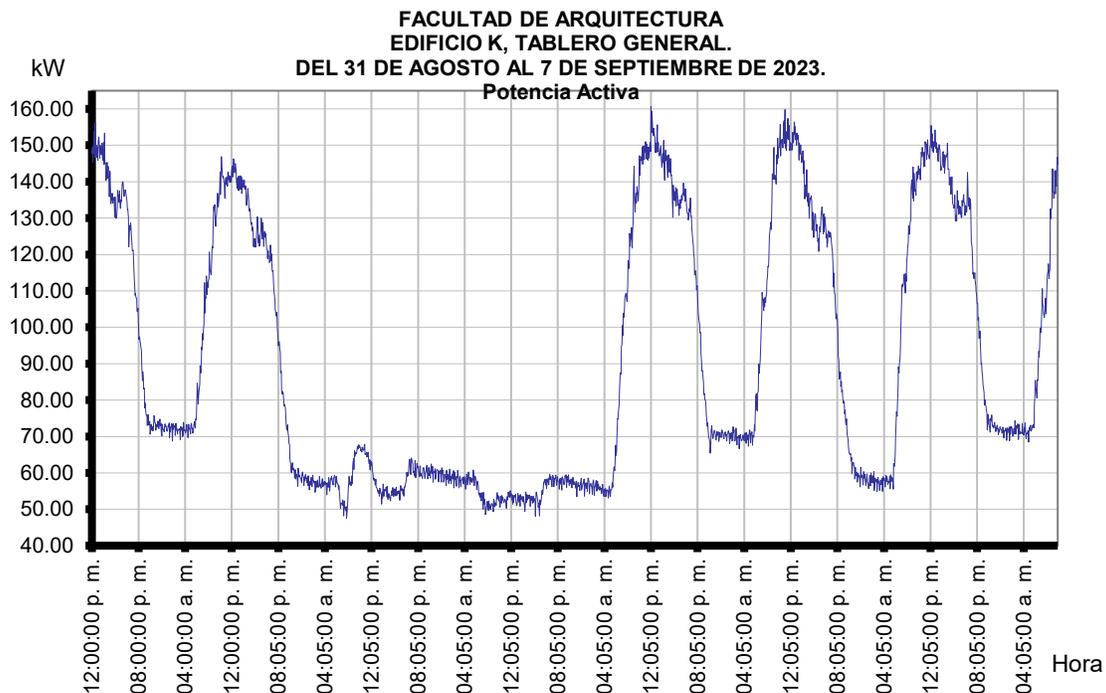
La demanda máxima medida fue de 160.69 [kW], lo que equivale a 162.98 [kVA]. Se presentó el lunes 4 de septiembre a las 12:05 horas. La Tabla 4 presenta los valores promedio, máximos y mínimos de demanda.

Tabla 4. Demanda Del TG.

DEMANDA TG		
	[W]	[VA]
MÁXIMO	160,690	162,984
MÍNIMO	47,456	48,530
PROMEDIO	90,679	92,458

(Elaboración propia)

Gráfica 1. Curva de demanda del tablero general TG.



(Elaboración propia)

Como se muestra en la curva de demanda de la Gráfica 1, el inicio de las actividades se da aproximadamente a las 6:00 a.m. y finalizan alrededor de a las 10:00 p.m.

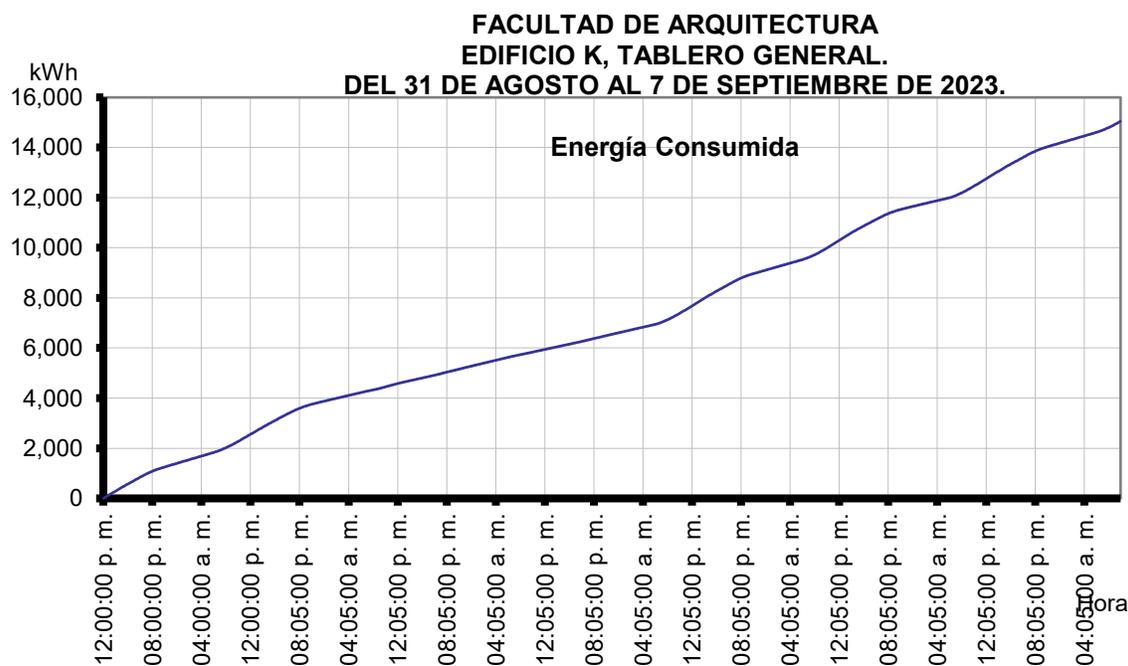
De acuerdo con el comportamiento de la curva se observa que en un día de actividades académicas y administrativas (lunes a viernes) la demanda mínima es de 54.8 [kW] y máxima es de 160.7 [kW], mientras que el fin de semana cuando no hay actividades la demanda mínima es de 47.45 [kW] y la máxima es de 67.01 [kW].

Se puede apreciar que, aunque no hay actividades el sábado y el domingo, si hay una demanda de energía debido a que hay iluminación permanente y hay servidores que no pueden estar sin energía.

3.3.2 Consumo

El consumo de energía durante la semana monitoreada del tablero TG fue de 15,869 [kWh] (Gráfica 2). Si consideramos esta información como un consumo promedio, se puede estimar un consumo mensual aproximado en el Edificio K de 63,476 [kWh], considerando actividades académicas y administrativas normales o fuera de periodos vacacionales.

Gráfica 2. Energía acumulada en la semana de monitoreo



(Elaboración propia)

3.3.3 Tensión

El análisis de la variación de tensión se basa en el "Manual regulatorio de requerimientos técnicos para la conexión de centros de carga". Con sustento en la Tabla 3.3.1B, Valores máximos y mínimos de tensión que deben soportar los Centros de Carga hasta por 20 minutos, se permite un rango de variación de $\pm 10\%$ de la tensión eléctrica nominal del

sistema en media y alta tensión, dicho parámetro se tomará también como referencia para el lado de baja tensión. (CRE, 2016)

El tablero TG tiene una tensión nominal de fase a neutro de 127 [V], por lo que se tiene un rango permisible desde 114.3 [V] hasta 139.7 [V]. La Tabla 5. Variación de Tensión TG muestra los valores de tensión máximos, mínimos y promedios registrados en cada fase.

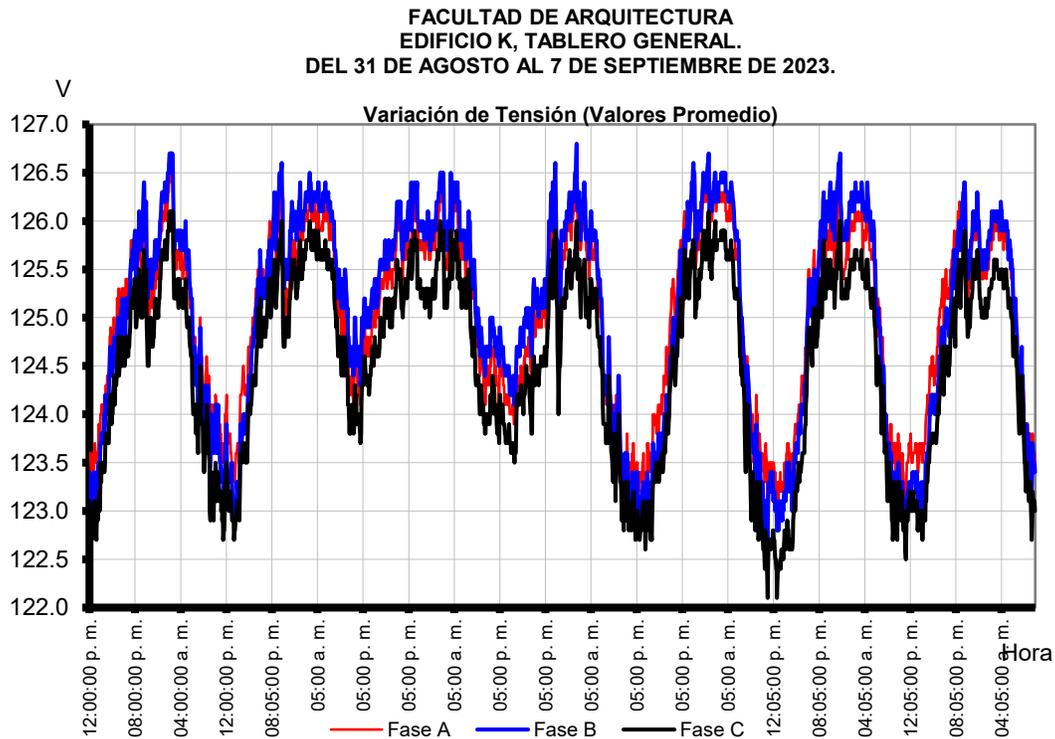
Tabla 5. Variación de Tensión TG

TENSIÓN [V]			
FASE	A	B	C
MÁXIMO	126.5	126.8	126.1
MÍNIMO	123.0	122.7	122.1
PROMEDIO	125.0	125.0	124.5

(Elaboración propia)

De acuerdo con la Tabla 5 que registra los datos mostrados en la Gráfica 3, los valores promedio de tensión están dentro del rango permisible (CRE, 2016).

Gráfica 3. Variación de Tensión TG.



(Elaboración propia)

3.3.4 Corriente

Los valores de corriente promedio, máximos y mínimos registrados en cada fase y en el neutro se muestran en la Tabla 6.

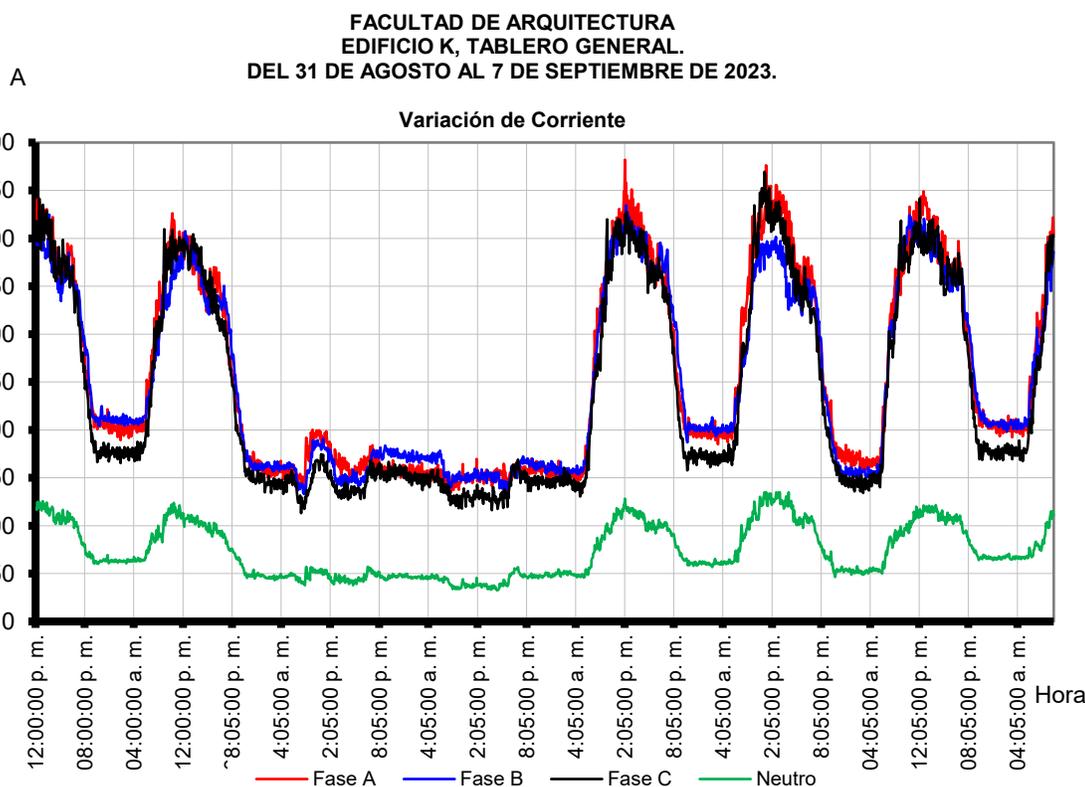
Tabla 6. Valores de Corriente en TG.

CORRIENTE [A]				
FASE	A	B	C	N
MÁXIMO	482.0	434.5	469.5	135.0
MÍNIMO	134.4	133.0	113.1	32.6
PROMEDIO	254.6	249.6	237.6	73.1

(Elaboración propia)

La corriente máxima registrada fue de 482 [A] en la fase A, esta corriente es adecuada con base en la capacidad de los conductores de alimentación los cuales son de 1600 [A]. Se nota en la Gráfica 4 que hay presencia de corriente en el neutro, lo cual indica que hay un desbalance de cargas en el sistema, y/o un alto contenido de armónicos de secuencia cero.

Gráfica 4. Variación De Corriente TG



(Elaboración propia)

3.3.5 Desbalance de corriente

De acuerdo con la especificación CFE L0000-45, Tabla 7. Desbalance máximo permitido en la corriente en el punto de acometida, para tensiones menores a 1 [kV] y una impedancia relativa mayor a 100 y menor a 1000 se permite un desbalance máximo de

15%¹, (este dato solamente se toma como referencia ya que como tal no es una acometida o punto de interconexión).

Tabla 7. Porcentaje Desbalance De Corriente TG.

DESBALANCE DE CORRIENTE [%]	
MÁXIMO	19.3
MÍNIMO	1.7
PROMEDIO	8.1

(Elaboración propia)

Como se ha mencionado anteriormente, en el tablero general (TG) se registró corriente en el conductor neutro, lo que evidencia un desbalance de cargas entre fases. A partir de las mediciones realizadas, se obtuvo un promedio de desbalance de 8.1%, valor que se mantiene dentro del rango permitido por la referencia de la CFE (CFE, 2005).

Del total de los datos obtenidos, solo el 4% de las lecturas supera el límite recomendado, lo que indica que el sistema no presenta un desbalance significativo, por lo tanto, opera dentro de condiciones eléctricas aceptables. Sin embargo, se recomienda realizar revisiones periódicas de carga y balanceo trifásico, especialmente en tableros derivados, para evitar sobrecalentamientos o pérdidas energéticas asociadas a posibles variaciones futuras en la carga conectada.

3.3.6 Factor de Potencia

El factor de potencia (FP) indica el aprovechamiento de la energía eléctrica, mostrando la cantidad de energía que se ha convertido en trabajo. Es la relación entre la potencia activa, que realiza trabajo útil, y la potencia aparente. La CFE recomienda un factor de potencia mínimo de 0.9, si el FP es mayor a 0.9 se tiene una bonificación en la factura y si es menor se aplica una penalización (CONUEE, 2024).

