Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2026,
Volumen 10, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4

PLANIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA BAJO LA NORMA ISO 50001:2018; ESTRATEGIAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL EDIFICIO T DEL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ

PLANNING AN ENERGY MANAGEMENT SYSTEM UNDER THE ISO 50001:2018 STANDARD; ENERGY EFFICIENCY STRATEGIES IN THE T BUILDING OF THE NATIONAL TECHNOLOGICAL INSTITUTE OF MEXICO - TECHNOLOGICAL INSTITUTE OF VERACRUZ

Ulises Rocher Ortiz
Instituto Tecnológico de Veracruz, México

Francisco Javier Gómez González
Instituto Tecnológico de Veracruz, México

Eucalit Sánchez García
Instituto Tecnológico de Veracruz, México

José Luis Fernando Palomeque Loyo
Instituto Tecnológico de Veracruz, México

Leodegario Vásquez González
Instituto Tecnológico de Veracruz, México

Martin Hernández Ordoñez
Instituto Tecnológico de Veracruz, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i4.25210

Planificación de un Sistema de Gestión de la Energía Bajo la Norma ISO 50001:2018; Estrategias de Eficiencia Energética en el Edificio T del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz

Ulises Rocher Ortiz[1]
m24023021@veracruz.tecnm.mx
https://orcid.org/0009-0003-9153-1623
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz
México

Francisco Javier Gómez González
francisco.gg@veracruz.tecnm.mx
https://orcid.org/0000-0001-7798-9601
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz
México

Eucalit Sánchez García
eucalit.sg@veracruz.tecnm.mx
https://orcid.org/0009-0006-4217-8132
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz
México

José Luis Fernando Palomeque Loyo
jose.pl@veracruz.tecnm.mx
https://orcid.org/0009-0001-6708-294X
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz
México

Leodegario Vásquez González
leodegario.vg@veracruz.tecnm.mx
https://orcid.org/0009-0004-3817-218X
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz
México

Martin Hernández Ordoñez
martin.ho@veracruz.tecnm.mx
https://orcid.org/0000-0002-3740-5736
Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico de Veracruz
México

RESUMEN

La presente investigación desarrolla la fase de planificación de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) basado en la norma ISO 50001:2018 para el Edificio T del Tecnológico Nacional de México (TecNM) / Instituto Tecnológico de Veracruz (ITVER), buscando optimizar el desempeño energético institucional mediante un enfoque metodológico que integra el análisis de riesgos, la revisión energética y el diseño de planes de acción. El diagnóstico reveló un consumo de energía anual de 1,534,662.00 MJ, identificando a los sistemas de climatización como el Uso Significativo de la Energía (USEn) predominante. Se estableció una Línea de Base Energética (LBEn) mediante un análisis de regresión, proyectando una meta de ahorro del 2% y una mitigación de 193.54 toneladas de CO_2. Para alcanzar estos objetivos, se propusieron cinco planes de acción estratégicos: optimización de sistema híbridos eólico-fotovoltaicos, control operativo mediante tecnología IoT (WiFi), implementación de un banco de baterías inteligentes para la gestión de picos de demanda, sistema de puesta a tierra y sistema de protección contra descargas atmosféricas. Los resultados demuestran que la convergencia entre la gestión organizacional y la innovación tecnológica permite una reducción sistemática del consumo y una mejora en la calidad de la energía. Este estudio establece un precedente técnico para la descarbonización del ITVER y proporciona un modelo escalable para la excelencia energética en el sector educativo superior.

Palabras clave: ISO 50001; eficiencia energética; línea de base energética; usos significativos de la energía; indicadores de desempeño energético

[1] Autor principal
Correspondencia: m24023021@veracruz.tecnm.mx

Planning an Energy Management System Under the ISO 50001:2018 Standard; Energy Efficiency Strategies in the T Building of the National Technological Institute of Mexico - Technological Institute of Veracruz

ABSTRACT

This research develops the planning phase of an Energy Management System (SGEn) based on the ISO 50001:2018 standard for Building T of the National Technological Institute of Mexico (TecNM) - Veracruz Technological Institute (ITVER), seeking to optimize institutional energy performance through a methodological approach that integrates risk analysis, energy review, and the design of action plans. The diagnostic revealed an annual energy consumption of 1,534,662.00 MJ, identifying air conditioning systems as the predominant Significant Energy Use (USEn). An Energy Baseline (LBEn) was established through regression analysis, projecting a 2% savings target and a mitigation of 193.54 tons of CO_2. To achieve these objectives, five strategic action plans were proposed: optimization of hybrid wind-photovoltaic systems, operational control using IoT (WiFi) technology, implementation of a smart battery bank for peak demand management, a grounding system, and a lightning protection system. The results demonstrate that the convergence of organizational management and technological innovation allows for a systematic reduction in consumption and an improvement in energy quality. This study establishes a technical precedent for the decarbonization of ITVER and provides a scalable model for energy excellence in the higher education sector.

***Keywords*:** ISO 50001; energy efficiency; baseline; significant energy uses; performance indicators.

Artículo recibido 20 junio 2026
Aceptado para publicación: 20 julio 2026

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las instituciones de educación superior enfrentan el reto dual de mantener la excelencia en sus servicios educativos mientras optimizan sus costos operativos y reducen su impacto ambiental. El Tecnológico Nacional de México como la institución de ingeniería más grande del país, ha priorizado la adopción de Sistemas de Gestión de la Energía (SGEn) bajo el estándar internacional ISO 50001:2018. La implementación de un sistema de gestión basado en la norma ISO 50001 no solo responde a compromisos ambientales, sino que genera beneficios operativos tangibles. Según Marimon y Casadesús (2017), las organizaciones que adoptan este estándar logran una optimización en sus procesos internos y una reducción significativa en el consumo de energía, lo que se traduce en una mejora directa de la eficiencia económica [1].

El Edificio T del Instituto Tecnológico de Veracruz representa un escenario crítico para la gestión energética institucional debido a su ubicación en una zona de clima tropical húmedo. Las altas temperaturas y niveles de humedad característicos de la región costera de Veracruz generan una dependencia sustancial de los sistemas de climatización, los cuales operan frecuentemente bajo esquemas de uso ineficientes. Estudios preliminares indican que factores como la obsolescencia tecnológica de los equipos y la falta de una cultura de ahorro entre los usuarios permanentes comprometen la estabilidad operativa y económica del inmueble. La gestión energética no debe limitarse exclusivamente a la reducción de costos, sino que debe integrarse en la cultura organizacional como un factor clave para la productividad. En este sentido, Campos-Avella et al. (2008) sostienen que un sistema de gestión integral permite que la eficiencia energética se convierta en una capacidad instalada que fortalece la competitividad institucional y reduce sistemáticamente el impacto ambiental [2].

Por otra parte, la gestión energética se ha consolidado como un pilar fundamental para alcanzar el desarrollo sostenible. Como señalan Silva-Gonçalves y Mil-Homens dos Santos (2019), la implementación de un SGEn basado en la norma ISO 50001 contribuye directamente al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), específicamente en la promoción de una energía asequible y no contaminante, al tiempo que mitiga los efectos del cambio climático mediante la reducción sistemática de emisiones [3].

Es fundamental que la implementación del sistema nazca de una motivación interna por mejorar la eficiencia y no solo por obtener una certificación. La investigación de Marimon y Casadesús (2017) demuestra que cuando el motor principal es la mejora del desempeño ambiental (ecology drivers), los beneficios ecológicos y operativos resultantes son significativamente superiores y más duraderos [4].

Esta investigación presenta la fase de planificación de un SGEn integral para el Edificio T del ITVER, fundamentada en un diagnóstico que abarca desde la identificación de riesgos organizacionales hasta la cuantificación técnica de los Usos Significativos de la Energía (USEn). A través del establecimiento de una Línea de Base Energética (LBEn) y el diseño de planes de acción basados en tecnologías emergentes como el Internet de las Cosas (IoT) y sistemas de almacenamiento con baterías, se busca no solo el cumplimiento normativo, sino una reducción tangible de las emisiones de gases de efecto invernadero.

El objetivo de este artículo es demostrar que la convergencia entre la gestión administrativa y la ingeniería de vanguardia permite establecer metas de ahorro realistas, proyectando una disminución del 2% en el consumo total y mitigando la emisión de 193.54 toneladas de CO_2.

Los resultados aquí expuestos pretenden servir como un modelo escalable de descarbonización para otros centros educativos, reafirmando el compromiso del ITVER con la sostenibilidad y la mejora continua.

METODOLOGÍA

La presente investigación sigue un enfoque cuantitativo y descriptivo, fundamentado en los lineamientos establecidos en el Manual del Sistema de Gestión de la Energía (TecNM-EN-MA-02) [5]. El proceso está estructurado bajo el ciclo de mejora continua PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) y se dividió en cuatro fases principales para el diagnóstico y diseño del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) en el Edificio T del Instituto Tecnológico de Veracruz (Ver Figura 1). Estas fases aseguran la alineación de la metodología con los requisitos de la norma ISO 50001:2018 [6] y los objetivos institucionales de desempeño energético.

Figura 1. Diagrama de bloques de la metodología del SGEn en el edificio T del ITVER.

La implementación de un SGEn requiere no solo de tecnología, sino de una metodología que identifique y elimine ineficiencias en los procesos. De acuerdo con Rojas-Rodríguez y Prías-Caicedo (2014), la integración de herramientas de mejora operativa permite enfocar los esfuerzos en los puntos de mayor consumo, asegurando que las acciones de ahorro tengan un impacto directo en el desempeño energético global [7]. Por otra parte, Brown y Desai (2014) señalan, la norma exige que la gestión energética sea una prioridad estratégica, lo que facilita la superación de barreras organizacionales (obstáculos internos) y garantiza la disponibilidad de recursos para los planes de acción [8]. El éxito del Sistema de Gestión de la Energía en el Edificio T depende directamente del compromiso de la alta dirección y de la asignación clara de responsabilidades.

Diagnóstico del Contexto y Gestión de Riesgos

En esta etapa inicial, se realizó un análisis del contexto organizacional para identificar los factores internos y externos que afectan el desempeño energético.

- Identificación de Riesgos: Siguiendo los lineamientos del Procedimiento de Gestión de Riesgos (ITV-CA-PG-006) [9], se utilizó la matriz institucional (TecNM-CA-PO-003-02) para evaluar riesgos críticos, tales como la obsolescencia tecnológica y los hábitos de consumo.

- Criterios de Evaluación: Se asignaron valores de impacto y probabilidad para priorizar las estrategias de mitigación, enfocadas en la seguridad operativa y la eficiencia económica, conforme a la normativa del Sistema de Gestión Integral del ITVER.

Revisión Energética e Inventario de Carga

Se llevó a cabo un levantamiento técnico detallado fundamentado en el Procedimiento para la Planificación Energética (TecNM-EN-PR-01) [10], el cual rige la recolección y análisis de datos en los planteles del TecNM.

- Inventario de Equipos: Se utilizaron los formatos TecNM-GA-PR-05-02, TecNM-EN-PR-01-01 y TecNM-EN-PR-01-02 para clasificar y cuantificar las cargas en tres categorías: Iluminación, Red de Contactos (Fuerza) y Sistemas de Climatización.
- Identificación de los USEn: Con base en el formato TecNM-EN-PR-01-04, se definieron los Usos Significativos de la Energía (USEn), priorizando aquellos que representan más del 50% de la carga instalada, cumpliendo así con los requisitos de la norma ISO 50001.

Establecimiento de la Línea de Base Energética (LBEn)

Para proyectar el comportamiento energético, se recolectaron los datos de consumo histórico del ciclo 2025 empleando el protocolo de registro del formato TecNM-EN-PR-01-03.

