



Tecnológico Nacional de México

Centro Nacional de Investigación

y Desarrollo Tecnológico

TESIS DE MAESTRÍA

**Estudio del consumo energético de Unidades
Académicas del TecNM/Cenidet.**

presentada por

Lic. Diana Guillén López

como requisito para la obtención del grado de

Maestra en Ciencias de la Ingeniería

Director de tesis

Dr. Jesús Arce Landa

Codirector de tesis

Dr. Leonel Lira Cortés

Cuernavaca, Morelos, México 29 de agosto del 2025.



Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Coordinación de Ciencias de la Ingeniería



Cuernavaca, Mor., 17/ septiembre/ 2025

OFICIO No. MCI/119/2025
CENIDET-AC-004-M14-OFCIO

Asunto: Aceptación de documento de tesis

DR. CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO
PRESENTE

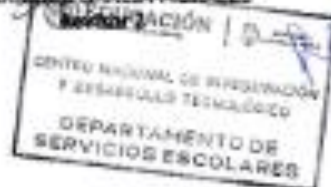
Por este conducto, los integrantes de Comité Tutorial de la estudiante **DIANA GUILLÉN LÓPEZ**, con número de control **M23CE125**, de la **Maestría en Ciencias de la Ingeniería**, le informamos que hemos revisado el trabajo de tesis de grado titulado **"ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE UNIDADES ACADÉMICAS DE TECNOLÓGICO/CENIDET"** y hemos encontrado que se han atendido todas las observaciones que se le indicaron, por lo que hemos acordado aceptar el documento de tesis y le solicitamos la autorización de impresión definitiva.

DR. JESÚS ARCE LANDA
Director de tesis

DR. LEONEL LIRA CORTÉS
Codirector de Tesis

DR. HUGO ESTRADA ESQUIVEL
Revisor 1

DR. JAZMIN GARCÍA MORALES



C.c.p. Depto. Servicios Escolares.
Expediente / Estudiante
KANM100



2025
La Mujer
Indígena

Tel. 01 (770) 3627770
Avenida 212, Palmera, 62000 Cuernavaca, Mex.
Email: ciencia@cenidet.mx / comunicacion@cenidet.mx / desarrollo@cenidet.mx

cenidet





Educación
Secretaría de Educación Pública



CONACYT
PROCESO 10-45000



Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Subdirección Académica

Cuernavaca Mor., 10 de octubre 2025

Oficio No. SAC/241/2025

Asunto: Autorización de impresión de tesis

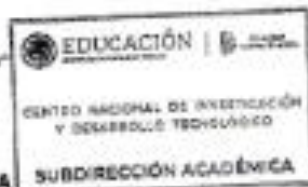
DIANA GUILLÉN LÓPEZ
CANDIDATA AL GRADO DE MAESTRA EN
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
PRESENTE

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado "ESTUDIO DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE UNIDADES ACADÉMICAS DE TECN/CENIDET", ha informado a esta Subdirección Académica, que están de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior, se le autoriza a que proceda con la impresión definitiva de su trabajo de tesis.

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica
"Conciencia y Tecnología al Servicio de México"



CARLOS MANUEL ASTORGA ZARAGOZA
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería
Departamento de Servicios Escolares

CMAZ/mz



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Interior Intermedia Palabra S/N, Col. Palmita,
C. P. 62490, Cuernavaca, México Tel. 61 (777) 3627793 ext. 4194.
e-mail: acad.cenidet@concyt.mx | cenidet@concyt.mx

cenidet
CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN
Y DESARROLLO TECNOLÓGICO



Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnologías e Innovación **(SECHITI)** por el apoyo económico brindado.

Al Tecnológico Nacional de México /Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico **(TecNM/CENIDET)** por darme la oportunidad de continuar con la formación académica.

A toda mi familia por permitir y apoyarme en mi decisión de salir del país para mi superación profesional.

Índice

Capítulo 1. Introducción.	1
1.1 Generalidades.	1
1.2. Estado del arte	5
1.3. Conclusiones del estado del arte	10
1.4. Planteamiento del problema	12
1.5. Pregunta de investigación	12
1.6. Justificación de la investigación	12
1.7. Objetivo general	13
1.8. Objetivos específicos	13
1.9. Alcances y limitaciones	13
1.10. Estructura de la tesis	14
Capítulo 2. Marco teórico y normativo	16
2.1. Auditorías energéticas	17
2.2. Tipos de auditorías	17
2.3. Principios de la auditoría energética	18
2.4. Características de cada etapa (ISO 50002:2014)	20
2.5. Normas	22
2.6. Consideraciones normativas integradas para la auditoría energética en edificios académicos	26
Capítulo 3. Diseño metodológico de la investigación.	28
3.1. Metodología	29
3.2 Caracterización general del TecNM/CENIDET, campus Apatzingán	29
3.3 Registro de datos	31
3.4. Relación de sistemas auditados.	32

3.4.2. Sistema de iluminación	34
3.4.3. Sistema de ventilación	36
Capítulo 4. Diagnóstico energético: presentación y análisis de resultados.	37
4.1. Análisis del consumo de la unidad académica No.1	38
4.3. Análisis de los datos	69
4.4. Sistema de iluminación, análisis y recomendaciones.	70
4.5. Evaluación de la Densidad de Potencia de Alumbrado Eficaz (DPAE) según NOM-007- ENER-2007.	71
Capítulo 5. Discusión de resultados y propuestas de mejora.	73
5.1. Propuestas de mejoras para ambas unidades académicas.....	74
5.2. Recomendaciones por indicador:	75
5.3. Informe ejecutivo	77
5.4. Estudio de factibilidad para la incorporación de fuentes renovables.....	79
5.5. Evaluación y análisis de la eficacia de las prácticas y políticas energéticas en las unidades académicas del TecNM/CENIDET.	80
5.6. Beneficios de la implementación de medidas de eficiencia energética.....	81
Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros.	83
Bibliografía.....	84
ANEXOS	87
Anexo 1	87
Anexo 2.....	88
Anexo 3.....	90
Anexo 4.....	91
Anexo 5.....	92
Anexo 6.....	92

Lista de Figuras

No. de Figuras	Descripción	Página
Figura 1.1.	Antecedente campus Apatzingán	12
Figura 2.2.	Diagrama de flujo: etapas de la auditoría energética.....	19
Figura 3.3.	Selección de la muestra a auditar.....	30
Figura 4.4.	Carga instalada unidad académica no.1	38
Figura 4.5.	Consumo mensual.....	39
Figura 4.6.	Consumo por niveles del U-1.....	40
Figura 4.7.	Consumo mensual de los equipos de cómputo	41
Figura 4.8.	Promedio consumo semanal de los distintos tipos de cómputo.....	42
Figura 4.9.	Consumo mensual de los calificados como "Otros"	43
Figura 4.10.	Iluminaciones distribuidas por locales.	44
Figura 4.11.	Luz artificial-ventanas abiertas (representada en lux)	46
Figura 4. 12.	Luz ambiente	47
Figura 4. 13.	Luz artificial - ventana cerrada.....	47
Figura 4.14	Carga eléctrica instalada U-5.....	55
Figura 4.15	Consumo anual.....	56
Figura .4.16	Consumo diario por niveles del U-5.(kWh)	58
Figura 4.17	Consumo total de los equipos de cómputo.	59

Figura 4.18. Promedio consumo semanal de los distintos tipos de cómputo.....	59
Figura 4.19. Iluminaciones distribuidas por locales	62
Figura 4.20. Luz artificial -ventanas cerradas. Unidad académica No.5	63
Figura 4.21. Luz artificial -ventanas abiertas. Unidad académica No5	64
Figura 4.22. Luz ambiente.	64

Lista de Tablas

No. de Tablas	Descripción	Página
Tabla 1.1	Valores máximos de DPEA aplicables en edificios académicos	23
Tabla 2.2	Niveles mínimos de iluminación recomendados para espacios académicos	25
Tabla 2.3	Valores permisibles, NOM-025-STPS-2008.....	36
Tabla 4.4.	Análisis de la NOM-025-STPS-2008 iluminación. Unidad académica No1	45
Tabla 4.5	Valores de iluminación del factor de reflexión, luz artificial-ventanas cerradas	49
Tabla 4.6.	Luz artificial-ventanas abiertas.....	49
Tabla 4.7	Luz ambiente.	50
Tabla 4.8	Cálculo de DPEA por locales.	52
Tabla 4.9.	Análisis de la NOM-025-STPS-2008. Tomado de (Camargo &Guerreros, 2021) .	62
Tabla 4.10	Resultados de la lectura luz artificial-ventanas cerradas	65
Tabla 4.11	Resultados de la lectura luz artificial-ventanas abiertas	66
Tabla 4.12	Resultados de la lectura luz ambiente	66
Tabla 4.13.	Resultados de la lectura de DPEA.....	68
Tabla 14	Características de la U-1	76
Tabla 15	Cálculo de ahorro en la iluminación	76
Tabla 16	Cálculo de ahorro de energía.....	93

Abreviaturas

Símbolo	Descripción
NOM	Norma Oficial Mexicana
ISO	Organización internacional de normalización
CENIDET	Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico
DPAE	Densidad de Potencia de Alumbrado Efectiva
N1	Nivel 1
N2	Nivel 2
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
U-1	Unidad Académica No.1
U-5	Unidad Académica No.5
Hfm	Horas de funcionamiento al mes

Símbolo	Descripción
DF	Días de funcionamiento
CD	Consumo Diario
CE	Cantidad de equipos
P	Potencia
Hfd	Horas de funcionamiento diarias
Cs	Consumo semanal
Fs	Funcionamiento semanal
Dfs	Días de funcionamiento semanal
Cm	Consumo mensual
Cdm	Cantidad de días al mes
Ca	Consumo anual

Resumen

En el presente trabajo de investigación se realiza una auditoría energética en las Unidades Académicas 1 y 5 del **TecNM/CENIDET**, campus Apatzingán, con el objetivo de evaluar el consumo eléctrico, identificar áreas de oportunidad y proponer estrategias de eficiencia energética. Utilizando la metodología de la norma **ISO 50002:2014** y el análisis de las normativas mexicanas **NOM-007-ENER-2014** y **NOM-025-STPS-2008**, el estudio diagnostica los sistemas de iluminación, ventilación, equipos de cómputo y otros aparatos. Los principales hallazgos revelan que el mayor consumo proviene de **equipos de uso personal** y del **sistema de ventilación**. Adicionalmente, se detectaron problemas significativos de deslumbramiento por reflexión que incumplen la normativa y un derroche energético por luminarias encendidas en áreas desocupadas. La falta de medidores individuales por edificio se identificó como una limitación crítica para la gestión energética. El estudio concluye con recomendaciones concretas, como la modernización del sistema de alumbrado a tecnología **LED**, la instalación de sensores de movimiento, la implementación de políticas para regular el uso de equipos personales y la instalación de medidores individuales para optimizar el consumo y reforzar el compromiso de la institución con la sostenibilidad.

Palabras claves: *Unidades académicas; auditorías energéticas ; eficiencia energética; iluminación; equipos de cómputo; recomendaciones; normas; normas internacionales ; normas mexicanas; NOM.*

Abstract

This research conducts an energy audit in Academic Units 1 and 5 of the **TecNM/CENIDET**, Apatzingán campus, with the objective of evaluating electricity consumption, identifying areas for opportunity, and proposing energy efficiency strategies. Using the methodology of the **ISO 50002:2014** standard and the analysis of Mexican regulations **NOM-007-ENER-2014** and **NOM-025-STPS-2008**, the study diagnoses the lighting, ventilation, computer equipment, and other appliance systems. The main findings reveal that the highest consumption comes from **personal use equipment** and **the ventilation system**. Additionally, significant problems of glare from reflection were detected, which fail to comply with regulations, and energy waste from lights left on in unoccupied areas was observed. The lack of individual meters per building was identified as a critical limitation for energy management. The study concludes with specific recommendations, such as upgrading the lighting system to **LED** technology, installing motion sensors, implementing policies to regulate the use of personal appliances, and installing individual energy meters to optimize consumption and strengthen the institution's commitment to sustainability.

Keywords: *academic units; energy audits; efficiency ; lighting; computer equipment ; recommendations ; standards ; international standards ; Mexican standards; NOM*

Capítulo 1. Introducción.

En el Capítulo 1 se muestran las principales generalidades e importancia de la investigación. Así como una revisión bibliográfica enmarcada en el estado del arte, la cual recoge los principales estudios que dieron sustento al desarrollo de la auditoría, además de especificar los objetivos y el alcance de la investigación. Al final del capítulo, se menciona la estructura que tiene la tesis.

1.1 Generalidades.

El consumo energético, es un tema que se ha desarrollado a lo largo de los años, siendo este un factor clave para el desarrollo de las sociedades, desde los primeros años de la llamada “Revolución Industrial”. A su vez se ha visto un crecimiento acelerado en el uso de los recursos energéticos, trayendo consigo una disminución y agotamiento de las fuentes no renovables, el aumento de los costos y el impacto ambiental. Todo esto se vio reflejado como lo menciona en su investigación (Valepucha-Sánchez et. al. 2023) en la conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo, llevada a cabo en Rio de Janeiro en 1992, donde se estableció la importancia de la sostenibilidad. Con ese sentido de pertinencia, se creó el programa denominado agenda de acción: Agenda 21 (the sustainable development goals report 2016_spanish.pdf, 2016.); (División de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, 2000); en donde el Ecuador al igual que 177 países participaron en esta iniciativa.

A raíz de todas las investigaciones que se dieron desde esos años, la eficiencia energética se ha convertido en una herramienta fundamental para mitigar los efectos ocasionado por el agotamiento de los recursos no renovables. Por lo que se ha optimizado el uso de la energía en todos los sectores, y a su vez se ha creado la necesidad de promover algunas prácticas sostenibles, a través de políticas y tecnologías que ha surgido a lo largo de los años para el ahorro de energía.

En su tesis de grado (Carmargo Ríos, K & Guerrero González, G. 2021) reflejan la posición que alcanza México a nivel mundial entre los mayores consumidores de energía. En ella explican que, en el 2017, el país se encontraba en el decimoquinto puesto entre los países de mayor consumo energético, estimando un crecimiento de 3.5% en el consumo final, en un periodo comprendido entre el 2019 al 2033. Según la Secretaría de Energía (SENER) para el 2021 y 2035, los sectores que más incrementan el uso de energía, se enfocan según el gráfico en las empresas medianas y el sector residencial.

Por lo visto anteriormente, se hace necesario y fundamental fomentar en el ser humano un consumo responsable de energía eléctrica. Cuando se habla de derroche de energía, hay que enfocar infinitas áreas, donde no se aprovecha completamente la energía, ejemplo de ello se puede observar en el uso ineficiente de algunos electrodomésticos, la ubicación geográfica de viviendas y edificios en el cual se dificulta el aprovechamiento de la luz solar o también se puede ver por el desperdicio de iluminación ambiental a causa de un diseño inadecuado.

Por lo que es vital realizar evaluaciones y diagnósticos constantes para observar la forma en que se está consumiendo y así tener en cuenta si es o no eficiente y sustentable. En consecuencia, al resultado, se tomarían medidas para disminuir el consumo sin afectar las actividades y el confort de los usuarios. Para (Leite Franduloso, 2017) citado en Arroliga Galeano, S.E, 2021, las preocupaciones acerca de la eficiencia energética en los últimos años han tomado una importancia, no sólo en los aspectos medioambientales, como también económicos. Las iniciativas impulsadas por las directivas nacionales e internacionales, como requisitos de cumplimiento obligatorio, han despertado la responsabilidad medioambiental de las universidades en el ámbito mundial.

El estudio del consumo de energía y la eficiencia energética en edificaciones no residenciales ha adquirido una importancia cada vez mayor en la literatura académica y científica. Investigaciones recientes han destacado la necesidad imperante de optimizar el uso de la energía en estos espacios, con el fin de reducir el impacto ambiental y los costos operativos asociados. Temas como *el diseño de la envolvente del edificio, la orientación geográfica y las estrategias de iluminación, climatización y gestión de equipos* han sido objeto de análisis en diversos estudios. (Camargo Ríos, K & Guerrero, G. 2021)

La evaluación de los equipos y su consumo son diagnosticados a través de metodologías, donde permite detectar áreas de oportunidad y proponer medidas para mejorar la eficiencia energética, lo que se traduce en un ahorro económico y ambiental. Una de estas metodologías se encuentra la auditoría energética, la que se define como, una herramienta clave para gestionar la energía de forma óptima en un escenario donde la eficiencia energética es cada vez más relevante (Larrumbide, et al., 2019).

Además de contar con la metodología de la ISO 50002, existen normas mexicanas específicas para edificios no residenciales. Las mismas establecen requisitos y criterios para el diseño, construcción, evaluación de los edificios, promoviendo prácticas sostenibles mediante el uso de tecnologías eficiente. Tener las normas oficiales mexicanas implementadas, o realizar evaluaciones para ver si se cumplen con ellas, contribuye eficientemente a la reducción de costos y apoya a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) al disminuir la huella de carbono y el impacto ambiental.

En la actualidad, la eficiencia energética y la gestión sostenible de los recursos se han convertido en imperativos ineludibles en el ámbito educativo y, por ende, en instituciones de renombre como el Tecnológico Nacional de México, campus Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (TecNM/CENIDET).

En las Unidades académicas de las edificaciones, el consumo energético es un componente importante, pues cada institución aboga por promover prácticas sostenibles, en las cuales se propongan estrategias de optimización. Por lo tanto, en el presente estudio se propone analizar detalladamente los patrones de consumo energético en una o dos unidades académicas del TecNM/CENIDET, con el objetivo de identificar a través de la auditoría energética utilizada como herramienta, problemáticas para realizar mejoras, teniendo en cuenta los pilares fundamentales para la preservación del medio ambiente que es la sostenibilidad.

Según los autores **(Camargo Ríos, K & Guerrero, G. 2021)**, las áreas donde más se consume energía en las Unidades Académicas es en las oficinas, cafeterías, aulas y baños debido principalmente al uso de la iluminación, equipos electrónicos y de una forma mucho más significativa, los sistemas de climatización. La demanda de este último sistema, tiene mucho que ver con la estructura y ubicación geográfica en el que se encuentra el edificio académico, pues tiene que resistir las condiciones climáticas exteriores. En este punto, es donde la norma NMX-R-021-SCFI-2013, cobra relevancia, dado que establece los requisitos de eficiencia energética que debe cumplir la infraestructura constructiva las instituciones académicas. Para ello, es necesario determinar el diseño de la envolvente arquitectónica y las propiedades térmicas de los materiales con los que está construida.

La muestra tomada para la investigación, son los edificios ubicados en el Campus de Apatzingán¹. Será necesario tomar en cuenta, si ambos edificios cumplen con las características definidas en las normas respectivas. Según (Garper. K, 2021) para realizar una comparación adecuada entre edificios; estos deben caracterizarse en términos de año-construcción, área de piso y tipo de edificaciones según su uso. En este estudio se mencionan además que debe realizarse la comparación en el mismo período de tiempo (siendo considerado el número de días y fines de semana dentro del período)

En la siguiente sección se muestra de forma general el estudio de la técnica y el estado del arte.

¹ Edificio No.1 de Mecánica y el Edificio No.5 Ciencias de la Ingeniería.

1.2. Estado del arte

Diversos autores han llevado a cabo estudios generales sobre la eficiencia energética, auditorías energéticas y las envolventes de los edificios, además de analizar las normativas que regulan y certifican estos aspectos, con el propósito de reducir el consumo energético en las unidades académicas. La revisión bibliográfica se estructuró en varias secciones: enfocadas en tesis de grado, artículos científicos y congresos, con el fin de identificar los mejores resultados en cada caso, mientras que la cuarta recoge de manera específica las generalidades de las normas a emplear en la investigación.

1.2.1 Estudios sobre consumo y eficiencia energética en unidades académicas

(Espinoza A G. 2021). El autor determinó, a través de un análisis comparativo técnico-económico, que la tecnología LED es la solución de alumbrado más factible para el Campus UCAB por encima de la alternativa solar fotovoltaica. Esta elección la fundamentó por el menor costo de inversión de la tecnología LED, factor decisivo en el contexto de las bajas tarifas eléctricas de Venezuela. Como resultado de su implementación, consideró una reducción del consumo energético del 60%. Adicionalmente, la selección se reforzó por las ventajas técnicas que implica la tecnología LED, como su mayor vida útil, que reduce costos de mantenimiento y reemplazo a largo plazo, y su superior resiliencia ante fluctuaciones de la red eléctrica, lo que garantiza una operación más estable y duradera.

(Arróliga Galeano, S.E 2021). En este artículo se destaca la eficiencia energética como una tarea que las universidades deben cumplir con responsabilidad. Se abordan conceptos relacionados a la eficiencia energética y se revisan algunos estudios realizados sobre esta temática en universidades de algunos países. La base metodológica de este artículo es la investigación documental bibliográfica y en línea. Resaltan además como las universidades tienen la responsabilidad de hacer uso eficiente del consumo de energía.

(Arróliga Galeano, S.E. & Betanco, J.A, 2021). El artículo trata sobre la importancia de la eficiencia energética en edificios, especialmente en universidades, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y combatir el cambio climático. Se enfatiza la necesidad de que las

universidades implementen medidas de ahorro de energía y realicen auditorías energéticas para tomar decisiones informadas para edificios sostenibles. Los autores resaltan la eficiencia energética como una tarea crucial para las universidades. Establece información de como las Auditorías energéticas proporcionan a las universidades la información necesaria para comprender y mejorar la eficiencia energética de cada uno de sus edificios

(Araujo-Badiel, A.V. et al, 2023). El artículo es un resumen de las metodologías para la evaluación de la eficiencia energética en edificaciones universitarias. En el mismo, proporciona una revisión de la literatura sobre este tema². En los edificios analizados, se obtuvieron como principales problemas el poco aprovechamiento de la iluminación natural, falta de información y conciencia de consumo, la ineficiencia del sistema de climatización debido al uso de enfriadores de absorción alimentados por el gas natural y la ausencia de monitoreo de consumos y temperaturas, lo que impide identificar picos de consumo y las actividades asociadas. Como principal metodología se siguió el mismo proceso de una auditoría energética, estableciendo los mismos lineamientos.

(Guillén Tapia, F.E. et al, 2023). Los autores establecen en la investigación una metodología de eficiencia energética en un edificio de educación superior, específicamente en el Departamento del Centro de Información del TecNM/IT en Acapulco. En la metodología propuesta utiliza la NOM-008-ENER-2021, una herramienta para realizar el cálculo energético de la envolvente arquitectónica. Como resultado del estudio se eligieron estrategias de eficiencias energética para los equipos que poseen, además, de realizar acciones preventivas, correctivas y de mejora en la eficiencia energética.