Un factor de potencia alto tiene varios beneficios, no solo en el aspecto económico, sino que también optimiza el uso de la infraestructura eléctrica y mejora la estabilidad del sistema (CONUEE, 2024).

La Tabla 8 muestra los valores del factor de potencia máximo, mínimo y promedio para cada una de las fases, así como el total registrado. Se muestra en la Tabla 8 que el valor mínimo del factor de potencia es de 0.94, por lo que todos se encuentran por arriba de la recomendación.

¹ Considerando una corriente de corto circuito de 65 kA (dato del interruptor) y una corriente máxima de 432 [A], para determinar una impedancia relativa del sistema $I_{cc}/I_{max}=134$.

Tabla 8. Factor De Potencia En TG.

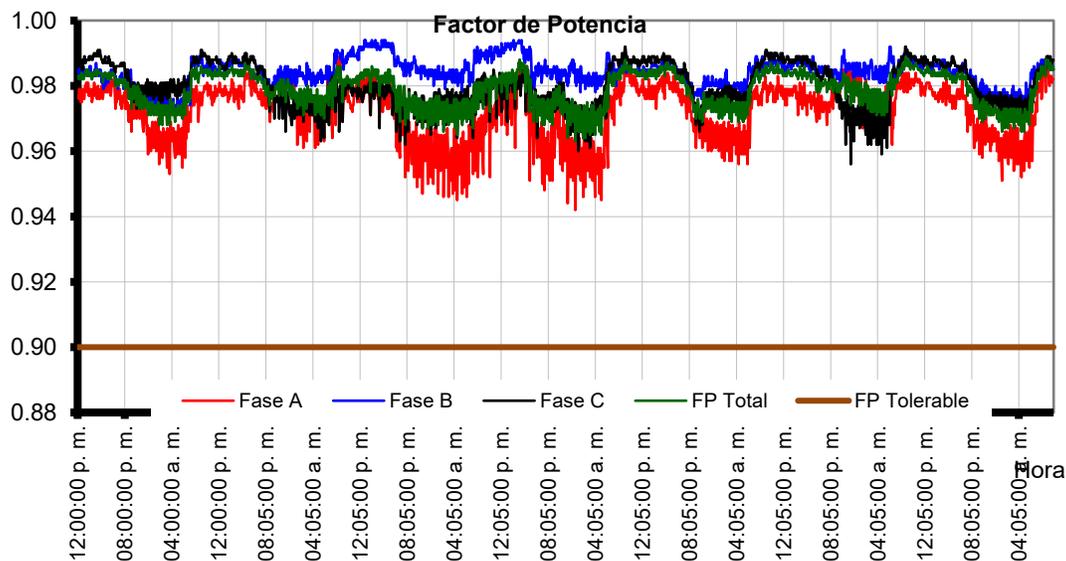
FACTOR DE POTENCIA				
FASE	A	B	C	T
MÁXIMO	0.99	0.99	0.99	0.99
MÍNIMO	0.94	0.97	0.96	0.96
PROMEDIO	0.97	0.98	0.98	0.98

(Elaboración propia)

En la Gráfica 5 se observa claramente que en todas las fases el factor de potencia es superior a 0.9.

Gráfica 5. Factor De Potencia Del TG.

FACULTAD DE ARQUITECTURA
EDIFICIO K, TABLERO GENERAL.
DEL 31 DE AGOSTO AL 7 DE SEPTIEMBRE DE 2023.



(Elaboración propia)

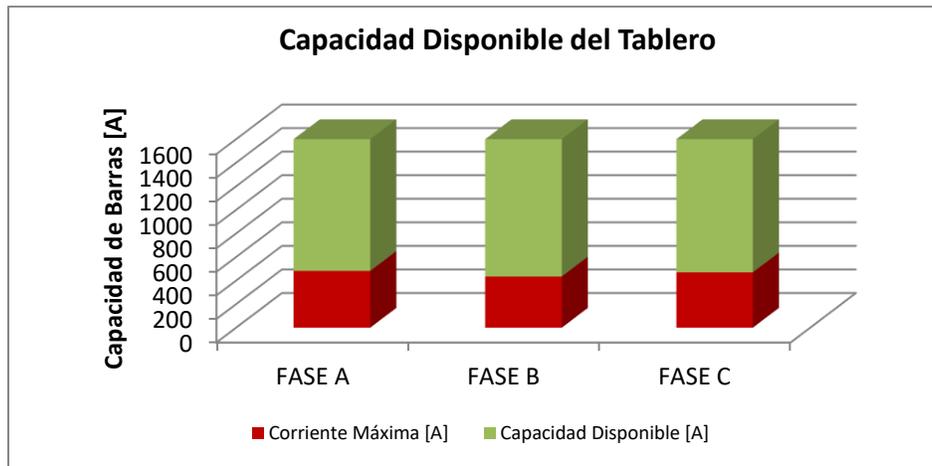
El factor de potencia total promedio es de 0.98, lo que significa que la mayoría de la energía se aprovecha en trabajo y que se encuentra dentro de lo especificado por CFE.

3.4 Capacidad disponible

En términos generales el tablero TG tiene aún capacidad disponible, para determinar el porcentaje se utilizó la corriente máxima registrada con respecto a la ampacidad de los conductores de alimentación.

Tomando en cuenta esto el tablero TG se encuentra al 27% de su capacidad. Por lo que se puede decir que está subutilizado como se muestra en la Gráfica 6.

Gráfica 6. Capacidad Disponible TG Por Fases.



(Elaboración propia)

3.5 Tableros Derivados

Se realizó un monitoreo de diferentes zonas del Edificio K, dependiendo del tablero a analizar se utilizaban diferentes configuraciones del analizador de calidad de la energía.

En cada uno de los tableros se registró su tipo de colocación (empotrado o sobrepuesto), los interruptores conectados a cada tablero, el calibre del conductor y otros factores mencionados anteriormente en la sección de metodología.

Los nombres de los tableros se dieron de acuerdo con su ubicación en el edificio, se aprecian todos en la Tabla 15 que se encuentra en la sección Anexos. En esta tabla se muestra el nombre del tablero, la marca, el tamaño del interruptor y los alimentadores.

3.6 Anomalías en la instalación eléctrica

Las anomalías que se encontraron se determinaron a partir de las otras encontradas en edificios similares en uso y antigüedad, las anomalías más comunes son por el desgaste de la instalación, falta de mantenimiento, modificaciones y reparaciones.

Se revisaron en total 29 tableros en el Edificio K para identificar anomalías, se debe hacer notar la importancia de la corrección de ellas para evitar posibles fallas en el suministro y mantener un nivel óptimo de seguridad en las instalaciones.

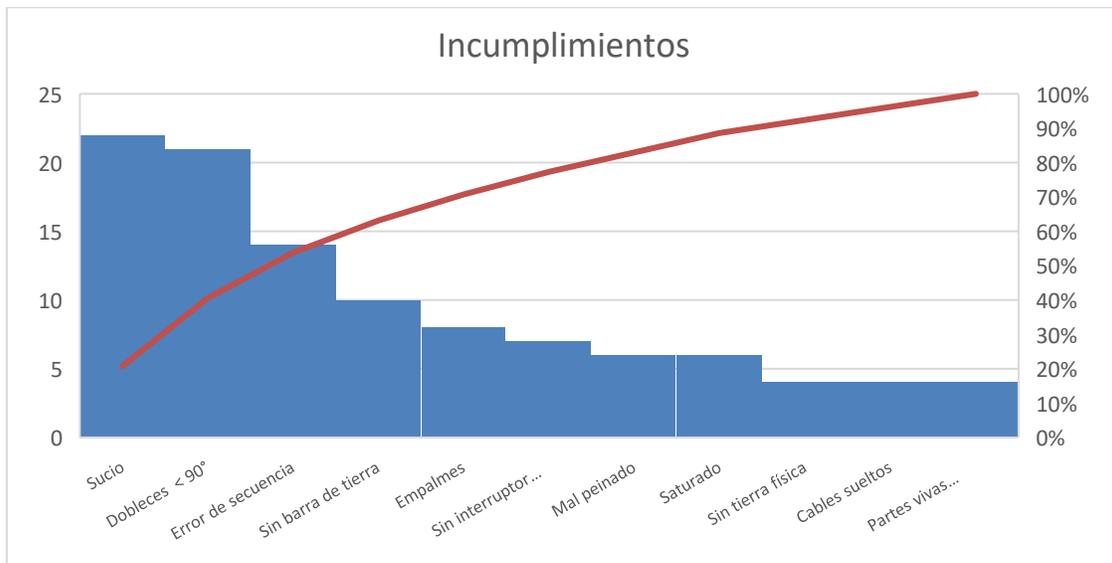
Dentro de las anomalías se revisó y encontró lo siguiente:

- 1) Si el sistema contaba con un conductor de tierra física.
- 2) Si el tablero se encontraba saturado.
- 3) Si los cables se encontraban sueltos dentro del tablero.
- 4) Si los conductores presentan empalmes.
- 5) Si los conductores se presentaban aislamiento o daño de este.
- 6) Si se presentaban daños visibles o el tablero se encontraba expuesto.
- 7) Si los conductores se encontraban con una manipulación correcta (por ejemplo, un buen peinado).

- 8) Si se respetaba el código de colores para identificar fases, neutros y en su caso tierra.
- 9) Si se presentaban dobleces mayores a 90°.
- 10) La presencia de conductores de tierra física y/o barra de puesta a tierra de los elementos.
- 11) Si el tablero contaba con interruptor principal.
- 12) Si corresponde el calibre de los cables con el diámetro de la tubería.
- 13) Si se contaba con el tamaño mínimo de los conductores para permitir el paso de la corriente de falla.

El siguiente diagrama de Pareto (Gráfica 7) representa la frecuencia de las anomalías encontradas en los tableros revisados.

Gráfica 7. Anomalías Presentes En Los Tableros Específicos.



(Elaboración propia)

Se identificó el tablero y las anomalías de este, se aconseja resolver tomando en cuenta el grado de riesgo para el correcto funcionamiento del sistema eléctrico en el siguiente orden:

1. Deficiencias en la conexión del conductor de tierra física, 14 de los tableros no cuenta con barra de tierra física y/o no se detectó que los tableros que cuentan con el conductor estuvieran correctamente conectados a la barra de tierra.
2. Se debe cumplir con un mínimo de calibre de conductor de acuerdo con la protección instalada, se detectó esta anomalía en 10 tableros. (Tierra vs protección)
3. Existen cables sueltos en los tableros que pueden ocasionar un corto circuito, en 4 tableros se presenta esta anomalía.
4. No hay interruptor principal, esta anomalía se encuentra presente en 7 tableros.
5. Tablero sin tapa y/o con daños en la envolvente o gabinete dejando partes vivas expuestas, 4 tableros presentan esta falla.

6. Dobleces en los conductores muy pronunciados que pueden dañar el conductor y el aislante, se observaron 21 tableros con este problema.
7. Empalmes dentro de los tableros, en 8 de ellos.
8. Saturación del tablero en 6 de ellos.
9. Mal peinado, anomalía que está presente en 6 tableros.
10. No corresponde el número de conductores con el diámetro de la tubería
11. El tablero se encuentra sucio, lo que indica falta de mantenimiento, se presenta en 22 tableros.
12. Error de secuencia, anomalía presentada en 14 tableros.

A continuación, se presentan diferentes tablas con el resumen de las anomalías encontradas en los tableros específicos del Edificio K donde se encuentran las mismas, clasificadas por el grado de riesgo.

3.6.1 Alto Riesgo

En la Tabla 9 se muestran las anomalías identificadas como de Alto Riesgo, debido a que se puede producir un corto circuito en el sistema, esto puede provocar sobrecargas, descargas eléctricas, incendios o en casos graves explosiones. Esto representa un peligro significativo para la seguridad de la comunidad universitaria y también puede presentar daños al inmueble y a los equipos eléctricos de la Facultad de Arquitectura.

Tabla 9. Resumen De Anomalías En Los Tableros Específicos clasificadas como de Alto Riesgo

Observación	Tablero	Recomendación	Evidencia
Conductores sin aislante y/o presentan cables sueltos	TK1A TK3A TKPBA TKPBE	Los conductores de acometida que están dentro o en el exterior del inmueble o alguna otra estructura, deben estar aislados. Los conductores se deben ubicar de manera que estén libres de daño físico y se deben sostener firmemente en su lugar. Se deben colocar barreras en todos los tableros de distribución de manera que ninguna barra colectora o terminal no aislada, queden expuestas al contacto involuntario por parte de las personas. (NOM-001-SEDE, 2012) <i>Art. 230-41, 408-3 y 408-20</i>	 

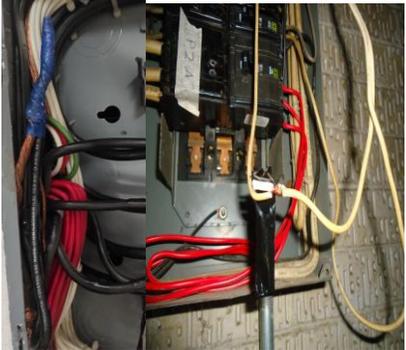
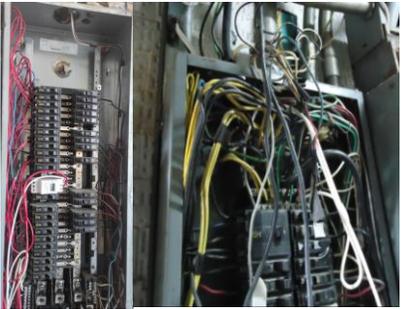
Observación	Tablero	Recomendación	Evidencia
No hay barras de tierra en el tablero	TKSB TKSC TK1A TK3A TK3B TK1C-R TK1F-R TK1G-R TK1J TKPBC	Se deben colocar los accesorios adecuados para la correcta instalación del sistema de puesta a tierra. (NOM-001-SEDE, 2012) <i>Art. 647-6 b).</i>	
No presentan interruptor principal	TSGS TKSC TK1A TK2A TK1D TK1E-R TK1J TKPBC TKPBA TKPBF-R TKPBG	De acuerdo con las Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas. De la UNAM, se debe contar con interruptor principal como medio de desconexión seguro. (UNAM. DGOC, 2015) (15.1.f)	
Tierra física comparada con la protección	TK1B TK1C-R TKPBD TKPBE TKSB TKSC TK1F-R TK1G-R TKPBC TKPBA	Se debe cumplir con el tamaño mínimo de los conductores para permitir el paso de la corriente de falla. <i>NOM-001-SEDE-2012. (Art. 250-122) (Tabla 250-122.)</i>	

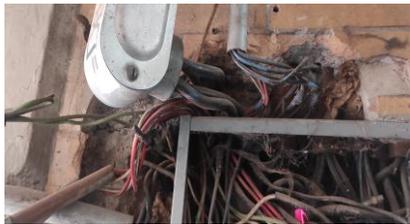
(Elaboración propia)

3.6.2 Mediano Riesgo

En la Tabla 10 aparecen las anomalías identificadas como de Mediano Riesgo, se deben atender debido a que se puede producir sobrecalentamientos, la consecuencia si no se atienden estas anomalías serán reemplazos prematuros, daños a los aislantes y mayores costos de mantenimiento.

Tabla 10. Resumen De Anomalías En Los Tableros Específicos clasificadas como de Medio Riesgo.