- Modelado Estadístico: Se utilizó un análisis de regresión lineal para correlacionar el consumo eléctrico (kWh) con variables independientes como la temperatura y la ocupación.
- Proyección y Metas: Se estableció la LBEn y se generó una proyección para el ciclo 2026, definiendo una meta de ahorro del 2% como objetivo de desempeño energético.

Diseño de los Planes de Acción y Seguimiento

Finalmente, se diseñaron soluciones de ingeniería y protocolos de control para asegurar la mejora continua.

- Estrategias de Mejora: Bajo el formato TecNM-EN-PR-01-05, se desarrollaron cinco proyectos clave: Optimización de sistema híbrido, implementación de control IoT (WiFi), gestión de demanda mediante baterías inteligentes, sistema de puesta a tierra y protección contra descargas atmosféricas.
- Plan de Medición: Se estructuró el protocolo de seguimiento bajo el formato TecNM-EN-PR-01-06, definiendo indicadores de desempeño (IDEn) como el consumo por área (MJ/m2) y por usuario

(MJ/persona), asegurando la trazabilidad metrológica de los datos mediante equipos calibrados conforme al sistema de calidad institucional.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis del Contexto Organizacional

El diagnóstico situacional reveló fortalezas clave como el perfil académico e institucional acompañado de un enfoque metodológico y la existencia de instrumentos de medición institucional, como se muestra en la tabla 1. No obstante, se detectaron debilidades críticas relacionadas con la vulnerabilidad y deficiencias en la infraestructura actual y la falta de automatización y la resistencia al cambio cultural. Entre las amenazas externas, destaca el riesgo de daño catastrófico por descargas atmosféricas y la variabilidad presupuestaria que puede limitar la inversión en tecnologías de eficiencia.

Tabla 1. Análisis FODA / Diagnóstico situacional del edificio.

Fortalezas	**Oportunidades**
Perfil académico e institucional.	Apoyo gubernamental y normativo.
Enfoque metodológico.	Reducción de costos.
Identificación de áreas críticas.	Acceso a tecnología moderna (energías renovables).
Infraestructura para proyectos.	
Instrumentos de medición.	Mejora en la infraestructura.
Debilidades	**Amenazas**
Vulnerabilidad y deficiencias en la infraestructura actual.	Riesgo de daño catastrófico por descargas.
Falta de Automatización.	Variabilidad presupuestaria.
Resistencia al cambio cultural.	Competencia por recursos internos.
Falta de experiencia.	Falta de continuidad en políticas públicas.

Aunado a lo anterior, la implementación del Sistema de Gestión de la Energía en el Edificio T del ITVER incluyó una fase de identificación y evaluación de riesgos para garantizar la resiliencia del sistema ante factores internos y externos. Se utilizó la matriz institucional TecNM-CA-PO-003-02 (Ver Figura 2), la cual evalúa cada riesgo mediante una función de Impacto (I) y Probabilidad (P) para determinar su nivel de criticidad en cuatro cuadrantes de atención.

Figura 2. Matriz de gestión de los riesgos y oportunidades.

	MATRIZ DE GESTIÓN DE LOS RIESGOS Y OPORTUNIDADES Referencia a la norma : ISO 31000:2009, ISO 9001:2015,ISO 14001:2015 e ISO 50001:2018		Código:	TecNM-CA-PO-003-02
			Revisión:	2
			Página:	1 de 1

No. Riesgo	Descripción del Riesgo / Oportunidad (1)	Valor de Impacto (2)	Valor de Probabilidad (3)	Cuadrante (4)	Indicador del Plan Rector(5)	No. Factor de Riesgo	Factor de Riesgo (6)	Descripción de la acción de control (7)	Responsable (8)	Fecha de Inicio (9)	Fecha de Término (10)	Evidencia de la eficacia de la acción(11)
1	Prácticas inadecuadas de ampliación eléctrica y sobrecarga térmica por infraestructura insuficiente.	8	8	Riesgo de atencion inmediata (Critico).	Consumo de energia electrica por metro cuadrado, (kWh/m²/año).	1	Ampliaciones no normalizadas (conexiones a puntos cercanos sin cálculo de carga) y subdimensionamiento de conductores (Operativo/ Seguridad).	Implementar protocolo de normalización de cargas: Prohibir el sobredimensionamiento de interruptores, ejecutar balanceo de cargas y trazado de nuevas líneas exclusivas para nuevas demandas.	Departamento de mantenimiento.	01/01/2026	31/12/2027	Informe de actualizacion y mediciones de calidad de la energia.
						2						
						3						
						4						
2	Hábitos de consumo inadecuados.	10	5	Riesgos de seguimiento (Bajo).	Consumo especifico de energía por usuario (kWh/persona/año).	1			Usuarios del edificio T.			
						2						
						3						
						4	Excesos de consumos. (Estrategico/ Administrativo).	Programas de sensibilización y cursos especializados sobre ahorro y uso eficiente de la energía, dirigidos al personal docente y administrativo para fomentar una cultura de consumo responsable.		01/01/2026	31/12/2027	Carteles, Difusion en redes sociales.
3	Consumo excesivo de equipos consumidores de energía.	4	4	Riesgo de atencion periodica (Alto).	Consumo de energia por equipo (kWh/equipo/año).	1			Departamento de mantenimiento, Departamento de computo y equipo.			
						2	Riesgo de falla por su antigüedad. (Estrategico/ TIC'S).	Mantenimiento preventivo, sustitucion de equipos obsoletos.		01/01/2026	31/12/2027	Bitacora de servicios.
						3						
						4						

Identificación de Riesgos Críticos

El análisis identificó tres riesgos fundamentales que impactan directamente el desempeño energético:

1. Infraestructura Eléctrica Deteriorada (Riesgo Crítico): Con un valor de impacto de 8 y una probabilidad de 8, este riesgo se sitúa en el cuadrante de atención inmediata. Se asocia a una infraestructura operativa desgastada que compromete la seguridad y la eficiencia. El indicador clave de seguimiento es el consumo de energía eléctrica por metro cuadrado (kWh/m²).
2. Hábitos de Consumo Inadecuados (Riesgo de Seguimiento): A pesar de presentar el impacto más alto (10), su probabilidad moderada (5) lo clasifica como un riesgo de seguimiento bajo. Se enfoca en el comportamiento de los usuarios del Edificio T y se mide a través del consumo específico de energía por usuario (kWh/persona).
3. Consumo Excedente por Obsolescencia Tecnológica (Riesgo de Atención Periódica): Evaluado con impacto 4 y probabilidad 4, este riesgo se considera de prioridad alta para atención periódica. Se vincula a la falla potencial de equipos antiguos y se monitorea mediante el consumo de energía por equipo (kWh/equipo).

El análisis de riesgos identificó una deficiencia crítica en la infraestructura eléctrica del Edificio T, caracterizada por una contaminación del 15% al 20% en la calidad de la energía. Esta condición deriva de prácticas operativas incorrectas durante las ampliaciones del sistema, donde se han priorizado conexiones en puntos próximos sin considerar la capacidad de conducción de los cables originales. La mitigación de este riesgo implica abandonar la práctica de sustituir interruptores termomagnéticos por otros de mayor amperaje sin el debido cálculo de carga, lo cual ha generado riesgos latentes de calentamiento excesivo y fallas por sobrecarga en los conductores.

Estrategias de Control y Mitigación

Para cada riesgo identificado, se establecieron acciones de control específicas con cronogramas de ejecución definidos entre noviembre de 2024 y noviembre de 2025:

- Mantenimiento y Actualización: Para las instalaciones deterioradas, el departamento de mantenimiento tiene la responsabilidad de actualizar protecciones y controlar el factor de potencia, utilizando informes de calidad de energía como evidencia de eficacia.
- Concientización Social: Capacitar al personal con programas de sensibilización y cursos especializados sobre ahorro y uso eficiente de la energía para mitigar los hábitos de consumo inadecuados; para mitigar los hábitos inadecuados, se delegó a los propios usuarios la ejecución de campañas de difusión en redes sociales y cartelería informativa sobre el uso eficiente de la energía.
- Gestión de Activos: El departamento de cómputo y mantenimiento supervisará el mantenimiento preventivo y la sustitución de equipos obsoletos, documentando los procesos en bitácoras de servicio para asegurar la reducción de cargas innecesarias.
- Capacitación de Personal: Programas de sensibilización y cursos especializados sobre ahorro y uso eficiente de la energía, dirigidos al personal docente y administrativo para fomentar una cultura de consumo responsable.

Como se detalla en la Matriz de Gestión de Riesgos, la infraestructura eléctrica y los hábitos de consumo representan los puntos de control más sensibles para alcanzar las metas de ahorro establecidas en la Línea de Base Energética.

Inventario de Consumos de Energía Eléctrica

Como base de la revisión energética, se utilizó el formato institucional TecNM-GA-PR-05-02 del sistema de gestión de energía (Ver Figura 3), el cual integra la totalidad de los equipos eléctricos y electrónicos identificados en el inmueble. Este registro detalla no solo la potencia nominal de cada activo, sino también su régimen de operación promedio; de acuerdo con este inventario, el edificio presenta un consumo total proyectado de 1,068.50 kWh diarios. Se observa que, además de la climatización, las cargas provenientes de equipos de cómputo (53.2 kWh/día) y sistemas de iluminación representan nodos críticos de demanda que deben ser gestionados para optimizar el desempeño global.

Figura 3. Inventario de equipos consumidores de energía eléctrica del edificio T del ITVER.

FORMATO: INVENTARIO DE EQUIPOS CONSUMIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA
Referencia a la Norma ISO 14001:2015 8.1

Código: TecNM-GA-PR-05-02
Revisión: O
Página: 1 de 2

Instituto Tecnológico de: VERACRUZ (EDIFICIO T)

		EDIFICIOS																									
	EQUIPOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS	A	B	C	D	E	F	G	H (CAFETERIA)	I	J	K	M	N	O	Q	R	S	T	U	V	W	X	AUDITORIO	TOTAL DE APARATOS	CONSUMO (w/h) POR APARATO	HORAS PROMEDIO DE OPERACIÓN	TOTAL kW/h CONSUMIDOS POR DIA
1	COMPUTADORAS																		19						19	350	8	53.2
2	MULTIFUNCIONAL																		1						1	450	4	1.8
3	PROYECTORES																		3						3	500	5	7.5
4	LAMPARAS DE 30 W																		3						3	30	12	1.08
5	LAMPARAS DE 65 W																		2						2	65	12	1.56
6	LAMPARAS DE 75 W																		149						149	75	12	134.1
7	TELEVISIONES																		1						1	165	1	0.165
8	CAFETERAS																		1						1	720	6	4.32
9	LAPTOP																		7						7	200	6	8.4
10	AIRE ACONDICIONADO																		25						25	1500	12	450
11	HORNO DE MICROONDAS																		1						1	1500	1	1.5
12	REGULADOR																		3						3	5	12	0.18
13	CARGADORES																		8						8	30	6	1.44
14	COMPRESORA																		1						1	1500	1	1.5
15	CONTACTOS																		186						186	180	12	401.76
																												1068.505

TecNM-GA-PR-05-02 Rev. O

Sistemas de Iluminación

La caracterización del sistema lumínico revela una potencia instalada total de 11,395 W. El mapeo detallado (Ver Figura 4) muestra una distribución basada primordialmente en lámparas tipo gabinete de dos tubos de 75 W, las cuales representan la carga base de iluminación tanto en planta alta como en planta baja.