1.2.3 Auditorías Energéticas en unidades académicas

(Olayinka Oyedepo, S. & Obembe, E. 2021). Los autores, a través de una auditoría energética, trazan varias estrategias para el ahorro de energía en el campus universitario. La investigación identifica como principal objetivo analizar los patrones de consumo de energía,

² Auditorías energéticas integrales; Modelación y simulación de consumos de energía; Evaluaciones comparativas; Sistemas de medición avanzados y Evaluación del comportamiento de los ocupantes.

identificando áreas de desperdicio energético. También busca promover la sostenibilidad y la responsabilidad en la universidad.

(Ricaurte Párraga, R.R, 2021). El autor realiza su tesis en un enfoque de “Análisis y mejoramiento de la eficacia energética en una universidad en la provincia de Guayas”. Realiza una auditoría energética, identificando los edificios a auditar, los equipos a medir, en horas productivas y no productivas. Como resultado de esta, se observó las fallas relacionadas a la infraestructura energética, dando paso a generar propuestas basadas en posibilidades de reducción de energía y su costo asociado. También arrojo como resultado la necesidad de cambio de luminarias, aires acondicionados y una planta fotovoltaica. Obteniendo así una reducción del consumo de energía de un 34.19%.

(Aricapa Bueno, E.A. et al. 2022). A través de la norma ISO 50001 se aborda el tema de la auditoría energética, en la cual fueron detectadas fallas, anomalías y perturbaciones del sistema eléctrico instalado en la Institución Universitaria Pascual Bravo. Al trabajar con la familia de las ISO se enfocan detalladamente en demostrar características de las señales de tensión, corriente y frecuencia, se identifican además los equipos de mediciones y las ventajas y desventajas que tienen las auditorías energéticas.

1.2.4 Estudios energéticos entre dos edificios universitarios.

(Camargo Ríos, K & Guerrero, G. 2021). La tesis se centra en el diagnóstico energético de edificios universitarios, específicamente en los Institutos de Geología y Geofísica. La metodología utilizada, fue las mediciones de consumo, análisis del sistema de iluminación y análisis eléctrico en un área específica para identificar el uso actual de la energía y así poder comprender su comportamiento y obtener un panorama general de las instalaciones. Fueron utilizadas las NOM-007-ENER-2014 y la NOM-025-STPS-2008. Arroja como principales resultados y conclusiones que el mayor consumo se concentra en las áreas de los laboratorios y los equipos de cómputo representando este último el 54.7% y aunque no reflejan por ciento para la iluminación, si hacen alusión que representa una parte significativa del consumo.

(Peralvo Hernández, B. 2022). La tesis realiza un estudio y consumo energético entre dos edificios universitarios. Se plantea como objetivo definir, comparar y analizar dos edificios concebidos originalmente para un uso similar, pero contruidos con métodos diferentes. El autor realiza una comparación basada en las normativas. La investigación también refleja que el estudio se hace, además, con el fin de evaluar la eficiencia energética y sostenibilidad de los edificios.

1.2.5. Envolvente y posicionamiento de los Edificios Universitarios

(Pombillo Guerrero, Z. 2020). La tesis demuestra y se enfoca en el diagnóstico energético de un grupo de edificios de la universidad y la relación entre el techo y el consumo energético real. Las principales características en las cuales se establece entre esta relación son: **Forma-Consumo; Transmitancia Térmica-Consumo y Relación Orientación-Consumo**, está última deja claro que la ubicación de las fachadas acristaladas y la determinación de usos en orientación Este-Oeste generan un mayor consumo energético.

(Rodríguez Suescun, J. 2021). Realizó un estudio sobre la ventilación en edificios universitarios, centrándose específicamente en la eficiencia y el consumo de energía en los edificios de EINA. Su objetivo principal es analizar cómo se comportan los equipos de medida instalados en los edificios de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) de la Universidad de Zaragoza, verificar la fiabilidad de los resultados que proporcionan y establecer un procedimiento de revisión periódico. El artículo menciona además y hace referencia a que es necesario insistir más en la rentabilidad de la eficiencia energética en los edificios.

1.2.6 Normas Nacionales e internacionales que regulan el consumo de energía y las Auditorías energéticas.

(ISO 50001: 2018). Es una guía de implementación de Sistemas de Gestión de la Energía. Se basa en el marco de “planificar, hacer, verificar y actuar”, Brinda beneficios para su implementación exponiendo así el marco para la gestión energética como es la reducción de costos, la reducción energética, la reducción de la huella de carbono, el compromiso organizativo y el cumplimiento regulatorio, solo por mencionar algunas. Esta norma define además los principales aspectos a seguir como son: Contexto de la Organización; Liderazgo;

Planificación; Soporte; Operación; Educación del Desempeño y Mejora. Enfatizando en cada una de las etapas la importancia de buscar oportunidades de mejora de manera constante.

(ISO 50002:2014). Auditorías Energéticas-Requisitos para su uso. La implementación y aplicación de esta norma proporciona directrices para llevar a cabo como lo dice en su título, las auditorías energéticas en organizaciones. Su objetivo principal es facilitar la evaluación sistemática y metódica del consumo de energía y la identificación de oportunidades para mejorar la eficiencia energética. Además, puede servir de apoyo en el seguimiento de mediciones y análisis de la misma. El proceso de esta norma consta de las siguientes etapas: Planificación de la auditoría energética/ Reunión de apertura y recopilación de datos/ Plan de medición/Realización de la visita al emplazamiento/Análisis/ Informe de la auditorías y Reunión de cierre. Estas etapas detectan los problemas y conducen a oportunidades para la mejora de la eficacia energética.

(NOM-007-ENER-2014). Tiene como finalidad establecer niveles de eficiencia energética en términos de densidad eléctrica para el Alumbrado, con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica y contribuir a la preservación de recursos energéticos y la ecología de la nación. La norma comprende los sistemas alumbrados interior y exterior de los edificios no residenciales. Posee una serie de apartados en la cual explica cómo debe regirse cada edificio no residencial. En este caso solo se trabajará con el referente al punto No.5 de clasificación, específicamente el apartado 5.2, va dirigido a edificios para escuelas y demás centros docentes.

(NOM-008-ENER-2001). Establece los requisitos de eficiencia energética para edificios no residenciales. Fue emitido por la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía y el Comité Nacional Consultivo para la Preservación y Uso Racional de los Recursos Energéticos. La norma se basa en varias leyes y regulaciones relacionadas con la conservación de energía.

(NMX-R-021-SCFI-2013). Es una norma mexicana que establece los requisitos para la calidad de la infraestructura física educativa en las escuelas. La importancia de cumplir con esta norma en las escuelas de México radica en garantizar la calidad de la infraestructura física educativa. Además,

establece requisitos que deben cumplirse para evaluar la calidad de la infraestructura, abarcando aspectos como la selección del terreno para construcción, la supervisión de la infraestructura, la calidad de los servicios básicos (agua, electricidad, drenaje, etc.), la seguridad estructural de los edificios, entre otros.

(ISO-26000-2010). La Norma ISO 26000 trata sobre la responsabilidad social. Proporciona orientación sobre principios y prácticas relacionadas con la responsabilidad social, incluyendo temas como el respeto a los derechos humanos, prácticas laborales justas, cuidado del medio ambiente, prácticas justas de operación, asuntos de consumidores y participación activa y desarrollo de la comunidad. Esta norma no es para propósitos de certificación, regulación o contratación, sino que ofrece orientación voluntaria sobre la responsabilidad social.

1.2.7. Efectos del deslumbramiento

(Nuñez Peralta, D.E, s.f). La tesis va dirigida a los efectos de la iluminación en el desempeño del trabajador. En el Capítulo 5, hace referencia a varias recomendaciones para mantener una buena área de trabajo. Ofrece detalles como las consecuencias que puede tener un deslumbramiento como la fatiga visual, conjuntivitis, dolor de cabeza y si hay falta de iluminación, entonces los síntomas pueden ser desmotivación y dolor de cabeza y de ojos.

(Arbona Hidalgo, L, 2020). La autora hace una investigación sobre los trabajos más importantes publicados sobre la influencia de la percepción de los estudiantes en los espacios docentes, con el objetivo de mejorar las condiciones lumínicas en los espacios, creando un mayor bienestar en ellos. Llegando a la conclusión que una adecuada condición lumínica ya sea natural, artificial o ambas combinadas, tienen beneficios para la salud, lo que puede llegar a mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

1.3. Conclusiones del estado del arte

Con base al análisis del estado del Arte, se concluye que todas las investigaciones, de una forma u otra, al realizar su evaluación del consumo energético, utilizan una metodología en común que son las *Auditorías Energéticas*. Estas son respaldadas por normativas internacionales

y nacionales, las cuales constituyen herramientas para promover en cada una de las instituciones la eficacia energética y la sostenibilidad.

Como normativas internacionales se estudiaron la ISO5001:2018 y la ISO 50002:2014. La primera en enfatiza como implementar un buen sistema de gestión de la energía, utilizando un método de la mejora continua, que además de reducir costos y disminuir la huella de carbono, fomenta ese compromiso con el cumplimiento normativo. La segunda dirige de forma sistemática lineamientos permitiendo detectar ineficiencias para así plantear soluciones concretas.

Por su parte, a nivel nacional de igual forma existen varias que complementan los estándares de la eficiencia energética. En su conjunto representan la importancia de crear una base sólida para la implementación de algunas prácticas energéticas responsable y sostenibles. A su vez, se demostró que, al contar y consultar, varias de estas normativas, los centros educativos cuentan con una calidad de infraestructura. Normas como la NOM-008-ENER-2001 y la NMX-R-021-SCFI-2013, resaltan la necesidad de cumplir con requisitos como es la construcción eficaz y sustentable de los edificios, residenciales y no residenciales. En ellas, además, se fomenta la conservación energética y la calidad de los servicios básicos, constituyen políticas fundamentales para garantizar espacios eficientes y funcionales.

Por otro lado, los estudios sobre los efectos del deslumbramiento evidencian su impacto negativo en el bienestar y desempeño tanto de trabajadores como de estudiantes. Problemas como la fatiga visual, dolores de cabeza y desmotivación, señalados por Nuñez Peralta, refuerzan la necesidad de controlar adecuadamente las condiciones lumínicas en los espacios laborales y educativos. De igual forma, la investigación de (Arbona Hidalgo, 2020) resalta los beneficios de una iluminación óptima, que mejora el confort, la salud y el aprendizaje, ya sea mediante luz natural, artificial o combinaciones de ambas.

En conjunto, este marco normativo y conceptual refuerza la importancia de integrar estrategias de eficiencia energética, calidad de infraestructura y diseño lumínico adecuado para optimizar el rendimiento humano, el aprendizaje y la sostenibilidad en los entornos construidos.

1.4. Planteamiento del problema

La falta de estudios previos detallados sobre el consumo energético en las unidades académicas del TecNM/CENIDET, impide identificar oportunidades de mejora y realizar comparaciones sostenibles y eficientes en el uso de la energía. Según datos que fueron proporcionados por la administración de la Institución se llega a la realización de la siguiente Figura 1.1, en el cual se muestran diferentes períodos, señalando el consumo energético del periodo (2017-2023 enero-septiembre). En la gráfica se identifica una caída entre 2019 y 2021 debido a la Epidemia de la COVID, lo que nos puede generar más adelante acciones a tomar.

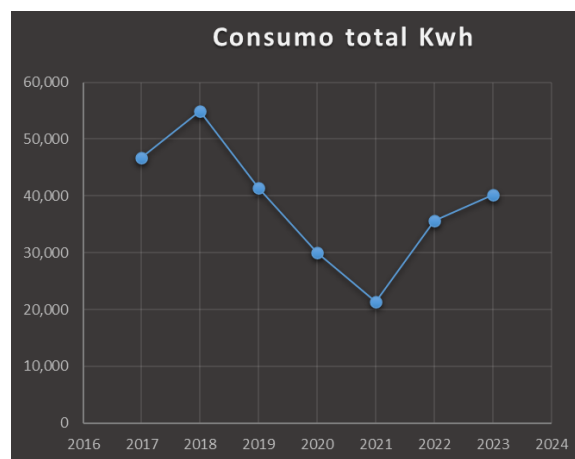


Figura 1.1. Antecedente campus Apatzingán

1.5. Pregunta de investigación

¿Cómo puede llevarse a cabo una auditoría energética efectiva en unidades académicas para identificar oportunidades de mejora en el consumo energético y promover la eficiencia energética?

1.6. Justificación de la investigación

El estudio del consumo energético en las Unidades Académicas del TecNM/CENIDET es de relevancia primordial en un contexto donde la sostenibilidad y la eficiencia energética son temas cruciales. Esta investigación busca aportar conocimiento que permita implementar

medidas efectivas para la reducción del consumo energético, contribuyendo así, al fomento de una cultura de uso responsable y sostenible de la energía en la institución y un menor consumo de la misma.

1.7. Objetivo general

Utilizar la auditoría energética como una herramienta para evaluar el consumo energético en las unidades académicas del campus de Apatzingán, con el propósito de identificar áreas de oportunidad y recomendar estrategias para la optimización y eficiencia en el uso de la energía.

1.8. Objetivos específicos

- Proponer una evaluación del rendimiento de los sistemas y equipos relacionados con el consumo de energía, identificando posibles ineficiencias o mal funcionamiento.
- Analizar la eficacia de las prácticas y políticas energéticas actuales implementadas en las unidades académicas.
- Identificar y priorizar las oportunidades de mejora para la eficiencia energética, incluyendo recomendaciones específicas para la optimización de sistemas y la adopción de tecnologías más eficientes.
- Estimar los beneficios económicos, ambientales y sociales derivados de la implementación de las medidas de eficiencia energética propuestas.

1.9. Alcances y limitaciones

Alcance

Diagnosticar el consumo de energía en las unidades académicas del Campus de Apatzingán del TecNM/CENIDET, con el fin de evaluar si se cumple de acuerdo a las Normas de la gestión energética. Proponer una estrategia que cumpla con los estándares nacionales e internacionales para la reducción de energía.

Limitaciones

Las principales limitaciones del estudio incluyeron restricciones en los instrumentos de medición, ausencia de sensores en tiempo real, baja participación del personal involucrado y la falta de antecedentes documentados sobre auditorías energéticas en la institución. Además de la inexistencia de un contador de consumo de energía eléctrica en cada Unidad Académica y de recibos de luz de forma individual. .

1.10. Estructura de la tesis

La tesis se encuentra estructurada en seis capítulos que abordan de manera progresiva los elementos necesarios para el desarrollo del estudio, desde su contextualización, hasta las conclusiones derivadas del análisis. De manera sintetizada y resumida, se presenta a continuación, una descripción del contenido de cada uno de ellos:

Capítulo 1- Introducción: Se exponen los principales antecedentes de la investigación, así como, parte de la teoría en otros casos de estudios. Se encuentra además objetivos principales, alcances y limitaciones.

Capítulo 2- Marco teórico y normativo: Se presentan los fundamentos conceptuales y la teoría de las normas nacionales e internacionales que sustentan la investigación.

Capítulo 3- Diseño metodológico de la investigación: Describe el enfoque metodológico utilizado, los instrumentos aplicados, los criterios de evaluación y la forma en que se llevó a cabo la auditoría energética a los edificios seleccionados. También se explica la recolección y análisis de datos.

Capítulo 4. Diagnóstico energético: presentación y análisis de resultados : Muestra un análisis de los resultados obtenidos durante la auditoría energética, el diagnóstico del consumo actual, la identificación de ineficiencias y oportunidades de mejora en cada una de las unidades académicas analizadas.

Capítulo 5. Resultados: Se muestran hallazgos y recomendaciones orientadas a optimizar el uso de la energía en los espacios evaluados, incluyendo estimaciones de ahorro y medidas de implementación.

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones: Resume los principales descubrimientos del estudio, evalúa el cumplimiento de los objetivos planteados y sugiere líneas futuras de investigación o intervención en el ámbito de la eficiencia energética institucional.

Finalmente, se incluyen cinco Anexos, que contienen material complementario relevante para el estudio, como formatos de medición, planos, datos técnicos utilizados durante el análisis.

Capítulo 2. Marco teórico y normativo.

En el Capítulo 2, se dan a conocer los elementos y características esenciales de las auditorías energéticas. De las Normas Mexicanas utilizadas en la investigación, se presenta la teoría, para dejar plasmado las principales bases y las que se analizaron para la realización del estudio.

2.1. Auditorías energéticas

La auditoría energética es el estudio completo de una instalación que aporta información sobre la energía que consume y sobre los aspectos que influyen en el consumo energético de las instalaciones y los equipos consumidores de energía. Se realiza para comprender la gestión de dicho consumo y proponer mejoras para reducir el consumo y aumentar la eficiencia energética, lo que implicará un ahorro económico en la instalación auditada. (KANSAS CITY, s.f.citado en Aricapa Bueno,E. et.al 2022)

Según la Norma Internacional ISO 50002:2014, una auditoría energética, conlleva a un estudio detallado y exhaustivo del funcionamiento energético de una organización, equipos, sistemas o procesos. El estudio implica realizar mediciones precisas y observaciones relacionadas con el uso de la energía, su eficiencia y el nivel de consumo. Se establecen, además, objetivos para identificar oportunidades de mejora en el cual se dicten estrategias para la reducción de pérdidas de energéticas.

Aricapa Bueno et al. (2022) examinan en su estudio el objetivo fundamental de la auditoría, así como los principales tipos que existen en la práctica profesional. Con base en su análisis, elaboran un resumen en el que se destacan las características más relevantes de cada tipo de auditoría, permitiendo una comprensión integral de su clasificación y aplicación.

Se enfoca en la entrega de un informe técnico en el cual se detallan los procesos adecuados para realizar una gestión y uso racional de la energía. Siendo más eficaces en el consumo de energía y a su vez poder optimizar los procedimientos de alguna determinada actividad que conlleva al consumo y uso de la energía con información.

2.2. Tipos de auditorías.

Existen varios tipos de auditorías energéticas. Se diferencian en el alcance de las mismas en función de factores a resolver como el número de áreas analizadas, tipo de servicio energético, así como de los procesos analizados. Estás se agrupan en 3 niveles:

Nivel 1- Auditoría Preliminar: corresponde al tipo simple o básico, se realiza un diagnóstico, se recopilan datos básicos y una se realiza una entrevista mínima, no es un estudio muy detallado sobre la facturación en el servicio de energía eléctrica, así como la obtención de otros datos sobre su mantenimiento. El diagnóstico obtenido no es muy confiable en las oportunidades de ahorro y mejorar de la energía, haciendo así que su costo sea bajo al momento se solicitarlo.

Nivel 2- Auditoría Detallada: se realiza un análisis más detallado, comenzando de una mayor cantidad de información previa al sistema constructivo de la instalación como lo son memorias de proyecto, planos, presupuestos. La realización de pruebas, implementación de equipos técnicos para la medición, dará una información más real sobre el estado actual del edificio, por ello abarca los recursos energéticos o un único servicio en una empresa de tal forma que su coste puede ser mayor en función de cuales sean los parámetros a realizar.

Nivel 3- Auditoría Especial: esta será una auditoría de nivel 2, la cual se realiza a mayor detalle. Los equipos para su realización son de costo más elevados y complejos, ya que los datos son tomados con equipos de medida que detallan el registro del consumo y al mismo tiempo amplían las mediciones a otros parámetros.

2.3. Principios de la auditoría energética

La auditoría energética se realiza de acuerdo con una serie de principios, en el que establece los puntos claves para la obtención de resultados eficaces (ISO,2014)

- a) la auditoría consistente con el alcance, el límite y los objetivos de auditoría energética acordados,
- b) las mediciones y observaciones son apropiadas para los usos y el consumo de energía,
- c) los datos de rendimiento energético recopilados son representativos de las actividades, procesos, equipos y sistemas,
- d) los datos utilizados para cuantificar el rendimiento energético e identificar oportunidades de mejora son consistentes y únicos,

- e) el proceso de recopilación, validación y análisis de datos es trazable,
- f) el informe de auditoría energética proporciona oportunidades de mejora del rendimiento energético basadas en análisis técnicos y económicos apropiados,

Etapas de la Auditoría

La norma ISO 50002, enfocada a las auditorías energéticas, basa su proceso en varias etapas como lo refleja la Figura 2.2.

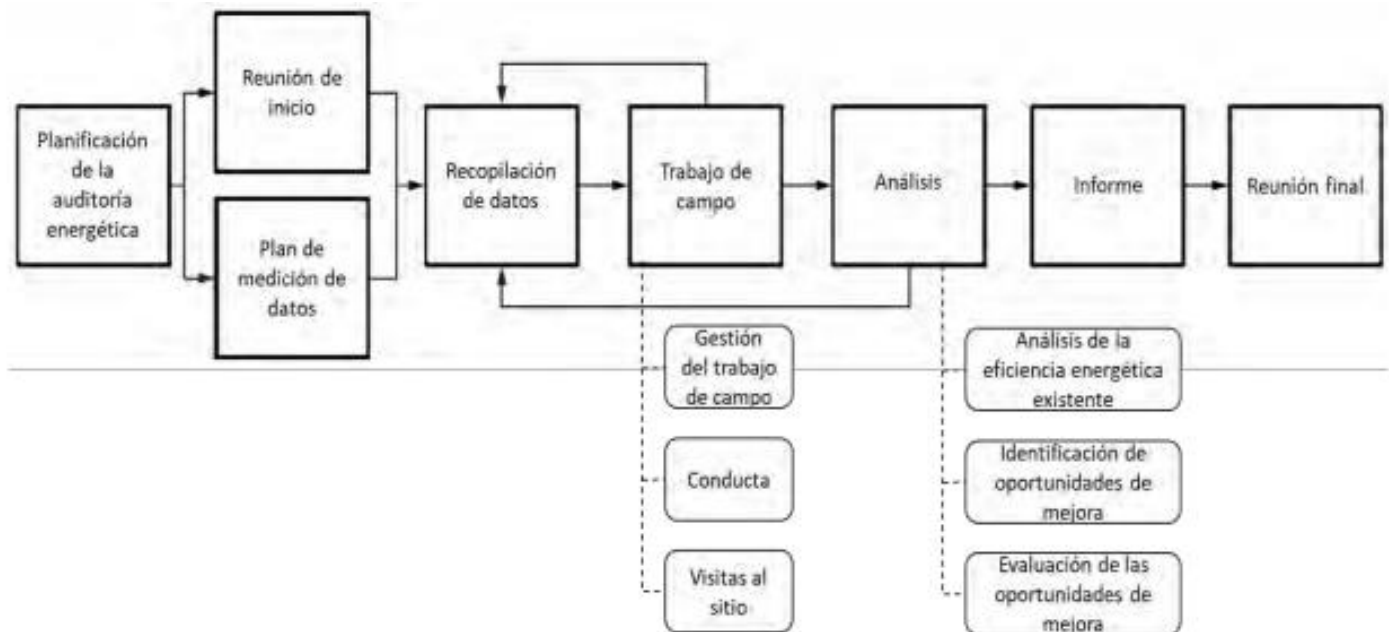


Figura 2.2. Diagrama de flujo: etapas de la auditoría energética

2.4. Características de cada etapa (ISO 50002:2014)

Etapa 1. Planificación de la Auditoría Energética

Esta etapa es fundamental para la organización y el auditor, se va a definir el alcance de la auditoría energética, así como los objetivos. Va a formar parte además la recopilación de información preliminar de la organización. Es una etapa en la cual, va a quedar por escrito y asentado, acuerdos, equipos e información necesaria.