Observación	Tablero	Recomendación	Evidencia
<p>Se observan empalmes, los cuales ocupan un volumen importante en el tablero</p>	<p>TKSB TKSC TK1A TK2A TK2C TKPBC</p>	<p>No se permite realizar empalmes en el tablero, en virtud de que se ocupa el espacio destinado a disipar el calentamiento de los conductores. Los empalmes solo se deben hacer en las unidades de acceso a los cabezales o en las cajas de empalme. <i>NOM-001-SEDE-2012.</i> <i>Art. 312-7, 314, 372-12 y 409-104</i> <i>Espacio para el alambrado.</i></p>	
<p>Los tableros presentan saturación</p>	<p>TK2A TK1C-R TK1F-R TK2C TKPBC TKPBA</p>	<p>Los conductores no deben ocupar el espacio del alambrado en más del 75% del área de la sección transversal de dicho espacio. La disposición de los conductores debe ser tal que se evite el sobrecalentamiento debido a los efectos inductivos. <i>NOM-001-SEDE-2012.</i> <i>Art. 408-3 y 409-104</i></p>	
<p>Los tableros se encontraron sin envoltente.</p>	<p>TK3A TK1J TKPBA TKPBE</p>	<p>Los dispositivos de sobrecorriente se deben proteger contra daño físico mediante alguno de los siguientes: 1) Instalación en envoltentes, gabinetes, cajas de corte o ensambles de equipos. 2) Montaje en tableros de distribución del tipo abierto, en tableros de alumbrado y control o en tableros de control que se encuentren en habitaciones o envoltentes libres de humedad y de material fácilmente inflamable, y que sean accesibles solamente a personal autorizado. <i>NOM-001-SEDE-2012.</i> <i>Art. 240-30</i></p>	

Observación	Tablero	Recomendación	Evidencia
Se encuentran mal peinados.	TGN TK1A TK2A TKPBC TKPBA	La disposición de los conductores debe ser tal que se evite el sobrecalentamiento debido a los efectos inductivos. <i>NOM-001-SEDE-2012.</i> <i>Art. 408-3</i>	
Se presentan dobleces mayores a 90° en los conductores.	TKSB TKSC TK1A TK2A TK3A TK3B TK1B TK1C-R TK1F-R TK1G-R TK1H TK1I-R TK1J TK2B TK2C TK2D TKPBC TKPBA TKPBD TKPBE TKPBF-R	Los conductores deben ser lo más cortos posible y se deben evitar dobleces innecesarios. <i>NOM-001-SEDE-2012.</i> <i>Art. 312-6</i>	
No corresponde el número de conductores con el diámetro de la tubería (Tubería vs # de conductores)	TK1C-R TK2C TK2D	<i>Se debe dejar espacio suficiente en la tubería para disipar el calor de los conductores.</i> <i>NOM-001-SEDE-2012.</i> Apéndice C (Informativo) Tabla C-1.- Número máximo de conductores o alambres para artefactos en tubería metálica eléctrica (EMT)	

(Elaboración propia)

3.6.3 Bajo Riesgo

En la Tabla 11 aparecen las anomalías identificadas como de Bajo Riesgo en las que se indican falta de mantenimiento que no representa un peligro inmediato siempre que no haya acumulación excesiva de polvo, se observaron diferentes tableros en los que no existe una identificación clara de las fases por colores como se indica en el Capítulo 12 de la dirección general de obras y conservación de la UNAM en materia de instalaciones eléctricas. (UNAM. DGOC, 2015)

Además, es importante mencionar que se descubrió que algunos tableros presentan error de secuencia de fases que, aunque puede afectar el rendimiento de ciertos equipos trifásicos y una secuencia de fases incorrecta puede provocar que un motor gire en

sentido contrario, lo que puede dañar el equipo o afectar procesos industriales. Todas estas anomalías no necesariamente implican un riesgo inmediato.

Tabla 11. Resumen De Anomalías En Los Tableros Específicos clasificadas como de Bajo Riesgo.

Observación	Tablero	Recomendación	Evidencia
No se les ha dado el mantenimiento adecuado de limpieza, ya que se encuentran sucios.	TGN TKSB TKSC TK1A TK2A TK3A TK3B TK1B TK1C-R TK1F-R TK1G-R TK1H TK1I-R TK1J TK2B TK2C TK2D TKPBC TKPBA TKPBD TKPBE	Dar mantenimiento de limpieza y apriete de tornillos una vez al año. Se deben colocar envoltentes construidos para uso interior o exterior para proporcionar un grado de protección al personal contra el contacto accidental con el equipo encerrado, contra la suciedad, lluvia, agua nieve, nieve y tolvana. Para la selección de los elementos que conformarán la instalación eléctrica, se debe tomar en cuenta lo siguiente: Resistencia mecánica y durabilidad, incluyendo, para las partes diseñadas para encerrar y proteger otro equipo, la calidad de la protección suministrada. <i>NOM-001-SEDE-2012.</i> <i>Apéndice D, Tipo 3. Art. 110-3</i>	
Los tableros no respetan el código de colores.	TGN TKSB TKSC TK1A TK2A TK3A TK1B TK1C-R TK1F-R TK1G-R TK1H TKPBC TKPBE	Los conductores se deben encontrar identificados de acuerdo con su función de manera que pueda distinguirse fácilmente si se trata de un conductor de fase, un neutro o una tierra del sistema (<i>Art. 310-110</i>). El código de colores para conductores de corriente alterna es la siguiente: <ul style="list-style-type: none"> •De puesta a tierra (Tierra Física). Sin aislante, Aislante verde, Aislante verde con franjas amarillas (<i>Art. 250-119</i>). •Puesto a tierra (Neutro). Blanco, Gris claro, Tres franjas blancas o grises (<i>Art. 200-6</i>). •No puesto a tierra (Fase). Colores distinguibles de los conductores de puesta a tierra (Tierra Física) y puestos a tierra (Neutros) (<i>Art. 310-110</i>). 	

(Elaboración propia)

3.7 Observaciones sobre la instalación eléctrica

En esta sección se presentan las observaciones derivadas del levantamiento y la evaluación de la instalación eléctrica del Edificio K. Dichas observaciones permiten identificar las principales condiciones operativas, el estado físico de los componentes y las posibles áreas de mejora en cuanto a seguridad, mantenimiento y eficiencia energética. A continuación, se muestran los hallazgos más relevantes detectados durante el análisis.

- El tablero TG tiene un bajo factor de utilización (27%).
- El factor de potencia se encuentra en un rango aceptable.
- En el TG hay una corriente en el neutro, lo que indica que hay un desbalance de cargas en el sistema.
- La variación de tensión y de corriente se encuentra en un rango permisible.
- Las principales anomalías encontradas en los tableros fue una considerable suciedad que indica clara falta de mantenimiento, también se presentan dobleces mayores a 90°, además, existen tableros sin conductor de tierra física y la correcta instalación de éste por falta de barra de tierras, esto es importante ya que el conductor de puesta a tierra garantiza que a través de este circule corriente de falla potencialmente peligrosas para usuarios y/o equipos.
- Algunos tableros presentan problemas de envolvente, saturación, arreglo de conductores (peinado) y aislamiento de conductores, por lo cual es necesario realizar mantenimientos preventivos, se recomienda que este sea al menos una vez al año.
- Contemplar la sustitución del tablero TKSA, este se encuentra obsoleto y en mal estado.
- Contemplar la renovación de algunos ductos y tuberías, como es el caso de la mediateca, ya que presentan oxidación y desgaste y son propensos a dañar a los conductores que se encuentran instalados ahí.

3.8 Resumen y recomendaciones para prevenir riesgos en la instalación eléctrica

A partir de las observaciones obtenidas durante el diagnóstico eléctrico del Edificio K, se elaboró el siguiente conjunto de recomendaciones orientadas a prevenir riesgos, mejorar la seguridad y asegurar el funcionamiento confiable del sistema eléctrico. Estas acciones buscan promover la operación continua y segura de las instalaciones.

- a) Dar mantenimiento al sistema eléctrico especialmente a los elementos como: Tableros interruptores, apagadores y contactos, este mantenimiento consiste en la revisión, apriete de tornillería o sustitución de algún elemento si está dañado. Para evitar fallas de energía eléctrica, mantener la seguridad en las instalaciones eléctricas, y garantizar la continuidad de las labores. Se recomienda ejecutar esta acción una vez al año.
- b) Balancear las cargas de los tableros. Todas las cargas deben estar distribuidas equitativamente en los tableros, para no sobrecargas un solo conductor y generar calentamientos y evitar fallas.

- c) Hay circuitos que no se encontraron sus cargas a menos que alimenten cargas eléctricas fuera de los límites estructurales indicados. Todo cable presente en los ductos ocupa un espacio y limita la disipación del calor. Se recomienda quitar los hilos de los circuitos que no tienen carga en los tableros.
- d) Dar mantenimiento al sistema de alumbrado para evitar la disminución de iluminación en las áreas.

Se detectó que el tablero general (TG) presenta un bajo factor de utilización (27 %), lo que sugiere una sobredimensión del sistema. El factor de potencia se encuentra dentro de un rango adecuado, lo que indica un comportamiento aceptable en términos de eficiencia energética. Sin embargo, se observaron variaciones de voltaje y corriente que podrían estar relacionadas con cargas intermitentes, falta de mantenimiento o deterioro de componentes.

El análisis realizado al sistema eléctrico del Edificio K de la Facultad de Arquitectura de la UNAM permitió identificar algunas deficiencias tanto en el tablero general como en los tableros específicos, que deben ser atendidas para garantizar la seguridad y confiabilidad de la instalación.

La atención oportuna de estas observaciones permitirá prolongar la vida útil del sistema eléctrico, reducir riesgos para nuestra comunidad universitaria y para el personal que se dedique a dar mantenimiento a la instalación, además que, permite sentar las bases para una futura mejora en términos de seguridad.

La instalación eléctrica actual requiere intervenciones correctivas, principalmente en lo relativo a la seguridad eléctrica y la normatividad. Se recomienda priorizar las acciones de mantenimiento y corrección tomando como base el nivel de riesgo identificado en las tablas resumen mostradas en esta sección. Todas las modificaciones o reparaciones deben hacerse conforme a la NOM-001-SEDE-2012 y debe dejarse un respaldo documental de la misma (cuadros de carga, diagrama unifilar, memoria de cálculo, planos, etc.).

Hablando de manera más general y no solamente del Edificio K, en México, el cumplimiento de la NOM-001-SEDE-2012 es obligatorio para garantizar que las instalaciones eléctricas en cualquier espacio público o privado sean confiables y muy seguras. Al garantizar que los sistemas eléctricos estén diseñados, instalados y mantenidos bajo norma, se protege a la sociedad frente a riesgos eléctricos. Este estudio no sólo aporta a la mejora de un edificio específico, sino que también pone en perspectiva la importancia de la seguridad eléctrica que debe garantizarse en todos los entornos donde la población desarrolla sus actividades cotidianas.

4 Estudio del comportamiento energético del Edificio K de la Facultad de Arquitectura

El objetivo de seguir la metodología y las etapas de un diagnóstico energético era conocer el comportamiento del sistema eléctrico, realizar la matriz energética y dar cuenta del uso final de la energía, para así poder identificar áreas de oportunidad y ahorro. El levantamiento eléctrico comenzó en el mes de abril del año 2023.

El levantamiento eléctrico realizado, solamente contempla el Edificio K de la Facultad de Arquitectura que se encuentra dentro de Ciudad Universitaria, sus actividades comienzan a las 7:00 hrs. a aproximadamente las 22:00 hrs. de lunes a viernes y actividades mínimas los sábados de 7:00 hrs. a 12:00 hrs. Se censó aproximadamente un área total de 4,737 m².

El Edificio K, está destinado a actividades de enseñanza, oficinas de académicos, servicios de titulación y negocios orientados a la comunidad universitaria de la Facultad de Arquitectura. La distribución del recinto se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Número De Recintos Por Nivel.

NIVEL	Tipo de Recinto
Sótano	<ul style="list-style-type: none"> • 7 aulas • 1 oficina • 2 salas de Servidores • 1 bodega
Planta Baja	<ul style="list-style-type: none"> • 2 oficinas • 1 sala de Cómputo
Primer Piso	<ul style="list-style-type: none"> • 5 oficinas • 1 biblioteca • 3 sala de juntas • 1 sala de Usos múltiples • 1 pasillo
Segundo Piso	<ul style="list-style-type: none"> • 5 aulas • 1 oficina • 1 pasillo
Tercer Piso	<ul style="list-style-type: none"> • 8 aulas • 1 oficina • 1 pasillo

(Elaboración propia)

Durante la realización de este levantamiento se encontraba cerrada el área de las oficinas del sindicato, que se encuentra en la primera planta, por lo que quedaron fuera del análisis.

Debido a la conexión que tiene el Edificio K con los laboratorios de la Facultad de Arquitectura, los negocios y la DGOAE no se pudo realizar el análisis a la facturación eléctrica.

En todos estos pisos se realizó un censo de todos los dispositivos, para ser registrados en una base de datos, donde se anotó el tipo de dispositivo, su balance de energía, la potencia total y con ayuda del personal y la comunidad universitaria se determinó las horas promedio que pasaban encendidos los dispositivos, los días de la semana; con estos datos se estimó el consumo de energía al día que tenía cada dispositivo cuando se encontraba encendido. También se estimaron las horas en espera que pasaban los dispositivos y se calculó el consumo en espera para poder obtener un consumo total.

Si se desea ver la distribución de los recintos en las diferentes plantas del edificio, estos se encuentran en la sección de Anexos.

A continuación, se presentan los resultados del Levantamiento eléctrico y el trabajo de gabinete realizado.

4.1 Uso de la energía en el Edificio K de la Facultad de Arquitectura

Para conocer el consumo de energía por uso final en el Edificio K, se realizaron mediciones de energía en el tablero general TG ubicado en el sótano de la Facultad de Arquitectura que distribuye la energía al Edificio K, a la DGOAE y talleres de la facultad de Arquitectura; y en los distintos tableros derivados que alimentan de energía eléctrica a cada área del edificio.

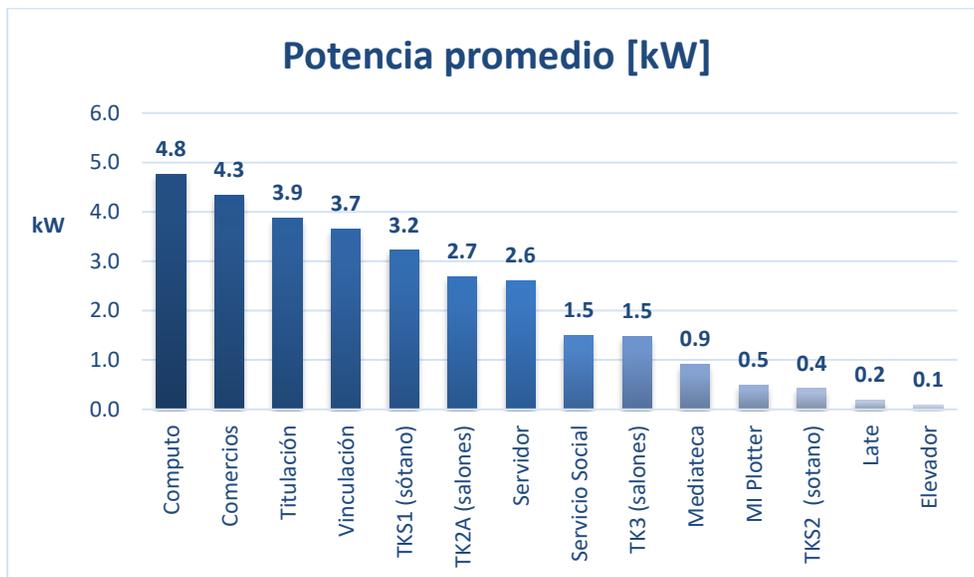
4.2 Consumo anual de energía del Edificio K

A partir de las mediciones realizadas en el tablero TG durante una semana laboral se obtuvo una demanda medida promedio de 91 kW. Tomando en cuenta las semanas laborables y no laborables se realizó un estimado del consumo al anual de energía de 761.7 MWh al año.