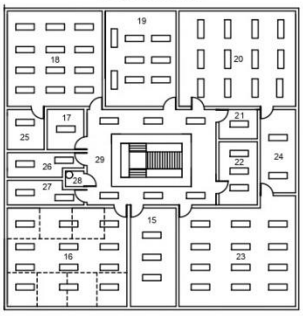
En la Planta Alta, se contabilizó una potencia de 5,775 W, mientras que en la Planta Baja la carga es de 5,620 W. La identificación de áreas con alta densidad de luminarias, como los pasillos y salones

específicos, permite proyectar un ahorro potencial significativo mediante la transición a tecnologías de estado sólido (LED), reduciendo la potencia instalada sin comprometer los niveles de iluminancia requeridos para las tareas académicas.

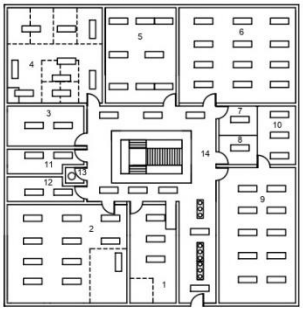
Figura 4. Distribución espacial y balance de potencia del sistema de iluminación.

TECNM - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ
EDIFICIO "T"
SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

PLANTA ALTA



PLANTA BAJA



PLANTA ALTA			
SALONES	LUMINARIAS	POTENCIA	POT. TOTAL
15. T101	3 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	225 W
16. T102	12 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	900 W
17. T103	1 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	75 W
18. T104	12 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	900 W
19. T105	8 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	600 W
20. T106	12 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	900 W
21. T107	1 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	75 W
22. T108	3 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	75 W
23. T109	12 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	900 W
24. Pañol 1	2 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	75 W
25. Pañol 2	1 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	75 W
26. WC-M	2 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	150 W
27. WC-H	2 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	150 W
28. Aseo	1 Lampara tipo espiral	65 W	65 W
29. Pasillo	6 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	450 W
			5,615 W

PLANTA ALTA	77 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	5,775 W
	1 Lampara tipo espiral	65 W	65 W
PLANTA BAJA	72 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	5,400 W
	1 Lampara tipo espiral	65 W	65 W
	3 Iluminaion de riel, cabezales giratorios	30 W	90 W
POTENCIA TOTAL DE LUMINARIAS DEL EDIFICIO			11,395 W

PLANTA BAJA			
SALONES	LUMINARIAS	POTENCIA	POT. TOTAL
1. T001	3 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	225 W
2. T002	11 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	825 W
3. T003	2 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	150 W
4. T004	9 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	675 W
5. T005	8 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	600 W
6. T006	12 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	900 W
7. T007	1 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	75 W
8. T008	1 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	75 W
9. T009	10 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	750 W
10. Pañol	3 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	225 W
11. WC-M	2 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	150 W
12. WC-H	2 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	150 W
13. Aseo	1 Lampara tipo espiral	65 W	65 W
14. Pasillo	8 Lampara tipo gabinete / 2 tubos	75 W	600 W
	3 Iluminaion de riel, cabezales giratorios	30 W	90 W
			6,065 W

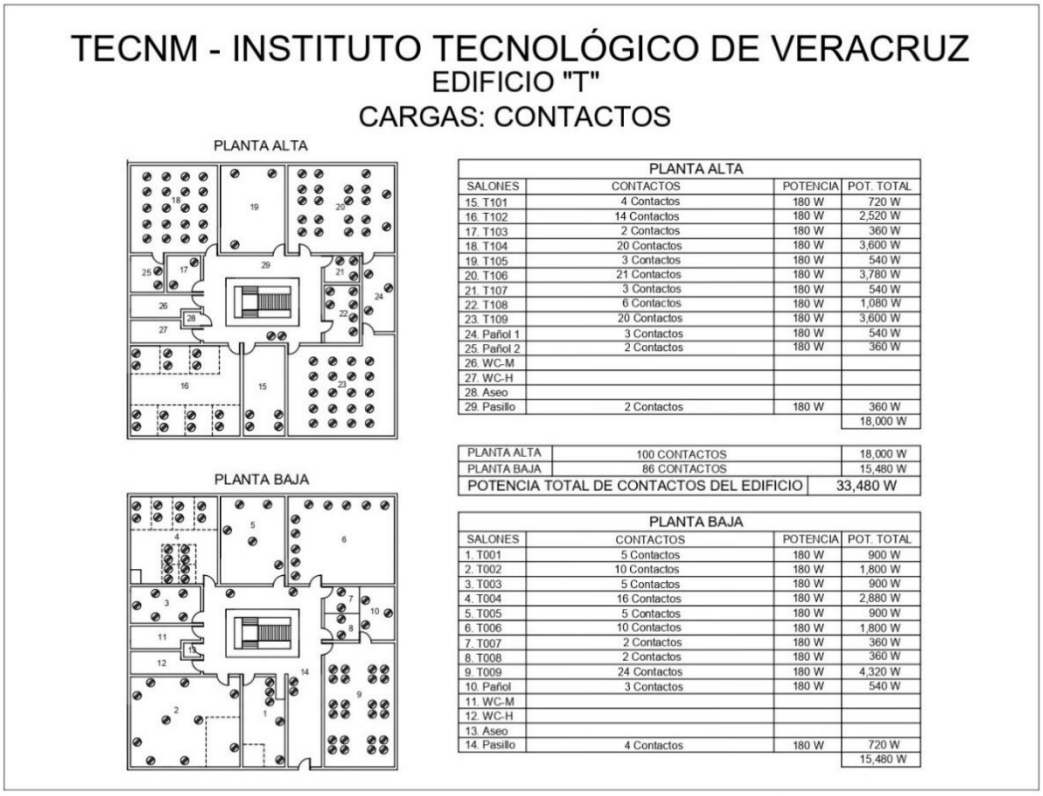
Red de Contactos

La infraestructura de fuerza se analizó mediante la segregación de contactos (Ver Figuras 5):

- Contactos de uso general: Se identificaron 186 puntos de conexión con una potencia instalada de 33,480 W. La distribución espacial en los planos arquitectónicos muestra una concentración crítica en las áreas de laboratorios y oficinas (Planta Alta: 18,000 W; Planta Baja: 15,480 W), lo que evidencia la necesidad de implementar políticas de desconexión de cargas inactivas.

Este desglose permite concluir que la gestión de las "cargas plug" es el segundo eje de intervención más importante para el SGEn, después de la climatización.

Figura 5: Mapeo de contactos de uso general.



PLANTA ALTA			
SALONES	CONTACTOS	POTENCIA	POT. TOTAL
15. T101	4 Contactos	180 W	720 W
16. T102	14 Contactos	180 W	2,520 W
17. T103	2 Contactos	180 W	360 W
18. T104	20 Contactos	180 W	3,600 W
19. T105	3 Contactos	180 W	540 W
20. T106	21 Contactos	180 W	3,780 W
21. T107	3 Contactos	180 W	540 W
22. T108	6 Contactos	180 W	1,080 W
23. T109	20 Contactos	180 W	3,600 W
24. Pañol 1	3 Contactos	180 W	540 W
25. Pañol 2	2 Contactos	180 W	360 W
26. WC-M			
27. WC-H			
28. Aseo			
29. Pasillo	2 Contactos	180 W	360 W
			18,000 W

PLANTA ALTA	100 CONTACTOS	18,000 W
PLANTA BAJA	86 CONTACTOS	15,480 W
POTENCIA TOTAL DE CONTACTOS DEL EDIFICIO		33,480 W

PLANTA BAJA			
SALONES	CONTACTOS	POTENCIA	POT. TOTAL
1. T001	5 Contactos	180 W	900 W
2. T002	10 Contactos	180 W	1,800 W
3. T003	5 Contactos	180 W	900 W
4. T004	16 Contactos	180 W	2,880 W
5. T005	5 Contactos	180 W	900 W
6. T006	10 Contactos	180 W	1,800 W
7. T007	2 Contactos	180 W	360 W
8. T008	2 Contactos	180 W	360 W
9. T009	24 Contactos	180 W	4,320 W
10. Pañol	3 Contactos	180 W	540 W
11. WC-M			
12. WC-H			
13. Aseo			
14. Pasillo	4 Contactos	180 W	720 W
			15,480 W

Sistemas de Climatización

La gestión de la climatización constituye el eje crítico del desempeño energético en el Edificio T. De acuerdo con el mapeo detallado por plantas (Ver Figura 6), se identificaron un total de 25 unidades de aire acondicionado con una potencia instalada total de 55,675 W.

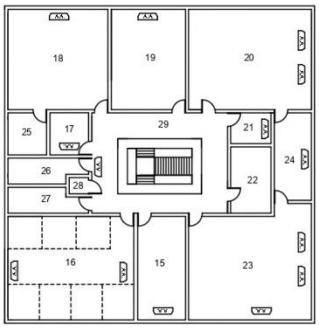
- Distribución y Capacidad: La Planta Alta alberga 14 unidades que suman 32,530 W (145.96 A), mientras que la Planta Baja cuenta con 11 unidades con una carga de 23,145 W (101.8 A).
- Capacidad Térmica: La infraestructura mayoritaria está compuesta por equipos de alta capacidad (36,000 y 24,000 BTU) de diversas marcas como Trane, Prime y Mirage.
- Intensidad Operativa: El régimen de operación promedio se sitúa en 12 horas diarias, lo que genera un consumo proyectado de 450 kWh por día.

La alta densidad de carga en la Planta Alta sugiere una mayor ganancia térmica por conducción a través de la techumbre, lo que valida la necesidad de implementar estrategias de control de temperatura diferenciadas por nivel.

Figura 6. Plano de distribución y especificaciones técnicas de las unidades de climatización.

TECNM - INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ
EDIFICIO "T"
SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

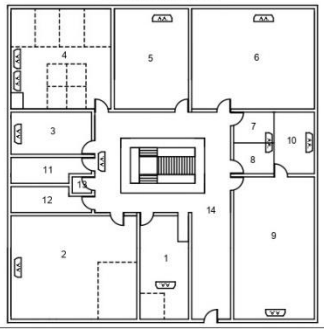
PLANTA ALTA



PLANTA ALTA									
SALONES	A.A	MARCA	EVAPORADOR	CONDENSADOR	BTU	V	Hz	A	W
15. T101	1	TRANE	2MCW0036A1000CB	2TTB0036A1000CB	36,000	220	60	15.19	3,342
16. T102	1	MIRAGE	ELF261D	CLF261D	24,000	230	60	9.6	2,000
	1	AUX	ASW-18B2/HSA	ASW-18B2/HSA	18,000	220	60	9.0	1,750
17. T103	1	LG	VX121C3	VX121C3	12,000	230	60	7.0	1,350
18. T104	1	TRANE	2MCW0036A1000CB	2TTB0036A1000CB	36,000	220	60	15.19	3,342
19. T105	1	PRIME	EMPRC362-K	CMPRC362-K	36,000	220	60	17.45	3,800
20. T106	2	PRIME	EMPRN242-T3	EMPRN242-T3	24,000	220	60	11.50	2,450
21. T107	1	TRANE	2MCW0512G1000DA	2TTK0518G1000DA	36,000	220	60	15.19	3,342
22. T108	NO TIENE								
23. T109	2	LENNOX	LMO18CI-100P232-X	LMO18CI-100P232-X	18,000	220	60	8.0	1,700
	1	PRIME	EMPRC362-K	CMPRC362-K	36,000	220	60	17.45	3,800
24. Pañol 1	1	FREYVEN	40FRC123A-E	40FRC123A-E	12,000	230	60	5.2	1,120
25. Pañol 2	NO TIENE								
26. WC-M	NO TIENE								
27. WC-H	NO TIENE								
28. Aseo	NO TIENE								
29. Pasillo	1	TRANE	2MCW0036A1000CB	2TTB0036A1000CB	36,000	220	60	15.19	3,342