- a) El auditor de energía y la organización deberán acordar lo siguiente:
 - 1. El alcance, los límites y los objetivos de la auditoría.
 - 2. Necesidades y expectativas para lograr los o el objetivo de la auditoría.
 - 3. El nivel de detalle requerido.
 - 4. El periodo de tiempo para completar la auditoría.
 - 5. Criterios para evaluar y clasificar oportunidades para mejorar el rendimiento energético.
 - 6. Compromisos de tiempo y otros recursos de la organización.
 - 7. Datos relevantes que deben estar disponibles antes del inicio de la auditoría.

Etapa 2 a). Plan de medición de datos

Una serie de características conforman esta etapa, en la cual establece como principales puntos, la necesidad de disponer de información como son los inventarios de mediciones, la clasificación y selección de equipos a evaluar, pues se estaría observando de esta forma los procesos relacionados y la viabilidad de su instalación. Se debe establecer la duración de cada medición, ya sea como un evento único o mediante registro electrónico, así como la frecuencia con la que se tomarán los datos. También es importante definir el periodo representativo durante el cual se refleje adecuadamente la actividad de la empresa, asignar los responsables

de ejecutar las mediciones y garantizar que estas cumplan con los requisitos de precisión y repetibilidad establecidos (ISO,50002 2014).

b) Reunión de inicio

El propósito de la reunión de inicio es informar a todas las partes interesadas sobre los objetivos de la auditoría, el alcance, el límite, el nivel de detalle y acordar los arreglos para la auditoría energética (por ejemplo, inducciones de seguridad del sitio, acceso, seguridad, etc.) (ISO,50002, 2014).

Etapas 3. Recopilación de datos

Reunir información sobre los consumos energéticos de sistemas, procesos y equipos, dentro de la organización, va ser el objetivo principal de esta etapa. Especificaciones como datos actuales e históricos, registros de mantenimientos, antecedentes de auditorías realizadas, todos estos son fundamentales para obtener resultados satisfactorios. Se debe incluir, además, la información sobre tarifas energéticas vigentes o de referencia para realizar análisis económicos, inversiones necesarias para mejoras y recuperación energética, y la estructura del sistema de distribución y gestión de la energía (ISO, 2014).

Etapas 4. Trabajo de Campo

El auditor debe asistir de forma presencial a las instalaciones de la organización. Inspeccionar todos los elementos incluidos en el alcance de la auditoría establecidos en la reunión inicial. Debe asegurarse de que todas las mediciones sean realizadas en la mayor normalidad posible del sistema para que no arroje errores, así como la revisión de datos anteriores. (ISO, 2014).

Etapas 5. Análisis

El auditor en sí, debe verificar la veracidad de los datos obtenidos, identificando posibles anomalías identificando si fue o no suficiente los datos recogidos para cumplir con los objetivos

de la auditoría. Para comprobar la veracidad de la información debe apoyarse y aplicar métodos confiables de cálculo. A partir de los resultados, se definirán el nivel actual del desempeño energéticos, para así, proponer mejoras. (ISO,50002 2014).

Etapas 6. Informe y Reunión Final

En estas dos etapas se explicarán los resultados obtenidos y las estrategias a tomar. En la reunión de cierre, delante de la directiva de la organización, se expondrán los detalles de los objetivos y las áreas con oportunidades de mejora.

2.5. Normas

Las normas son creadas para establecer guías hacia diferentes conductas y a través de estas asegurar un orden cumpliendo sus lineamientos. Dentro de cada una existen principios que se consideran adecuados para la sociedad u organización. Estas pueden aplicarse en diversos aspectos de la vida cotidiana y, en general, se espera que todos las respeten. Existen diversos tipos de normas. Su funcionalidad y a quien va dirigido, va a depender del entorno en el que se utilicen, como las normas religiosas, jurídicas, morales y sociales. (Equipo editorial, Etecé, 2025)

Según Camargos Ríos, K & Guerrero González (2021), las **Normas Oficiales Mexicanas**, son estandarizaciones técnicas obligatorias que tienen como objetivo establecer características y especificaciones aplicables a productos, servicios, equipos, condiciones de salud, procesos y etiquetados. Estas para poder ser aplicadas o certificadas, se requiere de una persona capacitada y acreditada para evaluar la técnica y la confiabilidad de organismos de certificación.

A continuación, se presentan las normas estudiadas para los casos de estudios, que se utilizaron en la realización de la auditoría energética.

2.5.1. Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014

La eficiencia energética resulta de manera indispensable en el contexto del sector educativo, por lo que es indispensable considerar todas las normas vigentes a la hora de realizar cualquier actividad en los sistemas de alumbrados. En particular, los edificios académicos³, presentan una alta demanda de iluminación, debido a todas las actividades que realizan en diferentes jornadas. La Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014 establece los lineamientos obligatorios para determinar la eficiencia de estos sistemas en edificios no residenciales, entre los que se incluyen las instituciones educativas. Su aplicación permite establecer límites máximos de consumo por área, evaluar el desempeño de la instalación actual y proyectar mejoras orientadas al ahorro energético y a la sostenibilidad operativa del campus académico.

Esta norma es obligatoria en edificaciones nuevas, así como en ampliaciones o remodelaciones, cuya carga total conectada para iluminación sea igual o mayor a 3 kW. Su propósito es fomentar el uso eficiente de la energía mediante el control de la **Densidad de Potencia Eléctrica para Alumbrado (DPEA)**, definida como la cantidad de potencia eléctrica (W) utilizada por metro cuadrado iluminado (W/m^2).

Este criterio es esencial para evaluar el rendimiento energético en edificaciones académicas, donde existen diversos espacios con distintas necesidades lumínicas, como aulas, oficinas administrativas y laboratorios. En la Tabla 1, se presentan los valores máximos permitidos por la norma para edificios académicos

Tabla 1.1 Valores máximos de DPEA aplicables en edificios académicos

Tipo de espacio	DPEA máxima permitida/ W/m^2
Aulas, salones y espacios educativos	14

³ En los cuales coexisten aulas, laboratorios, cubículos, salones de reuniones, bibliotecas

Oficinas administrativas	12
Laboratorios	15 (<i>valor sugerido por analogía con talleres y bibliotecas</i>)
Bibliotecas académicas	15
Auditorios y salas de conferencia	15 (<i>equivalente a teatros</i>)
Áreas comunes (pasillos, vestíbulos)	10 (<i>valor referencial por analogía con bodegas y almacenes</i>)

Cálculo de la DPEA

De acuerdo con la **NOM-007-ENER-2014**, la DPEA se determina mediante la siguiente fórmula:

$$DPEA = \frac{\text{Carga total conectada para alumbrado (W)}}{(\text{Área total iluminada (m}^2\text{)})} \quad (1)$$

Donde:

DPEA : Densidad de potencia eléctrica para el alumbrado W/ m²

Cada tipo de área debe evaluarse de forma independiente, y en casos justificados como actividades específicas en laboratorios o auditorios se pueden aceptar valores de DPEA ligeramente superiores, siempre que se sustente técnicamente⁴.

2.5.6. Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008

⁴ Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2014, Eficiencia Energética para sistemas de alumbrados en edificios no residenciales.

En las auditorías energéticas aplicadas a edificios académicos, no solo es relevante evaluar la eficiencia en el consumo eléctrico, sino también verificar el cumplimiento de condiciones adecuadas de confort visual y seguridad en el ambiente de trabajo. La **NOM-025-STPS-2008**, emitida por la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, establece los requerimientos mínimos de **niveles de iluminación** en los centros de trabajo, los cuales son plenamente aplicables a las instituciones educativas. Esta norma es particularmente útil para determinar si los sistemas de alumbrado instalados garantizan una iluminación suficiente, segura para el desarrollo de tareas visuales en aulas, oficinas, laboratorios y demás espacios universitarios.

La NOM-025-STPS-2008 tiene el objetivo de garantizar ambientes seguros, saludables y visualmente confortables para el desempeño de las actividades laborales. En el caso de los edificios académicos, esta norma resulta especialmente relevante, ya que regula las condiciones de iluminancia (medidas en lux) requeridas para el desarrollo adecuado de tareas visuales en espacios como aulas, oficinas, laboratorios, talleres y pasillos.

La norma contempla distintos niveles según el tipo de tarea visual y el área de trabajo, estableciendo umbrales mínimos que deben ser evaluados con instrumentos calibrados (luxómetros) bajo condiciones normales de operación. En la Tabla 2 se presentan los niveles mínimos de iluminación en las distintas áreas de trabajo.

Tabla 2.2 Niveles mínimos de iluminación recomendados para espacios académicos

Espacio o tipo de tarea visual	Área equivalente en institución educativa	Nivel mínimo de iluminación (lux)
Distinción moderada de detalles	Aulas, oficinas académicas	300
Distinción clara de detalles	Laboratorios generales, salas de cómputo	500
Alta precisión en tareas visuales	Laboratorios de control de calidad, salas de dibujo técnico	750

Iluminación básica para tránsito y circulación	Pasillos, escaleras, áreas comunes	50 – 100
Actividades en exteriores (movimiento de personas y vehículos)	Patios, estacionamientos escolares	20

Requerimientos adicionales relevantes

- Los niveles de iluminación deben evaluarse en el plano de trabajo correspondiente (escritorio, banco de laboratorio, superficie de trabajo).
- Se debe evitar el deslumbramiento directo o reflejado, mediante el control del factor de reflexión en paredes y superficies, que no debe exceder el 60 % para paredes ni el 50 % para planos de trabajo.

Metodología de evaluación

La norma establece procedimientos específicos para el reconocimiento, evaluación, control y mantenimiento de los niveles de iluminación. Esto incluye:

- Uso de luxómetro calibrado.
- Identificación de condiciones críticas de iluminación (deficiencia o exceso).
- Elaboración de un reporte técnico que documente resultados, ubicación de mediciones, condiciones de operación, plan de mantenimiento y medidas correctivas si son necesarias.

2.6. Consideraciones normativas integradas para la auditoría energética en edificios académicos

Al aplicarse y estudiar ambas normas⁵ de manera simultánea, permite a la auditoría energética, abordar los sistemas de alumbrado en edificios académicos desde una perspectiva técnica e

⁵ NOM-007-ENER-2014 y la NOM-025-STPS-2008

integral. Dado el objetivo de cada una, establecen límites máximos energéticos mediante la DPEA, orientado hacia la reducción del uso eléctrico sin afectar alguna funcionalidad, mientras que la NOM-025-STPS-2008 se enfoca en asegurar niveles mínimos de iluminación para proteger la salud visual, la seguridad y el desempeño de las tareas académicas y laborales

En conjunto, ambas normas proporcionan una **base normativa robusta** para justificar técnicamente las recomendaciones propuestas en el diagnóstico energético. Integrarlas en el análisis permite realizar propuestas de mejora que no solo optimicen el consumo eléctrico, sino que también **garanticen ambientes de aprendizaje seguros, confortables y normativamente adecuados**, alineados con los principios de sustentabilidad y bienestar en el entorno académico.

En el siguiente Capítulo 3, se muestra la metodología y las normas que se tomaron en cuenta para la investigación.

Capítulo 3. Diseño metodológico de la investigación.

En este Capítulo 3, se explica la metodología que se utilizó, además de mostrar cómo fue distribuido el trabajo para la toma de datos en cada uno de los casos de estudios. Se caracteriza la institución en la cual se realizó la investigación y se mencionan además los equipos que fueron utilizados. Así como los principales datos que se obtuvieron en el trabajo de campo.

3.1. Metodología

La metodología propuesta, la cual se utilizó como herramienta para realizar el estudio energético en las unidades académicas del Campus de Apatzingán del TecNM/CENIDET es la Norma ISO 50002:2014 sobre auditorías energética. La misma se compone de una serie de pasos (como se muestra en la Figura 2.2) a seguir para obtener buenos resultados y el alcance planificado.

3.2 Caracterización general del TecNM/CENIDET, campus Apatzingán

El Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico es una institución perteneciente al Tecnológico Nacional de México y tiene la **Misión** de *“formar investigadores e innovadores tecnológicos competitivos internacionalmente que aporten soluciones tecnológicas, mediante un ejercicio responsable y ético y la Visión de ser una institución reconocida nacional e internacionalmente por su calidad en la investigación y la formación integral de investigadores e innovadores tecnológicos, **que contribuyan al desarrollo pertinente y sustentable**”*.

La Auditoría Energética se aplicó únicamente a dos Unidades Académicas del TecNM/CENIDET, localizada en el municipio de Cuernavaca, estado de Morelos, México. El CENIDET es una institución Pública, la cual cuenta con tres Campus⁶. Las unidades académicas que se disponen auditar se encuentran en el Campus de Apatzingán⁷ como se muestra en la Figura 3.3. Ambas son construcciones diferentes, por lo que no se puede realizar una comparación entre ellas. Según (Garper. K, 2021) para realizar una comparación adecuada entre edificios; estos deben caracterizarse en términos de año-construcción, área de piso y tipo de edificaciones según su uso. En este estudio se mencionan además que debe realizarse la comparación en el mismo período de tiempo (siendo considerado el número de días y fines de semana dentro del período).

⁶ Campus Palmira, Campus Mecánica y Extensión Xochitepec

⁷ Características del Campus Apatzingán

En este estudio se registraron las principales fuentes de consumo energético instaladas relevantes para la investigación.

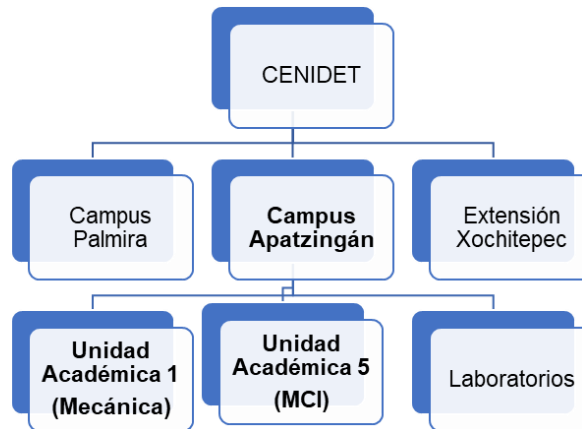


Figura 3.3. Selección de la muestra a auditar

3.3 Registro de datos

La Unidad Académica No 1, objeto de estudio se encuentra ubicado en la sección noroeste del campus, en un entorno rodeado de áreas verdes y vías de acceso pavimentadas que conectan con otros puntos clave de las instalaciones. La unidad académica cuenta con cuatro niveles, diseñados para satisfacer las necesidades académicas y administrativas de la institución. La distribución funcional de estos niveles incluye oficinas administrativas, aulas, laboratorios especializados, y áreas de estudio y colaboración. Cada espacio ha sido concebido para maximizar la eficiencia en el uso de recursos y facilitar las actividades educativas (**Ver Anexo 1**).

Al estar la U-1, ubicada geográficamente hacia el noroeste, suele recibir menos luz solar directa durante la mañana, ya que el sol incide principalmente desde el sureste. Sin embargo, durante la tarde, los rayos solares impactarán en las fachadas y ventanas de esta orientación, especialmente al atardecer. En el periodo que se está analizando, las temperaturas son generalmente moderadas en el estado de Morelos, principalmente en la ciudad de Cuernavaca, que se encuentra la unidad académica localizado, por lo que el ángulo bajo del sol al final del día puede provocar una acumulación de calor en la fachada de la orientación.

Esta unidad académica, cuenta además con un sistema de ventanas, las cuales no ayudan a la entrada de luz natural, pues todas son de color oscuro. Provocando dificultades para optimizar el aprovechamiento de luz natural.

La **Unidad Académica No.5**, posee 4 aulas, 2 laboratorios, 2 baños y cuenta además con un salón de reuniones y 9 cubículos. En esta unidad académica se utiliza exclusivamente en funciones docentes. La distribución superficial para los distintos usos se presenta en el **Anexo 1**. Se identificaron y registraron las principales cargas de energías instaladas⁸, entre las que se encuentran: luminarias, unidades de aires acondicionados, equipos de cómputo, ventilación y otras cargas menores. En él se identifican las principales áreas de la unidad académica delimitadas por niveles, la misma se encuentra ubicada geográficamente al noreste,

⁸ Se encuentran en cada una de los niveles

provocando que exista un deslumbramiento en las aulas y oficinas. Esta situación, afecta la productividad académica y docente de los usuarios del edificio académico.

El periodo de medición y registro de datos, de ambas unidades académicas, se llevó a cabo en un desarrollo normal de las actividades escolares.

3.4. Relación de sistemas auditados.

El análisis de los sistemas auditados⁹, desempeña en la auditoría energética un papel crucial en el proceso. El mismo permite identificar si algunas de las áreas establecidas, son ineficientes o si mantienen las estadísticas establecidas en las diferentes normas. En esta etapa se examinan para identificar el mayor consumo de las unidades académicas, los equipos de cómputo, ventilación, iluminación y otros que se encuentren dentro de la misma. A través del análisis de los datos, se podrá extraer conclusiones significativas que orienten las recomendaciones de mejora. Quedando así los principales indicadores a evaluar en el caso de estudio.

Para la identificación y toma de los datos, se tuvo en cuenta, la potencia de cada equipo¹⁰, siendo este el valor nominal el considerado para la descripción de los resultados. Los datos fueron tomados de forma manual. La auditoría se realizó en un periodo de tiempo de febrero a mayo del 2024 y de septiembre a diciembre del mismo año, en el cual transcurría con normalidad el curso escolar. Los fines de semana solo están conectados a la corriente equipos necesario, pero no se imparten clases, ni otras actividades a afines.

La toma de datos fue registrada en una Base de Datos, donde se dispusieron diferentes indicadores para hallar el consumo diario, semanal, mensual y anual, de cada uno de los equipos auditados. Para ello se tuvo en cuenta **la cantidad de equipos/potencia/horas de funcionamiento diaria/días de funcionamiento semanal**. Se muestran a continuación una serie de fórmulas utilizadas para hallar el consumo energético en varios periodos de tiempo.

⁹ Sistema de Cómputo, Sistema de Iluminación, Sistema de Ventilación y Equipos clasificado como "Otros"

¹⁰ Las características propias de cada equipo, las cuales se encuentran en la descripción.

$$Hfm = Df * 4 \quad (2)$$

Donde:

Hfm: Horas de Funcionamiento mensual

DF: Días de Funcionamiento

$$CD = (Ce * P * Hfd)/1000 \quad (3)$$

Donde:

CD: Consumo Diario

Ce: Cantidad de Equipos

P: Potencia

Hfd: Horas de funcionamiento diarias

$$Cm = CD * Cdm \quad (4)$$

Donde:

Cm: Consumo mensual

Cdm: Cantidad de días al mes

CD: Consumo Diario

$$Cs = Fs * Dfs \quad (5)$$

Donde:

Dfs: Días de funcionamiento semanal

Cs: Consumo semanal

Fs: Funcionamiento semanal

3.4.1. Sistema de Cómputo

En la evaluación de un edificio académico es fundamental evaluar los equipos de cómputo, pues este tipo de equipamiento es clave en el entorno académico, es necesario resaltar que las actividades educativas dependen significativamente de las nuevas tecnologías. En el contexto del caso de estudio de la unidad académica No.1, estos dispositivos adquieren

especial relevancia. Se auditaron en ambos casos de estudios un total de 172 equipos¹¹, entre ellos: impresoras, impresoras 3D, monitores, laptops y computadoras de mesa.

3.4.2. Sistema de iluminación

La iluminación es otro componente clave en el consumo energético de las unidades académicas. Dado que estas unidades académicas suelen operar durante largas jornadas, lo que hace que el uso eficiente de la iluminación sea crucial para disminuir el consumo total de energía.

Ambas unidades académicas (U-1, U-5), poseen para el alumbrado luminarias del modelo la Philips Lighting, TL5 Essential TL5/840 YZMRL16/0. Estas luminarias tienen un consumo de 14.3 W con un flujo luminoso de 1350 lm cada una. La Unidad Académica No.1 (U-1) cuenta con una distribución de 633 luminarias, distribuidas en 211 lámparas y la Unidad Académica No. 2, un total de 180 luminarias, distribuidos en lámparas de 4 tubos cada una. Ver

Para saber si las Unidades Académicas, tienen una buena iluminación y cumplen además con lo establecido en las Normas Oficiales Mexicanas, se estudian para la investigación las **Normas Mexicanas NOM-025-STPS-2008, NOM-007-ENER-20**. No se puede dejar de mencionar, que, aunque la iluminación no sea relevante para el consumo energético en estos casos de estudios, sí es necesario su evaluación para analizar el confort visual de los estudiantes.

Para la **NOM-025-STPS-2008**, se tomó en cuenta lo siguiente:

Factor de reflexión y niveles de iluminación según la NOM-025-STPS-2008

Esta norma establece los requerimientos mínimos de iluminación en diferentes áreas de trabajo y centros educativos. La misma especifica además los niveles de iluminación adecuados y las principales características que deben tener los sistemas de iluminación para

¹¹ 100 en la Unidad Académica No. 1 y 72 en la Unidad Académica No.5

minimizar riesgos y maximizar la eficiencia visual energética. Uno de los aspectos fundamentales considerados en la norma es el factor de reflexión, que influye directamente en la efectividad de la iluminación y en la percepción visual del entorno tanto laboral como académico.

La NOM-025-STPS-2008 establece distintos niveles de iluminación en función de la actividad que se realice con respecto al área de cada unidad. Con lo que respecta a la investigación que se está realizando, según las normas, las áreas de trabajo general, como oficinas, áreas comunes, es aconsejable, un nivel de iluminación mínimo de 300 lux, mientras que un área mayor requiere 500 lux, como son las salas de reuniones.

En la U-1, se llevó a cabo una evaluación detallada de los niveles de iluminación en diversas áreas para verificar el cumplimiento con la norma. Con ella permite identificar si existe una buena iluminación, específicamente en aquellas áreas de trabajo y en las tareas visuales asociadas a los puestos de trabajo, asimismo, identificar donde exista una iluminación deficiente o exceso de iluminación que provoque deslumbramiento.