La UNAM tiene una tarifa contratada de Gran Demanda Media Tensión Horaria, a partir de las facturas eléctricas se determinó que el costo de energía a nivel general en Ciudad Universitaria es de \$2.00 por kWh utilizado, con estos datos se obtuvo un estimado de costo de energía de \$1,523,407.20 antes de IVA al año.

Cabe mencionar que además se realizó un levantamiento eléctrico en las instalaciones de la Facultad de Arquitectura para realizar el diagrama unifilar del edificio y tener un censo del sistema de iluminación instalado específicamente en el Edificio K. Se midió la demanda de potencia eléctrica por una semana en los catorce circuitos derivados de los tableros TG (ocho) y TSG (seis) del Edificio K, representados a continuación, con el objetivo de conocer la demanda promedio del edificio.

Gráfica 8. Potencia Promedio Por Áreas Del Edificio K.



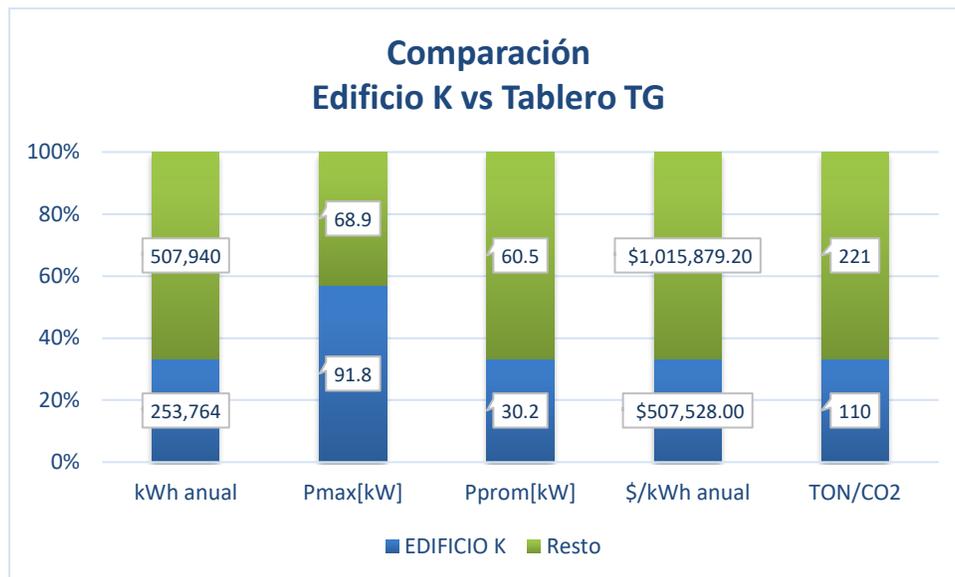
(Elaboración propia)

Se observa en el Gráfica 8 que la demanda más representativa proviene de las áreas de: cómputo, los comercios, titulación, vinculación y las aulas. Tomando en cuenta estos datos, la demanda promedio estimada total del Edificio K es de 31 kW, prácticamente una tercera parte de la total del tablero TG.

Con estos datos se estimó que el consumo anual del Edificio K es de 253,764 kWh, por lo que el costo estimado de energía anual es de \$507,528.00.

Con las mediciones realizadas en el Tablero General y en los tableros secundarios del Edificio K, podemos representarlos en un gráfico como el siguiente (Gráfica 9).

Gráfica 9. Comparación De Valores Del Edificio K Vs El Tablero General



(Elaboración propia)

En general desde el punto de vista eléctrico el Edificio K representa aproximadamente una tercera parte del consumo eléctrico medido del tablero TG, así como de los costos y las emisiones de CO₂, las cuales se estiman en 110 toneladas de CO₂ relacionadas con el Edificio K, cabe mencionar que la diferencia que se muestra en la gráfica está relacionado a la DGOAE y los talleres de la Facultad de Arquitectura que también están conectados al tablero general.

La estimación de las toneladas de CO₂ se realizó con el Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional para el cálculo de las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero por consumo de electricidad para ese año 2023, este valor se indica más adelante. (SEMARNAT, 2023)

4.3 Uso final de la energía

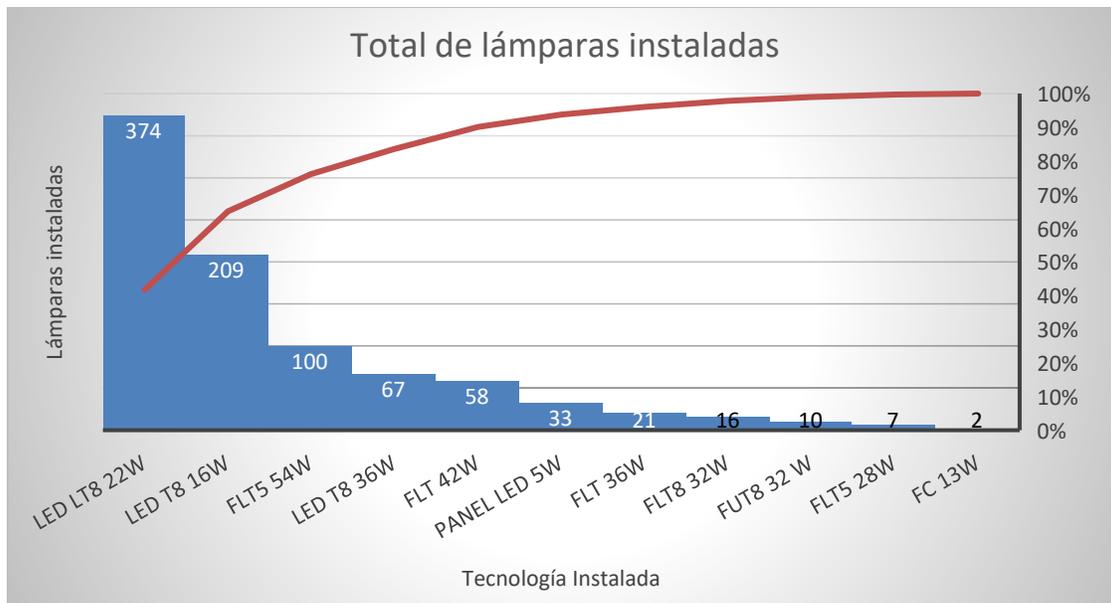
Durante el levantamiento se censó las cargas clasificándolas por sistema de iluminación, cómputo y misceláneos como se mostrará a continuación. Esto fue con la finalidad de conocer la energía asociada a cada uno de estos sistemas, en particular se priorizó el análisis en el sistema de iluminación, ya que en edificios con aulas y/o oficinas este

sistema suele ser representativo, sobre todo, para lograr reducciones importantes de consumo de energía.

4.3.1 Iluminación

Durante el levantamiento se contaron aproximadamente 897 lámparas en todo el Edificio K, con una distribución de acuerdo con su modelo y tipo de tecnología (LED o fluorescente), como se muestra a continuación:

Gráfica 10. Potencia y tecnología de las lámparas contabilizadas.

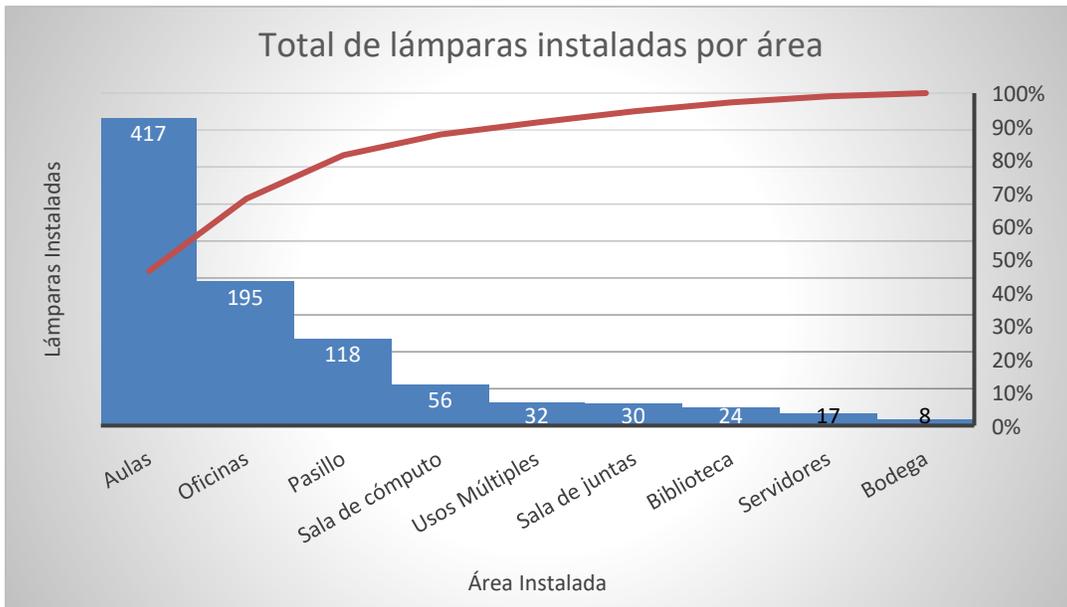


(Elaboración propia)

En el diagrama de Pareto de la Gráfica 10 se observa que los tipos de lámparas más utilizados en el edificio son las LED T8 de 22 W y de 16 W respectivamente y la fluorescente T5 de 54 W, las cuales representan aproximadamente un 80% del total de las lámparas instaladas (683 lámparas).

Se realizó el censo del número de lámparas por área y se identificó la siguiente distribución.

Gráfica 11. Lámparas Por Área



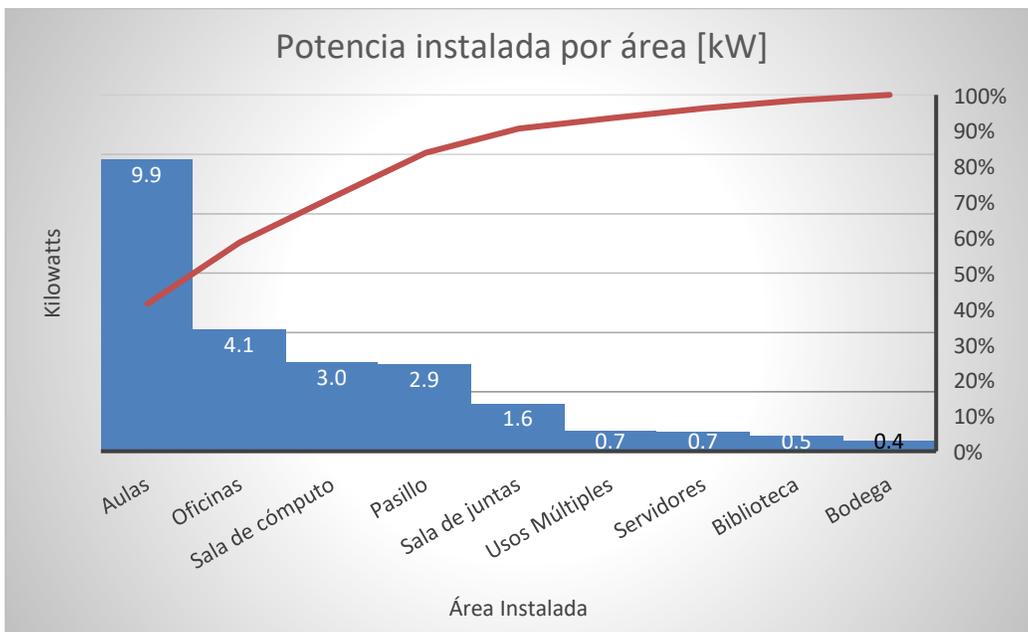
(Elaboración propia)

Según la distribución mostrada en la Gráfica 11, aproximadamente el 80% de las lámparas instaladas (730 lámparas) se encuentran en las aulas, oficinas y pasillos.

4.3.1.1 Potencia de iluminación instalada

A través del censo e identificación de lámparas realizado, se identificó la potencia instalada por área como se observa en la siguiente Gráfica 12.

Gráfica 12. Potencia instalada por área

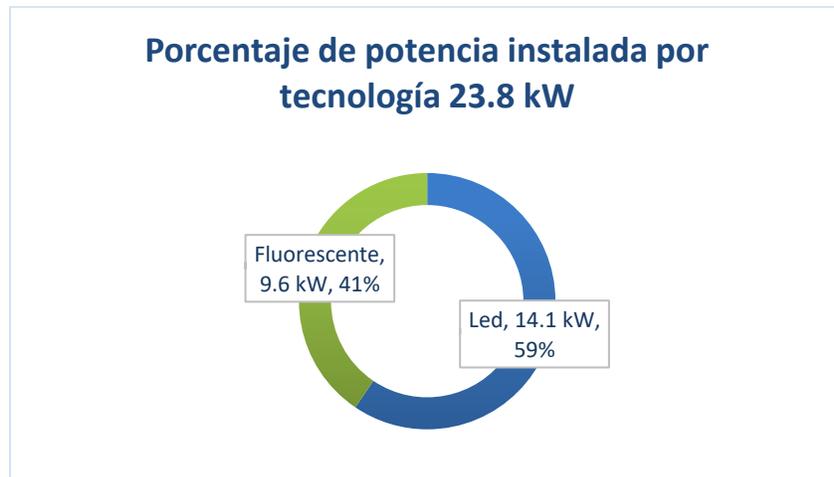


(Elaboración propia)

En el caso de la potencia por área notamos que las aulas, oficinas, sala de cómputo y pasillos son los más representativos. Por lo que se sugiere que en caso de querer realizar un cambio o implementación de ahorro de energía en el edificio se comience por dichas áreas, para que las modificaciones sean representativas.

Las 897 lámparas del Edificio K representan una carga total instalada de 23.8 kW. En la Gráfica 13 se muestra la distribución de la carga instalada por tecnología del Edificio K.

Gráfica 13. Potencia instalada por tecnología.

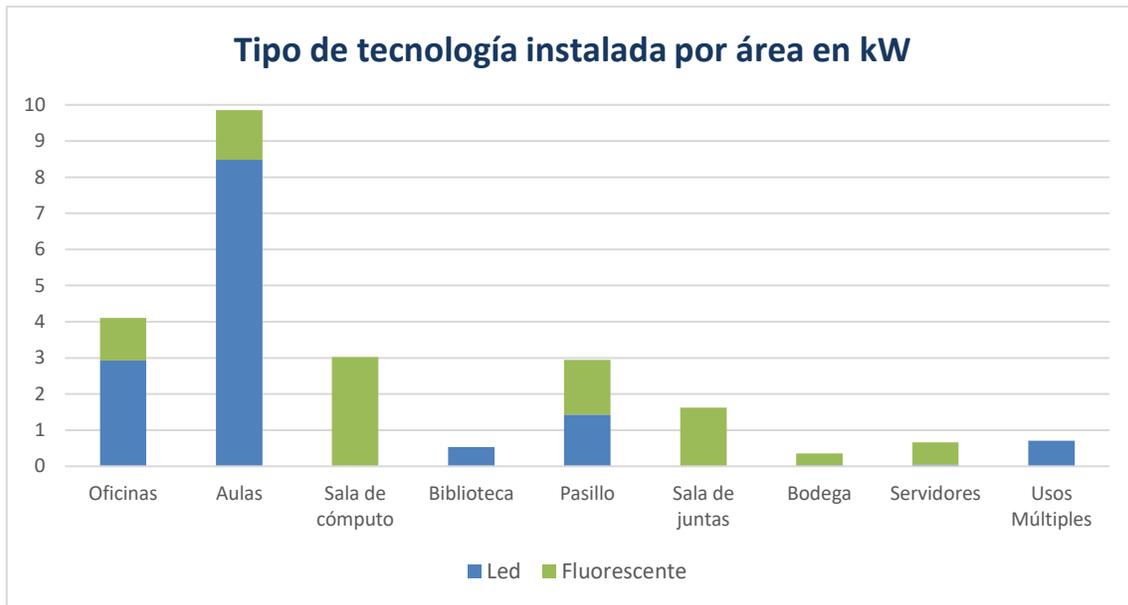


(Elaboración propia)

También en la Gráfica 13 se observa que predomina la tecnología LED con 59% representando 14.1 kW, por lo tanto, la tecnología fluorescente representa un 41%, es decir, una potencia de 9.6 kW.

