



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Energía y Ambiente

**SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA
ISO 50001:2011, PARA LA CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12,
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Arq. Mario René López De León

Asesorado por la MA. Inga. Agr. Mariaé García Zamora

Guatemala, octubre de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA
ISO 50001:2011, PARA LA CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12,
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ARQ. MARIO RENÉ LÓPEZ DE LEÓN

ASESORADO POR LA MA. INGA. AGR. MARIAÉ GARCÍA ZAMORA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian De León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

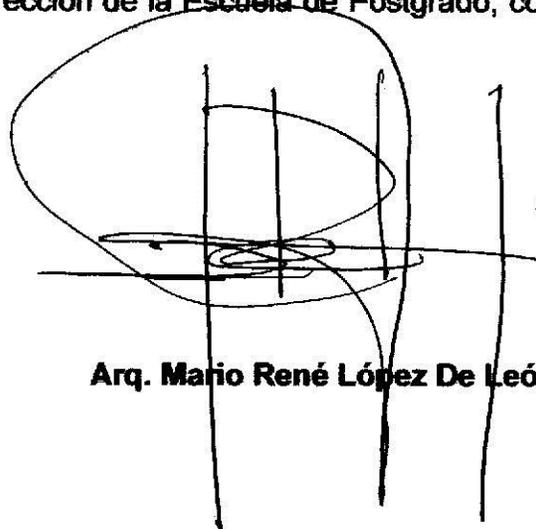
DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López
EXAMINADORA	Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
EXAMINADORA	MSc. Inga. Isabel Ismelda López Tohom
EXAMINADOR	MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA ISO 50001:2011, PARA LA CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Postgrado, con fecha 30 de octubre de 2014.

A handwritten signature in black ink, consisting of several vertical and horizontal strokes, some overlapping to form a stylized representation of the name.

Arq. Mario René López De León



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
EP
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

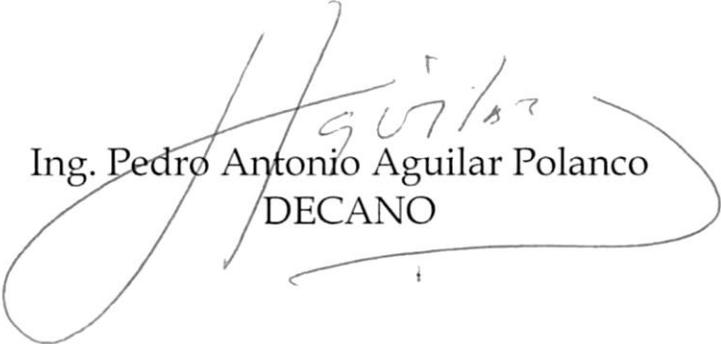
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226

Ref. APT-2015-038

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría Energía y Ambiente titulado: **"SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA ISO 50001:2011, PARA LA CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**, presentado por el Arquitecto **Mario René López De León**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
DECANO

Guatemala, Octubre de 2015.



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2015-038

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística del Trabajo de graduación titulado **"SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA ISO 50001:2011, PARA LA CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"** presentado por el Arquitecto **Mario René López De León** correspondiente al programa de Maestría en Energía y Ambiente; apruebo y autorizo el mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos

Director

Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Octubre de 2015.

Cc: archivo
/la



FACULTAD DE
INGENIERÍA - USAC
ESCUELA DE
ESTUDIOS DE POSTGRADO

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142 / 24188000 Ext. 86226

APT-2015-038

Como Coordinador de la Maestría en Energía y Ambiente y revisor del Trabajo de graduación titulado **"SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA, MEDIANTE LA METODOLOGÍA ISO 50001:2011, PARA LA CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA"**, presentado por el Arquitecto **Mario René López De León**, apruebo y recomiendo la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"

MSc. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado



Guatemala, Octubre de 2015.

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por el don de la vida y bendiciones recibidas durante esta etapa de mi vida, sobre todo permitirme crecer como ser humano y ampliar mis conocimientos académicos.
Nuestra Señora de Fátima	Por su acompañamiento y protección en cada momento de mi vida.
Mi padre	Mario Felipe, por su apoyo y comprensión, ayudándome con su ejemplo de trabajo y esfuerzo, a lograr mis metas profesionales.
Mi madre	Ingrid Julieta, por su amor, comprensión y consejos, que me han permitido con el ejemplo de sus virtudes, crecer en mi calidad humana.
Mis hermanas	Ingrid Cristina y Fátima María, por ser los dos luceros que con su amor iluminan y alegran los momentos más importantes de mi vida.
Mis sobrinos	Mario Ricardo y José André, quienes llenan mi vida de alegría con sus risas y cariño.