Para ello se calculó:

$$Luxe = (Flujo Luminoso(lm))/(Área (m^2)) \quad (6)$$

y un factor de pérdida del 0.8%, con el objetivo de analizar cada área de la U-1 del campus Apatzingán.

Se realizó un análisis del Factor de Reflexión, utilizando la fórmula proporcionada por la misma norma:

$$K_f = E_1/E_2 \quad (100) \quad (7)$$

Donde:

K_f: Valor de la Reflexión

E₁: Primera medición

E₂: Segunda Medición

La NOM-025-STPS-2008, además, establece también los niveles de máximos permisibles del Factor de Reflexión. Pues según la norma se considera que existe deslumbramiento en el área y puesto de trabajo, cuando el valor de reflexión (K_r) supere los valores establecidos en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Valores permisibles, NOM-025-STPS-2008

Concepto	Niveles Máximos Permisibles de Reflexión, K_r
Paredes	60%
Plano de Trabajo	50%

Se utilizó un luxómetro certificado, (Digital Btmetr Lux), para medir los niveles de iluminación en diferentes puntos de los locales seleccionados, tanto en los puestos de trabajo como en las paredes. (Ver **Anexo 4**)

3.4.3. Sistema de ventilación

Fueron un total de 24 equipos de ventilación entre ambas unidades académicas. Los equipos auditados fueron los aires acondicionados y los ventiladores.

En el siguiente Capítulo 4, se muestra el análisis realizado a partir de los indicadores seleccionados para analizar el consumo de ambos casos de estudios.

Capítulo 4. Diagnóstico energético: presentación y análisis de resultados.

En este Capítulo 4, se presentan el análisis de consumo de cada uno de los casos de estudios, en el cual se reflejan los principales indicadores estudiados.

4.1. Análisis del consumo de la unidad académica No.1

En esta sección de la investigación se muestran los principales hallazgos obtenidos de la auditoría energética, realizada en las unidades académicas 1 y 5. El análisis se expone de manera estructurada, cada caso de estudio, se aborda de forma individual, con el propósito de realizar un diagnóstico profundo y específico. Para cada unidad académica, se desglosa el consumo energético a partir de la carga instalada, los patrones de uso anual y la distribución por niveles, con el fin de identificar las áreas de mayor demanda. Se examina, además, el desempeño de los sistemas más influyentes como es la iluminación, la ventilación y los equipos de cómputo. De forma continua, se evaluó la conformidad con las normativas mexicanas vigentes, sentando así las bases objetivas para las recomendaciones que se desarrollarán posteriormente.

4.1.1. Carga Instalada

Tras analizar los datos recopilados del caso estudio No. 1, se determinó que la carga instalada asciende a 40.6 kW, representando la potencia de los equipos conectados, es decir, la capacidad máxima teórica que pueden alcanzar en su operación. En la Figura 4.4 que se muestra a continuación, se ilustra la distribución de esta carga, en la cual los equipos clasificados como “otros”, representan el mayor porcentaje con un 33%. Lo que permite observar la cantidad de equipos ajenos que existen en la U-1, que, si bien es para comodidad de los alumnos y profesores, también aumentan el nivel de energía, por ser de alto consumo energético.

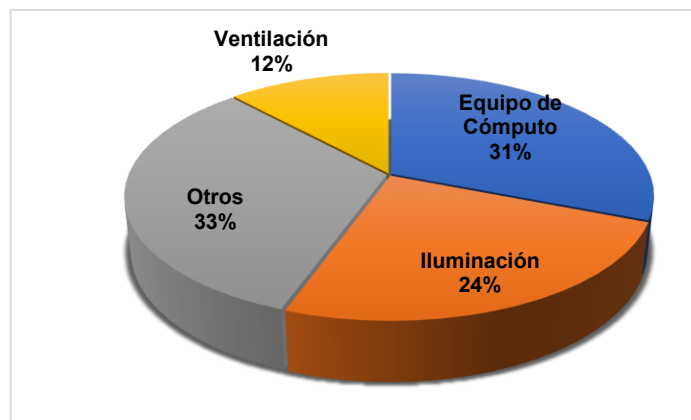


Figura 4.4. Carga instalada unidad académica no.1

4.1.2. Consumo Anual.

El análisis de los datos recogidos en la unidad académica no 1, revela un consumo anual de 83,278 kWh. Se identificó que el indicador que representa el mayor porcentaje de consumo, es el clasificado como Otros¹².

La muestra una tendencia clara en la que el consumo mayor de la energía se destina a la categoría de “Otros” (58%)¹³. Lo que representa equipos de alto consumo de uso personal principalmente que están operando continuamente. Las otras tres categorías (equipo de cómputo, iluminación y ventilación) tienen consumos más distribuidos y están dentro de lo esperable para una unidad académica.

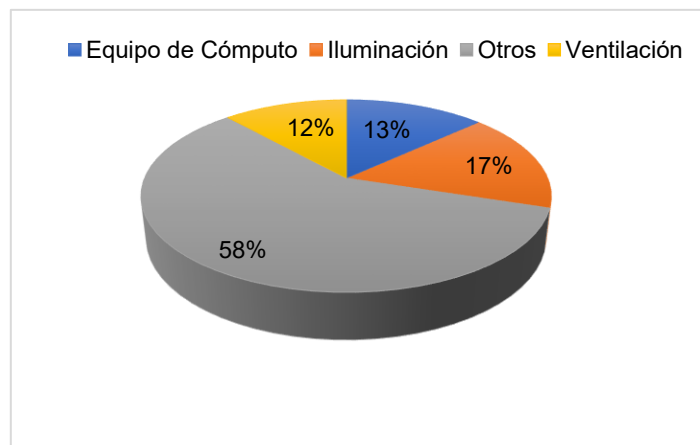


Figura 4.5. Consumo mensual

¹² Dispensadores de Agua, Minibar, cafeteras Eléctricas, microwey

¹³ Existe una diferencia entre la Figura 4.1 la cual refleja que la categoría de “Otros” tiene una carga instalada del 33% y en la Figura 4.2, un 58%, se debe a que el segundo análisis se refiere al consumo anual, es decir, el análisis es el resultado de multiplicar la potencia de cada equipo por su tiempo real de funcionamiento anual. Esto es la evidencia clave de que estos dispositivos, aunque no necesariamente los más potentes individualmente, son los que **permanecen encendidos por periodos mucho más largos**, representando así la mayor área de consumo.

De este análisis presentan cuales fueron las áreas con mayor oportunidad de ahorro, por lo que se profundiza en los equipos incluidos en la categoría de “Otros”, con el fin de optimizar su uso o remplazar algunos por alternativas más eficientes energéticamente.

El resultado del análisis muestra un comportamiento normal de una unidad académica, pero no hay que dejar pasar las oportunidades importantes de mejora donde resulta un ahorro energético significativo.

4.1.3. Consumo Diario de los cuatro Niveles.

Con el objetivo de profundizar en el estudio del consumo energético, se realizó además un análisis detallado por niveles. La unidad académica No1, como se había mencionado anteriormente, consta de cuatro niveles, y se recopiló información específica sobre cada uno para poder identificar patrones de uso y a su vez áreas de mejora en la eficiencia energética.

Se muestra a partir de los datos expuestos en la Figura 4.6, que el máximo del consumo energético se encuentra en los Niveles 2 y 4. En estos pisos se encuentran los laboratorios y aulas de los estudiantes, además de las oficinas de algunos profesores. Lo cual que es fundamental para una mejora de la eficiencia energética¹⁴.

Cabe resaltar, en el caso de los otros dos niveles, aunque no sea tendencia en el consumo de la unidad académica, también se pueden implementar medidas de mejora como la revisión de los ventiladores y una actualización de equipos a versiones más eficientes.

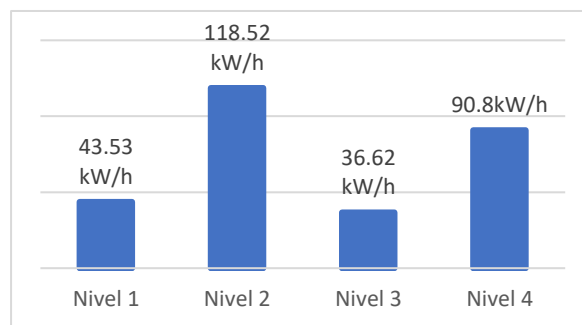


Figura 4.6. Consumo por niveles del U-1

¹⁴ Además de poseer equipos clasificados como “Otros”

4.1.4. Análisis del consumo energético de los Equipos de Cómputo

De acuerdo con los datos que se obtuvieron, los equipos de cómputo representan el 31% de la carga instalada¹⁵, lo que equivale aproximadamente a 11.3 kW. Es importante proponer e implementar estrategias de eficiencia energética en el edificio sin comprometer su funcionalidad académica.

A continuación, se muestra en la Figura 4.7 la distribución del consumo mensual de los equipos de cómputo en los Niveles de ambos casos de estudios.

Para abordar el consumo elevado de los equipos de cómputo, se propone las siguientes medidas:

Configuraciones de Energía, es decir configurar las computadoras para que una vez que no se estén usando, entren en modo ahorro de energía y promover el uso de monitores con consumo energético reducido.

Sensibilización y capacitación, es decir, responsabilidad social ante el ahorro de energía. Implementar programas para los usuarios sobre prácticas de ahorro energético, hacen conciencia en todos los participantes, y se transmite adecuadamente.

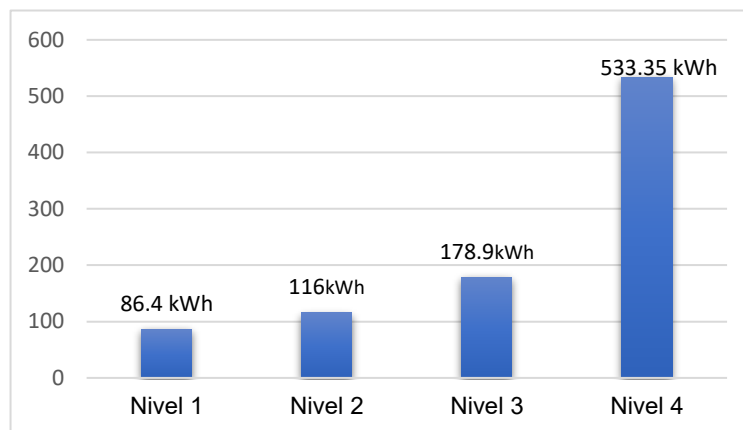


Figura 4.7. Consumo mensual de los equipos de cómputo

¹⁵ Carga instalada de los Equipos de Computo 31%; Consumo Anual 13%, es decir, el consumo de esta es menor de lo que está conectado.

4.1.5. Equipos de Cómputo

Dado que los equipos de cómputo representan el 28% de la carga instalada en la unidad académica No. 1, es necesario desglosar el consumo energético de estos equipos para identificar áreas de mejoras. A continuación, en la Figura 4.8 se presenta un análisis detallado del consumo energético de los tipos de equipos de cómputo utilizados en el en los casos de estudios.

Laptops y las Computadoras de Mesas, son los equipos más comunes en las U-1 . Son de uso habitual, por lo que llegan ser fundamental. En el caso de la unidad académica de un total de 76, se tomó como muestra el 52.6%, para el análisis de los equipos electrónicos.

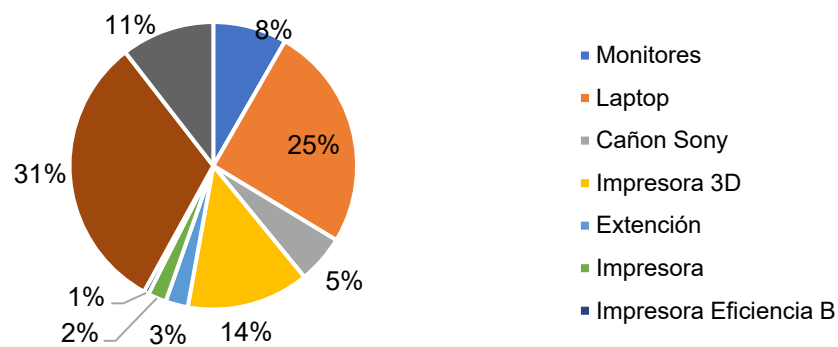


Figura 4.8. Promedio consumo semanal de los distintos tipos de cómputo.

4.1.6. Análisis del consumo energético de los equipos clasificados como “Otros” (Minibar, Cafeteras eléctricas, Microondas, Dispensadores de Agua)

Además de los equipos analizados en el epígrafe anterior, en la U-1 cuenta con una variedad de equipos eléctricos clasificados como “Otros”¹⁶. Esta categoría incluye minibares, microondas, cafeteras eléctricas y dispensadores de agua.

¹⁶ Dispensadores de Agua, Microwey, Minibar, Cafeteras Eléctricas

Estos equipos representan mensualmente el mayor porcentaje del consumo energético total, su uso continuo contribuye de manera significativa al consumo anual de la U-1.

En la toma de datos, se observó que tanto los estudiantes como los profesores, mantienen una gran variedad de equipos electrónico de uso personal. Además, la unidad académica posee 7 dispensadores de agua, el cual refleja el Figura 4.9, como el de mayor porcentaje de consumo energético¹⁷. Es un gasto innecesario esta cantidad de equipos, los cuales se pueden reorganizar por pisos, en los cuales, todos los estudiantes y profesores tengan acceso a ellos.

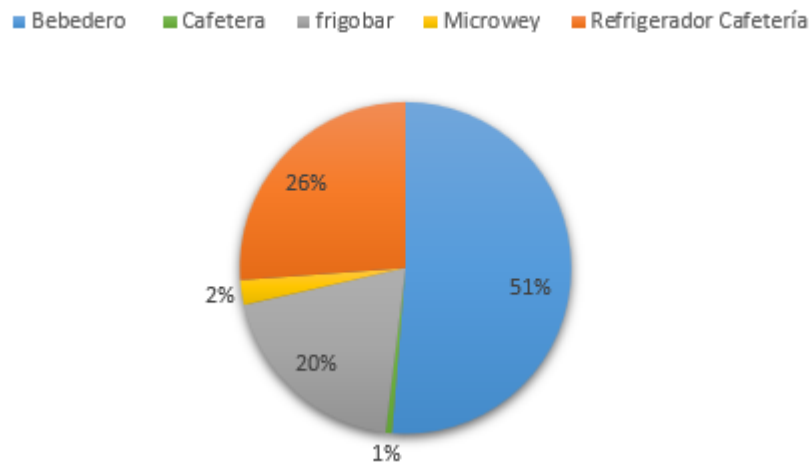


Figura 4.9. Consumo mensual de los calificados como "Otros".

¹⁷ De los 7 dispensadores de agua , solo uno tiene clasificación de eficiencia energética.

4.1.7. Sistema de iluminación

En la Unidad Académica No.1, se analizó el 99%¹⁸ de los espacios con iluminación, lo que representa un total de la carga instalada de 9 kW, representando el consumo mensual de 1661 kWh/mes.

La Figura 4.10. Iluminaciones distribuidas por locales. muestra cómo están distribuidas las lámparas en la Unidad Académica No. 1. Cada uno de los espacios, mantiene una característica, pues hay áreas y espacios que tienen una mayor prioridad o mantienen una gran concentración.

Las áreas que mayor porcentaje poseen son las Aulas y las Oficinas, ambas representan el 62% del total. Estos espacios están destinados al aprendizaje directo y trabajo administrativo, lo que refleja prioridades del edificio académico.

Se puede observar una distribución equilibrada de la iluminación en toda la unidad académica. El sistema de iluminación está enfocado principalmente en aulas y oficinas, esto se debe a la ubicación geográfica del edificio académico. Al estar orientado hacia el noroeste, el uso de sistemas de iluminación artificial aumenta durante las primeras horas del día, ya que la luz natural resulta insuficiente en ese período.

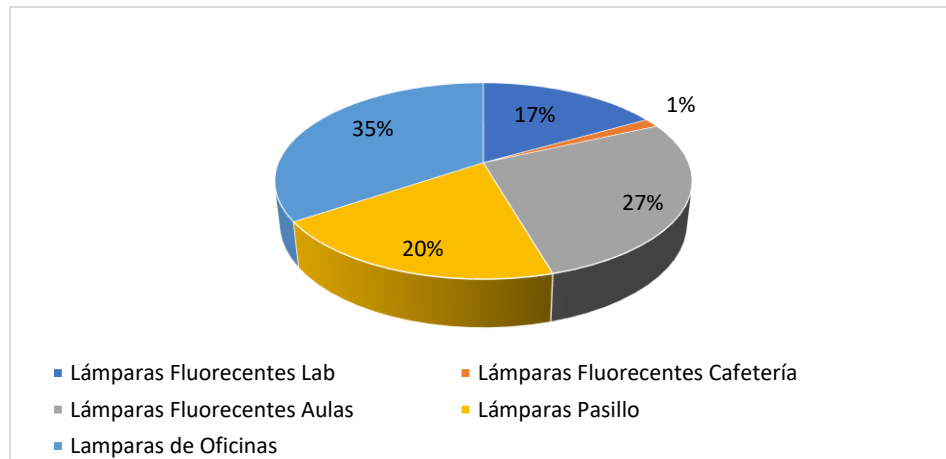


Figura 4.10. Iluminaciones distribuidas por locales.

¹⁸ No se auditaron espacios como el Laboratorio del primer nivel y cubículos del edificio por encontrarse cerrado.

A través de la Fórmula (6) se calculó el cumplimiento de la norma con respecto a los lux.

Tabla 4.4. Análisis de la NOM-025-STPS-2008 iluminación. Unidad académica No1

Zona/Área	Lux máximos obtenidos	Evaluación del Cumplimiento		
		Lux promedios obtenidos	Lux en la norma	Cumplimiento
Aulas 1203-1206	601.11	480.8	300	Cumple
Aula 1306	813.25	650.6	300	Cumple
Laboratorio 1104	1369	1095	500	Cumple
Laboratorio 1105	871	673.24	500	Cumple
Laboratorio 1201-1202	523.25	418.6	500	No cumple
Laboratorio 1405	361.60	289.28	500	No cumple
Cubículo 1301	900	720	300	Cumple
Cubículo 1303	607.19	485	300	Cumple
Cubículo 1306	813.25	650.6	300	Cumple
Cubículo 1401- 1403	1054	843.7	300	Cumple
Cubículo 1407	530.10	424	300	Cumple
Cubículo 1418	900	720	300	Cumple
Cubículo 1419	1219	975	300	Cumple

La U-1 cumple en un 84.6% con respecto a la NOM-025-STPS-2008, y a los niveles de lux por área.

De igual forma la norma establece que para los casos en el cual no se cumple con lo indicado, se debe realizar un mantenimiento a las lámparas, como es su limpieza, ventilación, verificar los elementos de pre-encendido o de calentamiento. Las lecturas se tomaron en el horario por la tarde, con el objetivo de capturar las variaciones de la luz natural, como se muestra en la Figura 4.11; Figura 4. 12; y Figura 4. 13. Las lecturas se realizaron en 3 casos diferentes. A continuación, se describe cada una:

Luz Artificial-Ventanas Cerradas: Este indicador recoge el nivel de deslumbramiento causado solamente con la luz que emiten las lámparas.

Luz Artificial-Ventanas Abiertas: Este indicador, mide el deslumbramiento cuando se combinan la luz artificial y la natural, evaluando su impacto en los usuarios.

Luz Ambiente: Se quiere recoger con este indicador, el nivel de deslumbramiento causado exclusivamente por la luz solar, evaluando su efecto en los estudiantes y profesores.