En la Gráfica 14 podemos notar que las lámparas LED predominan en cuanto a la potencia instalada en las áreas de oficinas, aulas, biblioteca, pasillos. Mientras que las lámparas de tecnología fluorescente se encuentran en las salas de cómputo, salas de juntas, bodega, área de servidores y de modo menos representativo en oficinas y aulas.

Gráfica 14. Potencia instalada por tecnología.

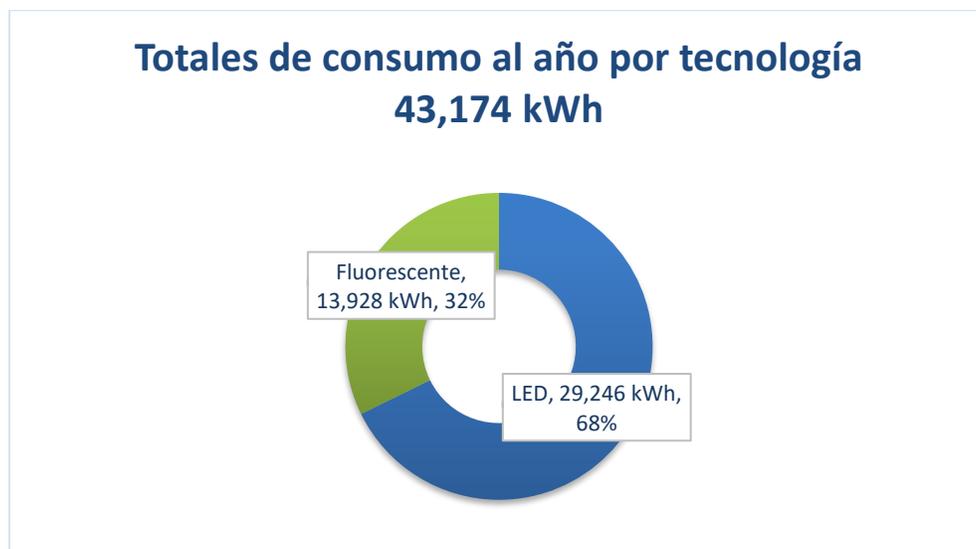


(Elaboración propia)

4.3.1.2 Consumo de energía del sistema de iluminación

A partir del número de lámparas, la potencia identificada y las horas de uso que se proporcionaron a partir de las entrevistas con los usuarios del edificio se realizó un estimado del consumo anual por el equipo de iluminación, el cual resultó ser de 43.18 MWh al año. Además, se identificó el consumo por cada tipo de tecnología como se muestra en la Gráfica 15.

Gráfica 15. Porcentaje de consumo al año por tecnología



(Elaboración propia)

En la Gráfica 15 se observa que la tecnología LED representa el 68% del consumo total del Edificio K en cuanto al sistema de iluminación se refiere.

4.3.2 Cómputo

Para determinar el estimado de consumo de energía por los equipos de cómputo se realizó el censo de las computadoras instaladas en las distintas áreas del edificio (oficinas, aulas de cómputo, cubículos, etc.) En la Tabla 13 se muestra la distribución de equipos por piso.

Tabla 13. Unidades de cómputo en cada piso

UBICACIÓN	CPU	MONITORES
SOTANO	2	2
PLANTA BAJA	170	170
PRIMER PISO	22	22
SEGUNDO PISO	87	87
TERCER PISO	1	1

(Elaboración propia)

Para obtener el consumo del sistema de cómputo se consideraron los siguientes datos; las horas de uso promedio de los equipos, y los días de la semana en que se utilizaban (considerando días festivos y vacaciones), estos datos se obtuvieron después de realizar encuestas a los trabajadores, maestros y alumnos de la comunidad universitaria.

Seguidamente, se registró la marca de los CPU y monitores para buscar en las especificaciones del fabricante la potencia que consumen los dispositivos, en pleno uso y en estado de espera.

Con lo anterior, se estimó un consumo de 147,619 kWh al año. Cabe mencionar que como equipo de cómputo se consideraron únicamente los componentes de CPU y monitores.

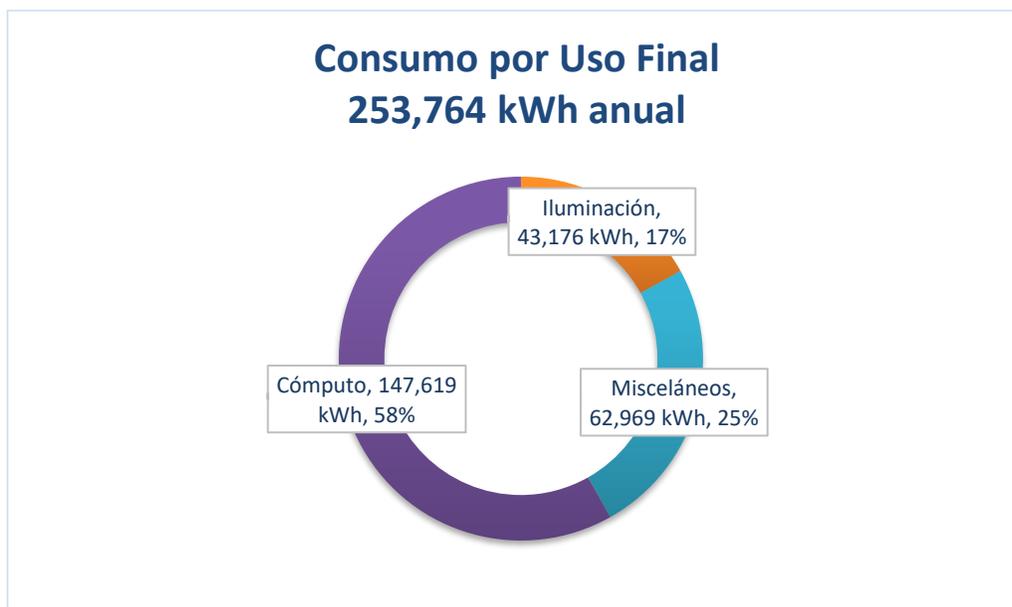
4.3.3 Misceláneos

Como equipos misceláneos se consideraron: sacapuntas, bocinas, ventiladores, cafeteras, entre otros. Con base al censo y al estimado de horas de uso se determinó que se tiene un consumo estimado de 62,969 kWh al año.

4.4 Estimación de consumo por uso final

A partir de los datos estimados anteriores se obtiene que el uso final de la energía de acuerdo con la clasificación propuesta es el que se muestra en la Gráfica 16.

Gráfica 16. Porcentaje de consumo al año.



(Elaboración propia)

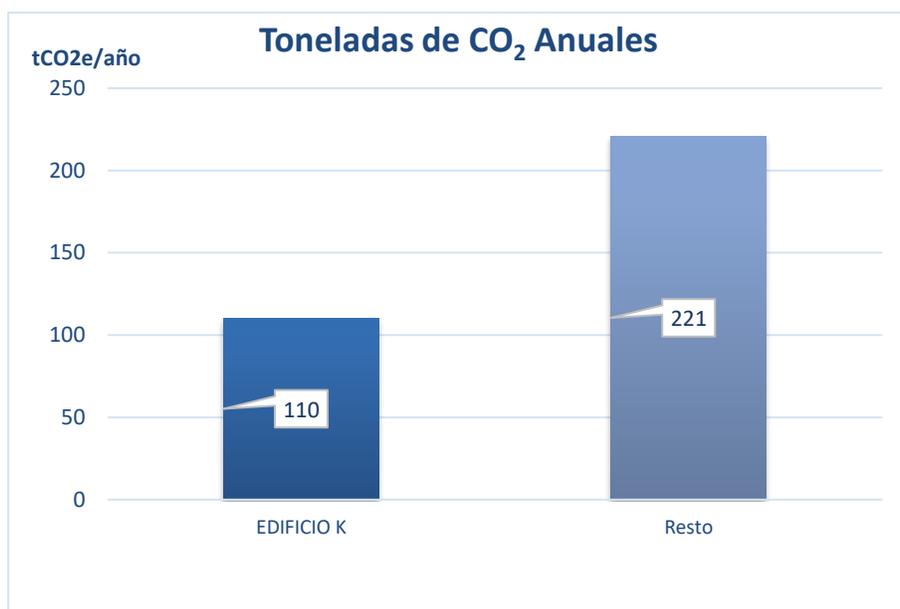
Derivado del consumo total, se observa en la Gráfica 16 que el consumo más representativo del edificio es por el equipo de cómputo con 147.6 MWh (58%) al año, seguido de los misceláneos con aproximadamente 63 MWh (25%) al año y el menor consumo anual es la iluminación con 43.2 MWh (17%).

4.4.1 Emisiones de CO₂ por consumo de energía

Con la estimación del consumo de energía anual del Edificio K se calcularon las toneladas de CO₂ utilizando el Factor De Emisión Del Sistema Eléctrico Nacional correspondiente al año 2022 (recordando que este análisis fue realizado en 2023) el cual, según la Comisión Reguladora de Energía (CRE) es de: 0.435 tCO₂e/MWh Con este dato estimamos que las emisiones del Edificio K anuales son aproximadamente de 110.4 tCO₂e/año (SEMARNAT, 2023).

Se realizó una comparativa de las emisiones del Edificio K y el resto de las cargas conectadas al tablero general (TG) como se muestra en la Gráfica 17.

Gráfica 17. Comparación de toneladas de CO2 al año.



(Elaboración propia)

Se observa la Gráfica 17 que el Edificio K representa aproximadamente la tercera parte de las emisiones calculadas al año del Tablero General.

4.4.2 Recomendaciones

Con base en el análisis del consumo energético por uso final anual, se proponen las siguientes recomendaciones orientadas a optimizar el uso de la energía en el Edificio K.

- Crear una campaña de educación y concientización donde se enseñe a la comunidad sobre la importancia de apagar las luces cuando no las estén utilizando.
- Estandarizar la tecnología de los luminarios instalados, ya que actualmente hay una variedad de tecnologías instaladas con diferentes potencias, eficiencias y temperaturas de color. Esta estandarización permitirá obtener niveles de iluminación más uniformes, facilitar las labores de mantenimiento, reducir el consumo energético y simplificar la reposición de componentes.
- Realizar mantenimiento regular a las luminarias para verificar su correcto funcionamiento, ya que las lámparas sucias o deterioradas reducen su eficiencia lumínica.
- Para reducir el consumo de energía relacionado con los equipos de cómputo se sugiere configurar la opción de ahorro de energía, para que los equipos que no se estén utilizando entren en modo suspensión o hibernación.
- Concientizar a la comunidad acerca de la importancia de apagar los equipos de cómputo una vez finalizadas las actividades.

- Realizar mantenimiento regular a los equipos para asegurar que funcionen de manera eficiente.

Al implementar estas recomendaciones se podría lograr una reducción en el consumo de la energía y promover la concientización de la comunidad universitaria acerca del ahorro y uso eficiente de la energía.

4.5 Resumen del análisis energético por uso final

A partir del levantamiento realizado y la elaboración de la matriz energética del Edificio K, se identificó que el consumo anual más representativo corresponde al sistema de cómputo, lo que representa un 58% del consumo total. Le siguen los equipos misceláneos y finalmente, el sistema de iluminación siendo este último el de menor peso relativo en el consumo total del edificio.

En cuanto al sistema de iluminación, se censaron aproximadamente 897 luminarias, de las cuales el 59% corresponde a tecnología LED y el 41% a tecnología fluorescente. La tecnología LED está mayormente instalada en oficinas, aulas, biblioteca y pasillos, mientras que la fluorescente se concentra en áreas como salas de cómputo, salas de juntas, bodega, área de servidores y en menor medida en oficinas.

Para sugerir una medida de ahorro para el sistema de iluminación se debe tomar en cuenta que a pesar de que la tecnología LED presenta ventajas en eficiencia energética y vida útil, no se puede recomendar su implementación de manera general sin un análisis previo técnico-económico. Este análisis debe considerar el ahorro estimado, los costos de adquisición, instalación y mantenimiento, así como la adecuada distribución para alcanzar los niveles de iluminación requeridos según la norma. Cambiar luminarias sin esta evaluación podría no traducirse en un ahorro real y afectar la calidad del alumbrado en los espacios de trabajo y estudio.

Cualquier propuesta de sustitución de luminarias debe ir acompañada de un estudio técnico que garantice tanto el ahorro energético como el cumplimiento de los requisitos de iluminación, asegurando que es viable económicamente y también funcional.

Conociendo la matriz energética, en páginas posteriores se expone una medida de ahorro de energía de bajo costo para el sistema de computación.

5 Análisis del sistema de iluminación del Edificio K

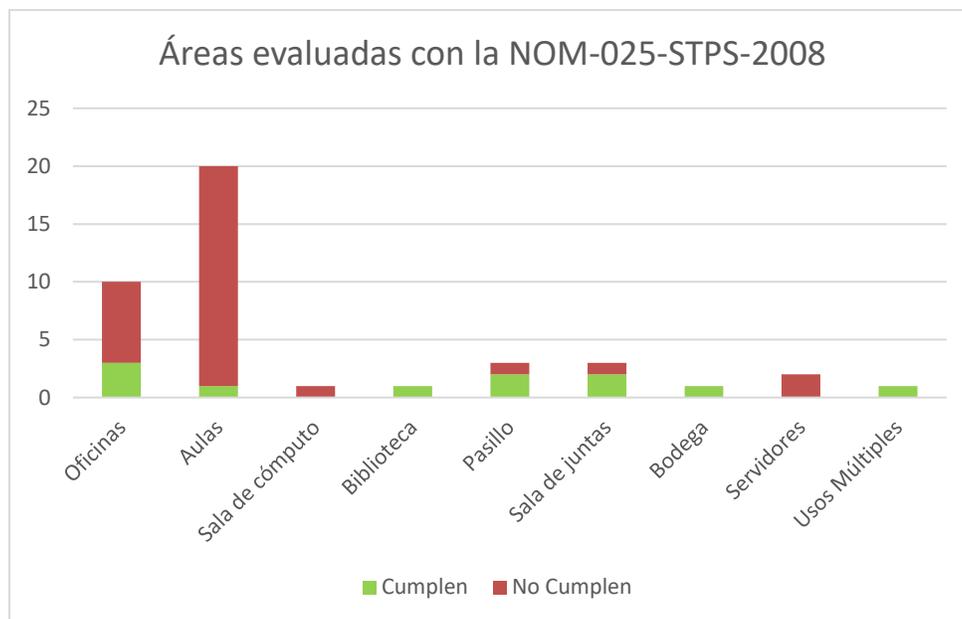
Para evaluar adecuadamente el sistema de iluminación del Edificio K, es necesario considerar el cumplimiento de las dos normativas mencionadas anteriormente la NOM-025-STPS-2008, que establece las condiciones de iluminación adecuadas en los centros de trabajo para garantizar la seguridad y el bienestar del personal, y la NOM-007-ENER-2014, que regula la eficiencia energética en los sistemas de alumbrado. En los apartados posteriores se presentan los resultados obtenidos en relación con ambas normas.