PLANTA ALTA	14 AIRES ACONDICIONADOS	32,530 W	145.96 A
PLANTA BAJA	11 AIRES ACONDICIONADOS	23,145 W	101.8 A
CONSUMO TOTAL DE AIRE ACON. DEL EDIFICIO		55,675 W	247.76 A

PLANTA BAJA



PLANTA BAJA									
SALONES	A.A	MARCA	EVAPORADOR	CONDENSADOR	BTU	V	Hz	I	W
1. T001	1	MIRAGE	ELF261D	CLF261D	24,000	230	60	9.6	2,000
2. T002	1	PRIME	EMPRC362-K	CMPRC362-K	36,000	220	60	14	3,000
3. T003	1	TRANE	2MCW0512G1000DA	2TTK0518G1000DA	24,000	220	60	9	1,870
4. T004	1	MIRAGE	ELF261D	CLF261Q	24,000	230	60	9.6	2,000
	1	TRANE	2MCW0524G1000CA	2TTK0524G1000CA	23,000	230	60	9.6	2,000
5. T005	1	MIRAGE	EXF261L	CXF261L	24,000	230	60	9.6	2,000
6. T006	1	PRIME	EMPRC362-K	CMPRC362-K	36,000	220	60	14	3,000
7. T007	1	FREYVEN	40FRC183A-E	40FRC183A-E	18,000	230	60	8.3	1,790
8. T008									
9. T009	1	MIRAGE	EXF261L	CXF261L	24,000	230	60	9.6	2,000
10. Pañol	1	PRIME	EMPRC182-K	CMPRC182-K	18,000	220	60	8.5	1,880
11. WC-M	NO TIENE								
12. WC-H	NO TIENE								
13. Aseo	NO TIENE								
14. Pasillo	1	TRANE	2MCW0036A1000CB	2TTB0036A1000CB	36,000	220	60	15.19	3,342

Para obtener una estimación más representativa del comportamiento energético del Edificio T, se aplicaron factores de utilización a los sistemas eléctricos analizados. Aunque la potencia instalada de los contactos representa una carga considerable, no todos los contactos operan simultáneamente ni permanecen conectados durante toda la jornada. Por esta razón, se consideró un factor de utilización del 25 % para contactos (Ver Tabla 2), asociado al uso intermitente de computadoras, cargadores, equipos de oficina y otros dispositivos eléctricos.

En el caso de la iluminación, se aplicó un factor de utilización del 70 %, considerando que no todas las áreas permanecen ocupadas o iluminadas durante la totalidad del horario de operación. Para el sistema de climatización se mantuvo un factor de utilización de 1.00, debido a que los equipos de aire acondicionado presentan una alta potencia unitaria y una operación prolongada durante la jornada académica y administrativa, especialmente por las condiciones climáticas cálidas y húmedas de la ciudad de Veracruz.

Tabla 2. Distribución de Potencia Instalada por Sistemas en el Edificio T.

Sistema	Consumo Diario Original (kWh)	Factor de Utilización	Consumo Diario Ajustado (kW)	Participación (%)
Climatización	55.67	1.00	55.67	73.86
Contactos	33.48	0.35	11.71	15.54
Iluminación	11.39	0.70	7.97	10.58

Bajo este criterio, la climatización se posiciona como el sistema de mayor participación energética, con aproximadamente el 73.86 % del consumo diario ajustado, seguido de contactos con 15.54 % e iluminación con 10.58 %. Este resultado permite identificar a la climatización como el principal uso significativo de la energía dentro del edificio.

Identificación de los USEn

La Figura 7 presenta el formato utilizado para la identificación de las fuentes, tipos y usos de la energía en el Edificio T, correspondiente al año 2025. Para su correcta elaboración, es necesario apoyarse en el formato de identificación de consumos de energía TECNM-EN-PR-01-02, el cual permite registrar y clasificar la información energética requerida para el análisis del desempeño energético del edificio.

En el análisis se observa que la única fuente energética considerada para el edificio es la energía eléctrica, ya que los apartados correspondientes a hidrocarburos, gasolina, diésel y gas LP/natural se reportan como no aplicables.

El consumo eléctrico se distribuye en tres usos principales: aire acondicionado, alumbrado y contactos/equipos. El sistema de aire acondicionado representa el mayor consumo energético, con 314,861.49 kWh, equivalente a 1,133,501.364 MJ, lo que corresponde aproximadamente al 74 % del consumo total. Este resultado evidencia que la climatización constituye el principal uso significativo de la energía dentro del edificio.

Por su parte, el sistema de contactos/equipos registra un consumo de 66,246.24 kWh, equivalente a 238,486.464 MJ, con una participación aproximada del 16 %. Finalmente, el sistema de alumbrado presenta un consumo de 45,102.01 kWh, equivalente a 162,367.236 MJ, lo que representa cerca del 11 % del consumo energético total.

Figura 7. Identificación de fuentes, tipos y usos de la energía en el Edificio T del ITVER.

TECNOLOGICO NACIONAL DE MÉXICO	FORMATO PARA IDENTIFICAR FUENTES, TIPOS Y USOS DE LA ENERGÍA	Código: TecNM-EN-PR-01-01
	Referencia a la Norma ISO 50001:2018	Revisión: 1

AÑO IDENTIFICADO (2025)						
#	FUENTE DE ENERGÍA (2)	TIPO DE ENERGÍA (3)	USO DE LA ENERGÍA (4)	CONSUMO kW/h o l (5)	MJ	PORCENTAJE (%)
1	Eléctrica	Electricidad	Aire Acondicionado	314,861.49	1133501.364	74%
2	Eléctrica	Electricidad	Alumbrado	45,102.01	162367.236	11%
3	Eléctrica	Electricidad	Contactos/Equipos	66,246.24	238486.464	16%
4	Hidrocarburos	Gasolina	(N/A para Edificio T)	0	0	0%
5	Hidrocarburos	Diésel	(N/A para Edificio T)	0	0	0%
6	Gas	Gas LP/Natural	(N/A para Edificio T)	0	0	0%
				Total global	**1534355.064**	**100%**
				Total eléctrica	**1534355.064**	**100%**
				Total Combustibles	**0**	**0%**

En conjunto, el consumo eléctrico total convertido a energía es de 1,534,355.064 MJ, correspondiente al 100 % del consumo global identificado. Debido a que no se reporta consumo de combustibles, el total global coincide con el total de energía eléctrica. Estos resultados permiten establecer que las acciones de mejora energética deberán enfocarse principalmente en el sistema de climatización, seguido por los contactos/equipos y el alumbrado.

Registro del Consumo Eléctrico

Para el desarrollo de la Línea de Base Energética, se realizó un levantamiento detallado del consumo eléctrico del Edificio T durante el ciclo anual 2025, utilizando el formato institucional TecNM-EN-PR-01-02 como se muestra en la figura 8. Este registro es fundamental para cumplir con los requisitos de medición y monitoreo de la norma ISO 50001:2018.

Figura 8. Consumos de energía eléctrica del edificio T del ITVER.

TECNOLOGICO NACIONAL DE MÉXICO	FORMATO PARA IDENTIFICAR CONSUMOS DE ENERGÍA	Código: TecNM-EN-PR-01-02
	Referencia a la Norma ISO 50001:2018	Revisión: 1

	Periodo Enero-Diciembre 2025																	
	Gasolina				Diésel				GLP		Energía Eléctrica			Gasolina Ton CO_2	Diesel Ton CO_2	Gas LP Ton CO_2	Eléctricidad Ton CO_2	Total Ton CO_2
	l (2)	km (3)	MJ	km/l	l	km	MJ	Km/l	l	MJ	kW/h (10)	MW/h	MJ					
Enero											17,896.00	17.90	64425.60				8.124784	8.124784
Febrero											30,507.00	30.51	109825.20				13.850178	13.850178
Marzo											41,526.00	41.53	149493.60				18.852804	18.852804
Abril											32,153.00	32.15	115750.80				14.597462	14.597462
Mayo											44,904.00	44.90	161654.40				20.386416	20.386416
Junio											33,522.00	33.52	120679.20				15.218988	15.218988
Julio											23,904.00	23.90	86054.40				10.852416	10.852416
Agosto											37,164.00	37.16	133790.40				16.872456	16.872456
Septiembre											53,297.00	53.30	191869.20				24.196838	24.196838
Octubre											48,225.00	48.23	173610.00				21.89415	21.89415
Noviembre											38,399.00	38.40	138236.40				17.433146	17.433146
Diciembre											24,798.00	24.80	89272.80				11.258292	11.258292
Total	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**426,295.00**	**426.30**	**1,534,662.00**	**0.00**	**0.00**	**0.00**	**193.54**	**193.54**

Consumo Energético Anual: El edificio registró un consumo total anual de 426,295.00 kWh, lo que equivale a 1,534,662.00 MJ. La conversión a Megajoules (MJ) permite una estandarización técnica necesaria para futuros balances térmicos y comparativas internacionales de eficiencia. El perfil de consumo muestra una fluctuación significativa, con un mínimo de 64,425.60 MJ en enero y un máximo de 191,869.20 MJ en septiembre.

A. Análisis de la Demanda Estacional: El comportamiento del consumo eléctrico está intrínsecamente ligado a dos factores críticos identificados en el inventario de equipos:

- Carga Térmica: Los picos observados en mayo (161,654.40 MJ) y septiembre (191,869.20 MJ) coinciden con los periodos de mayor temperatura en la región de Veracruz. Esto valida que los 25 sistemas de aire acondicionado, que representan la mayor potencia instalada, son los principales dinamizadores de la demanda.
- Ciclo Académico: El descenso registrado en julio (86,054.40 MJ) refleja el periodo vacacional, donde la ocupación del plantel disminuye de 350 a 100 usuarios aproximadamente, reduciendo el uso de iluminación y equipos de cómputo.

B. Impacto Ambiental (Huella de Carbono*)*: Un aporte relevante de este estudio para el Plan Rector de Gestión de la Energía es el cálculo de las emisiones indirectas. Durante el periodo 2025, la operación eléctrica del Edificio T generó un total de 193.54 toneladas de CO_2 (tCO_2). Este indicador servirá como referencia para evaluar el impacto de las estrategias de ahorro y la posible integración de sistemas fotovoltaicos en el "Edificio T", buscando la descarbonización de las actividades académicas.

Establecimiento de la Línea de Base Energética (LBEn):

Se estableció la Línea de Base para el Edificio T (Ver Figura 9) tomando como periodo de referencia el año 2025, utilizando el Megajoule (MJ) como unidad de medida térmica para homogeneizar los datos. La LBEn permite determinar el desempeño energético inicial frente al cual se compararán las mejoras proyectadas para el ciclo 2026. Para asegurar la rigurosidad científica del modelo, se seleccionaron tres variables relevantes que afectan directamente el consumo del inmueble:

- Temperatura promedio (Ta): Variable climatológica crítica que presenta una correlación directa con el uso de los sistemas de refrigeración, los cuales representan el 74% del consumo total del edificio debido a las condiciones de la región [11].
- Porcentaje de humedad relativa (%HR): Variable climatológica que, en combinación con la temperatura, altera la sensación térmica interior y obliga a un funcionamiento extendido de los equipos de climatización [12].
- Densidad de ocupación: Variable operativa que identifica una población base de 1000 usuarios. Esta variable impacta directamente en la demanda de los sistemas de iluminación y en la carga asociada a los 186 contactos disponibles en el edificio [13].