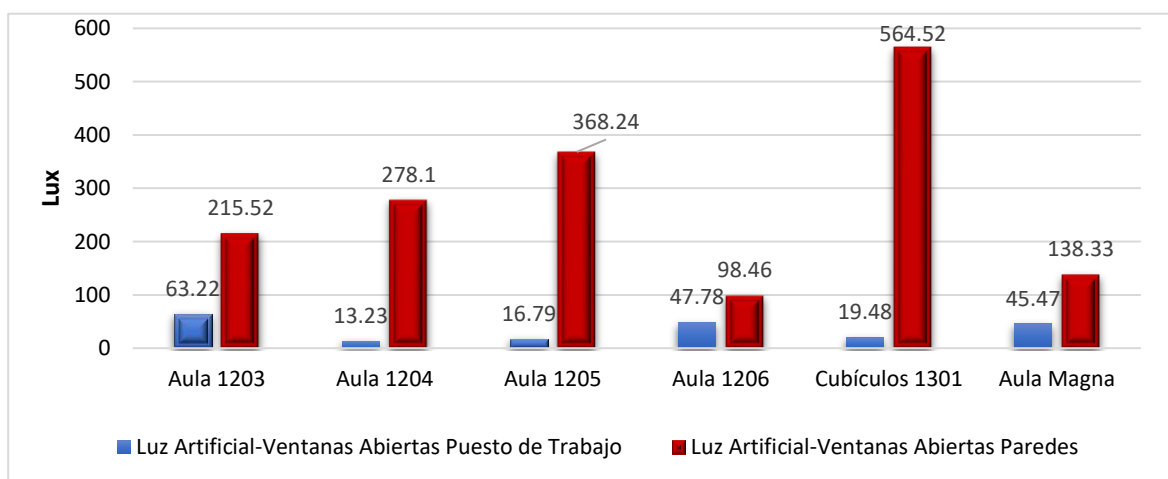


Figura 4.11. Luz artificial-ventanas abiertas (representada en lux)

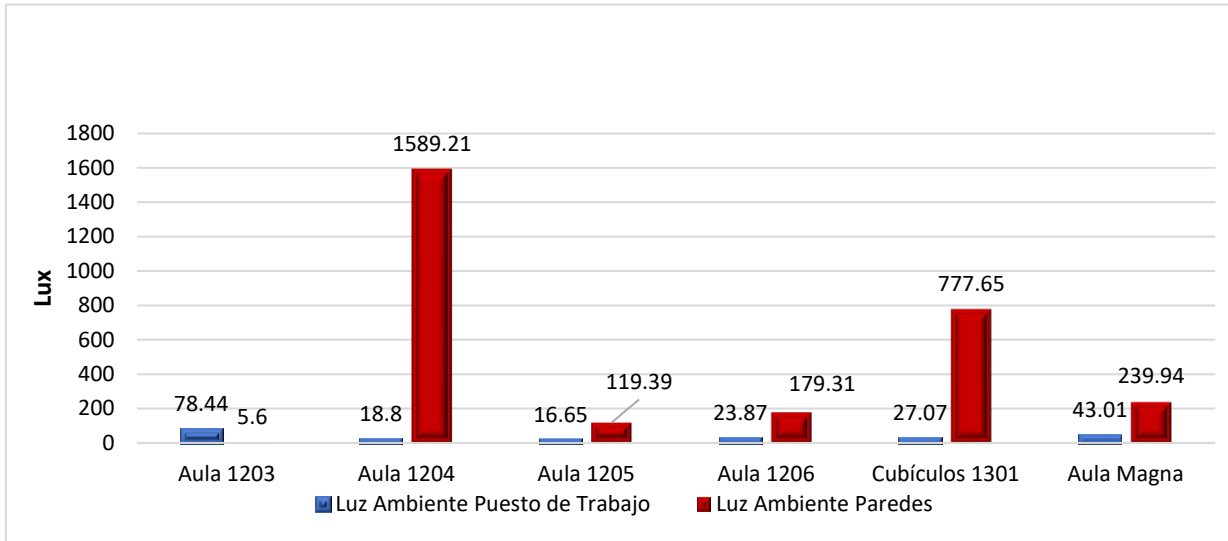


Figura 4. 12. Luz ambiente

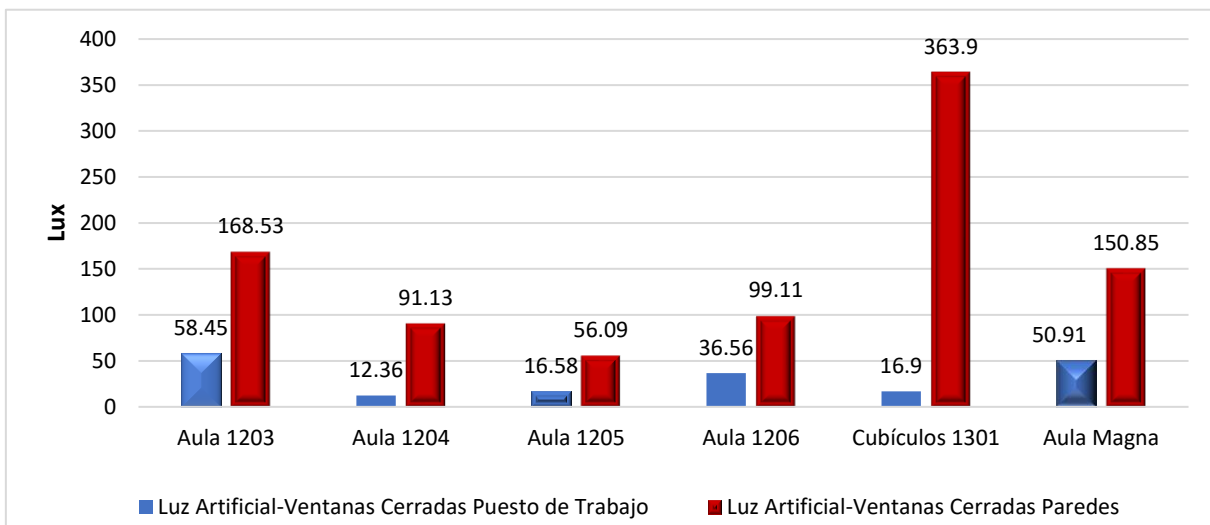


Figura 4. 13. Luz artificial - ventana cerrada

Los resultados generales obtenidos muestran variaciones significativas en los niveles de iluminación. En los tres indicadores, todos los espacios seleccionados para la evaluación demuestran que está por encima de los máximos permitidos. Indicando que existe un deslumbramiento en estas zonas.

Esta situación está dada a la trayectoria solar en la época del año que se encuentra la investigación¹⁹. Al sol tener un ángulo más elevado desplazándose hacia el sur, respecto del este y el oeste; incidiendo en el lateral del edificio y produciendo así este efecto de deslumbramiento en las aulas.

Al estar por encima de los estándares permisibles como lo dice la NOM-025-STPS-2008, en el caso de las paredes, implica una cantidad excesiva de luz. Trae consigo varias consecuencias negativas tanto para el confort visual de los estudiantes, como para su capacidad de estudio y trabajo.

4.1.8. Resultado Individual de cada espacio en las secciones mañana y tarde por independiente en cada local.

Se muestra a continuación los resultados de las mediciones realizadas en los espacios seleccionados²⁰. Los cuales están bajo diferentes condiciones de iluminación y en distintos horarios, los resultados obtenidos se organizarán en función de los tres indicadores: luz artificial-ventanas cerradas, luz artificial-ventanas abiertas y luz ambiente.

Se analizó, espacios como aulas, con el objetivo de identificar su nivel de iluminación. La evaluación estuvo basada en dos periodos, matutino (mañana) y vespertino (tarde).

Las Tabla 4.5; Tabla 4.6;

Tabla 4.7 reflejan los datos con respecto al factor de reflexión, en el que se muestra algunas diferencias significativas entre los niveles de iluminación en el plano de trabajo y las paredes. Las mismas reflejan un desequilibrio entre ambos factores, afectando negativamente la distribución de la luz y el cumplimiento de los estándares normativos.

¹⁹ Invierno

²⁰ Aulas

Tabla 4.5 Valores de iluminación del factor de reflexión, luz artificial-ventanas cerradas

Local	Niveles de Iluminación permisibles (Mañana)		Niveles de Iluminación permisibles (Tarde)	
	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)
Aula 1203	-	-	58.45	168.53
Aula 1204	-	-	12.36	91.13
Aula 1205	-	-	16.58	56.09
Aula 1206	-	-	36.56	99.11
Cubículos 1301	16.90	363.90		
Aula Magna	50.91	150.85		

Tabla 4.6. Luz artificial-ventanas abiertas.

Local	Niveles de Iluminación permisibles (Mañana)		Niveles de Iluminación permisibles (Tarde)	
	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)
Aula 1203			63.22	215.52
Aula 1204			13.23	278.10
Aula 1205			16.79	368.24
Aula 1206			47.78	98.46
Cubículos 1301	19.48	564.52		
Aula Magna	45.47	138.33		

Tabla 4.7 Luz ambiente.

Local	Niveles de Iluminación permisibles (Mañana)		Niveles de Iluminación permisibles (Tarde)	
	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)
Aula 1203			78.44	5.60
Aula 1204			18.80	1589.21
Aula 1205			16.65	119.39
Aula 1206			23.87	179.31
Cubículos 1301	27.07	777.65		
Aula Magna	43.01	239.94		

Cuando se analizan los datos tomados, en varios de los espacios de la Unidad Académica, se observa una disparidad entre las paredes y los planos de trabajo. Con respecto al indicador de la luz artificial con las ventanas cerradas, los niveles permisibles en el plano de trabajo presentan niveles bajos, ejemplo el Aula 1203, mantiene una incidencia de (58.45 lux) frente a 168.53 lux en las paredes. En el indicador de las ventanas abiertas se repite este patrón, en el cual se identifica un aumento de los valores generales de la luz natural.

Al analizar el indicador de la luz ambiente, se observa de forma significativa, que la diferencia es aún más pronunciada. Se pone de ejemplo, el Aula 1204, en el cual las paredes reflejan hasta 1589.21 lux frente a los 18.80 lux del plano de trabajo. Este promedio de reflexión indica un exceso en las paredes y deficiente en los planos de trabajo, fuera del rango recomendado por la normativa. Por lo que esas condiciones generan una iluminación no uniforme e insuficiente, afectando la eficiencia lumínica y el confort visual.

Algunas de las recomendaciones que se pueden hacer para la mejora de las condiciones lumínicas, es el ajuste de los materiales y acabados de las superficies. Las paredes podrían beneficiarse de acabados con menor reflectancia, como pinturas mate, mientras que los planos de trabajo deben tener materiales con mayor reflectancia dentro del rango recomendado.

Además, sería útil optimizar la distribución de las luminarias y considerar la instalación de difusores para lograr una iluminación uniforme y adecuada. Estas acciones garantizarían el cumplimiento de la norma y mejorarían las condiciones visuales en los espacios analizados.

Un deslumbramiento en las zonas de trabajo implica poco confort para los estudiantes, pues puede causar un deslumbramiento directo o reflejado, provocando dificultades a la hora de fijar la vista, pues no logra ser cómodo para el usuario ya que tiene que estar adaptando a los ojos a los cambios de brillo.

Fijar la vista hacia un entorno reflejado por la luz, puede causar dolor de cabeza, malestar, y repercute en la capacidad de concentración en las actividades académicas que se está realizando.

La evaluación parcial del factor de reflexión, que se ha realizado en la U-1 en los espacios de las aulas, ha revelado ineficiencias sobre el estado actual de la iluminación y a la vez como impacta el deslumbramiento en los estudiantes. Los resultados obtenidos, han demostrado que las condiciones de la iluminación varía en cuanto al tipo de luz y el horario en el cual se tome la lectura, así como la zona que se escoja para la evaluación.

4.1.9. Distribución y Características de la U-1 : Análisis de la Densidad Potencia Eléctrica para el Alumbrado.

La Unidad Académica No.1, está orientado al Noroeste, por lo que las orientaciones condicionadas son Este, Sureste y Noroeste debido a que los elementos en estas direcciones tienen una incidencia solar directa en las primeras horas de la mañana o en las últimas de la tarde que, aunque no representan altos niveles de radiación, no debe excederse la exposición de estos componentes para no generar ganancias de calor y un sobrecalentamiento. Cuenta con cuatro niveles, los cuales están distribuidos en oficinas y aulas.

Basándose la investigación en la NOM-007-ENER-20, la cual establece los requisitos de eficiencia energética en edificios no residenciales, se llega al resultado siguiente:

Capítulo 4. Diagnóstico energético: presentación y análisis de resultados.

Tabla 4.8 Cálculo de DPEA por locales.

Local	Superficie Total de Aula	Cantidad de Lámparas	Densidad de Potencia de Alumbrado Efectiva	DPEA (W/m ²)
Laboratorio de Tribología	77 m ²	54	10.02W/m ²	14
Laboratorio 1104	59.14 m ²	60	14.50 W/m².	14
Aula 1201	61.92 m ²	36	8.31 W/m ² .	14
Aula 1202	61.92 m ²	36	8.31 W/m ² .	14
Aula 1203	53.9 m ²	24	6.36 W/ m ²	14
Aula 1204	53.9 m ²	24	6.36 W/ m ²	14
Aula 1205	53.9 m ²	24	6.36 W/ m ²	14
Aula 1206	53.9 m ²	24	6.36 W/ m ²	14
Cubículo 1306	19.92 m ²	12	8.61 W/m ² .	12
Cubículo 1301	13.51 m ²	9	9.92 W/m ² .	12
Cubículo 1303	13.34 m ²	6	6.43 W/m ² .	12
Cubículo 1401	7.68 m ²	6	11.17W/m ² .	12
Cubículo 1402	7.68 m ²	6	11.17W/m ² .	12
Cubículo 1403	7.68 m ²	6	11.17W/m ² .	12
Cubículo 1407	15.28 m ²	6	5.61 W/m ² .	12
Laboratorio de Estudiantes	33.6 m ²	9	3.83 W/m ² .	14
Cubículo 1409	9 m ²	6	9.53 W/m ² .	12

Local	Superficie Total de Aula	Cantidad de Lámparas	Densidad de Potencia de Alumbrado Efectiva	DPEA (W/m²)	Existen
Cubículo 1410	9 m²	6	9.53 W/m².	12	
Cubículo 1411	9 m²	6	9.53 W/m².	12	
Cubículo 1417	11.05 m²	6	7.76 W/m².	12	
Cubículo 1418	11.05 m²	6	7.76 W/m².	12	

cubículos que tienen la misma Densidad de Potencia de Alumbrado Efectiva, al tener cada uno, las mismas dimensiones.

Los valores presentados anteriormente de la DPAE, de cada uno de los espacios, se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa mexicana. Por lo que indica que la densidad de potencia de alumbrado es adecuada para el área de las aulas y los cubículos, asegurando una iluminación eficiente y cumpliendo con los estándares de eficiencia energética establecidos por la NOM-007-ENER-2007.

4.1.10. Evaluación General del Sistema de Iluminación

En la Unidad Académica, a través de los datos recogidos, se identificó que existe una buena distribución de la iluminación en todas las zonas, ofreciendo un enfoque prioritario en aulas y oficinas con un 62% dado al uso intensivo que tienen. La evaluación y análisis de la U-1, permitió mostrar que durante las primeras horas del día la luz artificial, se utiliza más, esto dado por su ubicación geográfica.

A partir de las normas mexicanas, se evaluaron los niveles de luminancia para detectar si existía las condiciones óptimas del confort visual y la eficiencia energética. Para ello se conoció que el 84.6% de los espacios y áreas cumplen con la NOM-025-STPS-2008, el resto presentan valores inferiores a los requeridos por dicha norma. Afectando gradualmente la realización de

algunas actividades que requieren una precisión visual. Sería apropiado dar un mantenimiento a las luminarias en periodos cortos, y así mantener su nivel óptimo de luminancia.

En la toma de datos, se identificó que varias áreas de la Unidad Académica mantienen niveles de reflexión mayores a los valores permitidos, provocando deslumbramiento. Ejemplo de ello, lo encontramos en el aula 1203, en el cual los niveles de la pared fueron superiores a los del plano de trabajo, provocando un desequilibrio y generando incomodidad para trabajar, al igual sucede en el aula 1204.

En cuanto a los valores de densidad, decir que el caso de estudio (U-1) se encuentra dentro de lo que establece la norma para edificios no residenciales, asegurando una iluminación eficiente en términos de consumo de energía en relación al tamaño. Al existir una distribución acorde a las áreas de la unidad académica de iluminación, garantiza un uso eficiente de la energía.

En resumen, la unidad académica No1 presenta una iluminación eficiente en términos de potencia instalada y consumo, pero existen áreas de mejora en cuanto a la distribución de la luz y el cumplimiento de los niveles de reflexión, lo que podría mejorar significativamente el confort visual y la eficiencia energética general del edificio.

Por lo que se han identificado varias problemáticas. La unidad académica No.1, se encuentra en una ubicación geográfica adecuada, pues al tener una orientación noroeste, es favorable para el ahorro de energía. Sin embargo, no funciona así, pues, todas las ventanas de su interior y exterior, son de color oscuro, impidiendo la entrada de la luz natural en horas de la mañana, y obligando al usuario hacer uso de la luz artificial para un mejor confort visual en su área de trabajo.

Como se explicaba anteriormente, existe una dependencia de los equipos de uso personal, de forma exagerada, pues hay más del o que se pudiera utilizar. Al igual sucede con los dispensadores de agua, una mala organización y comodidad por parte de los usuarios de la U-1, ha llevado, a un mayor consumo.

Con ello, se hace referencia a estrategias energéticas como optimización de la luminaria, reducción de consumo en los equipos de cómputos. Realizar en su cubículo, por parte de cada trabajador, recogida de equipos personales, dejando solo, los de más uso, o imprescindible.

La Unidad Académica actualmente, tiene instalada lámparas fluorescentes, que, aunque no tienen relevancia en el consumo energético, si se detectaron áreas con mayor iluminación, lo que afecta al confort visual de los estudiantes. Además, se evidenció, que no existen sistemas de control, es decir, no hay sensores de movimiento, al no existir un control sobre la iluminación, muchas veces, en el área de los baños se quedan prendidas las luces, por lo que existe un derroche de energía innecesaria. También fue de detectado, en ciertas áreas de la unidad académica, a causa de reflejos, deslumbramiento, afectando el rendimiento de los usuarios.

Análisis del consumo de la unidad académica no.5

4.1.11. Carga instalada

Al contabilizar y analizar los datos de la Unidad Académica No.5, se determinó que la carga instalada es de 29 kW. En la Figura 4.14 se muestra como está distribuida la carga entre los principales indicadores a evaluar en la investigación. Los resultados muestran, un porcentaje significativo en el área de ventilación, lo que corresponde específicamente al aire acondicionado ubicado en el Nivel 3, representando el 46% de la totalidad. Al conocer el porcentaje de mayor, permite focalizar la optimización del mismo para una mejora energética.

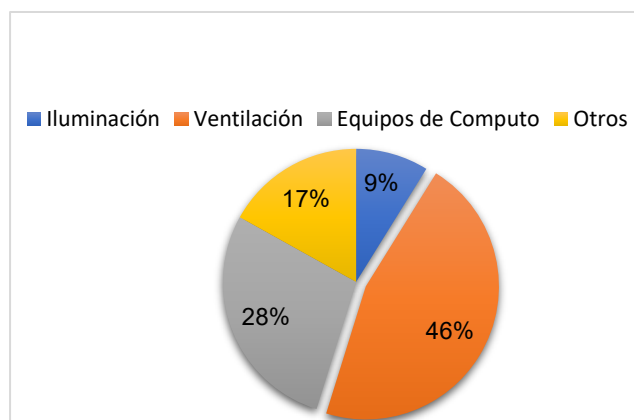


Figura 4.14 Carga eléctrica instalada U-5

4.1.12. Consumo anual.

El análisis de los demostrados en la Figura 4.15 revela un máximo consumo entre los indicadores de los equipos clasificados como Otros²¹ con un 42%²² y la ventilación con un 26% respectivamente. Entre los dos representan más del 50% del consumo de la unidad académica, por lo que la optimización y mejora, estarían enfocados en estos rubros y así brindar un mayor ahorro del consumo energético.

Además, no hay que descuidar las otras dos categorías, pues un uso eficiente de ambas contribuye al ahorro global.

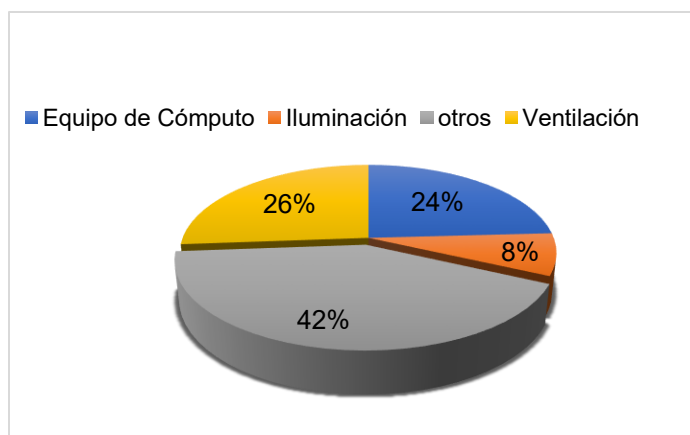


Figura 4.15 Consumo anual.

²¹ Dispensadores de agua, Minibar, Cafeteras Eléctricas

²² Existe de igual manera, una diferencia entre el indicador de "Ventilación" y el indicador de "Otros", pues en la Figura 4.14, se está analizando carga instalada y en la Figura 4.15, consumo anual, por lo que los resultados son diferentes, aunque sea el mismo indicador.

4.1.13. Consumo diario de los tres niveles.

Con el objetivo de profundizar en el estudio del consumo energético, se realizó además un análisis detallado por niveles. La U-5, como se había mencionado anteriormente, consta de tres niveles, y se recopiló información específica sobre cada uno para poder identificar patrones de uso y a su vez áreas de mejora en la eficiencia energética.

Nivel 1: Este nivel incluye 2 aulas, 2 baños y una oficina. Se registró un consumo total de 44.33 kW/h.

Nivel 2: El segundo nivel alberga dos aulas y un laboratorio para estudiantes. Con dimensiones escritas en la Tabla Anexos 2. El mismo posee un consumo de 21.63 kW/h.

Nivel 3: En este nivel es donde se encuentran 8 oficinas del personal académico, registrándose un consumo de 108 kW/h. Cabe destacar que en este nivel hay equipos de cómputo clasificados como tipo B en la eficiencia energética. Este nivel mostró un mayor consumo con respecto a los demás, destacándose, principalmente porque es donde se encuentra el aire acondicionado, el cual mantiene un alto consumo.

A partir de los datos anteriormente expuestos, se puede observar que el Nivel 3, es el mayor consumidor de energía dentro de la unidad académica no.5. Por lo que se puede realizar recomendaciones para una mejora de la eficiencia energética. Las estrategias para las mismas incluyen la optimización de la iluminación y que solo se utilice el aire acondicionado racionalmente.

En el caso de los otros dos niveles, también se pueden implementar medidas de mejora como la revisión de los ventiladores y una actualización de equipos a versiones más eficientes como se presenta en la Figura .4.16 el consumo diario en los tres niveles, expresado en kWh.

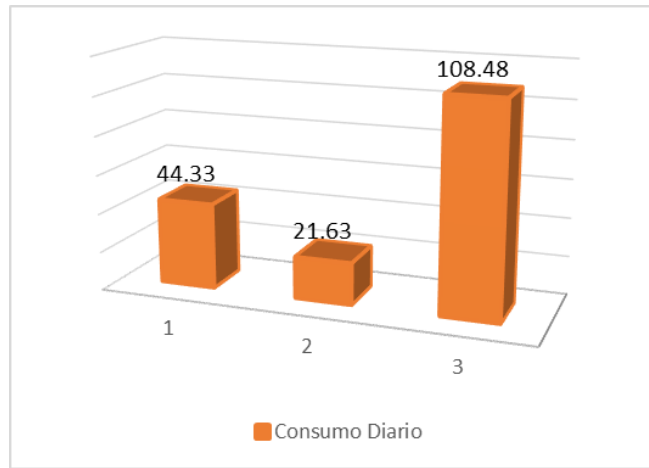


Figura .4.16 Consumo diario por niveles del U-5.(kWh)

4.1.14. Análisis del consumo energético de los Equipos de Cómputo

Continuando con el análisis de datos del consumo energético de la unidad académica No.5, es significativo resaltar el impacto de los equipos de cómputo, los cuales representan un porcentaje alto del consumo total de energía. Según los datos que se obtuvieron, estos equipos representan el 28% de la carga instalada, lo que equivale aproximadamente 8.2 kW. Es importante subrayar el plantearse estrategias de eficiencia energética, para disminuir ese porcentaje que representa este indicador.

A continuación, se muestra en la Figura 4.17 la distribución del consumo mensual de los equipos de cómputo en los tres Niveles del caso de estudio No.2.

Para abordar el consumo elevado de los equipos de cómputo, es necesario, que, al no usarse estos equipos, mantengan la configuración de ahorro de energía y a su vez el apagado de los monitores, por lo que se estaría promoviendo la sensibilización y capacitación de un consumo energético reducido. La responsabilidad social ante situaciones como esta es fundamental,

para lograr la optimización eficiente de todas las estrategias de ahorro que se proponga la institución.