5.1 Resultados del análisis de niveles de iluminación según la NOM-025-STPS-2008

Completando el análisis que ya se hizo en iluminación: número de lámparas, tipo, potencia, consumo, etc. Estos fueron los resultados obtenidos de la evaluación de la norma NOM-025-STPS-2008 en el Edificio K de la Facultad de Arquitectura de la UNAM.

La Gráfica 18 muestra el resultado de las áreas que se evaluaron del Edificio K mencionadas en capítulos previos del trabajo y se representa si estas cumplen o no con los niveles de iluminación de 300 LUXES indicados por la NOM-025-STPS-2008 (NOM-025-STPS, 2008), se expone con color verde las áreas que cumplen y con color rojo las áreas que no.

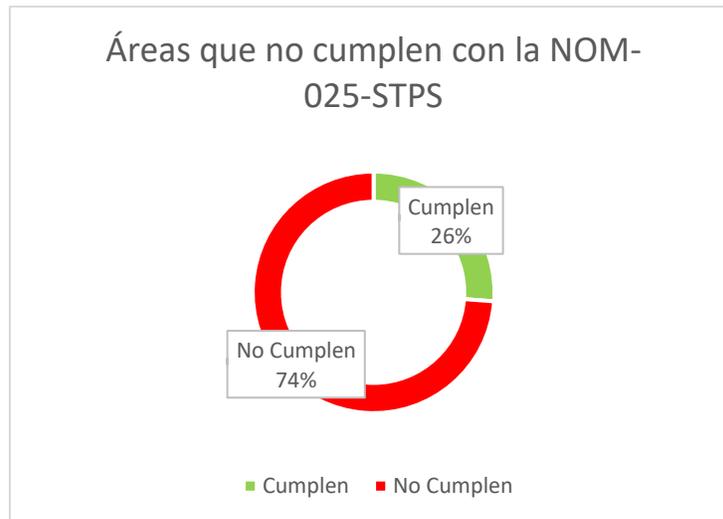
Gráfica 18. Áreas evaluadas para niveles de iluminación.



(Elaboración propia)

Otra forma de exponer los resultados al cumplimiento de la norma, en la Gráfica 19 se ilustran las áreas de todo el edificio que cumplen con los 300 Luxes de iluminación que indica la NOM-025-STPS-2008 mediante porcentajes.

Gráfica 19. Porcentaje de las áreas evaluadas del edificio K que cumplen con los 300 luxes.



(Elaboración propia)

Como se mostró en las gráficas anteriores, el 74% del edificio no cumple con el nivel de iluminación mínimo indicado en la NOM-025-STPS-2008, es decir, la iluminación en su interior no es la adecuada.

Es muy importante conocer estos resultados, ahora que se conoce que no son los resultados deseables en cuanto a niveles de iluminación, existen varias maneras de corregirlo, sin embargo, se requiere más información para sugerir la solución al problema.

La normativa está orientada a garantizar la seguridad y la salud de los ocupantes del edificio, no cumplir con esos requisitos puede afectar la productividad, el bienestar o incluso la seguridad de las personas. Por ejemplo, si los espacios no tienen suficiente luz para realizar tareas de manera segura y eficiente, esto puede causar incomodidad o dificultades en el desempeño de las actividades cotidianas de nuestra comunidad. O si hay zonas del edificio que están demasiado iluminadas o, el caso contrario, que estén demasiado oscuras, puede afectar el confort visual y la eficiencia energética. Un ejemplo más sería en casos de evacuaciones de emergencia, donde una baja iluminación puede poner en riesgo a nuestra comunidad universitaria.

Con el fin de dar conclusiones y recomendaciones extensas y sustentadas, en el próximo capítulo se describirá si el edificio cumple con el DPEA necesario expresado en la NOM-007-ENER-2014.

5.1.1 Resumen y recomendaciones del análisis de cumplimiento de la NOM-025-STPS-2008

El 74% de las áreas del edificio K presentan deficiencias en la iluminación, lo que puede afectar negativamente tanto la salud visual como el desempeño académico y laboral de la comunidad universitaria que utiliza estos espacios.

Durante el levantamiento también se observó que parte de la comunidad (alumnos y docentes) opta por mantener apagadas las luminarias durante el día, aparentemente para facilitar el uso del proyector, aunque en muchos casos este no se encuentra en uso. Este hábito que tienen en la Facultad de Arquitectura, si bien puede tener una intención de ahorro o comodidad visual, agrava aún más las condiciones de iluminación y genera inconsistencias con las recomendaciones normativas de seguridad.

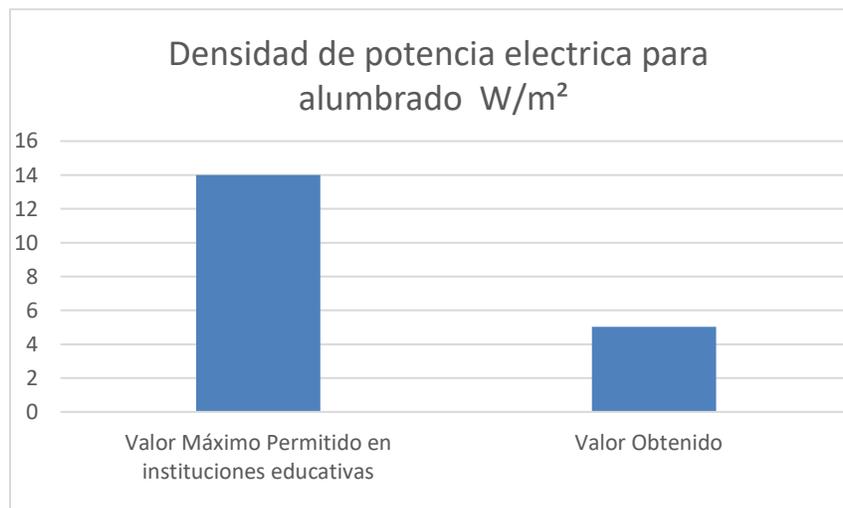
Como posible solución, se podría reconfigurar el sistema de iluminación mediante la redistribución de luminarios existentes de una manera eficiente o la incorporación de nuevas unidades, cuidando que no se exceda el DPEA (Densidad de Potencia Eléctrica en Alumbrado) permitido que se expondrá en el siguiente capítulo. También puede considerarse la sustitución por luminarios de mayor eficiencia luminosa, lo cual deberá acompañarse de un análisis técnico y económico, incluyendo un análisis de retorno de inversión, para asegurar que la medida sea viable.

5.2 Eficiencia energética del sistema de iluminación del Edificio K conforme a la NOM-007-ENER-2014.

Después del levantamiento se conoce la carga total conectada para el alumbrado, sabemos que esta carga es de aproximadamente 23.8 kW, mientras que el área total iluminada que se obtuvo del censo fueron 4,737 m², lo que permite calcular una densidad de potencia eléctrica en alumbrado (DPEA) de 5.02 W/m².

En este caso el Edificio K de la Facultad de Arquitectura no supera el valor máximo especificado para instituciones educativas de 14 W/m² de acuerdo con la norma NOM-007-ENER-2014, esto quiere decir que la cumple, sin embargo, está muy por debajo del valor máximo establecido por la norma, se puede observar de manera ilustrativa en la Gráfica 20 que el DPEA obtenido es menos de la mitad del valor límite que presenta la norma y después de conocer los resultados de niveles de iluminación se pueden sacar conclusiones y recomendaciones importantes.

Gráfica 20. Comparación del DPEA especificado por la norma y el obtenido en el Edificio K



(Elaboración propia)

5.2.1 Resumen y recomendaciones del análisis de cumplimiento con la NOM-007-ENER-2014

El análisis del sistema de alumbrado en el Edificio K, con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, indica que se cumple con los criterios establecidos de eficiencia energética en cuanto a la Densidad de Potencia Eléctrica en Alumbrado (DPEA). Se obtuvo un valor de 5.02 W/m², significativamente inferior al límite máximo permitido de 14 W/m² para instituciones educativas.

Este resultado demuestra que el edificio opera con una instalación de alumbrado eficiente desde el punto de vista energético. Sin embargo, el cumplimiento del DPEA no debe interpretarse como garantía de contar con niveles de iluminación adecuados, ya que la eficiencia energética mide el consumo eléctrico, no la calidad visual del entorno.

5.3 Análisis general del sistema de iluminación y recomendaciones

Al comparar el cumplimiento de la NOM-007-ENER-2014 con los resultados obtenidos en la evaluación de niveles de iluminación conforme a la NOM-025-STPS-2008, se observa que el 74% de los espacios no alcanza los 300 luxes mínimos requeridos. Esto evidencia que, aunque el sistema cumple con los límites de eficiencia energética, la iluminación es insuficiente para garantizar condiciones visuales seguras y cómodas.

Se recomienda realizar un rediseño parcial del sistema de alumbrado, con la incorporación de luminarios adicionales o de mayor eficiencia, procurando mantener el DPEA dentro del rango permitido por la norma. Esta medida permitiría mejorar las condiciones lumínicas sin comprometer la eficiencia energética.

Evaluar la adopción de tecnologías de iluminación más eficientes y la implementación de estrategias de ahorro energético contribuirían a reducir la demanda eléctrica, disminuyendo las emisiones de CO₂ asociadas a la generación eléctrica.

6 Medida de Ahorro Recomendada

Este capítulo se presenta al final del trabajo como una propuesta derivada del análisis realizado en los capítulos anteriores, donde se evaluó el consumo por uso final de la energía en el Edificio K. Después de identificar los patrones de consumo en iluminación, cómputo y cargas misceláneas, se determinó que el sistema de cómputo representa el mayor consumo de energía eléctrica, con un 58% del total anual.

Por esta razón, la medida de ahorro propuesta se centra en este sistema de computación, con el objetivo de reducir el consumo de energía mediante acciones de optimización operativa y uso eficiente del equipo.

En este edificio, se identificó un total de 282 equipos de cómputo (computadoras de escritorio y su monitor) que se utilizan de manera continua a lo largo del día por estudiantes y personal administrativo, sin medida en el uso de la energía.

Para evaluar el impacto del consumo de estos equipos y explorar posibles estrategias de ahorro energético, se utilizó la herramienta de *Energy Star Computer Power Management Savings Calculator*, una macro que permite estimar el ahorro máximo

potencial de energía y los beneficios económicos derivados de la implementación de esta medida de ahorro en el sistema de cómputo. Esta herramienta de *Energy Star* proporciona estimaciones basadas en el uso promedio de los equipos y el consumo de energía, tomando en cuenta variables como el tipo de dispositivo, su uso y las configuraciones energéticas activas (Energy Star, 2014).

Para obtener los resultados de esta simulación con esta herramienta. Los datos que se utilizaron fue los 282 monitores y las 282 computadoras de escritorio, se ajustó a que los monitores entraran a modo ahorro de energía después de 15 minutos de inactividad y la computadora después de 30 minutos. También se agregó la potencia en Watts que demandan los equipos en modo hibernación, cuando están inactivas y cuando se encuentran apagadas de la siguiente manera presentada en la Tabla 14:

Tabla 14. Potencia en Watts que se registró en la herramienta de *Energy Star*.

		Watts
Monitores de escritorio	1) Potencia Modo Inactivo	34.9
	2) Potencia Modo Suspensión	2
	3) Potencia cuando está Apagada	1
Computadores de escritorio	1) Potencia Modo Inactivo	48.1
	2) Potencia Modo Suspensión	2.3
	3) Potencia cuando está Apagada	1

(Elaboración propia)

Con ayuda de las entrevistas que se realizaron en el levantamiento determinamos que las computadoras se utilizan aproximadamente 6 horas, durante 5 días a la semana y registramos aproximadamente 40 días de inactividad debido a vacaciones. Con todos estos datos la macro enseñó una estimación de ahorros.

Una de las estrategias más efectivas para reducir el consumo energético de estos equipos es activar el modo de ahorro de energía en cada uno de ellos. Este modo reduce el consumo eléctrico al poner los equipos en un estado de bajo consumo cuando no están en uso, lo que resulta en una significativa reducción en la cantidad de energía utilizada. Al implementar este ajuste en todos los equipos de cómputo del Edificio K, se esperaba obtener los siguientes beneficios:

Una reducción del consumo de energía. Activar el modo de hibernación en los 282 equipos permitirá una disminución en el tiempo que funciona a plena potencia, especialmente durante los periodos de inactividad. *Energy Star* calcula que esta práctica podría ahorrar 65,849.1 kWh al año (Energy Star, 2014).

También se esperaba un ahorro económico, utilizando los datos proporcionados por *Energy Star* sobre el costo promedio de la electricidad, se realizó un cálculo estimado del ahorro económico. Al reducir el consumo de energía de cada equipo lograr un ahorro anual significativo en la factura de electricidad del edificio de aproximadamente \$135,138.83 pesos mexicanos.

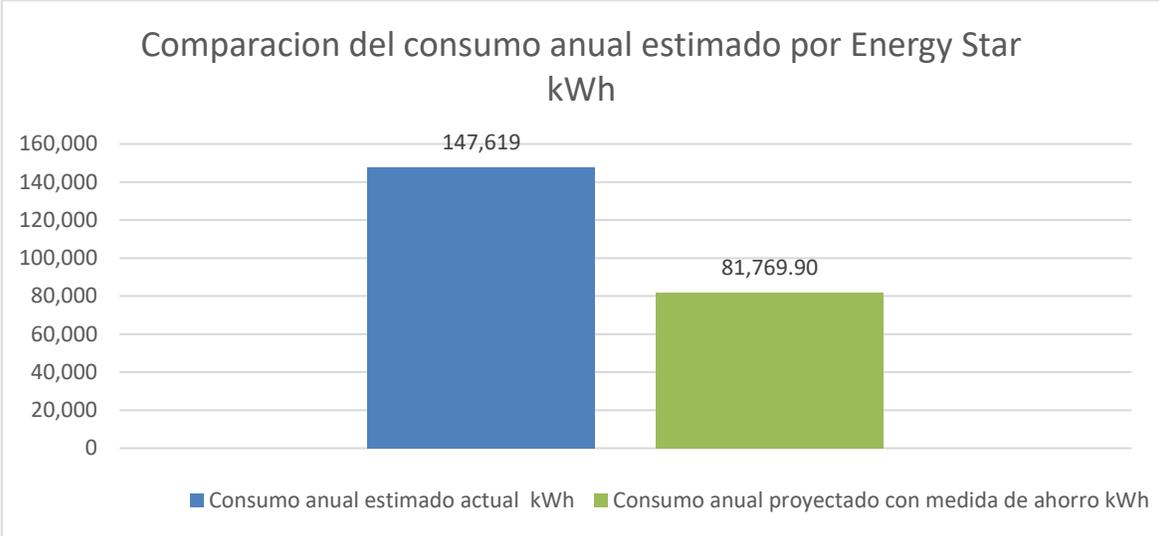
Otra consecuencia sería la reducción del impacto ambiental, esta medida contribuiría a la reducción de la huella de carbono del edificio, dado que un menor consumo energético implica menos emisiones de gases de efecto invernadero, alineándose con los objetivos de eficiencia energética de la institución.

A continuación, se presenta un resumen de los resultados obtenidos a través de la herramienta *Energy Star* (Energy Star, 2014):

- Consumo actual anual: 147,619 kWh
- Consumo anual proyectado con propuesta de ahorro: 81,769.9 kWh
- Ahorro de energía anual: 65,849.1 kWh
- Ahorro económico anual estimado: \$135,138.83 pesos mexicanos.