A partir del análisis de regresión realizado, se obtuvo una ecuación de referencia para estimar el consumo energético proyectado del año 2026.

En este caso, el modelo considera una intercepción de -40.77 y un coeficiente de 2139.8 para la variable X2, correspondiente a la humedad. Con base en estos parámetros, se calcularon los valores mensuales de consumo proyectado, los cuales permiten comparar el desempeño energético esperado contra los consumos reales futuros del edificio.

El consumo energético total registrado para el año 2025 fue de 1,534,662.00 MJ, mientras que el consumo proyectado para el año 2026 fue de 2,259,180.33 MJ. Esta diferencia indica que, bajo las condiciones consideradas por el modelo, el consumo energético esperado podría incrementarse si no se implementan acciones de control, eficiencia energética o mejora operativa. Asimismo, el formato establece una meta de reducción del 2%, calculada sobre el consumo mensual del año base, con el propósito de orientar el seguimiento del desempeño energético y evaluar los ahorros obtenidos una vez que se registren los consumos reales del año evaluado.

Figura 9. Línea de base energética del edificio T del ITVER.

	FORMATO PARA IDENTIFICAR LÍNEA DE BASE ENERGÉTICA	Código: TecNM-EN-PR-01-03
TECNOLOGICO NACIONAL DE MÉXICO	Referencia a la Norma ISO 50001:2018	Revisión: 1

ELECTRICIDAD									
	Variables Relevantes (2)			Año actual 2025	Año Proyectado 2026	Año Real	Ahorro		Meta (2%)
MESES	No. de usuarios en el plantel	Temperatura	Humedad	MJ	MJ	MJ	MJ	Acumulado	MJ
Enero	1000	25	65	64425.60	218088.93		-218088.9	-218088.93	63137.088
Febrero	1000	26	63	109825.20	207775.85		-207775.9	-425864.78	107628.696
Marzo	1000	30	94	149493.60	367628.59		-367628.6	-793493.37	146503.728
Abril	1000	32	82	115750.80	305750.11		-305750.1	-1099243.5	113435.784
Mayo	1000	33	95	161654.40	372785.13		-372785.1	-1472028.6	158421.312
Junio	1000	34	100	120679.20	398567.83		-398567.8	-1870596.4	118265.616
Julio	0	34	99	86054.40	393411.29		-393411.3	-2264007.7	84333.312
Agosto	1000	32	90	133790.40	347002.43		-347002.4	-2611010.2	131114.592
Septiembre	1000	30	90	191869.20	347002.43		-347002.4	-2958012.6	188031.816
Octubre	1000	28	92	173610.00	357315.51		-357315.5	-3315328.1	170137.8
Noviembre	1000	27	92	138236.40	357315.51		-357315.5	-3672643.6	135471.672
Diciembre	1000	26	94	89272.80	484714.76		-484714.8	-4157358.4	87487.344

Por registrar datos	
Intercepción	-117086.17
Variable X2	5156.54

Es importante señalar que la columna correspondiente al "Año Real" se encuentra pendiente de registro; por esta razón, los valores de ahorro aparecen como negativos, ya que el formato aún no cuenta con los datos reales para efectuar la comparación definitiva. Una vez incorporados los consumos reales, será posible determinar el ahorro energético mensual y acumulado, así como verificar el cumplimiento de la meta establecida.

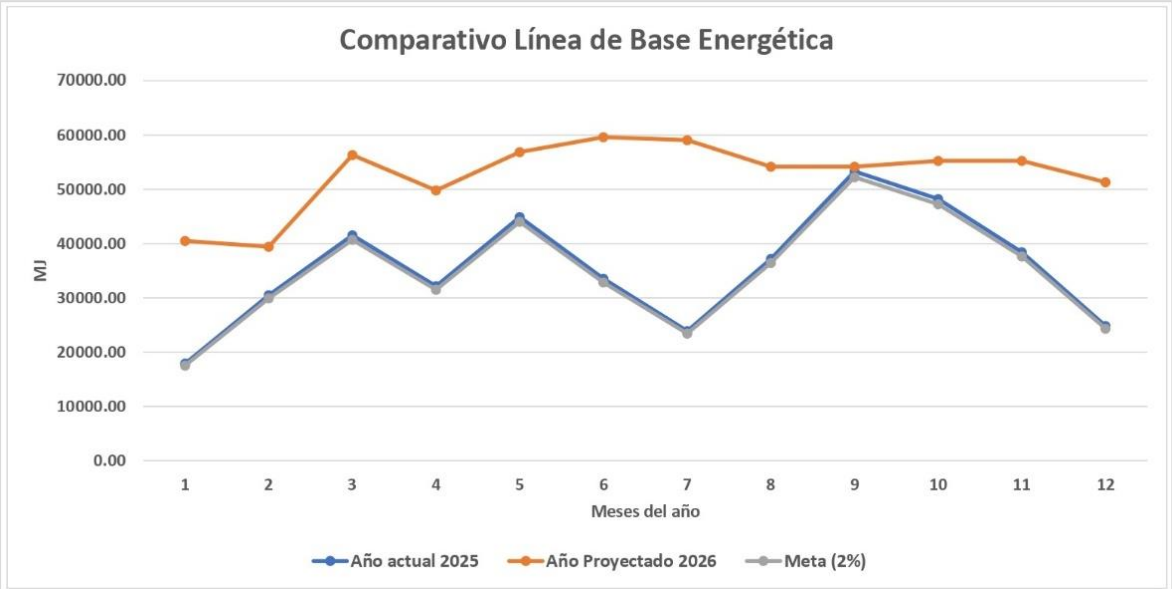
Análisis de la Comparativa de la Línea de Base Energética

La Figura 10 muestra la relación entre el consumo real del año 2025, la proyección estadística para el ciclo 2026 y la meta de ahorro establecida bajo los lineamientos de la norma ISO 50001. En términos generales, se observa que la línea correspondiente al año proyectado 2026 se mantiene por encima del consumo registrado en 2025 durante todos los meses analizados. Esto indica que, bajo las condiciones consideradas en el modelo de proyección, existe una tendencia hacia un mayor consumo energético si no se aplican medidas de control, eficiencia energética o gestión operativa. Los valores proyectados presentan un comportamiento relativamente elevado y estable, con incrementos importantes entre los meses 3 (marzo) y 7 (julio), donde se alcanzan los mayores niveles de consumo estimado.

Por otro lado, la línea del año actual 2025 muestra una mayor variabilidad mensual, con consumos más bajos al inicio y al cierre del periodo, y valores más altos principalmente en los meses 5 (mayo), 9 (septiembre) y 10 (octubre). Este comportamiento puede estar asociado a cambios en las condiciones de operación del edificio, variaciones climáticas, ocupación, uso de equipos eléctricos o demanda de climatización.

La meta del 2% se representa como una línea muy cercana al consumo del año actual 2025, debido a que fue calculada a partir de una reducción proporcional sobre los valores mensuales del año base. Esta meta funciona como referencia para evaluar el desempeño energético futuro del edificio, permitiendo comparar si el consumo real posterior se mantiene por debajo del consumo base y contribuye al cumplimiento de los objetivos establecidos dentro del Sistema de Gestión de la Energía.

Figura 10. Grafica del comparativo de la línea de base energética del edificio T del ITVER.



Identificación de Usos Significativos y Establecimiento de Metas

Una vez analizada la Línea de Base, se procedió a la planificación operativa mediante el Formato TecNM-EN-PR-01-04, el cual sintetiza la estrategia de gestión para los Usos Significativos de la Energía (USE) identificados en el Edificio T. Este paso es fundamental para dar cumplimiento al apartado 6.3 de la norma ISO 50001:2018.

Como se observa en la Figura 11, la planificación se centró exclusivamente en el vector eléctrico, desglosando las acciones en tres ejes principales:

1. Sistemas de Climatización (Aire Acondicionado): Dado que representan el mayor consumo energético debido al clima de Veracruz, se estableció un objetivo de optimización térmica. La meta de reducción del 2% se medirá a través de un Indicador de Desempeño Energético (IDEn) normalizado por variables climáticas (MJ/°C - Grados Día), priorizando el mantenimiento

preventivo y el control estricto de termostatos a 24°C para mitigar el impacto de los 25 equipos inventariados.

2. Iluminación: El formato detalla la oportunidad de mejora mediante la sustitución tecnológica por luminarias LED y la instalación de sensores de presencia. El indicador de control para este rubro será la densidad de carga por área (MJ/m^2), buscando reducir el desperdicio en horarios de baja ocupación.
3. Equipos de Cómputo y Cargas de Fuerza: Con una población de 1000 usuarios, el factor humano es crítico. El plan de acción plasmado en el formato enfoca sus esfuerzos en la reducción del consumo pasivo (standby) mediante campañas de concientización, midiendo el desempeño a través del indicador de intensidad energética por usuario (MJ/Persona).

Figura 11. Identificación de los usos significativos de la energía del edificio T del ITVER.

FORMATO PARA IDENTIFICAR LOS USOS SIGNIFICATIVOS DE LA ENERGÍA Y SU DESEMPEÑO ENERGÉTICO						Código: TecNM-EN-PR-01-04	
Referencia a la Norma ISO 50001:2018 6.3						Revisión: 0	
USO SIGNIFICATIVO DE LA ENERGÍA	OBJETIVO ENERGÉTICO	META ENERGÉTICA	INDICADOR	OPORTUNIDAD DE MEJORA	PLAZO	CUMPLIÓ	
						Sí	NO
ELECTRICIDAD ILUMINACIÓN	Reducir el consumo por carga de alumbrado.	Reducción del 2% respecto a la línea base 2025.	MJ/m^2 o kWh/mes	Sustitución tecnológica por luminarias LED y sensores de presencia.	2026 -2027		
ELECTRICIDAD AIRE ACONDICIONADO	Optimizar la eficiencia térmica y operativa.	Reducción del 2% (Ajustado por clima).	MJ/°C (Grados Día)	Mantenimiento preventivo y control de termostatos a 24°C	2026 -2027		
ELECTRICIDAD COMPUTADORAS	Minimizar el consumo pasivo (standby).	Reducción del 2% de la carga de fuerza.	MJ/Usuario	Campañas de concientización sobre el apagado de equipos.	2026 -2027		
DIESEL AUTOBUSES / LABORATORIOS	N/A para Edificio T	0%	N/A	N/A	N/A		
GAS CAMIÓN / LABORATORIOS	N/A para Edificio T	0%	N/A	N/A	N/A		
GASOLINA CAMIONETA / PODADORAS	N/A para Edificio T	0%	N/A	N/A	N/A		

Estructura del Plan Rector: Objetivos, Metas e Indicadores

Para el Edificio T, se obtuvo la política energética del documento TecNM-EN-MA-02-A2 Política Energética [14], el objetivo general se centra en la mejora continua del desempeño energético, priorizando la eficiencia operativa de los sistemas de climatización y la optimización de las cargas en contactos. Con el fin de evaluar el cumplimiento de estos objetivos, se definieron Indicadores de Desempeño Energético (IDEn) específicos para cada área de impacto. Estos indicadores no solo consideran el consumo bruto en kWh, sino que integran variables relevantes como la afluencia de usuarios y las condiciones térmicas externas (Grados Día), permitiendo una normalización de los datos que garantiza la precisión de la medición. En la Figura 12 se presenta el desglose técnico del Plan Rector (TecNM-EN-MA-02-A6), detallando la fórmula de cálculo para cada IDEn y la meta de reducción

proyectada para el ciclo 2026, la cual se ha fijado en un ahorro del 2% respecto a la línea de base, en concordancia con los compromisos de sostenibilidad del Tecnológico Nacional de México.