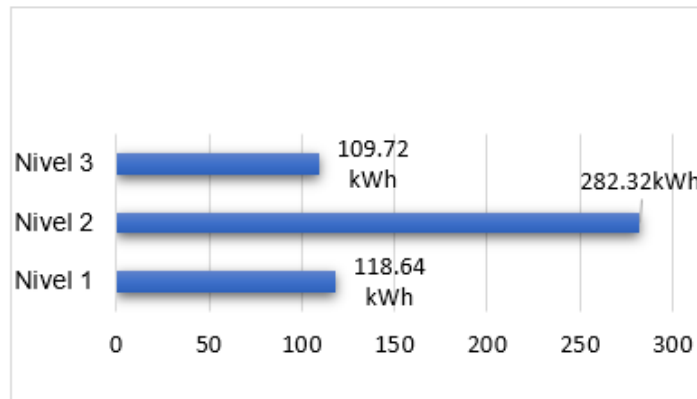


Figura 4.17 Consumo total de los equipos de cómputo.

4.2.5. Equipos de Cómputo.

Dado que los equipos de cómputo representan la cuarta parte de la carga instalada, es necesario desglosar el consumo energético de estos equipos para identificar áreas de mejoras. A continuación, en la Figura 4.18 se presenta un análisis detallado del consumo energético de los tipos de equipos de cómputo utilizados en la U-5.

Laptops: estas unidades son las más comunes en la U-5, entre estudiantes y profesores, pues utilizan este medio para la elaboración de sus actividades. Con un consumo promedio de 27 kWh, estos equipos, son esenciales para las operaciones diarias, ofrecen un gran potencial de ahorro, dado que suelen ser más eficientes energéticamente.

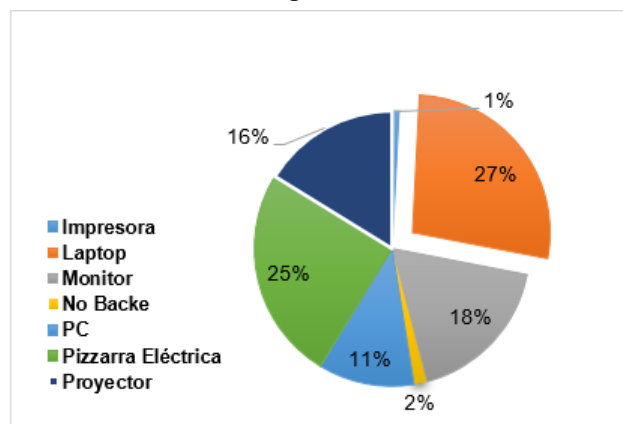


Figura 4.18. Promedio consumo semanal de los distintos tipos de cómputo.

4.2.6. Análisis del consumo energético de los equipos clasificados como “Otros”(Minibar, Cafeteras eléctricas, Microondas, Dispensadores de Agua)

Además de los equipos analizados anteriormente, el Edificio No. 5 cuenta con una variedad de equipos eléctricos clasificados como “Otros”²³. Esta clasificación incluye minibares, microondas, cafeteras eléctricas y dispensadores de agua. Aunque estos equipos no representan mensualmente el mayor porcentaje del consumo energético total, su uso continuo contribuye de manera significativa al consumo anual de la U-5. A continuación, se analiza a través de un desglose el consumo energético de estos equipos:

Minibares: Existen dos equipos de este tipo, uno en el Nivel 1 y otro en el Nivel 2. Entre ambos consumen un promedio de 2.64 kW/h. de los dos solo uno se mantiene conectado las 24h por los 7 días de la semana. Dado su funcionamiento continuo es una fuente de consumo energético.

Cafeteras Eléctricas: Estas son esenciales en muchos edificios, tienen una potencia de 900W. Solo que el uso de estas son mínimas casi nulas. En el período de observación, las mismas no fueron usadas. En la unidad académica existen dos.

Microondas: El consumo de este es de 0.12 kW/h, está ubicado en la oficina del Nivel 1. Solo se usa tres veces por semanas, en un tiempo de 1min. A pesar de ser un equipo de alto consumo por su alta potencia, en este caso, no es un equipo notable para destacar en el consumo de la unidad académica.

Los dispensadores de agua: Existen dos dispensadores de agua en la U-5, los cuales están situados en el Nivel 1, entre ambos consumen un promedio de 14.5 kWh²⁴. Proporcionan agua fría y caliente. Su uso constante durante todo el día, hace que su impacto en el consumo energético no sea despreciable.

²³ Dispensadores de Agua, Microwey, Minibar, Cafeteras eléctricas

²⁴ Los datos que se muestran del consumo de los dispensadores de agua, fueron obtenidos a través de la Fórmula (3), en el cual se registra, la potencia, la cantidad de horas funcionando y la cantidad de equipos.

Un consumo total de estos equipos, suman, 29.09 kWh. Para mejorar la eficiencia energética, se consideran las siguientes medidas:

Revisión y mantenimiento de cada uno de ellos, asegurando que todos los equipos estén en buen estado de funcionamiento para así evitar un consumo excesivo debido a fallos. La sustitución de equipos antiguos por modelos más eficiente²⁵

4.2.7. Sistema de iluminación

En la U-5, la iluminación no es un indicador relevante, pues el consumo mensual es de 1.6kW, representando el 4% del total analizándose el 99%²⁶ de su totalidad.

No obstante, aunque la iluminación no sea relevante en cuanto al consumo energético, aun así, se hace necesario, estudiar si las condiciones de trabajo de los estudiantes cumplen con las normativas mexicanas de iluminación. Por ello, a continuación, se presenta un análisis del consumo energético asociado a los sistemas de iluminación:

La Figura 4.19, muestra una distribución por espacios. En el cual se aprecia, como las lámparas en el pasillo, representan el mayor porcentaje con respecto al consumo. Esto se debe a un uso ineficiente, pues en varias ocasiones se ha encontrado las luces encendidas en horarios que no es necesario. Además, durante las noches, todo el edificio se encuentra totalmente iluminado, lo cual es un despilfarrado total de energía, pues en ese horario, ya no hay estudiantes ni profesores en actividades escolares, (Ver Anexo 5). Los pasillos son un área común, por lo que contribuyen significativamente al consumo de iluminación. Por lo que se deben tomar medidas en cuanto apagar las luces en el horario del día o implantar sensores de temporizadores en el cual se pueden ajustar los horarios de encendido y apagado de las mismas según las horas de ocupación.

²⁵ En este caso, ya existe un modelo moderno de bebedero, en el cual distribuye su potencia según la temperatura de agua que desee el usuario.

²⁶ No fue posible realizar mediciones del Factor de Reflexión en el Nivel 3.

Las zonas de las aulas, oficinas y laboratorios, están iluminadas por luz natural, por lo que no suelen utilizarse con frecuencia.

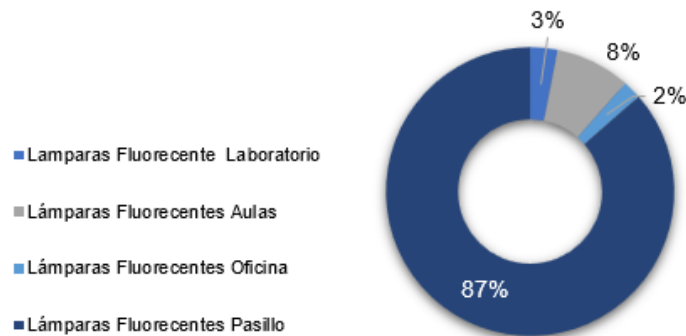


Figura 4.19. Iluminaciones distribuidas por locales

4.2.8. Factor de reflexión y niveles de iluminación según la NOM-025-STPS-2008

Para asegurar las condiciones óptimas de trabajo de los estudiantes y cumplir con los estándares de las normativas, es fundamental evaluar los niveles de iluminación y el factor de reflexión en el caso de estudio. Para realizar un análisis de estos indicadores, se estará trabajando con la NOM-025-STPS-2008.

En la U-5, se llevó a cabo una evaluación detallada de los niveles de iluminación en diversas áreas para verificar el cumplimiento con la norma.

Utilizando la Formula de Lux (6), se analizó por cada área el nivel de lux, con el objetivo de ver si cumple o no con la norma.

Tabla 4.9. Análisis de la NOM-025-STPS-2008. Tomado de (Camargo &Guerreros, 2021)

Zona/Área	Lux máximos obtenidos	Evaluación del Cumplimiento		
		Lux Promedios obtenidos	Lux en la Norma	Cumplimiento
Aulas	665.41	507.52	300	Cumple
Laboratorio	601.35	481.08	500	No cumple

Oficinas	1011	808.9	300	Cumple
-----------------	------	-------	-----	--------

Se refiere en la Tabla 4.9 el promedio lux obtenidos por cada área. Una vez calculado, se muestra como la unidad académica cumple en un 66.6% en relación a la NOM-025-STPS-2008, y los niveles de lux por área.

Se realizó un análisis del Factor de Reflexión, utilizando la fórmula(7), proporcionada por la misma norma, estableciendo los valores permisibles para el puesto de trabajo, reflejados en la Tabla 2.3.

Las lecturas se realizaron de tres formas diferentes en cada local. A continuación, se describe cada una:

Luz Artificial-Ventanas Cerradas: Este indicador recoge el nivel de deslumbramiento causado solamente con la luz que emiten las lámparas. **Luz Artificial-Ventanas Abiertas:** Este indicador, mide el deslumbramiento cuando se combinan la luz artificial y la natural, evaluando su impacto en los usuarios. **Luz Ambiente:** Se quiere recoger con este indicador, el nivel de deslumbramiento causado exclusivamente por la luz solar, evaluando su efecto en los estudiantes y profesores.

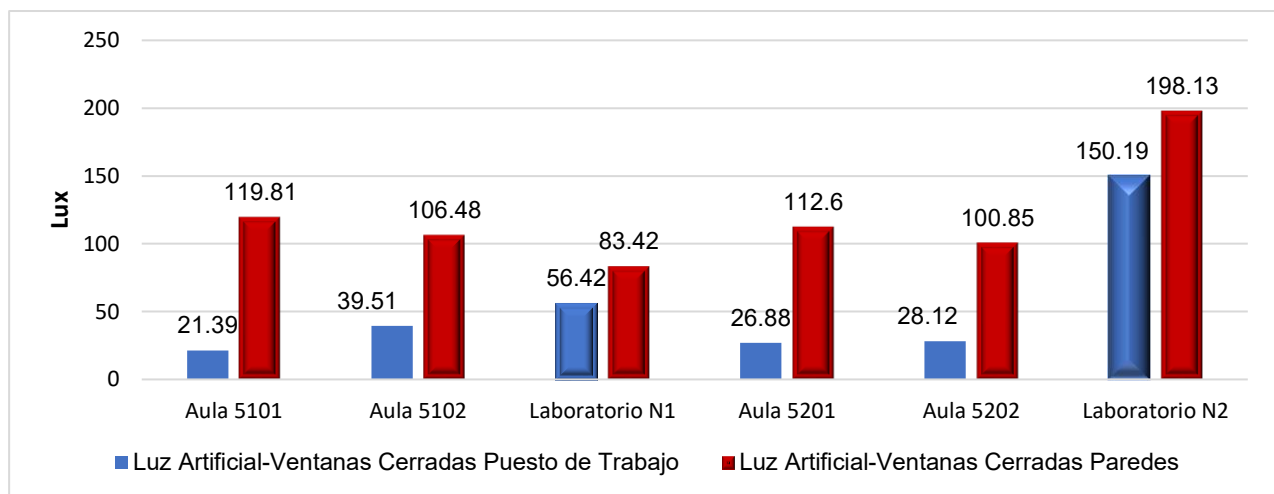


Figura 4.20. Luz artificial -ventanas cerradas. Unidad académica No.5

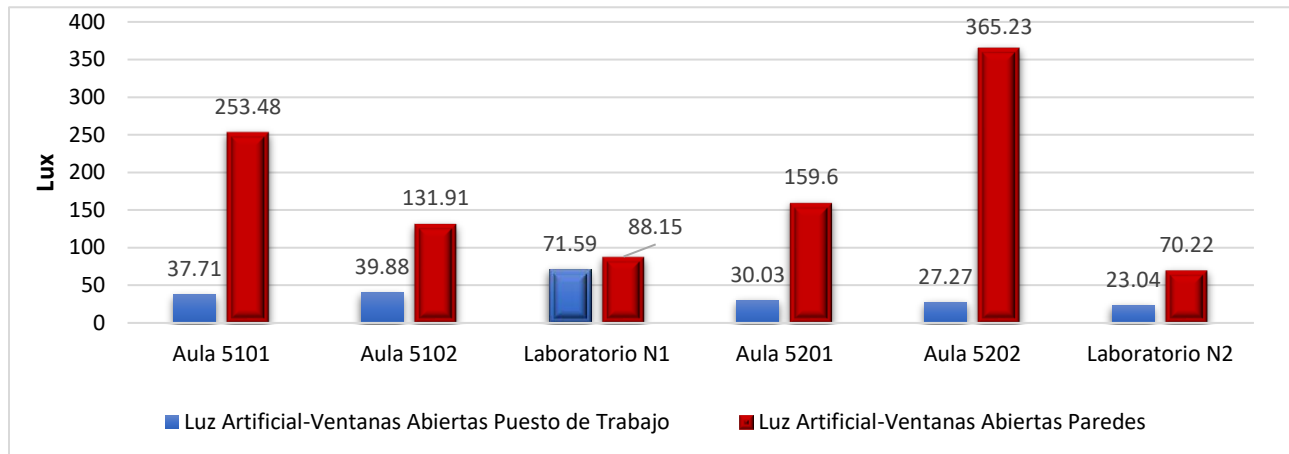


Figura 4.21. Luz artificial -ventanas abiertas. Unidad académica No5

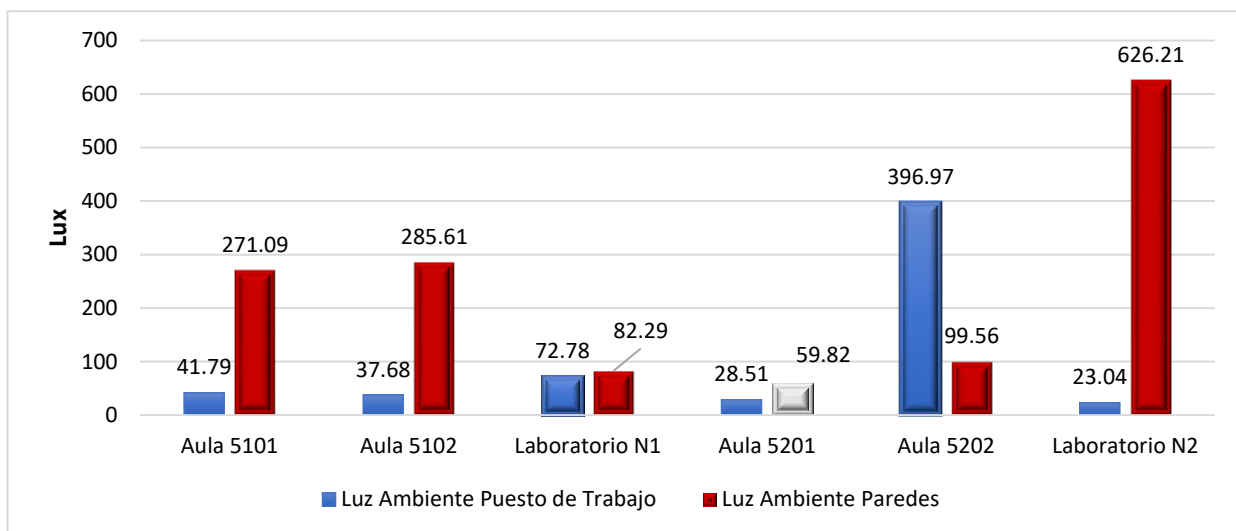


Figura 4.22. Luz ambiente.

Los resultados generales obtenidos, muestran variaciones significativas en los niveles de iluminación. En los tres indicadores, todos los espacios seleccionados para la evaluación demuestran que está por encima de los máximos permitidos. Indicando que existe un deslumbramiento en estas zonas.

Esta situación se debe a la desfavorable ubicación geográfica de la unidad académica, afectando directamente las Aulas 5101 y parte de la 5102 en la Mañana y en la Tarde las Aulas 5203 y el Laboratorio.

Al estar por encima de los estándares permisibles como lo dice la NOM-025-STPS-2008, en el caso de las paredes, implica una cantidad excesiva de luz. Trae consigo varias consecuencias negativas tanto para el confort visual de los estudiantes, como para su capacidad de estudio y trabajo.

4.2.9. Resultado Individual de cada local en las Sección mañana y tarde.

Se muestran, en las siguientes Tabla 4.10; Tabla 4.11; Tabla 4.12, los resultados de las mediciones realizadas en los locales seleccionados²⁷. Los cuales estan bajo diferentes condiciones de iluminación y en distintos horarios, los resultados obtenidos se organizarán en función de los tres indicadores: luz artificial-ventanas cerradas, luz artificial-ventanas abiertas y luz ambiente. Cada uno de estos indicadores se evaluó tanto en la mañana como en la tarde, como se había mencionado anteriormente.

Tabla 4.10 Resultados de la lectura luz artificial-ventanas cerradas

Local	Niveles de Iluminación permisibles (Mañana)		Niveles de Iluminación permisibles (Tarde)	
	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)
Aula 5101	19.27 %	260.81 %	23.88 %	57.75 %
Aula 5102	31.17 %	229.34 %	39.51 %	47.26 %
Aula 5203	26.88 %	138.73 %	26.88 %	110.61 %
Aula 5204	29.37 %	114.09 %	25.71 %	68.38 %
Laboratorio Nivel 1	52.19 %	82.77 %	66.59 %	85.15 %
Laboratorio Nivel 2	19.27 %	279.96 %	343.15 %	219.82 %

²⁷ Cuatro Aulas y Dos salas de Cómputo (Laboratorio)

Capítulo 4. Diagnóstico energético: presentación y análisis de resultados.

Tabla 4.11 Resultados de la lectura luz artificial-ventanas abiertas

Local	Niveles de Iluminación permisibles (Mañana)		Niveles de Iluminación permisibles (Tarde)	
	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)
Aula 5101	41.72 %	355.76 %	31.20 %	159.84 %
Aula 5102	36.50 %	172.44 %	43.16 %	114.68 %
Aula 5203	23.27 %	194.71 %	30.61 %	158.23 %
Aula 5204	28.19 %	445.8 3%	24.74 %	93.80 %
Laboratorio Nivel 1	70.06 %	93.97 %	74.61 %	77.68 %
Laboratorio Nivel 2	31.67 %	141.43 %	21.78 %	63.88 %

Tabla 4.12 Resultados de la lectura luz ambiente

Local	Niveles de Iluminación permisibles (Mañana)		Niveles de Iluminación permisibles (Tarde)	
	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)	Plano de Trabajo (50%)	Pared (60%)
Aula 5101	39.68 %	362.48 %	48.71 %	193.26 %
Aula 5102	36.67 %	279.23 %	39.13 %	288.61 %
Aula 5203	24.26 %	117.77 %	32.30 %	38.49 %
Aula 5204	23.70 %	96.89 %	25.51 %	174.11 %
Laboratorio Nivel 1	75.66 %	80.63 %	379.05 %	84.98 %
Laboratorio Nivel 2	31.40 %	289.70 %	21.90 %	717.61 %

En general se observó que los niveles de iluminación varían según la sección de la lectura²⁸. En el caso de las aulas del primer nivel²⁹, tiende a ser mayor el deslumbramiento que en las aulas del segundo nivel. Se debe este deslumbramiento por la ubicación geográfica de la U-5, pues al estar ubicado al noreste, el sol le va a dar constantemente, intensificando la luz y el calor dentro del mismo. Pues en el primer nivel, suele ser más alta la iluminación que en la sección de la tarde, y en el caso del segundo nivel, suele invertir esta situación.

El deslumbramiento más notable, se pudo observar en las Paredes, pues solo cumple en un 8.33% con lo que expresa la norma. El indicador que más incidió fue la luz artificial- ventanas cerradas con un promedio de reflexión total de un 70.36%, observando así que no cumple en ninguna de las dos variantes que propone la norma.

A través de los análisis realizados, se observa como la U-5, no cumple en su totalidad con el Factor de Reflexión, pues en el Plano de trabajo cumple con un 37.50% y en las Paredes en un 8.33%. Significando que existe hay un exceso de iluminación en ambos lados de la unidad académica.

La evaluación del factor de reflexión en los seis locales del U-5, ha revelado ineficiencias sobre el estado actual de la iluminación y a la vez como impacta el deslumbramiento en los estudiantes. Los resultados obtenidos, han demostrado que las condiciones de la iluminación varia en cuanto al tipo de luz y el horario en el cual se tome la lectura, así como la zona que se escoja para la evaluación.

4.2.10. Distribución y Características de la U-5: Análisis de la Densidad Potencia Eléctrica para el Alumbrado.

En la U-5, está orientado al Noreste, influyendo en la incidencia de la luz solar y en la distribución del diseño interior. Como se había mencionado anteriormente, cuenta con tres

²⁸ Mañana o Tarde

²⁹ 5101 y 5102

niveles. En la Tabla 4.13 se muestran los resultados de la lectura de la DPEA, basado en la NOM-007-ENER-20:

Tabla 4.13. Resultados de la lectura de DPEA

Local	Superficie Total de Aula	Cantidad de Lámparas	Densidad de Potencia de Alumbrado Efectiva	DPEA (W/m²)
Aula 5101	55.22 m ²	12	6.72W/m ²	14
Aula 5102	21.24 m ²	9	6.05 W/m ² .	14
Laboratorio N1	33.18 m ²	33	14 W/ m ²	14
Aula 5203	24.34 m ²	12	7.04 W/m ² .	14
Aula 5204	24.34 m ²	12	7.04 W/m ² .	14
Laboratorio N2	101.0216 m ²	45	6.36 W/m ² .	14
Cubículos (oficinas)	8.01 m ²	6	3.57 W/m ² .	12

En el caso del tercer nivel, los nuevos cubículos poseen las misma Densidad de Potencia de Alumbrado Efectiva, al tener cada uno, las mismas dimensiones.

Los valores presentados anteriormente de la DPAE, de cada uno de los espacios, se encuentra dentro de los límites establecidos por la normativa mexicana. Por lo que indica que la densidad de potencia de alumbrado es adecuada para el área de las aulas y los cubículos, asegurando una iluminación eficiente y cumpliendo con los estándares de eficiencia energética establecidos por la NOM-007-ENER-2007.

4.3. Análisis de los datos

El análisis energético que se ha llevado a cabo, ha arrojado datos de una forma detallada. Al identificarse algunos patrones de consumo, facilitó la delimitación de algunas áreas con deficiencias dentro de la propia unidad académica.