En la Gráfica 21 se puede visualizar el consumo anual comparado utilizando esta medida de Ahorro de Energía que puede ser ejecutada con bajo costo y vale la pena ser implementada.

Gráfica 21. Consumo anual del sistema de Cómputo con medida de ahorro implementada



Elaboración propia con la calculadora de (Energy Star, 2014)

Podemos decir que, la activación del modo de ahorro de energía en los equipos de cómputo del Edificio K representa una medida sencilla, de bajo costo y con potencial de impacto significativo. Su implementación permitiría reducir significativamente el consumo eléctrico y los costos asociados, además de fomentar el uso responsable de la energía dentro de la comunidad universitaria.

Conclusiones

El presente trabajo cumplió con el objetivo de analizar la instalación eléctrica, el sistema de iluminación y el consumo por uso final de la energía del Edificio K de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, permitiendo identificar tanto las condiciones actuales de operación como las principales áreas de oportunidad en materia de seguridad y eficiencia energética.

Se identificaron diversas anomalías en la instalación eléctrica que representan un riesgo para la seguridad de los usuarios. Entre las más relevantes y que tienen más impacto en la seguridad se encuentran tableros sin barras de tierra, conductores sin aislante y tableros sin interruptor principal. Estas condiciones evidencian la falta de mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que se recomienda atenderlas conforme a la NOM-001-SEDE-2012 y las disposiciones de la DGO, con el fin de garantizar la seguridad y el cumplimiento normativo.

En relación con el análisis del uso de la energía del Edificio K, se estimó una demanda promedio estimada total de 31 kW y un consumo anual de aproximadamente 253,764 kWh, equivalente a un costo anual aproximado de \$507,528.00 pesos mexicanos. A partir de la matriz energética, se determinó que el 58% del consumo corresponde al sistema de cómputo, seguido por los misceláneos que representan el 25% y finalmente por el sistema de iluminación con 17%, lo que permitió identificar el equipo de cómputo como el principal responsable del consumo de energía. Este hallazgo sirvió como base para proponer una medida de ahorro mediante la activación de modos de suspensión, la cual podría generar un ahorro anual de energía consumida estimado en 65,849 kWh y \$135,138.83 pesos mexicanos, sin requerir inversión en infraestructura, solamente en concientización.

Con respecto al cumplimiento normativo, se observó que el sistema de alumbrado cumple con la NOM-007-ENER-2014, ya que presenta una Densidad de Potencia Eléctrica en Alumbrado (DPEA) de 5.02 W/m², inferior al límite máximo permitido. Sin embargo, de acuerdo con la NOM-025-STPS-2008, el 74% de las áreas evaluadas no alcanza los niveles mínimos de iluminación requeridos, lo que demuestra que la eficiencia energética no necesariamente garantiza condiciones de iluminación adecuadas. Por ello, se recomienda evaluar un rediseño parcial del sistema de alumbrado que permita mejorar los niveles de iluminación sin exceder los límites normativos establecidos.

Aunque el estudio presentó limitaciones, como la falta de acceso completo a la facturación eléctrica y a ciertos espacios del edificio, la información obtenida fue suficiente para elaborar un análisis energético. Los resultados obtenidos sientan las bases para futuras acciones que no son parte del alcance de este trabajo, orientadas a mejorar la infraestructura eléctrica, promover el uso racional de la energía y fortalecer la cultura de eficiencia energética dentro de la Facultad de Arquitectura. Además, este trabajo representa una referencia útil para estudiantes y proyectos futuros que busquen optimizar el desempeño energético en instalaciones universitarias.

Trabajos a Futuro

A partir del presente estudio, que sienta las bases y evidencia de diversos problemas y oportunidades de mejora en las instalaciones eléctricas y el sistema de alumbrado de la Facultad de Arquitectura de la UNAM, se identificaron varios posibles trabajos futuros para optimizar la calidad de la energía, mejorar la eficiencia y seguridad de la infraestructura existente que beneficiarán a toda la comunidad universitaria. Los trabajos mencionados podrían ser los siguientes:

- Diagnóstico energético completo

Los datos obtenidos en el diagnóstico energético permitirán identificar más potenciales de ahorro que serán la base para formular propuestas para mejorar la eficiencia energética y la seguridad eléctrica.

Los hallazgos del análisis energético y del sistema de iluminación pueden servir para promover prácticas de eficiencia energética aplicables en hogares, pequeñas empresas y otras instituciones, fomentando un consumo responsable de la energía y contribuyendo a la reducción de emisiones de CO₂, si todos empezáramos en nuestros hogares, el impacto en toda la sociedad sería significativo.

- Rediseño del sistema de alumbrado

Otro aspecto identificado en este trabajo es que con la instalación y tecnología actual no se cumplen los niveles mínimos de iluminación establecidos por la norma NOM-025-STPS-2008. Con esto se puede sugerir un rediseño del sistema de alumbrado, buscando elevar los niveles de iluminación, pero cuidando que dicho incremento no implique un aumento excesivo de la densidad de potencia eléctrica por metro cuadrado.

En este rediseño, se debería considerar algunos factores mencionados en este trabajo, por ejemplo, la estandarización del sistema de alumbrado, ya que se puede observar en la Gráfica 10 que actualmente se utilizan luminarios de distintas tecnologías y calidades, esto puede dificultar el mantenimiento y reducir la eficiencia general. Una estandarización en los luminarios podría permitir homogeneizar el desempeño de las luminarias, facilitar su reposición y garantizar la compatibilidad con la normatividad vigente. Otro factor que considerar es el uso de tecnologías eficientes, por ejemplo, una propuesta sería priorizar el uso de tecnología LED de alta eficiencia y bajo consumo, la cual según sugieren muchos fabricantes ofrece una excelente relación lumen/watt, prolongada vida útil y bajos costos de mantenimiento.

- Análisis de retorno de inversión

Se reconoce que, con la propuesta anterior de modelar un nuevo sistema de alumbrado rediseñado, se debe realizar un análisis financiero del retorno de inversión que cuantifique para la UNAM los beneficios económicos derivados de la sustitución de las luminarias existentes por tecnología LED. Este análisis debería contemplar diversos puntos, por ejemplo, la inversión inicial en nuevas luminarias, los ahorros energéticos estimados por la mayor eficiencia del sistema, la reducción en costos de mantenimiento y la vida útil proyectada de los equipos. Además, si la UNAM lo considera relevante,

podríamos analizar la reducción de emisiones que se obtendrían con el uso de esta tecnología.

El objetivo de este trabajo futuro sería demostrar la viabilidad económica del proyecto, fundamentando la propuesta ante las autoridades universitarias y facilitando su ejecución si es que se llevara a cabo.

Es importante mencionar que el nuevo sistema de iluminación rediseñado debe cumplir con los criterios, requisitos y procedimientos establecidos por la Dirección General de Obras y Conservación (DGOC) de la UNAM. Esto le garantizará a la UNAM que las nuevas instalaciones se adecuan a la normatividad interna, a los lineamientos de seguridad y funcionalidad institucionales, y a las necesidades propias de la comunidad universitaria.

Estas simplemente son breves recomendaciones de proyectos futuros que son más fáciles de identificar después de terminar de leer y desarrollar este trabajo en el que se resaltaron diversas deficiencias y se señalaron algunas recomendaciones. Agradezco infinitamente la oportunidad que se me dio al participar en este servicio social y de estudiar en la Facultad de Ingeniería, espero que con este trabajo exista visibilidad para fortalecer la infraestructura eléctrica de nuestras instalaciones universitarias, asegurando eficiencia y seguridad a largo plazo, para que las instalaciones de la UNAM sean una más de las cosas por las que es reconocida nuestra universidad.

Si se aplicaran medidas de ahorro, debería establecerse un programa de seguimiento periódico que permitirá evaluar los avances en ahorro económico, mejora de la eficiencia energética y seguridad en los espacios educativos y laborales, asegurando que los beneficios de estos estudios se extiendan de manera sostenida a la sociedad.

Bibliografía

- CONUEE. (2016). *Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. Contratos de Desempeño energético en las dependencias y entidades de la Administración pública federal: evolución y perspectiva*. Obtenido de Cuadernos de la CONUEE, Número 3:
https://www.conuee.gob.mx/transparencia/boletines/Cuadernos/cuadernosConuee_3.pdf
- AEMC INSTRUMENTS. (2023). *PowerPad III Model 8336*. Obtenido de Power Analyzers / Energy Loggers: <https://www.aemc.com/products/power-analyzers/power-8336>
- Betancourt Morffis, U., Franquiz, G., & Rodríguez Sánchez, Yadamý. (2020). *EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DEL CENTRO DE ELABORACIÓN DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA COMERCIAL CENTRO*. Obtenido de Universidad de Matanzas:
https://www.researchgate.net/publication/359266295_EVALUACION_DEL_SISTEMA_DE_ILUMINACION_DEL_AREA_DE_PRODUCCION_DEL_CENTRO_DE_ELABORACION_DE_LA_UNIDAD_ADMINISTRATIVA_COMERCIAL_CENTRO
- CFE. (2005). *Comisión Federal de Electricidad. Desviaciones Permisibles en las Formas de Onda de Tensión y Corriente en el Suministro y Consumo de Energía Eléctrica*. Obtenido de CFE L0000-45: <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/v/L0000-45.pdf>
- Colaboración: FIDE y CNEE. (2010). *Curso Promotores de Ahorro y Eficiencia de Energía Eléctrica*. Obtenido de Diagnósticos Energéticos :
[https://www.cnee.gob.gt/eficienciaenergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20I%20\(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos\).pdf](https://www.cnee.gob.gt/eficienciaenergetica/FIDE/001%20M%C3%B3dulo%20I%20(Diagn%C3%B3sticos%20Energ%C3%A9ticos).pdf)
- CONUEE. (Octubre de 2024). *Guía básica para realizar un Diagnóstico Energético*. Obtenido de Coordinación de Gestión de la Eficiencia Energética:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/1031843/Gu_a_para_elaboraci_n_de_un_Diagn_stico_Energ_tico.pdf
- CONUEE. (Mayo de 2024). *Herramienta para el ajuste del factor de potencia*. Obtenido de Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía:
https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/herramienta-para-el-ajuste-del-factor-de-potencia?utm_source=chatgpt.com
- CONUEE. (Junio de 2025). *Guía metodológica para el Diagnóstico Energético en Instalaciones*. Obtenido de Secretaría de Energía, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía. :
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/1021885/Gui_a_para_diagno_sticos_energe_ticos_Conuee_.pdf
- CRE. (2016). *Comisión Reguladora de Energía. Manual Regulatorio de Requerimientos Técnicos para La Conexión de Centros de Carga*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación:

<https://es.scribd.com/document/595316368/Manual-Regulatorio-de-Requerimientos-Tecnicos-para-la-Conexion-de-Centros-de-Carga>

Dirección General de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2010). *Guía Informativa de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, Condiciones de Iluminación en los Centros de Trabajo*.

Obtenido de Secretaría del Trabajo y Previsión Social:

https://www.stps.gob.mx/bp/secciones/dgsst/publicaciones/guias/guia_025.pdf

DOF. (2013). *PROYECTO DE NORMA OFICIAL MEXICANA PROY-NOM-007-ENER-2013, EFICIENCIA ENERGETICA PARA SISTEMAS DE ALUMBRADO NO RESIDENCIALES*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación: https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5331452

Eicher, L. D. (1997). Friendship Among Equals. En L. D. Eicher, *Friendship Among Equals*. ISO CENTRAL SECRETARIAT.

Energy Star. (2014). *Energy Star Computer Power Management Savings Calculator*. Obtenido de <https://1drv.ms/x/c/5777354129dc8ae2/EUDlwUqYda1NuZbyNb1sf5AB9v72zckRCjqkGgyh1elatA?e=D6hrXx>

Facultad de Arquitectura. (2024). *Facultad de Arquitectura, UNAM*. Obtenido de Historia:

<https://arquitectura.unam.mx/facultad/historia>

IMSS. (2022). *Instituto Mexicano del Seguro Social. Prevención de Accidentes de Trabajo en Mano y Tobillo*. Obtenido de Entornos Laborales Seguros y Saludables:

<https://elssa.imss.gob.mx/files/L1-FT-PC15.pdf>

Kelsey, J. (18 de June de 2021). *Your Guide to Level 1, 2 & 3 Commercial Energy Audits: Differences Between Cost & Content*. Obtenido de ASHRAE: <https://kw-engineering.com/guide-energy-audit-level-1-2-3-commercial-building-differences-cost-content/>

Ley Federal sobre Metrología y Normalización. (1 de Julio de 1992). *Diario Oficial de la Federación*. Obtenido de

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/107522/LEYFEDERALSOBREMETROLOGIAYNORMALIZACION.pdf>

NOM-001-SEDE. (2012). *Norma Oficial Mexicana, INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)*.

Obtenido de https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5280607

NOM-007-ENER. (2014). *Norma Oficial Mexicana, Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación:

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355593&fecha=07/08/2014#gsc.tab=0

NOM-025-STPS. (2008). *Norma Oficial Mexicana. Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo*. Obtenido de Diario Oficial de la Federación:

<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3581/stps/stps.htm>

SEMARNAT. (Diciembre de 2023). *Manual de Procedimientos para la Elaboración de Normas Oficiales Mexicanas*. Obtenido de SEMARNAT:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/883002/381265608_MP-Elaboracio_n_NOM_Editado.pdf

SEMARNAT. (2023). *Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Factor de Emisión del Sistema Eléctrico Nacional 2022*. Obtenido de Registro Nacional de Emisiones:
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/807500/aviso_fesen_2022.pdf

UNAM. DGOC. (2015). *Disposiciones en Materia de Instalaciones Eléctricas*. Obtenido de Dirección General de Obras y Conservación:
https://abogadogeneral.unam.mx/pdf/2016/Disposiciones_Electricas.pdf

UNAM. DGOC. (2020). *DGOC / Objetivo y funciones*. Obtenido de Dirección General de Obras y Conservación: <https://www.obras.unam.mx/pagina/index.php/main/index/page/objetivo>

Agradecimientos

Al Mtro. Iván Urzúa por su paciencia, sus palabras de apoyo, dedicarle tiempo a cada una de las revisiones y sus constantes consejos de mejora. Sin su guía y compromiso este trabajo no habría sido posible.

A mi jurado, la Mtra. Judith Navarro, al Dr. Sergio Quezada, al Ing. Alberto Cortez y la Dra. Azucena Escobedo que todos ustedes fueron mis profesores durante la carrera. Gracias por dedicar tiempo y esfuerzo para revisar este trabajo, ustedes fueron mis mentores, me enseñaron sobre esta carrera y todos contribuyeron en la construcción del profesional que soy.

A la Doctora Azucena Escobedo que me sugirió esta manera de titulación hace mucho tiempo y hoy pudo ser realidad.

A mis padres Yolanda Rojas y Rubén Ortega por su amor incondicional y apoyo en cada paso de la vida. Han trabajado duro para sacarnos adelante a mí y a mis hermanos. Espero que se sientan orgullosos y cada logro que tenga se los dedico a ustedes por su duro esfuerzo.

A Paola, Ricardo y Cesar por alegrar mis días y recordarme la importancia de disfrutar el camino.

Gracias a todos ustedes que de distintas maneras contribuyeron a que yo llegara hasta aquí. No hay palabras suficientes para expresar mi gratitud.

Anexos.

Tabla 15. Tableros Específicos.