Figura 12. Plan rector del sistema de gestión de la energía.

	Plan Rector del Sistema de Gestión de la Energía: Objetivos y Metas Energéticas	Código: TecNM-EN-MA-02-A6
	Referencia a la Norma ISO 50001:2018	Revisión: 1

Instituto Tecnológico o Centro:	INSTITUTO TECNOLÓGICO DE VERACRUZ (EDIFICIO T)
Fecha de Elaboración:	DICIEMBRE DE 2025

Política Energética	Objetivo General	Objetivo Específico	Nombre del indicador	Frecuencia	Formula del indicador	Meta 2026		Unidad de Medida
						Proyectado	Alcanzado	
El Tecnológico Nacional de México establece el compromiso de orientar todas las actividades del Proceso Educativo, hacia el respeto del medio ambiente, mediante la implementación de su Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) basado en la norma ISO 50001:2018, logrando la mejora continua de su desempeño energético, utilizando como base el uso eficiente de la energía, asegurando la disponibilidad de la información y de los recursos para alcanzar los objetivos y metas establecidas, así como cumplir con la legislación aplicable en materia energética, coadyuvando a ser uno de los pilares fundamentales del desarrollo sostenido, sustentable y equitativo de la nación.	Mejorar el desempeño energético del Edificio T mediante la optimización de los procesos técnicos y el fomento de una cultura de ahorro en la comunidad tecnológica, asegurando la sostenibilidad operativa.	1. Reducir el consumo eléctrico en los sistemas de climatización (Aires Acondicionados).	IDEn_Clima (Indicador de Climatización).	Mensual	$IDEn_Clima = \frac{kWh_{AA}}{Grados\ Día}$	Disminuir 2% en el gasto de electricidad.		kWh/ºC
		2. Optimizar el uso de energía en contactos y equipos de fuerza.	IDEn_Fuerza (Intensidad por usuario).	Mensual	$IDEn_Fuerza = \frac{kWh_{fuerza}}{No.\ Usuarios}$	Disminuir 2% en el gasto de electricidad.		kWh/persona
		3. Disminuir la intensidad energética global del inmueble.	IEG (Intensidad Energética Global).	Anual	$IEG = \frac{kWh_{anual}}{m^2}$	Disminuir 2% en el gasto de electricidad.		kWh/m^2
		4. Incrementar la concientización y participación de la comunidad (Docentes/Alumnos).	ISens (Índice de Sensibilización).	Semestral	$ISens = \frac{Persona\ Capacitada}{Persona\ Total}(100)$	80% Personal capacitado.		%

La evaluación del desempeño energético del Edificio T no puede limitarse al seguimiento del consumo absoluto (kWh), ya que este se ve afectado por variables externas e internas. Por ello, siguiendo los lineamientos de la norma ISO 50001:2018, se establecieron indicadores que vinculan el consumo de energía con sus Variables Relevantes.

Los indicadores seleccionados para este estudio son:

- IDEn de Climatización ($IDEn_{clima}$): Dado que el uso significativo de la energía (USE) predominante son los aires acondicionados (74%), se definió un indicador que relaciona el consumo eléctrico de estos equipos con la carga térmica externa, medida en Grados Día de Enfriamiento (GDE). En una región de clima cálido-húmedo como Veracruz, el consumo de refrigeración es proporcional a la temperatura ambiente. Este indicador permite determinar si las medidas de eficiencia (como el control de horarios) son efectivas independientemente de si un mes fue más caluroso que otro.
- IDEn de Cargas de Fuerza ($IDEn_{fuerza}$): Este indicador asocia el consumo de los 186 contactos identificados en el levantamiento con la población que hace uso del edificio (estudiantes, docentes y administrativos). El consumo en los nodos de fuerza es altamente dependiente del factor humano

y la densidad de ocupación. Al medir el consumo por usuario, se puede evaluar la eficacia de las campañas de sensibilización y cultura de ahorro.

- Intensidad Energética Global (IEG): Es el indicador macro que permite comparar el desempeño del Edificio T con otros edificios de la institución o estándares internacionales de infraestructura educativa. Proporciona una métrica de la eficiencia energética por unidad de área construida (m^2), permitiendo identificar la huella energética total del inmueble.
- Índice de Sensibilización: Este indicador mide el alcance de las campañas de capacitación, talleres y programas de difusión implementados en el Edificio T. La meta del 80% asegura una masa crítica de usuarios conscientes que sostengan los ahorros logrados mediante la infraestructura.

Planes de Acción del Sistema de Gestión de la Energía (SGEn)

Derivado de la revisión energética y la identificación de los Usos Significativos de la Energía (USE), se establecieron cinco planes de acción estratégicos alineados con los objetivos de la norma ISO 50001:2018 con la ayuda del formato para planes de acción energética TecNM-EN-PR-01.05. Estos proyectos buscan mitigar los riesgos operativos detectados y asegurar el cumplimiento de la meta de ahorro del 2% respecto a la línea de base de 2025.

Optimización de Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico

Este plan se enfoca en la transición hacia fuentes de energía limpia para el suministro eléctrico del Edificio T (Ver Figura 13). Debido a que el inmueble carece actualmente de infraestructura de generación propia, este proyecto consiste en el diseño y la propuesta técnica para la implementación de un sistema híbrido eólico-fotovoltaico, cuya metodología de dimensionamiento y optimización de componentes ha sido desarrollada y validada en una investigación complementaria por Rocher Ortiz et al. (2026) [15].

- Impacto esperado: Desplazamiento directo de la energía suministrada por la red convencional, reduciendo la huella de carbono del inmueble y estabilizando los costos operativos durante los meses de mayor radiación solar (marzo-mayo).

Figura 13. Plan de acción energético 1.

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO	**FORMATO PARA PLANES DE ACCIÓN ENERGÉTICOS**	**Código:TecNM-EN-PR-01-05** **Revisión: 1**
	Referencia a la Norma ISO 50001:2018 6.2.3	**ÁREA: Edificio T (ITVER)**
Plan de Acción 1		
Objetivo: Mejorar el desempeño energético mediante un sistema híbrido de generación renovable.		**Fecha: 11 / 05 / 2026**
Meta: Sustituir entre un 15% y un 25% del consumo eléctrico mensual mediante la generación de energias renovables durante el primer año de operación.		**Fecha de revisión: 01 /01 / 2027**
Proyecto: Optimización de Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico para Suministro Eléctrico del Edificio T del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnológico de Veracruz		
Planeación de Proyecto		
Actividades	**Responsable**	**Recursos necesarios**
1. Evaluación del potencial: Análisis de datos de radiación solar y velocidad de viento (NASA POWER y anemómetros).	* Residentes de Licenciatura. * Tesista de MEEyER.	* Software de simulación. * Bases de datos meteorológicas. * 1 EFI CON100T. * 1 Analizadores de calidad de la energía.
2. Diseño y Dimensionamiento: Cálculo de la capacidad instalada necesaria para cubrir la demanda crítica del edificio.	* Departamento de Eléctrica y Electrónica. * Equipo Experto. * Contratistas Especializados. * Tesista de MEEyER.	* Fichas técnicas de paneles solares y aerogeneradores. * Estructuras de montaje.
3. Instalación e Interconexión: Montaje del sistema híbrido y configuración de inversores de red.	* Equipo experto. * Personal de Mantenimiento. * Contratistas Especializados. * Tesista de MEEyER.	* Módulos fotovoltaicos, turbinas eólicas e inversores híbridos. * Herramientas de instalación.
4. Análisis de Desempeño: Medición de la energía generada y su impacto en la reducción de la línea de base.	* Coordinador del SGEn. * Equipo Experto. * Tesista de MEEyER.	* Sistemas de monitoreo de energía (Data Loggers). * Facturas de CFE para contraste.
Plan de cumplimiento de metas		
Meta		**Recursos necesarios**
Desplazamiento del 2% del consumo eléctrico anual de la red por generación renovable.		* Reportes de generación del sistema híbrido. * Software de monitoreo remoto. * Bitácora de mantenimiento del sistema renovable.

Sistema de Monitoreo y Control WiFi para Climatización e Iluminación

Dada la alta sensibilidad del edificio a la ocupación y al clima, este proyecto implementa tecnología IoT (Internet de las Cosas) para gestionar los 25 sistemas de aire acondicionado y la red de luminarias. El sistema permite la programación de horarios de operación y la consigna de temperatura de confort a 24°C de manera remota como se muestra en la figura 14.

- Impacto esperado: Eliminación del desperdicio energético por malas prácticas de uso y reducción del consumo pasivo, atacando el riesgo identificado de "hábitos de consumo inadecuados" mediante la automatización.

Figura 14. Plan de acción energético 2.

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO	**FORMATO PARA PLANES DE ACCIÓN ENERGÉTICOS**	**Código:TecNM-EN-PR-01-05** **Revisión: 1**
	Referencia a la Norma ISO 50001:2018 6.2.3	**ÁREA: Edificio T (ITVER)**
Plan de Acción 2		
Objetivo: Mejorar el desempeño energético mediante la automatización y control operativo.		**Fecha: 05 / 11 / 2026**
Meta: 2% de reducción en facturación mensual a partir del primer año de implementación.		**Fecha de revisión: 01 /01 / 2027**
Proyecto: Control y Monitoreo Mediante de Sistema de WiFi de Luminarias y Equipos de Aire Acondicionado de las Aulas del Edificio T del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnologico de Veracruz.		
Planeación de Proyecto		
Actividades	**Responsable**	**Recursos necesarios**
1. Instalación de hardware: Montaje de interruptores inteligentes y termostatos WiFi en las aulas.	* Departamento de Mantenimiento. * Tesista de MEEyER. * Residentes de Licenciatura.	* Sensores de presencia y actuadores WiFi. * Termostatos inteligentes. * Herramientas de instalación eléctrica.
2. Configuración operativa: Establecer horarios de encendido/apagado y consigna de temperatura a 24°C.	* Coordinador del SGEn. * Equipo Experto. * Tesista de MEEyER.	* Acceso a la red institucional WiFi. * Software de gestión de dispositivos IoT.
3. Monitoreo en tiempo real: Registro de datos de consumo para identificar desviaciones operativas.	* Tesista de MEEyER. * Residentes de Licenciatura.	* Dashboard de monitoreo energético. * Equipo de cómputo para análisis de datos.
4. Validación de ahorros: Comparativa mensual del consumo real contra la línea de base proyectada.	* Coordinador del SGEn. * Equipo Experto. * Tesista de MEEyER.	* Recibos de energía eléctrica. * Hojas de cálculo para el análisis de indicadores (IDEn).
Plan de cumplimiento de metas		
Meta		**Recursos necesarios**
2% de reducción en facturación mensual a partir del primer año de operación.		* Software de análisis energético. * Reportes mensuales de desempeño. * Bitácora de incidencias del sistema WiFi.

La integración de tecnologías de la Industria 4.0 en los sistemas de gestión permite una transición de métodos tradicionales a modelos dinámicos. Como señalan Uribe-Hernández et al. (2021), la implementación de arquitecturas basadas en el Internet de las Cosas (IoT) facilita el monitoreo y control de variables energéticas en tiempo real, lo que resulta fundamental para identificar oportunidades de ahorro inmediato y mejorar la eficiencia operativa [16]. Delgado, R., & Véliz, B. (2026), presentan el desarrollo de un sistema IoT basado en microcontroladores ESP32 para automatizar y monitorear la iluminación y la climatización en aulas universitarias. La metodología emplea un diseño cuasiexperimental de mediciones pre y post-intervención, el cual permitió validar una reducción real del 16.32% en iluminación y del 22.29% en climatización sin afectar el confort académico [17].