Según los datos extraídos de cada uno de los equipos de la Unidad Académica, la carga fue de 29kw. Este resultado representa la capacidad máxima teórica de consumo eléctrico de la U-5. Se registró y tomó en cuenta la carga observada del funcionamiento de cada equipo. El análisis fue registrado en una tabla Excel, utilizando distintas fórmulas para hallar el consumo diario, semanal, mensual y anual.

Una de las principales deficiencias que se identificó fue los equipos de ventilación, específicamente, el aire acondicionado, el cual representa el 46% del consumo total³⁰. Representando un alto nivel del consumo energético del edificio, detectado e identificando, que opera de forma intensiva, impactando en el alto nivel de energía. Pues requiere la necesidad de focalizar esfuerzos para su optimización.

Implementar medidas específicas para reducir el alto consumo del equipo de ventilación, es una de las estrategias que más conviene adoptar para estos casos. Para ello se redacta lo siguiente³¹:

Optimizar los horarios de uso en plan de implementar un sistema de control automático que regula cuando se enciendan y se apague según las condiciones ambientales.(Morales G, J.M. 2019). También influye, que si los equipos de ventilación, no reciben un mantenimiento adecuando cada cierto periodo tiende a subir su consumo, reflejándose luego en el la factura de la institución.

³⁰Mencionar, que además de ser un equipo antiguo consume más energía, y el periodo de la investigación estuvo marcado en la época del año que sufre de más calor para tomar los datos

³¹ En caso de que no se pueda optimizar por un equipo nuevo.

Además, no deja de ser importante que al poder identificar los consumos energéticos proporciona una base sólida para diseñar estrategias para futuras optimizaciones de equipos. Por lo que , no solo reducirá costos, sino también contribuirá a una disminución de la huella ambiental, respondiendo a las ODS y a la Responsabilidad Social.

No obstante, se estimaron datos de forma anual, en la que diagnosticó la existencia una variabilidad entre los datos anuales y el máximo consumo energético mencionado anteriormente.

La investigación muestra un consumo anual de 25.401 kWh, quedando como el de mayor impacto energético los equipos clasificados como Otros. En este sentido, se esperaba que los equipos de aire acondicionado fueran los de mayor consumo, pero al no estar todo el año funcionando de forma sistemática, el consumo energético no se eleva tanto, al contrario de los equipos “Otros” que tienen una mayor frecuencia de uso.

En consecuencia, el nivel que se destaca como mayor consumidor de energía, es el 3ero. La alta demanda, se debe al uso del aire acondicionado, el cual se usaba todo el día en el periodo evaluado.

4.4. Sistema de iluminación, análisis y recomendaciones.

Al analizar el sistema de iluminación, en el cual se determinó que la carga instalada es de 1.62kW, representando el 8% de la energía mensual de la unidad académica no.5, establece una vez más que la iluminación no deja de ser un componente esencial dentro del consumo energético. A su vez realizar conciencia sobre el personal que estudia y labora es fundamental, pues en varias ocasiones se ha encontrado las luminarias de los pasillos y las aulas encendidas en horarios que no corresponde, dado que no hay actividad académica, siendo este un despilfarro energético,

En el caso de la NOM-025-STPS-2008, El análisis de datos resultó que las aulas y las oficinas si cumplen con el máximo de lux, al contrario de los laboratorios, los cuales registraron un máximo de 601.35 y un promedio de 481.08 lux. El mismo queda por debajo de lo permisible por la norma, pues son áreas de trabajo que requieren de mayor demanda visual.

Es decir, el 66.6% aproximadamente de las áreas que se evaluaron durante el período cumple con lo establecido en la norma. El resto presentan deficiencias que afecta los resultados académicos y el confort visual.

Al evaluar el factor de Reflexión, para los tres casos de estudios, los resultados muestran un exceso de iluminación en la superficie de la pared, alcanzando en varios casos hasta el 70.36% del promedio, superando los niveles permitidos. Al contrario del plano de trabajo, el cual registró valores en torno del 37.50%, que, si bien no pasa los límites, se encuentra muy por debajo de lo deseable. Pues la norma establece que el 60% es para las paredes y el 50% para el plano de trabajo.

Lo que provoca esta variación de valores en el factor de reflexión es el deslumbramiento excesivo. Esta condición afecta muy negativamente el confort visual de los estudiantes, el cual puede generar varios síntomas como es el cansancio y la fatiga visual, pérdida de la concentración y perjudicar el rendimiento de los estudiantes y docentes.

4.5. Evaluación de la Densidad de Potencia de Alumbrado Eficaz (DPAE) según NOM-007-ENER-2007.

Los resultados obtenidos del índice de potencia de alumbrado, se encuentran dentro de los límites establecidos por la norma. Indicando que la potencia instalada por área corresponde adecuadamente para las funciones asignadas a cada zona. Pero a su vez no compensa los problemas en la distribución y regularización de la iluminación.

4.5.6. Mejoras en la eficiencia en iluminación:

La instalación de sensores de movimientos en zonas poco frecuentes, resultaría un **ahorro extremo**, pues, se puede asegurar que las luminarias se enciendan cuando exista presencia de personas solamente.

En el caso del deslumbramiento, una serie de estrategias sería el control de la luz. Dado que la U-5 se encuentra en una mala ubicación geográfica y por esto, sufre de mayor deslumbramiento, pues agregare películas negras u opacas a las ventanas, reduciría y

controlaría la reflectancia excesiva. Además de tener una mejor distribución y orientación de luminarias en las áreas donde mayor iluminación existe.

Para todo ello hace falta establecer un programa por cada Unidad Académica, en el cual se establezcan estrategias para asegurar que se cumpla con el ahorro de energía eléctrica. Además, crear espacios para la realización de mantenimientos preventivos, en el cual las luminarias sea el objetivo principal y así poder mantener los niveles de luminancias dentro de los parámetros requeridos.

En el siguiente Capítulo 5, se muestran las propuestas de mejoras, que se obtuvieron de los resultados del análisis del consumo.

Capítulo 5. Discusión de resultados y propuestas de mejora.

En el **Capítulo 5** se pueden observar las propuestas generales de optimización de cada deficiencia encontrada en el trabajo de campo, obtenidas del resultado de cada análisis del consumo energético de los indicadores principales de la investigación.

5.1. Propuestas de mejoras para ambas unidades académicas.

La investigación realizada sobre el consumo energético a través del uso de la herramienta de auditoría energética, a las Unidades Académicas del TecNM/CENIDET, en el campus Apatzingán, permitió determinar, las principales áreas con deficiencias y oportunidades de mejora. Al realizarse el análisis de datos de los indicadores de carga instalada, consumo anual, y el impacto de los distintos equipos y sistema, se pudo evidenciar que los principales factores de consumo estuvieron marcados por la ventilación, los equipos de cómputo, los clasificados como “otros” y la iluminación.

De forma general, los resultados han reflejado que la mayor carga energética se centra en el aire acondicionado, alcanzando hasta un 46% del consumo por niveles. Resalta, además, los equipos de cómputo con un 28%, resaltando la necesidad de crear estrategias de optimización, tanto en su forma de gestión, como el uso.

Con respecto al análisis realizado al sistema de iluminación, se demostró que, aunque la Densidad de Alumbrado efectiva (DPAE) está dentro de los valores permitidos por la NOM-007-ENER-2007, existen deficiencias en la distribución de la iluminación. La mala colocación de las luminarias, afecta la eficiencia y el confort visual de los estudiantes y profesores en el plano de trabajo. Además, se resaltó el factor de reflexión, revelando áreas que exceden los límites establecidos en la NOM-025-STPS-2008.

Una deficiencia importante, hallada en el estudio de campo, fue la identificación de equipos de uso personal, los cuales representan el 42% del consumo anual de la U-5 y un 58% en la U-1. Esto evidencia una falta de regulación en el uso de estos equipos, contribuyendo a un consumo elevado y evitable³². A pesar de esto, los casos de estudios se encuentran dentro del rango esperado para unidades académicas.

Por último, es necesario destacar que, en ambas unidades académicas, la ubicación geográfica forma parte del deslumbramiento y desaprovechamiento energético. Pues se

³² Se puede observar una oportunidad para la institución de realizar un estudio por unidades académicas, para cubrir las necesidades de alumnos y docentes en cuanto a los equipos de uso personal.

observó que a la U-5 al estar en dirección noroeste, provoca que el sol siempre penetre en sus locales, afectando la comodidad de los estudiantes, afectando el confort visual y térmico. En caso de la U-1, al estar orientado al noreste requiere iluminación artificial, pues una causa importante es la oscuridad de sus ventanas. Este fenómeno, combinado con el uso ineficiente de sistemas de ventilación e iluminación, contribuye a un derroche energético significativo.

5.2. Recomendaciones por indicador:

1. Optimizar el sistema de ventilación .

A través de controles automatizados, implementar en caso del aire acondicionado, para que regule su uso dependiendo de la temperatura ambiente. Además de hacer uso racional del mismo, en el cual se pueden delimitar horarios para su uso. Se considera pertinente el mantenimiento preventivo sistemático, para asegurar los equipos y reducir consumo.

2. Reducción del consumo en equipos de cómputo:

Configurar los equipos de cómputo en modo ahorro de energía, para que las computadoras se apaguen cuando no se están usando y a la vez están conectadas. Una de las principales estrategias de ahorro de energía es sensibilizar a los estudiantes y docente sobre cómo estos dispositivos electrónicos también son consumidores de energía. Hay que destacar que existen equipos en ambos casos de estudios que no son tan modernos, por lo que resulta imprescindible la optimización de cada uno de ellos para un mejor desempeño energético.

3. Gestión eficiente de equipos clasificados como “otros”:

Cada Unidad Académica, debe ser consciente de los equipos que tiene, por lo que se hace necesario implementar normas internas para regular el uso de artículos electrodomésticos de uso personal. Se hace necesario, realizar una reubicación y disminución de los dispensadores de agua en zonas estratégicas

Mejoras en el sistema de iluminación:

Realizar una optimización de todas las luminarias de ambas unidades académicas por tecnología LED, en el cual cumpla con las NOM y a la vez contribuya al ahorro de energía. Instalar sensores de movimientos y temporizadores en áreas como son los baños, los pasillos y aulas, para así garantizar el apagado automático en ausencia de personas. Instalar interruptores en las áreas de las aulas, específicamente en el U-5, en el Nivel 1, pues, existen dos líneas, en las cuales se derrocha energía.

Ejemplo de ahorro de energía en la unidad académica No.1:

Tabla 14 Características de la U-1

Cantidad de luminarias	633 unidades
Potencia por luminaria	14.3W
Horas de uso promedio diario	8h
Días de funcionamiento al mes	22

Tabla 15 Cálculo de ahorro en la iluminación

Consumo mensual Actual	Consumo mensual con Lámparas Led de 10W	Ahorro Mensual	Ahorro Anual estimado
$Pt = 633 * 14.3W$ $= 9051.9 (9.05kw)$	$Pt = 633 * 10W$ $= 6330 W (6.33kw)$	$1592.8kWh -$ $1114.08kWh =$ $478.72 kWh$	$478.72 kWh$ $* 12$ $= 5744.64kWh$
$Cm = 9.05kw * 8hdias * 22días$ $= 1592.8kWh$	$Cm = 6.33kw * 8hdias * 22días$ $= 1114.08kWh$		

Considerando el costo de la tarifa básica es de 1.80 pesos mexicanos (MXN)³³, el ahorro anual sería:

$$5744.64 * 1.80 = 10340.352 \text{ MXN}$$

Por lo que la implementación de luminarias LED permitiría una reducción del 30.2 % en el consumo de iluminación.

Corrección del deslumbramiento y mejora del confort visual:

Es necesario cambiar en las ventanas las películas, para ello aplicar de tipo antirreflejo disminuiría el exceso de iluminación natural en sus áreas. (U-5). Realizar un rediseño de las luminarias, para evitar los reflejos, ajustando su posición y orientación. Podría resultar útil también, al igual que en la ventilación, sistematizar un mantenimiento de las luminarias, con esto se asegura el correcto funcionamiento y se evita la pérdida en la eficacia lumínica.

5.3. Informe ejecutivo

En el estudio se realizó una auditoría energética a dos Unidades académicas³⁴ del TecNM/CENIDET, campus Apatzingán. El fin del análisis realizado, fue, evaluar su consumo energético e identificar áreas de mejora para así continuar promoviendo la sostenibilidad. Se identificaron varias oportunidades de mejora que a su vez dio paso a una serie de recomendaciones principales para la toma de decisiones.

³³ Tomado del documento “Tarifas finales del Suministro Básico que deberá aplicar la Comisión Federal de Electricidad, en la modalidad de Suministradora de Servicios Básicos a sus usuarios, a partir del 1 de julio de 2025.

³⁴ Unidad Académica 1 y 5

De forma general se identificaron: falta de medición y control individualizado del consumo por unidad académica, lo que limita la eficacia de las políticas energéticas.

Principales hallazgos:

Se detectaron consumos elevados en los Equipos clasificados como "Otros" y Ventilación. En la Unidad 1, los equipos de uso personal (minibares, cafeteras, etc.), clasificados como "Otros", representan el mayor porcentaje del consumo anual con un 58%. En la Unidad 5, el sistema de ventilación (26%) y los equipos "Otros" (42%) suman en conjunto el 68% del consumo anual, siendo los principales focos de gasto energético.

Con respecto a la iluminación, las unidades cumplen con la NOM-007-ENER-2007 en la Densidad de Potencia para Alumbrado, aunque, se detectaron graves problemas en cuanto al confort de los estudiantes y docentes. Esto se debe al nivel tan alto que existe de deslumbramiento por reflexión, tanto en las paredes como en el plano de trabajo, excediendo los límites permitidos en la NOM-025-STPS-2008. Adicionalmente, se observó un derroche energético significativo por luces encendidas en áreas desocupadas, incluso durante fines de semana.

El análisis de la Infraestructura y la Ubicación es importante señalarla, pues la orientación de los edificios influye directamente en el consumo. La U-5 (noreste) sufre de sobrecalentamiento y deslumbramiento por la alta incidencia solar. Por el contrario, la U-1 (noroeste) depende en exceso de la luz artificial, ya que sus ventanas oscuras impiden el aprovechamiento de la luz natural.

A partir de lo antes señalado se recomienda:

La instalación de medidores individuales, para que en auditorias posteriores, se puedan obtener datos más reales.

Una alternativa viable sería, además, la implementación de sensores de movimiento en áreas comunes y lograr la automatización del aire acondicionado para que opere según la temperatura real.

Capítulo 5. Discusión de resultados y propuesta de mejora.

Establecer una política interna que regule el uso de equipos electrodomésticos personales de alto consumo. Reubicar y reducir el número de dispensadores de agua para optimizar su uso.

Sustituir las luminarias actuales por tecnología LED de mayor eficiencia. Aplicar películas de control solar en las ventanas de la U-5 para mitigar el deslumbramiento y la ganancia de calor.

La implementación de estas medidas no solo generará ahorros económicos anuales significativos, sino que también mejorará el confort de los usuarios, reducirá la huella de carbono de la institución y reforzará su compromiso con la sostenibilidad y la excelencia académica.

5.4. Estudio de factibilidad para la incorporación de fuentes renovables

A la vez que se implementen las medidas expuestas en las recomendaciones sobre la eficiencia energética, se consideraría el momento perfecto para iniciar un proceso de energía limpia dentro del campus. Por lo que se plantea la necesidad de:

Iniciar un estudio de factibilidad técnico-económico para la instalación de un sistema de paneles fotovoltaicos en los techos de las Unidades Académicas.

En la tesis de Aguirre Valle, D.E & Salas Ibarra, A. M. (2024), los autores destacan los beneficios de una implementación de este tipo en las universidades. Una de las principales ventajas sería la reducción de costos en las tarifas eléctricas, además de proteger a la institución de los altos voltajes. Otro de los beneficios de adoptar las energías renovables es materializar la visión del CENIDET, pues lo posicionaría como un campus modelo a seguir dentro del TecNM y en la comunidad.

No se puede dejar de mencionar el impacto ambiental y el cumplimiento de la institución con las ODS. Por una parte, disminuiría considerablemente la huella de carbono en el Campus y a su vez estaría contribuyendo a cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible y reforzando el compromiso ambiental de la misma.

El sistema podría servir como un laboratorio vivo para estudiantes y docentes de posgrado, generando proyectos de investigación sobre rendimiento, mantenimiento y optimización de energías limpias.

5.5. Evaluación y análisis de la eficacia de las prácticas y políticas energéticas en las unidades académicas del TecNM/CENIDET.

En la investigación se ha identificado, que no existe un protocolo/estrategia, para el ahorro de energía de forma individual por cada Unidad Académica. Estas se rigen por el Sistema de Gestión Ambiental certificado bajo la norma ISO 14001. Esta certificación implica el establecimiento y procedimiento que incluyen la gestión del consumo energético.

Para la obtención de la información y todos sus detalles, se tomó en cuenta el Sitio web del CENIDET. Una de sus secciones, es referente al sistema de Gestión Ambiental, en él aparecen varias plantillas para la recopilación de datos y un instructivo de trabajo para determinar la actividad de control operacional del consumo eléctrico. Sin embargo, se ha detectado que este control no se realiza de manera individualizada en cada edificio académico, lo que limita la eficacia de las políticas energéticas implementadas.

Al realizarse el trabajo de campo, se pudo observar que las unidades académicas no cuentan con un sistema de control individualizado, lo que no permite identificar patrones específicos del consumo energético. Por lo que se hace extremadamente necesario instalar medidores de energía eléctrica en cada unidad académica para así poder obtener datos individualizados y saber de forma certera, cuál es el consumo real de cada uno.

Se debe además mantener una actualización del instructivo y socializarlo de forma sistemática con el personal responsable de cada edificio académico, para realizar, a su vez, capacitaciones al resto de los trabajadores la correcta aplicación y posteriormente análisis de datos. No porque el edificio sea académico, y su personal sea docente y estudiantes, deben estar alejado de este tipo de análisis, es necesario que cada uno, realice su portación para lograr una mayor sostenibilidad que es la visión propia de la Institución académica. Además, realizar auditorías energéticas de forma interna e individual, aportaría al resto de las instituciones una práctica novedosa. Pues a través de campañas de sensibilización se estaría dando a conocer el compromiso que se tiene con los objetivos de la ODS y su cumplimiento para el 2030.

Por lo que mantener la eficacia de las prácticas y políticas energéticas en el TecNM/CENIDET ayudaría a mejorar de forma significativa la implementación de estrategias y de control individualizado. Con las tecnologías eficientes y una cultura organizacional orientada al ahorro de energía, las acciones y recomendaciones propuestas, no solo contribuirán a reducir el consumo eléctrico, sino que también reforzarán el compromiso institucional con la sostenibilidad y la eficiencia energética.

5.6. Beneficios de la implementación de medidas de eficiencia energética.

Cada una de las estrategias y recomendaciones elaboradas en la investigación, llevarán consigo un importante objetivo, realizar mejoras significativas en las Unidades Académicas tomadas como caso de estudio. Las mismas, si se cumplen en su totalidad se obtendrán beneficios en lo económico, ambiental y social.

Al realizar la optimización de algunos equipos, permitirá una reducción en la factura de la electricidad, esto se debe, que, al comprar equipos más eficientes energéticamente, trabajarán al 50% de su consumo y, por ende, el consumo va ser menor. Además, la inversión tendrá un retorno a mediano plazo, pues las características de los nuevos dispositivos, tienen a tener una vida útil más larga y como se había mencionado anteriormente un consumo significativamente menor.

A su vez, si se obtiene una disminución en el consumo energético, quiere decir que va a disminuir la demanda eléctrica, lo que va a contribuir a la reducción de la huella de carbono de la institución. Un tema fundamental para las universidades, pues la sostenibilidad se ha convertido en temas principales para las mismas. Por lo que hacer un uso eficiente de la energía se estaría promoviendo un modelo educativo comprometido con la conservación del medio ambiente.

Pero no solo está en hacer cambios dentro de cada unidad académica en la parte material, es decir, en los equipos con deficiencia. Si no, que es fundamental que todas las personas se involucren con las medidas y mantengan una cultura de ahorro. Pues a través de la educación y la concientización desde el hábito educativo, puede trascender a la vida cotidiana, entonces el mensaje de ahorro ya se estaría llevando más allá de las puertas universitarias. Por lo que

Capítulo 5. Discusión de resultados y propuesta de mejora.

cada acción propuesta no va a contribuir a optimizar y reducir costos, sino que tendrá un impacto en la sostenibilidad ambiental y social como es la comunidad académica.

Capítulo 6. Conclusiones y recomendaciones para trabajos futuros.

Se espera reducir significativamente el consumo energético en ambas unidades académicas partir de las recomendaciones anteriores, para ser más eficiente y sostenible. Además de fortalecer el compromiso de la institución con la sustentabilidad al cumplir con las normas ISO 50002:2014, NOM-025-STPS-2008 y NOM-007-ENER-2007.

Finalmente, este estudio sienta las bases para futuras investigaciones sobre la optimización energética en instalaciones educativas, promoviendo un modelo replicable en otras instituciones de educación superior interesadas en mejorar su desempeño energético y reducir su impacto ambiental.

Se estimó un ahorro potencial del 60% al implementar sensores de movimiento y de luz natural, basado en referencias de la literatura técnica y auditorías previas en instituciones académicas mexicanas, como lo documentan el FIDE (2020), la ISO 50002:2014 y la CFE, como se puede observar en el **Anexo 5**.

6.1. Cumplimiento de los Objetivos

Se concluye que todos los objetivos planteados al inicio de la investigación, se cumplieron de manera satisfactoria. La aplicación sistemática de la metodología aplicada para la realización de la auditoría energética, no solo permitió cumplir con el objetivo general de evaluar el consumo y proponer estrategias, sino que aseguró también, el cumplimiento de cada uno de los objetivos específicos. A lo largo del documento, se ha demostrado, cómo se evaluó el rendimiento de los equipos, se analizó la eficacia de las políticas actuales, se identificaron oportunidades de mejora y se estimaron beneficios los beneficios de las recomendaciones propuestas, validando así, el alcance y la pertinencia del estudio realizado. Para ello, en el **Anexo 6** se encuentra de una forma más detallada esta información.