Tablero	Marca	Interruptor	Alimentadores
<i>TGN-DER</i>	Square D	3x1600 A	18H-500 KCM
<i>TGN-IZQ</i>	Square D	3x1600 A	18H-500 KCM
<i>TSGS</i>	Square D	No aplica	3H-500 KCM
<i>TKSA</i>	Square D	1x150 A	3H-1/0 AWG
<i>TKSB</i>	Square D	3x100 A	3H-4 AWG
<i>TKSC</i>	Square D	N/A	3H- 1/0 AWG
<i>TK1A</i>	Square D	N/A	3H-6 AWG
<i>TK2A</i>	Square D	N/A	3H-2 AWG
<i>TK3A</i>	Square D	3x100 A	3H-4 AWG
<i>TK3B</i>	Square D	3x70 A	3H-4 AWG
<i>TK1B</i>	Square D	3x125 A	3H- 2 AWG
<i>TK1C-R</i>	Square D	3x50 A	3H- 8 AWG
<i>TK1D</i>	Square D	N/A	3H-4 AWG
<i>TK1E-R</i>	Square D	N/A	3H-6 AWG
<i>TK1F-R</i>	Square D	3x100 A	3H-2 AWG
<i>TK1G-R</i>	Square D	1x100 A	3H-6 AWG
<i>TK1H</i>	Square D	3x100 A	3H-6 AWG
<i>TK1I-R</i>	Square D	3x50 A	3H-2 AWG
<i>TK1J</i>	Square D	3x125 A	3H- 2 AWG
<i>TK2B</i>	Square D	3x225 A	3H- 1/0 AWG
<i>TK2C</i>	Square D	3x100 A	3H- 1/0 AWG
<i>TK2D</i>	Square D	3x100 A	3H- 1/0 AWG
<i>TK2E</i>	Square D	3x50 A	3H- 1/0 AWG
<i>TKPBC</i>	Square D	N/A	3H-6 AWG
<i>TKPBA</i>	Square D	N/A	3H-4/0 AWG
<i>TKPBD</i>	Square D	3x125 A	3H-2AWG
<i>TKPBE</i>	Square D	3x100 A	3H-6AWG
<i>TKPBF-R</i>	Square D	N/A	3H-6AWG
<i>TKPBG</i>	Square D	3x100 A	3H-2AWG
<i>TKPBB</i>	Square D	3X50 A	3H-1/0AWG

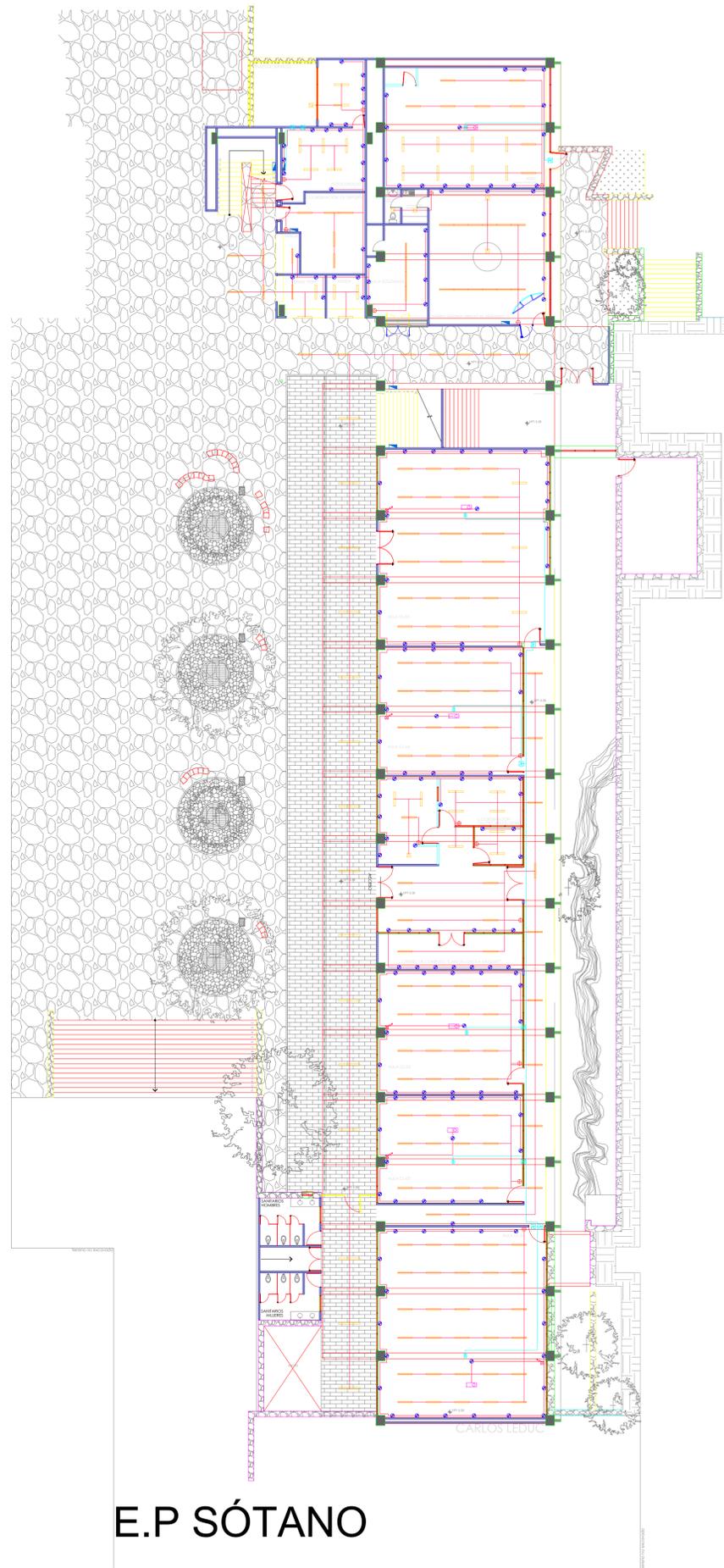
Tabla 16. Niveles de Iluminación

Tarea Visual del Puesto de Trabajo	Área de Trabajo	Niveles 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.	1,000
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.	2,000

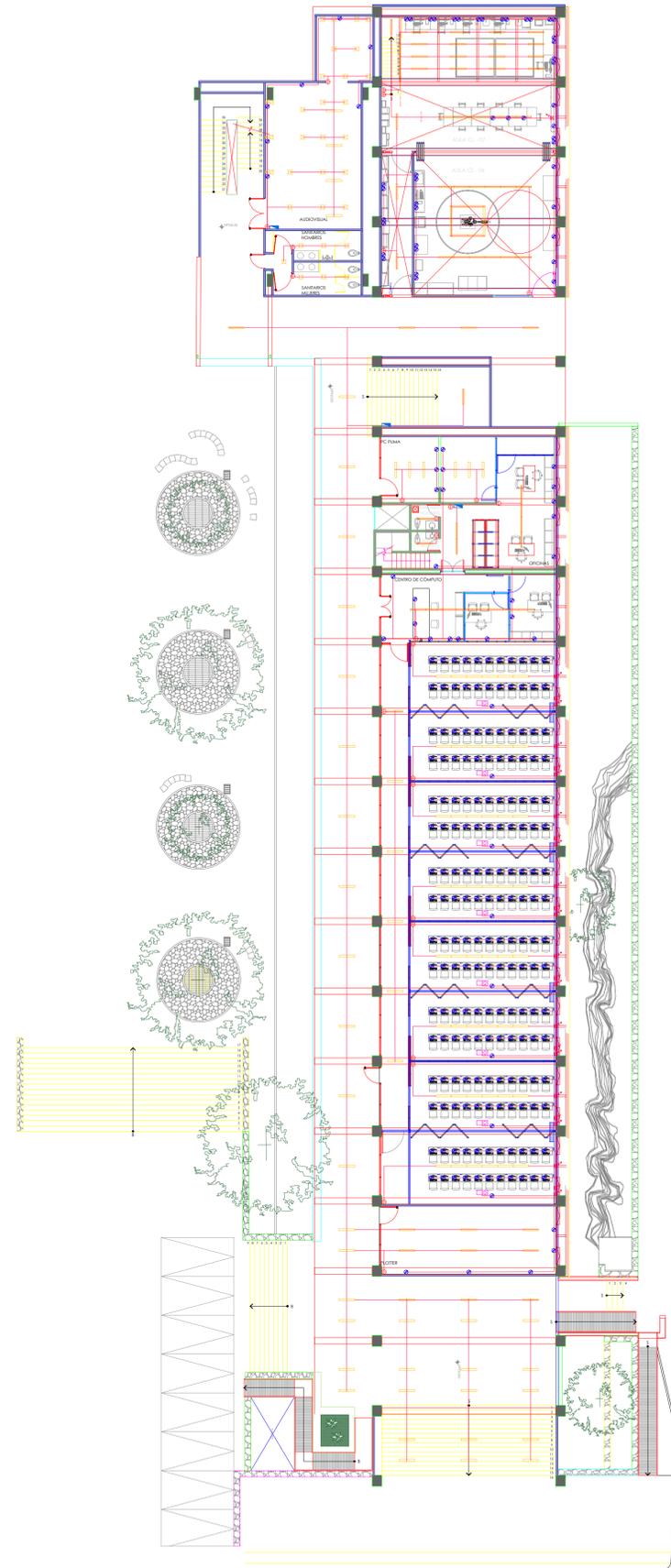
Tabla 17. Densidades de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)

Tipo de edificio	DPEA (W/m²)
Oficinas	
Oficinas	12
Escuelas y demás centros docentes	
Escuelas o instituciones educativas	14
Bibliotecas	15
Establecimientos comerciales	
Tiendas de autoservicio, departamentales y de especialidades	15
Hospitales	
Hospitales, sanatorios y clínicas	14
Hoteles	
Hoteles	12
Moteles	14
Restaurantes	
Bares	14
Cafeterías y venta de comida rápida	15
Restaurantes	14
Bodegas	
Bodegas o áreas de almacenamiento	10
Recreación y Cultura	
Salas de cine	12
Teatros	15
Centros de convenciones	15

Gimnasios y centros deportivos	14
Museos	14
Templos	14
Talleres de servicios	
Talleres de servicio para automóviles	11
Talleres	15
Carga y pasaje	
Centrales y terminales de transporte de carga	10
Centrales y terminales de transporte de pasajeros, aéreas y terrestres	13



E.P SÓTANO



E.P PLANTA BAJA

PROYECTO ELABORADO POR:
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ARQUITECTURA



COORDINADOR: DR. HECTOR PAZ CAMACHO
 APOYADO: DR. EDUARDO A. SÁENZ HERNÁNDEZ

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE ARQUITECTURA
 SECRETARÍA ADMINISTRATIVA
 COORDINACIÓN DE PROYECTOS INTERNOS Y SERVICIOS GENERALES

PERITOS Y TÉCNICOS		
NOMBRE	N° REGISTRO	FIRMA

SIMBOLOGÍA ESPECÍFICA:

INDICACIONES DE NIVEL	
N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO	N.L.L. NIVEL LECHO ALTO DE LOSA
N.A.D. NIVEL DE AZOFORADO	N.L.B. NIVEL LECHO BAJO DE LOSA
N.F.P. NIVEL SUPERIOR DE FRASE	N.C.M. NIVEL DE CLOSETADA
N.L.E. NIVEL LECHO ALTO DE ESTRUCTURA	N.C.M. NIVEL DE CLOSETADA
N.L.B. NIVEL LECHO BAJO DE ESTRUCTURA	N.L.M. NIVEL LECHO ALTO DE MURO
N.L.T. NIVEL LECHO ALTO DE TRASE	N.P. NIVEL DE PISO
N.L.B. NIVEL LECHO BAJO DE TRASE	N.P.E. NIVEL DE PISO EXISTENTE

INDICACIONES DE EJE	
E.E. DE MURO EN COORDENADA X	E.E. DE MURO EN COORDENADA Y
E.E. ANTERIOR A EJE X	E.E. ANTERIOR A EJE Y

INDICACIONES EN COTAS

- 0.81 DIMENSION A PAROS
- 0.81 DIMENSION A EJE
- 0.81 DIMENSION DE PARO A EJE

INDICACIONES DE CORTE

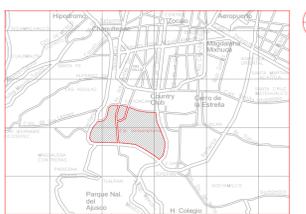
INDICA CORTE ARQUITECTÓNICO X1

NOTAS GENERALES:

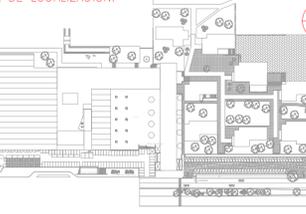
1. LAS COTAS ESTAN DADAS EN MITA, A EXCEPCIÓN DE PLANOS DE DETALLES GENERALES QUE ESTAN DADAS EN C.M.
2. LAS COTAS Y NIVELES SIEN EN C.M.
3. NO DEBEN TOMARSE COTAS A ESCALA DE ESTE PLANO.
4. LAS COTAS SON A EJE O A PARO DE ACUERDO A LA SITUACIÓN.
5. LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS SIEN SOBRE LOS CORRESPONDIENTES DE INSTALACIONES Y ESTRUCTURALES.
6. EL NIVEL DE LAS COTAS CORRESPONDE AL N.P.T. DEFINIDO POR EL PROYECTO.
7. LAS COTAS Y NIVELES INDICADOS EN PLANO DEBERAN SER VERIFICADAS Y CONTAR CON EL V.O.D. DE LA DIRECCIÓN ANTES DEL INICIO DE LA OBRA.
8. LOS PLANOS DE DETALLE SIEN SOBRE LOS PLANOS ARQUITECTÓNICOS Y DE CONSULTA.
9. SE DEBERAN CONSULTAR LAS ESPECIFICACIONES DE ESTALLES CONSTRUCTIVOS CON EL PROVEEDOR Y/O CONSTRUCTORA.
10. EL PROYECTO DEBERA SER ESTUDIADO EN TODAS SUS PARTES POR LA SUPERVISIÓN Y LA EMPRESA CONSTRUCTORA PREVIO AL INICIO DE LOS TRABAJOS.
11. EL PROYECTO LEYENDADO DE CONFORMIDAD CON LAS ESPECIFICACIONES GENERALES Y PARTICULARES DE LA NORMATIVA DE SALUD Y DEL PROPIO INSTITUTO, POR TANTO, ESTAS DEBEN SER CONSULTADAS PREVIO AL INICIO DE LOS TRABAJOS DE OBRA.

NOTAS PARTICULARES:

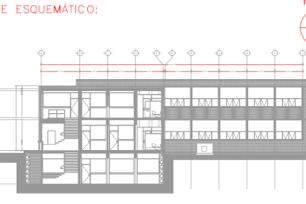
CROQUIS DE LOCALIZACIÓN:



PLANTA DE LOCALIZACIÓN:



CORTE ESQUEMÁTICO:



REVISIONES		
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN

AUTORIZACIÓN:

DR. ARO. JUAN IGNACIO DEL CUETO RUIZ-FINES
 DIRECTOR GENERAL DE PROYECTOS

MTRA. LEDA DUARTE LAGUNES
 COORDINADORA DE PROYECTOS INTERNOS Y SERVICIOS GENERALES

ARO. JUAN CARLOS HERNÁNDEZ WHITE
 SECRETARIO GENERAL

ARO. HECTOR PAZ CAMACHO
 COORDINADOR DE PROYECTOS INTERNOS Y SERVICIOS GENERALES

PROYECTO: **LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO FACULTAD DE ARQUITECTURA**

EDIFICIO: **CÓYOACÁN**

UBICACIÓN: **CÓYOACÁN**

ESCALA: **1:500**

FECHA: **FEBRERO 2023**

LIBRACIÓN: **F. ARQUITECTURA**

NIVEL: **ESTADO ACTUAL**

PLANO N°:

PLANO: **ESTADO ACTUAL**