Uso de Baterías Inteligentes para el Control de Picos de Consumo y Mejora Eléctrica

Esta propuesta (Ver Figura 15) introduce una solución de almacenamiento de energía para gestionar la demanda máxima del edificio. El sistema permite almacenar energía en periodos de baja demanda para ser utilizada durante los "picos" de consumo (típicamente entre las 12:00 y 16:00 horas), cuando los sistemas de climatización operan a su máxima capacidad.

- Impacto esperado: Además de reducir los cargos por demanda facturable ante la CFE, el sistema actúa como un filtro para mejorar la calidad de la energía y corregir el factor de potencia, mitigando el impacto técnico de las cargas inductivas de los motores y compresores.

Figura 15. Plan de acción energético 3.

TECNOLOGICO NACIONAL DE MÉXICO	FORMATO PARA PLANES DE ACCIÓN ENERGÉTICOS	Código:TecNM-EN-PR-01-05 Revisión: 1
	Referencia a la Norma ISO 50001:2018 6.2.3	ÁREA: Edificio T (ITVER)
Plan de Acción 3		
Objetivo: Reducir la demanda máxima facturable (kW) del Edificio T en el período de punta, mediante la descarga controlada del banco de baterías inteligentes.		**Fecha: 11 / 05 / 2026**
Meta: 2% de reducción en facturación mensual a partir del primer año de operación.		**Fecha de revisión: 01 /01 / 2027**
Proyecto: Uso de Baterías Inteligentes para el Control de Picos de Consumo y Mejora Eléctrica en el Edificio T del Tecnológico Nacional de México - Instituto Tecnologico de Veracruz.		
Planeación de Proyecto		
Actividades	**Responsable**	**Recursos necesarios**
1. Diagnóstico de Calidad de Energía: Medición de armónicos, factor de potencia y picos de demanda durante 2 semanas.	* Tesista de MEEyER. * Residentes de Licenciatura.	* Analizador de redes de energía. * Software de registro de eventos eléctricos.
2. Dimensionamiento del Banco de Baterías: Cálculo de la capacidad en kWh necesaria para cubrir los picos de las 12:00 a las 16:00 hrs.	* Departamento de Eléctrica y Electrónica. * Tesista de MEEyER. * Residentes de Licenciatura.	* Datos históricos del Formato TecNM-EN-PR-01-02 - Formato para identificar consumos de energía. * Software de simulación de almacenamiento.
3. Instalación de Inversor Bidireccional: Montaje del sistema que carga las baterías en la noche (tarifa barata) y las descarga en el pico (tarifa cara).	* Equipo Experto. * Departamento de Mantenimiento. * Contratistas Especializados. * Tesista de MEEyER.	* Inversor cargador inteligente. * Banco de baterías de Litio-Ferrofosfato (LiFePO4).
4. Evaluación de Impacto Económico: Comparativa de los cargos por "Demanda Máxima" antes y después del sistema.	* Coordinador del SGEn. * Equipo experto. * Tesista de MEEyER.	* Recibos de CFE. * Algoritmo de control de gestión de carga.
Plan de cumplimiento de metas		
Meta		**Recursos necesarios**
2% de reducción en facturación mensual a partir del primer año de operación.		* Sistema de monitoreo de baterías. * Reportes de ahorro económico mensual. * Análisis de retorno de inversión (ROI).

Rana, M. M., Mo, et al. (2026), muestran los beneficios socioeconómicos de implementar una estrategia de "peak shaving" (reducción de picos de demanda) basada en reglas, utilizando un Sistema de Almacenamiento de Energía en Baterías (BESS). A través de una metodología analítica simulada en MATLAB/Simulink y aplicada a una red de distribución regional, los autores demuestran que esta estrategia permite cargar baterías durante horas de baja demanda y descargarlas durante los picos, logrando reducciones significativas en los costos de facturación eléctrica, mejoras en la fiabilidad de la red y el aplazamiento de inversiones en infraestructura de transmisión y distribución [18].

Sistema de puesta a tierra para el Edificio T

Este proyecto (Ver Figura 16) consiste en la normalización y modernización de la red de tierras física del Edificio T, diseñada para corregir deficiencias técnicas de instalaciones previas. El sistema integra electrodos de alta eficiencia y conductores de cobre calculados según la carga eléctrica real,

sustituyendo prácticas de mantenimiento inadecuadas, como el sobredimensionamiento de protecciones termomagnéticas que actualmente comprometen la seguridad del inmueble.

- Impacto esperado: Más allá del cumplimiento normativo de seguridad, el sistema actúa como un catalizador de eficiencia energética al eliminar corrientes parásitas y de fuga que se transforman en calor (pérdidas por efecto Joule). Esta intervención mitiga la contaminación armónica en el sistema, lo cual reduce el estrés térmico en los equipos de climatización e informática, contribuyendo directamente al objetivo de ahorro del 2% en la facturación eléctrica mensual del edificio.

Figura 16. Plan de acción energético 4.

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO	FORMATO PARA PLANES DE ACCIÓN ENERGÉTICOS	Código:TecNM-EN-PR-01-05 Revisión: 1
	Referencia a la Norma ISO 50001:2018 6.2.3	ÁREA: Edificio T (ITVER)
Plan de Acción 4		
Objetivo: Garantizar la estabilidad de la calidad de la energía y la seguridad operativa de los sistemas eléctricos del Edificio T.		**Fecha: 11 / 05 / 2026**
Meta: 2% de reducción en facturación mensual a partir del primer año de implementación.		**Fecha de revisión: 01 /01 / 2027**
Proyecto: Sistema de Puesta a Tierra para el Edificio T.		

Planeación de Proyecto		
Actividades	**Responsable**	**Recursos necesarios**
1. Estudio de resistividad del terreno y medición de la red de tierras actual.	* Tesista de MEEyER. * Residentes de Licenciatura.	* Telurómetro. * Software de análisis.
2. Diseño y cálculo de la nueva malla de tierra conforme a la NOM-001-SEDE.	* Departamento de Eléctrica y Electrónica. * Equipo Experto. * Tesista de MEEyER.	* Calculadora. * Planos eléctricos del Edificio T.
3. Instalación de electrodos y cableado de cobre desnudo con soldadura exotérmica.	* Equipo Experto. * Departamento de Mantenimiento. * Contratistas Especializados. * Tesista de MEEyER.	* Electrodos. * Soldadura. * Conductores cal. 2/0 AWG.
4. Protocolo de verificación y puesta en marcha (medición final).	* Coordinador del SGEn. * Equipo experto. * Tesista de MEEyER.	* Certificado de cumplimiento (Unidad de Inspección).

Plan de cumplimiento de metas	
Meta	**Recursos necesarios**
Reducción del 2% en la facturación mensual al eliminar corrientes parásitas y mejorar la eficiencia operativa de los equipos de climatización e informática.	* Analizador de calidad de la energía para comparativa "antes y después".

Mera-Macías, F. F., et al. (2025), describen un estudio técnico exhaustivo enfocado en el diagnóstico, análisis y diseño de un sistema de puesta a tierra para el Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez en Manta, Ecuador. Ante la ausencia de registros técnicos previos, los autores implementaron una metodología cuantitativa utilizando el método Wenner para determinar la resistividad del suelo y el uso de un telurómetro digital para garantizar que la resistencia eléctrica del sistema fuera inferior a 5 Ω. El estudio culmina con una propuesta de diseño de malla rectangular reforzada con varillas verticales, alineada con normativas internacionales como la IEEE Std 80 y reglamentos locales, con el objetivo de mitigar riesgos eléctricos y proteger tanto a los usuarios como a los equipos operativos de la institución [19].

Sistema de protección contra descargas atmosféricas (Pararrayos) en la azotea del Edificio T.

Este proyecto consiste en la instalación de un sistema de protección contra descargas atmosféricas (SPDA) en la azotea del Edificio T, diseñado para atender la vulnerabilidad física del inmueble ante las condiciones climáticas extremas de la región costera. Actualmente, el edificio carece de un sistema captador y de conducción de energía de rayo, lo cual representa un riesgo latente para la integridad de las instalaciones eléctricas y los equipos electrónicos sensibles alojados en la estructura. La implementación contempla la instalación de una punta captadora de alta eficiencia, un mástil de soporte y la interconexión a una red de tierras de baja impedancia como se muestra en la figura 17.

- Impacto esperado: El beneficio principal es la neutralización del riesgo de daños catastróficos por sobretensiones transitorias. Al dirigir las descargas atmosféricas de manera controlada hacia el terreno, el sistema evita la destrucción de los componentes críticos del edificio, garantizando la continuidad operativa y protegiendo la inversión institucional ante eventos hidrometeorológicos. Esta medida eleva los estándares de seguridad de la edificación, asegurando que la infraestructura se mantenga en condiciones óptimas de funcionamiento y evitando los costos operativos derivados de la reparación o sustitución de equipos por fallas eléctricas externas.

Figura 17. Plan de acción energético 5.

TECNOLOGICO NACIONAL DE MEXICO	FORMATO PARA PLANES DE ACCIÓN ENERGÉTICOS	Código:TecNM-EN-PR-01-05 Revisión: 1
	Referencia a la Norma ISO 50001:2018 6.2.3	ÁREA: Edificio T (ITVER)
Plan de Acción 5		
Objetivo: Fortalecer la seguridad física del Edificio T frente a las condiciones climáticas locales, garantizando la continuidad operativa y la integridad del SGEn contra descargas atmosféricas.		**Fecha: 11 / 05 / 2026**
Meta: 2% de reducción en facturación mensual a partir del primer año de operación.		**Fecha de revisión: 01 /01 / 2027**
Proyecto: Sistema de Protección contra Descargas Atmosféricas (Pararrayos) en la azotea del Edificio T.		
Planeación de Proyecto		
Actividades	**Responsable**	**Recursos necesarios**
1. Evaluación de nivel de riesgo según la norma NMX-J-549-ANCE (frecuencia de rayos en Veracruz).	* Tesista de MEEyER. * Residentes de Licenciatura.	* Mapas isoceraúnicos. * Software de radio de protección.
2. Selección del sistema (Punta Franklin o Cebado) y cálculo de conductores de bajada.	* Departamento de Eléctrica y Electrónica. * Equipo Experto. * Tesista de MEEyER.	* Catálogo de componentes. * Planos de azotea.
3. Instalación de mástil, puntas captadoras y conexión a la red de tierras del Plan 4.	* Equipo Experto. * Departamento de Mantenimiento. * Contratistas Especializados. * Tesista de MEEyER.	* Puntas captadoras. * Conductores de cobre. * Herrajes de sujeción.
4. Instalación de supresores de picos (SPD) en tableros principales para protección de electrónica sensible.	* Equipo Experto. * Departamento de Mantenimiento. * Contratistas Especializados. * Tesista de MEEyER.	* Supresores de transitorios de Clase I y II.
Plan de cumplimiento de metas		
Meta		**Recursos necesarios**
Continuidad del ahorro proyectado: Protección del 100% de los activos de eficiencia energética (Inversores, Baterías e IoT) ante eventos meteorológicos.		Sistema de monitoreo de eventos (contador de rayos) e inspección visual semestral.

El trabajo de investigación desarrollado por Cevallos Vallejos (2023) presenta una metodología técnica exhaustiva para la implementación de sistemas externos de protección contra rayos, fundamentada en los estándares de la norma NFPA 780. La tesis aborda integralmente la problemática de las descargas atmosféricas mediante un estudio de riesgos detallado, esencial para la seguridad de infraestructuras educativas [20].