Bibliografía

- ✓ Amaral, A. R., Rodríguez, E., Gaspar, A. R., & Gomes, Á. (2021a). Lessons from unsuccessful energy and buildings sustainability actions in university campus operations. *Journal of Cleaner Production*, 297, 126665. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126665>
- ✓ Burbano, A., & Páramo, P. (2020). El tercer maestro: La dimensión espacial del ambiente educativo y su influencia sobre el aprendizaje. Universidad Pedagógica Nacional.
- ✓ Chatellier Lorentzen, D. M. P., & McNeil, M. A. (2020). Electricity demand of non-residential buildings in Mexico. *Sustainable Cities and Society*, 59, 102165. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102165>
- ✓ chip. (2014, septiembre 23). PPT - Ecuaciones Diferenciales de Primer Orden PowerPoint Presentation—ID:4730414. SlideServe. <https://www.slideserve.com/chip/ecuaciones-diferenciales-de-primer-orden>
- ✓ Envoltentes: La piel de los edificios. (s. f.). Revista Energy Management. Recuperado 19 de febrero de 2024, de <https://e-management.mx/2014/06/13/envoltentes-la-piel-de-los-edificios/>
- ✓ Estrada Sánchez, P. A., & Arano Silva, J. A. (2020). Propuesta de diseño de un programa de eficiencia energética para la Facultad de Ingeniería y edificio administrativo de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/25668>
- ✓ Factores de reflexión de colores y materiales. (s. f.). Factores de reflexión de colores y materiales. Recuperado 17 de mayo de 2024, de <https://luminotecnico.blogspot.com/2017/10/factores-de-reflexion-de-colores-y.html>
- ✓ Fernández Cheliz, D. (2021). Edificios energéticamente sostenibles. Evaluación de propuestas de mejora en edificios universitarios existentes. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/47782>
- ✓ Galeano, S. E. A., & Betanco, J. A. (2021). Eficiencia energética: Una tarea para las universidades. *Revista Científica de FAREM - Estelí*, 166-177. <https://doi.org/10.5377/farem.v0i0.11617>
- ✓ Genovese, C. M., Sarro, L. A., & Rasquete, M. C. (2021). Eficiencia energética. El aporte de la incorporación de fuentes alternativas en el sector público universitario. *Centro de Estudios de Administración*, 5(2), Article 2.
- ✓ GmbH, E. (s. f.). Deslumbramiento: Tipos y definición | ERCO Conocimientos luminotécnicos. Recuperado 30 de mayo de 2024, de <https://www.erco.com/es/planificacion-de-iluminacion/conocimientos-luminotecnicos/percepcion-visual/deslumbramiento-7462/>
- ✓ Gonzále, J et.al. (2015) Sensores de corriente aplicados al ahorro de energía en iluminación. Universidad Tecnológica de Querétaro. Vol.2 No.5 224-229. Recuperado de https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Aplicaciones_de_la_Ingenieria/vol2num5/Revista%20Aplicaciones%20de%20la%20Ingenieria%20V2%20N5_1.pdf
- ✓ Guevara, D. C. (s. f.). MAESTRO EN INGENIERÍA.
- ✓ Hernández Gallego, J. P., & Castañeda Laverde, O. H. (2023). Estudio de actualización tecnológica en un edificio de apartamentos de la ciudad de Medellín para mejorar la eficiencia energética. <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/6024>

- ✓ Hidalgo, L. A. (s. f.-a). Estudio de la influencia de la iluminación en la percepción de los estudiantes universitarios.
- ✓ Holguín Intriago, G., Llosas Albuerne, Y., & Pérez Rodríguez, J. (2021). Evaluación del sistema eléctrico de edificios de propósito educativo con respecto al uso racional y eficiente de la energía eléctrica. Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, 6(5), 1169-1196.
- ✓ Inicio. (s. f.). Canva. Recuperado 16 de abril de 2024, de <https://www.canva.com/projects>
- ✓ Linares-Vizcarra, M. L. del C., Montero Zuñiga, E. T., & Mendoza Aranzamendi, J. A. (2022). La energía solar y sus beneficios en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann en Tacna, Perú. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(6), 7161-7174. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3939
- ✓ Martínez Medrano, A. J., & Cortez Hidalgo, H. A. (2023). Análisis y estudio de eficiencia energética del sistema eléctrico de la Facultad Multidisciplinaria de Oriente de La Universidad de El Salvador [Other, Universidad de El Salvador]. <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/33793/>
- ✓ Meza-Alcívar, B., Alemán-García, M., & Herrera-Suárez, M. (2023). Implementación de un sistema de gestión energético para institutos de educación superior. Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación. ISSN: 2737-6249., 6(12 Ed. esp.), Article 12 Ed. esp. <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12edespdic.0125>
- ✓ Monteagudo-Yanes, J. P. (2023). Ventajas de sistema solar fotovoltaico en parque tecnológico de la Universidad de Cienfuegos. Revista UGC 1(2), 64-70.
- ✓ Moriano, I. F. C. (2020). implementación de una auditoria energética basada en la ISO 50002, en las áreas de carbonatos y yesos en la compañía impadoc s.a.
- ✓ Opoku, R., Adjei, E. A., Ahadzie, D. K., & Agyarko, K. A. (2020). Energy efficiency, solar energy and cost saving opportunities in public tertiary institutions in developing countries: The case of KNUST, Ghana. Alexandria Engineering Journal, 59(1), 417-428. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.01.011>
- ✓ Oyedepo, S. O., Anifowose, E. G., Obembe, E. O., & Khanmohamadi, S. (2021). 6 - Energy-saving strategies on university campus buildings: Covenant University as case study. En D. Borge-Diez & E. Rosales-Asensio (Eds.), Energy Services Fundamentals and Financing (pp. 131-154). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820592-1.00006-3>
- ✓ Parra, B., & María, D. (2020). El dominio de la envolvente. La transformación de la fachada profunda. En <https://catalogo.itm.edu.co/el-dominio-de-la-envolvente-la-transformacion-de-la-fachada-profunda-fondo-editorial-itm.html>. Editorial ITM. <https://doi.org/10.22430/9789585122079>
- ✓ Penagos-Vásquez, D., Monsalve-Cifuentes, O., & Gonzalez-Arango, D. (2022). Auditoría Energética Tipo 1 En Sistema De Iluminación En Institución Educativa Aplicando La Norma Iso 500002.
- ✓ Peralvo Hernández, B. (2022). Estudio energético comparativo entre un edificio aulario tradicional y otro de consumo energético casi nulo nZEB de un campus universitario. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/51904>
- ✓ Pombilio Guerrero, Z. (2020). Diagnósis energética de un conjunto de edificios de la UPC: Relación entre la envolvente y el consumo real [Master thesis, Universitat Politècnica de Catalunya]. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/329004>
- ✓ Querejeta Apalategui, P. (2022). Eficiencia Energética en una residencia universitaria y ahorro con energías renovables. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/65023>

- ✓ Quito Florecin, J. L., Rendon Soplin, O. R., & Suarez De La Cruz, W. A. (2023). Aplicación de la auditoría energética para reducir el consumo energético en el sistema eléctrico de la Universidad Nacional del Callao, Callao – Perú 2023. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/8187>
- ✓ Ríos-Saldaña, C. A., Martínez-Tovar, C., Maldonado-Pesina, E., & Galarza-Sosa, O. M. (2023). Huella de carbono del consumo eléctrico de un campus universitario del noreste de México. *Cub@: Medio Ambiente y Desarrollo*, 23. <https://cmad.ama.cu/index.php/cmاد/article/view/350>
- ✓ Rueda Punina, V. J. (2022). Auditoría energética a un bloque de aulas en Quito, Ecuador como estrategia de reducción de emisiones de CO2. *Revista Técnica Energía*, 18, 38-47. <https://doi.org/10.37116/revistaenergia.v18.n2.2022.477>
- ✓ Salcedo, L. O. G., Badiel, A. V. A., & Carmona, D. F. M. (2023a). Metodologías para la evaluación de la eficiencia energética en edificaciones universitarias: Revisión literaria. *Ingeniería y Competitividad*, 25(Suplemento), Article Suplemento. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i4.13080>
- ✓ Salcedo, L. O. G., Badiel, A. V. A., & Carmona, D. F. M. (2023b). Metodologías para la evaluación de la eficiencia energética en edificaciones universitarias: Revisión literaria. *Ingeniería y Competitividad*, 25(Suplemento), Article Suplemento. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i4.13080>
- ✓ Sánchez-Palencia, R. M., Félix, J. L. M., & Dominguez, S. Á. (s. f.). Análisis comparativo de eficiencia energética en edificios universitarios mediante las herramientas HULC y Med-EcoSuRe.
- ✓ Suescun, J. R., Nonay, B. Z., & Suñén, E. C. (s. f.). Ventilación en centros universitarios. Estudio de la monitorización en los edificios de la eina. *Eficiencia y consumo de energía*.
- ✓ Tarifas finales del Suministro Básico que deberá aplicar la Comisión Federal de Electricidad, en la modalidad de Suministradora de Servicios Básicos a sus usuarios, a partir del 1 de julio de 2025., COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD, Estados Unidos Mexicanos; DOF, 29 de julio 2025, [citado el 12-08-2025]; Disponible en versión HTML en internet: <http://sidofqa.segob.gob.mx/notas/5764027>
- ✓ Torres, A. D. (s. f.). Dispersión de la luz y deslumbramiento asociado al envejecimiento.
- ✓ Velepucha-Sánchez, J. M., Zambrano-Castro, J. W., Hidrovo-Avellán, D. B., & Zevallos-Cobefia, J. G. (2024). Estudio de la eficiencia energética en edificios de un campus universitario en la ciudad de Portoviejo. *MQRInvestigar*, 8(1), Article 1. <https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.1360-1370>
- ✓ Vélez Osorio, A. (2023). Implementar una auditoría energética según la norma ISO 50002 al sistema de aire acondicionado de la oficina financiera del bloque 25 de la Institución Universitaria Pascual Bravo. *Institución Universitaria Pascual Bravo*. <https://repositorio.pascualbravo.edu.co/handle/pascualbravo/2392>

ANEXOS

Anexo 1

Distribución por niveles Unidad Académica 1

Tabla Anexos 1 Distribución por Niveles Unidad Académica No.1

Nivel	Local	Cantidad
Primer nivel	Laboratorios	3
	Baños	2
	Oficina de Servicios Generales	1
Segundo nivel	Cafetería	1
	Aulas	4
Tercer nivel	Aulas	1
	Baños	2
	Cubículos	6
Cuarto nivel	Cubículos	12

Distribución por niveles Unidad Académica 5

Tabla Anexos 2 Distribución por Niveles Unidad Académica No.5

Nivel	Local	Cantidad
Primer nivel	Aulas	2
	Oficina	1
	Laboratorio	1
	Baños	2
Segundo nivel	Aulas	2
	Laboratorio	1
Tercer nivel	Oficinas ocupadas	5
	Sala de juntas	1

Anexo 2

a) Características de los equipos de la Unidad Académica No 1

Nivel	CARGA	Clasificación	Cantidad de Equipo	POTENCIA (W)
1	Monitores	Equipo de Cómputo	6	50
1	Laptop	Equipo de Cómputo	6	45
1	Microwey	Otros	1	1,100
1	Ventilador	Ventilación	1	50
1	Extensión	Equipo de Cómputo	1	480
1	Bebedero Viejo	Otros	1	600
1	Bebedero Nuevo	Otros	1	612
1	Lámparas Fluorescentes Lab	Iluminación	126	14
1	PC	Equipo de Cómputo	1	600
1	Focos LED	Iluminación		
2	Refrigerador Cafetería	otros	1	1,600
2	Microwey Cafetería	Otros	1	1,400
2	Lámparas Fluorescentes Cafetería	Iluminación	54	14
2	Lámparas Fluorescentes Aulas	Iluminación	171	14
2	Focos LED	Iluminación	6	
2	Bebedero Viejo	Otros	1	600
2	Laptop	Equipo de Cómputo	5	117
2	Monitores	Equipo de Cómputo	4	25
2	Cafetera	Otros	1	950
2	Microwey A1206	Otros	1	1,000
2	Ventilador chico	Ventilación	1	48
2	Proyector	Equipo de Cómputo	1	345
2	Aire Acondicionado	Ventilación	2	2,000
2	Laptop	Equipo de Cómputo	6	55
2	Proyector	Equipo de Cómputo	1	345
3	Lámparas Pasillo	Iluminación	57	14
3	Lámparas Fluorescentes Aulas	Iluminación	39	14
3	Bebedero Viejo	Otros	1	600
3	Laptop	Equipo de Cómputo	5	55
3	Monitores	Equipo de Cómputo	3	25
3	Impresora Convencional	Equipo de Cómputo	2	600
3	Impresora 3D	Equipo de Cómputo	1	350
3	Ventilador	Ventilación	3	50
3	Refrigerador C1303	Otros	1	90
3	Ventilador	Ventilación	1	47
3	PC	Equipo de Cómputo	1	600
3	Microwey C1303	Otros	1	1,100
4	Impresora Eficiencia B	Equipo de Cómputo	3	480
4	Monitores	Equipo de Cómputo	10	31
4	Compuadora	Equipo de Cómputo	3	600
4	Impresora	Equipo de Cómputo	3	192
4	Laptop	Equipo de Cómputo	13	52
4	frigobar	Otros	1	1,100
4	Impresora 3D	Equipo de Cómputo	1	350
4	Bebedero Viejo	Otros	1	600
4	Lámparas de Pasillo	Iluminación	24	14
4	Lamparas de Oficinas	Iluminación	162	14
4	Cañon Sony	Equipo de Cómputo	1	345

b) Características de los equipos de la Unidad Académica No 5

Nivel	Equipos	Clasificación	Cantidad de Equipo	POTENCIA (Wh)
1	Laptop	Equipo de Cómputo	7	65
1	Proyector Aula 1	Equipo de Cómputo	1	345
1	Proyector Aula 2	Equipo de Cómputo	1	345
1	Pizzara Eléctrica Aula 1	Equipo de Cómputo	1	500
1	Pizzara Eléctrica Aula 2	Equipo de Cómputo	1	500
1	Bebedero Antiguo	otros	1	600
1	Bebedero Nuevo	otros	1	612
1	Impresora	Equipo de Cómputo	1	600
1	PC	Equipo de Cómputo	1	60
1	Monitor	Equipo de Cómputo	1	60
1	Refri	otros	1	60
1	Microwey	otros	1	1,150
2	Laptop	Equipo de Cómputo	9	60
2	Proyector Aula 1	Equipo de Cómputo	1	345
2	Proyector Aula 2	Equipo de Cómputo	1	345
2	Pizzara Eléctrica Aula 1	Equipo de Cómputo	1	500
2	Pizzara Eléctrica Aula 2	Equipo de Cómputo	1	500
2	Cafetera Electrica	Otros	1	900
2	Impresora	Equipo de Cómputo	1	600
2	MiniBar	Otros	1	100
2	Monitores	Equipo de Cómputo	7	60
3	Monitor	Equipo de Cómputo	3	48
3	PC	Equipo de Cómputo	5	60
3	No Backe	Equipo de Cómputo	1	60
3	Cafetera Eléctrica	Otros	1	900
3	Laptop	Equipo de Cómputo	3	56
3	Impresora Alicia	Equipo de Cómputo	1	835
3	Impresora	Equipo de Cómputo	1	600
3	Bocinas	Otros	1	600

Anexo 3

Características de la Luminaria instalada en las Unidades Académicas

Luminaria que se encuentra instalada en el edificio es la Philips Lighting, TL5 Essential TL5/840 YZMRL16/0, tienen un consumo de 14.3 W con un flujo luminoso de 1350 lm.



Ilustración A 2.1, Característica Luminaria instalada en las Unidades Académicas. Caso de Estudio

Anexo 4

Características del Medidor de Luz Digital Btmeter LUX y el Certificado de Calibración.

Modelo: Bt-881D

Visualización:3999 contadores

Rango: 0.01 a 400,000lux

Precisión de temperatura: +/-0.1%

Tiempo de muestreo: 23 veces por segundo

Precisión: +/-4% +/-0.5f.s (0-2000lu

Test Report of Calibration							
Model №	881D	Customer	TEBCON GmbH	Test Quantity	1	Test Date	2024. 04. 01
Condition Temperature	25℃	Relative Humidity	50%	Test Standard	GB2828	Sample Size	
Measure up Quality Level	AQL=1. 5	Inspection Level	IL:II	Inspection Equipment	Photosource	sample Inspection	Fully
Sample Inspection Register							
Inspection Item		Applied Value		Reading	Pass / Fail		
Function	Range						
LUX	400. 0 Lux	400. 0 Lux		(382 ~ 418) Lux	Pass■	Fail□	
	4000 Lux	4000 Lux		(3820~4180) Lux	Pass■	Fail□	
	40000 Lux	40000 Lux		(38000~42000) Lux	Pass■	Fail□	
	100000 Lux	100000 Lux		(95000~105000) Lux	Pass■	Fail□	
	400000 Lux	350000 Lux		(332500~367500) Lux	Pass■	Fail□	
Appearance					Pass■	Fail□	
Backlight					Pass■	Fail□	
Bata hold		show symbols: H			Pass■	Fail□	
Low battery indication					Pass■	Fail□	
Automatic shutdown time		about 10_min			Pass■	Fail□	
Inspection Conclusion		Pass			Inspection Date	2024,04,01	
Calibrated by		Yu Xin Ling			Check	Zhou Xiao Cui	
Signed : Date : 2024. 04. 01							

Ilustración A 3. 2. Certificación Luxómetro

Anexo 5

Unidad Académica No.5. Iluminación innecesaria Día entre semana. Hora 9.00am. Las ilustraciones A-16; A-17 y A-18, fueron tomadas un fin de semana.



Ilustración A 1. 5 Luces encendidas horario del día



Ilustración A 1.4 Luces del Laboratorio N1. encendidas horas de la mañana sin estudiantes



Ilustración A 1.3.Luces de las Aulas N1, encendidas sin estudiantes



Ilustración A 1.6. U-5o encendido Fin de Semana



Ilustración A 1.7



Anexo 6

Datos del cálculo de ahorro de energía

Tabla 16 Cálculo de ahorro de energía

Unidad académica	Nº de luminarias	Consumo anual estimado (kwh)	Ahorro con sensores (kwh)	Ahorro económico (mxn)
U-1	633	14,120.96	8,472.58	\$15,250.64
U-5	180	4,015.44	2,409.26	\$4,336.68
TOTAL	813	18,136.40	10,881.84	\$19,587.31

Horario de operación: 6 h/día, 5 días/semana, 52 semanas/año.

Reducción del 60% del uso con sensores.

Costo promedio energía: \$1.80 MXN/kWh.(CFE)

Potencia de cada luminaria

Cada luminaria TL5 consume **14.3 watts (W)**.

Flujo luminoso: 1350 lúmenes (solo para verificar cumplimiento de norma, no afecta al cálculo de consumo).

Número de luminarias: U-1: 633 luminarias ; **U-5:** 180 luminarias

Tiempo estimado de uso: 6 horas/día ; 5 días/semana 52 semanas/año

Cálculo de consumo anual sin sensores

$$\text{Consumo anual (kWh)} = \frac{\text{No de luminarias} * \text{Potencia(W)} * \text{Horas/año}}{1000}$$

$$\text{Consumo U1} = \frac{633 * 14.3 * 1560}{1000} = 14,120.96 \text{kWh/año}$$

$$\text{Consumo U5} = \frac{180 * 14.3 * 1560}{1000} = 4,015.44 \text{kWh/año}$$

Cálculo del ahorro con sensores

$$Ahorro(kWh) = Consumo \sin \text{ sensores} * 0.60$$

$$Ahorro U1 = 14,120.96 * 0.60 = 8,472.58kWh/año$$

$$Ahorro U5 = 4,015.44 * 0.60 = 2,409.26kWh/año$$

Cálculo ahorro económico

$$Ahorro \text{ económico}(mxn) = Ahorro (kWh) * 1.80 \text{ mxn}$$

$$Ahorro \text{ económico } U1 = 8,472.58 * 1.80 = 15,250.644 \text{ mxn}$$

$$Ahorro \text{ económico } U5 = 2,409.26 * 1.80 = 4,336.68 \text{ mxn}$$

Análisis del Ahorro por Implementación de Sensores

Los cálculos anteriores demuestran un ahorro potencial combinado de **10,881.84 kWh** y **\$19,587.31 MXN** anuales para las Unidades Académicas 1 y 5. Si bien las cifras son claras, su verdadero valor se revela al analizarlas en el contexto de los hallazgos de la auditoría:

El resultado dado es prácticamente una referencia de las deficiencias que más se observaron durante el trabajo de campo, pues en muchas áreas, el derroche de energía por iluminación es significativa. Esta ineficiencia fue documentada en varias fotografías en distintos horarios del día. Por lo tanto, la instalación de sensores son una respuesta directa a este mal hábito operativo.

El porcentaje de ahorro del 60% es una estimación conservadora y fundamentada. Como se menciona en las conclusiones de este trabajo, está basado en "referencias de la literatura técnica y auditorías previas en instituciones académicas mexicanas, como lo documentan el

FIDE (2020), la ISO 50002:2014 y la CFE". Esto otorga una alta credibilidad al beneficio potencial calculado.

Un ahorro anual de casi \$20,000 MXN representa un argumento financiero sólido. La inversión inicial para la compra e instalación de sensores es relativamente baja en comparación con otras mejoras energéticas. Este ahorro recurrente asegura un periodo de retorno de la inversión corto, lo que convierte la propuesta en una medida financieramente inteligente y atractiva para la administración del plantel.

Anexo 7

Cumplimiento de los Objetivos.

Cumplimiento del Objetivo General: Se alcanza este objetivo a través de la aplicación sistemática de la metodología de auditoría energética basada en la norma ISO 50002. Además de realizarse un diagnóstico detallado de las Unidades Académicas 1 y 5, que culminó con la identificación de áreas de oportunidad y la formulación de estrategias de mejora concretas.

Cumplimiento del Objetivo específico 1: se cumple el objetivo a través del análisis realizado y observando la carga instalada de los principales indicadores de la investigación.³⁵ Permitiendo identificar principales ineficiencias como el alto consumo del aire acondicionado, la iluminación y el impacto de los equipos personales.

Cumplimiento Objetivo Específico 2: Este objetivo se abordó en el **Capítulo 6**, donde se evaluó el Sistema de Gestión Ambiental (ISO 14001) del CENIDET. Se concluyó que, si bien existe un marco general, su eficacia es limitada debido a que el control del consumo eléctrico no se realiza de manera individualizada en cada edificio, lo que impide una gestión energética específica y detallada.

Cumplimiento Objetivo Específico 3: Se cumplió y se abordó desde todas las áreas en las cuales se detectaron oportunidades de mejora, para ello se presentaron recomendaciones específicas.

Cumplimiento Objetivo Específico 4: Este punto se desarrolló en el último capítulo, donde se describen los beneficios cualitativos. Se cuantificó un ejemplo de ahorro económico y energético en el anexo correspondiente al cálculo de ahorro por la implementación de sensores en el sistema de iluminación, estimando una reducción de costos de \$19,587.31 MXN anuales.

³⁵ Consumo anual de los sistemas de iluminación, ventilación, equipos de cómputo y la categoría "Otros" en ambas unidades