Plan de seguimiento y control operativo

La Figura 18 presenta el plan de seguimiento y medición de características clave del Edificio T, conforme a la norma ISO 50001:2018. En este formato se establecen los usos significativos de energía, los indicadores de desempeño energético y los planes de acción asociados al cumplimiento de la meta de ahorro del 2%.

El seguimiento se enfoca principalmente en el consumo de aire acondicionado, iluminación, computadoras y cargas de fuerza, mediante sistemas de monitoreo, mediciones mensuales y análisis comparativos contra la línea base energética.

Asimismo, se consideran indicadores como la intensidad energética por área, el consumo por usuario y el consumo asociado a variables climáticas.

Este plan permite evaluar de manera periódica el desempeño energético del edificio, identificar desviaciones en el consumo y verificar la eficacia de las acciones de mejora implementadas, contribuyendo al proceso de mejora continua del Sistema de Gestión de la Energía.

Figura 18. Planes de seguimiento y medición.

	FORMATO DE PLAN DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN DE CARACTERÍSTICAS CLAVE				Código:TecNM-EN-PR-01-06
	Referencia a la Norma ISO 50001:2018 9.1				Revisión: 1
Usos sigificativos de energía	**Área**	**¿Cómo se le va a dar seguimento/ a medir?**	**¿Con qué frecuencia se le va a dar seguimento/ a medir?**	**¿Cómo se van a analizar los datos?**	**¿Qué calibraciones se requieren?**
Aire Acondicionado e Iluminación.	Edificio T.	Mediante el software de gestión del sistema de monitoreo WiFi y sensores IoT (internet de las cosas).	Continua (monitoreo en tiempo real) con reportes mensuales.	Comparación del consumo actual vs. Línea de Base (modelo de regresión) considerando variables de temperatura y humedad.	Sensores de temperatura y humedad; medidores de energía inteligentes.
Computadoras y Cargas de Fuerza.	Edificio T.	Medición de potencia en circuitos derivados de contactos y muestreo con medidores de energía individuales en equipos críticos.	Mensual.	Análisis de carga base (consumo nocturno y fines de semana) para identificar consumos "vampiro". Cálculo de MJ/Usuario.	Analizador de redes y multímetros digitales de precisión.
Indicadores del desempeño energético (IDEn)	**Área**	**¿Cómo se le va a dar seguimento/ a medir?**	**¿Con qué frecuencia se le va a dar seguimento/ a medir?**	**¿Cómo se van a analizar los datos?**	**¿Qué calibraciones se requieren?**
Intensidad Energética por Área (MJ/m^2).	Edificio T.	División del consumo total mensual (obtenido de facturación) entre la superficie total construida.	Mensual.	Comparación con el estándar histórico y con puntos de referencia de edificios académicos similares.	Certificación de calibración vigente de luxómetros digitales y verificación de la precisión de los medidores de energía eléctrica conforme a la NOM-001-SEDE.
Consumo Específico por Usuario (MJ/Persona).	Edificio T.	División del consumo total mensual entre el censo poblacional (350 usuarios permanentes).	Mensual.	Análisis de la variación de la demanda según la densidad de ocupación del plantel.	Calibración anual de sensores de temperatura y humedad (termo-higrómetros) bajo la norma NMX-CH-152-SCFI.
Consumo Específico por Variable Climática (MJ/°C).	Edificio T.	Relación entre el consumo eléctrico y los Grados Día obtenidos de estaciones meteorológicas locales.	Mensual.	Análisis de Regresión Lineal: Evaluación de la eficiencia del sistema de climatización eliminando el efecto del clima en Veracruz.	Calibración de analizadores de redes y pinzas amperimétricas por laboratorios acreditados ante la EMA (Entidad Mexicana de Acreditación).
Planes de acción/ objetivos y metas energéticas	**Área**	**¿Cómo se le va a dar seguimento/ a medir?**	**¿Con qué frecuencia se le va a dar seguimento/ a medir?**	**¿Cómo se van a analizar los datos?**	**¿Qué calibraciones se requieren?**
Cumplimiento de la Meta de Ahorro del 2%.	Edificio T.	Comparativa mensual entre el consumo real medido y la línea de base ajustada por variables climáticas.	Mensual (al cierre de facturación).	Uso del método de Cusum (Suma Acumulada) para detectar desviaciones en los ahorros proyectados.	Verificación de la precisión del software de gestión y validación de las facturas de CFE.
Eficacia de los Proyectos de Mejora (Planes 1, 2 y 3).	Edificio T.	Auditoría de avance físico del proyecto vs. cronograma y medición de energía ahorrada por cada tecnología.	Trimestral (reuniones de seguimiento del SGEn).	Análisis Costo-Beneficio y cálculo del retorno de inversión energética (kWh ahorrados / $ invertidos).	Certificación de los sistemas de medición interna (Smart Meters) y protocolos de comunicación WiFi.

CONCLUSIÓN

La fase de planificación del SGEn bajo la norma ISO 50001:2018 en el Edificio T ha permitido diagnosticar un consumo energético anual de 1,534,662.00 MJ, derivado de una carga instalada superior a los 100 kW, donde más del 50% se concentra en sistemas de climatización.

A través de la integración de la Matriz de Riesgos y la Línea de Base Energética, se determinó que la mayor oportunidad de mejora no reside únicamente en la sustitución tecnológica, sino en la transición hacia un modelo de gestión inteligente.

La implementación estratégica de los cinco planes de acción propuestos que abarcan desde la normalización de la infraestructura eléctrica y puesta a tierra, hasta la generación híbrida, el control inteligente de cargas y la protección atmosférica; es el eslabón crítico para materializar esta visión. La ejecución integral de estos proyectos es indispensable, ya que actúan de forma sinérgica: no es posible garantizar la eficiencia sin la seguridad que brindan las protecciones, ni alcanzar la meta de ahorro del 2% sin el control dinámico de la demanda y el mantenimiento preventivo. Al materializar estas acciones, el Edificio T proyecta una mitigación de 193.54 toneladas de CO_2 anuales, estableciendo un precedente técnico para la descarbonización del campus ITVER. Este estudio demuestra que la convergencia entre la gestión organizacional y la innovación tecnológica es la herramienta más efectiva para alcanzar la excelencia energética; no obstante, el éxito del SGEn será pleno solo cuando la comunidad (estudiantes, docentes y administrativos) internalice estas competencias y adopte hábitos de consumo responsable, transformando la infraestructura intervenida en una cultura de sostenibilidad institucional.

Agradecimientos

Los autores expresan su gratitud a la Mtra. Ana Celeste Argelia Bermúdez Castillo por su valioso apoyo técnico y asesoría en materia de control de documentos. Su conocimiento profundo de los procesos institucionales del ITVER permitió dar solidez normativa al presente trabajo de investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Marimon, F., & Casadesús, M. (2017). Reasons to Adopt ISO 50001 Energy Management System. *Sustainability*, 9(10), 1746. https://doi.org/10.3390/su9101746
2. Campos-Avella, J. C., Prías-Caicedo, O. F., Quispe-Oqueña, E. C., Vidal-Medina, J. R., & Lora-Figueroa, E. D. (2008). El MGIE, un modelo de gestión energética para el sector productivo nacional. *Gestión y Ambiente*, 11(2), 55-66.
3. Silva-Gonçalves, V. A., & Mil-Homens dos Santos, F. J. (2019). Energy management system ISO 50001:2011 and energy management for sustainable development. *Energy Policy*, 133, 110868. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110868

4. Marimon, F., & Casadesús, M. (2017). Reasons to Adopt ISO 50001 Energy Management System. *Sustainability*, 9(10), 1746. https://doi.org/10.3390/su9101746
5. Tecnológico Nacional de México. (2019). Manual del Sistema de Gestión de la Energía: Referencia a la Norma ISO 50001:2018 (Código: TecNM-EN-MA-02; Rev. 2). Dirección de Aseguramiento de la Calidad.
6. Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2020). Guía de implementación e interpretación de requisitos del estándar ISO 50001:2018. Secretaría de Energía. https://www.gob.mx/conuee
7. Rojas-Rodríguez, D. B., & Prías-Caicedo, O. (2014). Herramientas Lean para apoyar la implementación de sistemas de gestión de la energía basados en ISO 50001. *Energética*, (44), 49-60.
8. Brown, M., & Desai, D. (2014). La norma ISO 50001 de gestión energética: ¿qué es y cómo está cambiando? Planificación estratégica para la energía y el medio ambiente, 34(2), 16-25. https://doi.org/10.1080/10485236.2014.11008498
9. Instituto Tecnológico de Veracruz. (2022). Procedimiento de Gestión de Riesgos (Código: ITV-CA-PG-006; Rev. 1). Sistema de Gestión Integral.
10. Tecnológico Nacional de México. (2019). Procedimiento para la planificación energética (Código: TecNM-EN-PR-01; Rev. 1). Dirección de Aseguramiento de la Calidad.
11. Snowy. (2026). Temperatura media: definición, unidades y ejemplos. Snowy. https://snowy.es/wikimeteo/temperatura-media
12. meteoblue. (s.f.). Humedad. meteoblue. https://content.meteoblue.com/es/investigacion-educacion/especificaciones/variables-meteorologicas/humedad
13. Fundación MAPFRE. (s.f.). Densidad de ocupación. En Diccionario MAPFRE de Seguros. https://www.fundacionmapfre.org/publicaciones/diccionario-mapfre-seguros/densidad-de-ocupacion/
14. Tecnológico Nacional de México. (s. f.). Política Energética del TecNM. Tecnológico Nacional de México. Recuperado el 12 de mayo de 2026, de https://www.veracruz.tecnm.mx/index.php/enlaces/articulos/1781-politica-energetica-del-tecnm

15. Rocher Ortiz, U. ., Palomeque Loyo, J. L. F. ., Gómez González, F. J. ., Hernández Ordoñez, M. ., & Mendoza Sosa, J. A. . (2026). Optimización de Sistema Híbrido Eólico – Fotovoltaico para Suministro Eléctrico del Edificio T del TecNM - Instituto Tecnológico de Veracruz. Prisma ODS: *Revista Multidisciplinaria Sobre Desarrollo Sostenible*, 5(1), 385-406. https://doi.org/10.65011/prismaods.v5.i1.173
16. Uribe-Hernández, J., Ávila-Roa, L., & Chacón-Ramírez, E. A. (2021). Sistema de gestión de energía bajo el paradigma de Industria 4.0. *Revista Ingenio*, 18(1), 33-40. https://doi.org/10.22463/2011642X.2780
17. Delgado, R., & Véliz, B. (2026). Sistema Internet de las cosas (IOT), para la automatización y monitoreo de iluminación y climatización: Impulso a la eficiencia energética en aulas universitarias. *Revista de Investigaciones en Energía, Medio Ambiente y Tecnología*, 11(1), 1-14. https://doi.org/10.33936/riemat.v11i1.7824
18. Rana, M. M., Mo, H., Romlie, M. F., Qiao, L., & Dong, D. (2026). Rule-based peak shaving strategy with battery storage: Evaluating socio-economic impacts in regional grids. *Energy & Buildings*, 354, 116983. https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2026.116983
19. Mera-Macías, F. F., Ronquillo-Camino, C. J., & Quimis-Pin, F. A. (2025). Estudio y diseño de un sistema puesta a tierra en el Instituto Superior Tecnológico Luis Arboleda Martínez Manta. *Journal Scientific MQRInvestigar*, 9(3), 1-24. https://doi.org/10.56048/MQR20225.9.3.2025.e864
20. Cevallos Vallejos, D. J. (2023). Diseño de un sistema protecciones atmosférica según la norma NFPA 780 para el edificio de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas [Tesis de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio Digital Institucional.