Familiares

Por su apoyo incondicional, especialmente a María Julieta (mita), mi segunda madre, por su amor, apoyo y comprensión.

AGRADECIMIENTOS A:

Escuela de Estudios de Postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala Por brindarme las herramientas e instrucción para adquirir la base de mis conocimientos técnicos durante la maestría, así como el apoyo del cuerpo docente y autoridades académicas para el logro de esta meta académica.

Asesores y revisores del presente trabajo de graduación Por su apoyo, asesoría y recomendaciones para el desarrollo del presente trabajo de graduación, especialmente a Mariaé García.

Amigos

Por sus muestras de cariño, consejos y apoyo para completar esta etapa importante en mi vida académica y profesional; en especial a los ingenieros electricistas Marco Penagos y Rudy Soto, por su valiosa colaboración y apoyo en el trabajo de campo y revisión energética realizada en esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
LISTA DE ABREVIATURAS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XIX
OBJETIVOS	XXIII
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXV
INTRODUCCIÓN.....	XXIX
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Panorama mundial ambiental y energético	1
1.2. Cambio climático	2
1.3. Mitigación al cambio climático	4
1.4. Arquitectura y cambio climático	5
1.5. Sistemas de Gestión.....	6
1.6. Sistemas de Gestión Ambiental, Norma ISO 14001:2004.....	7
1.7. Iniciativas de Sistemas de Gestión de la Energía	9
1.8. Sistemas de Gestión de la Energía, Norma ISO 50001:2011 ...	9
1.9. Norma UNE-EN 16001:2010	12
1.10. Eficiencia energética.....	13
1.10.1. Objetivos de la EE	13
1.11. Auditorías energéticas	14
1.11.1. Tipos de auditorías energéticas	14

2.	LINEAMIENTOS DEL SGEN	17
2.1.	Lineamientos de la metodología.....	17
2.2.	Fase 1: definir los alcances y límites del SGEN	18
2.2.1.	Alcances del SGEN.....	18
2.2.2.	Límites del SGEN.....	18
2.3.	Fase 2: revisión energética	19
2.3.1.	Mapeo de los edificios e instalaciones del campus.....	19
2.3.2.	Recopilación y revisión de datos energéticos	19
2.4.	Fase 3: línea base e indicadores energéticos	21
2.4.1.	Línea base de energía.....	21
2.4.2.	Establecer indicadores de desempeño energético.....	22
2.5.	Fase 4: emisiones asociadas al consumo de energía	22
2.6.	Fase 5: diseño del SGEN y lineamientos de política energética	24
2.6.1.	Objetivos y metas del SGEN	24
2.6.2.	Planes de acción del SGEN	24
2.6.3.	Lineamientos de Política Energética Universitaria	25
3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA.....	27
3.1.	Fase 1: definir los alcances y límites del SGEN	27
3.1.1.	Alcances del SGEN-USAC.....	27
3.1.2.	Límites del SGEN-USAC.....	28
3.2.	Fase 2: revisión energética	29
3.2.1.	Mapeo de los edificios y población estudiantil de las Unidades Académicas del campus	29
3.2.2.	Recopilación y revisión de datos	35

3.2.3.	Diagnóstico energético de los edificios con mayor consumo de energía eléctrica	45
3.2.4.	Proyecto piloto de eficiencia energética realizado en la Facultad de Ingeniería.....	58
3.3.	Fase 3: línea base e indicadores energéticos	60
3.3.1.	Línea base energía	60
3.3.2.	Diseño de indicadores de desempeño energético (IDEns)	64
3.4.	Fase 4: indicadores ambientales	65
3.4.1.	Cálculo de emisiones asociadas al consumo de energía eléctrica	65
3.5.	Fase 5: diseño del SGEN y lineamientos de Política Energética	65
3.5.1.	Objetivos y metas del SGEN	65
3.5.2.	Planes de acción del SGEN.....	69
3.5.3.	Lineamientos de la Política Energética Universitaria	72
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	73
4.1.	Línea base de energía, escenario SGEN + BAU 2020	73
4.2.	Línea base ambiental, escenario SGEN + BAU 2020.....	74
4.3.	Matriz energética del Campus Central de la USAC.....	75
4.4.	Edificios con mayor consumo energético.....	76
4.5.	Diagnósticos energéticos.....	81
4.6.	Análisis de población estudiantil y consumo energético mediante coeficiente de correlación de Pearson.....	96
4.7.	Indicadores de desempeño energético	97
4.8.	Indicadores ambientales	102
4.9.	Lineamientos de Política Energética Universitaria	103

5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	105
5.1.	Línea base de energía	105
5.2.	Línea base ambiental	107
5.3.	Matriz energética del Campus Central de la USAC	109
5.4.	Edificios con mayor consumo energético	110
5.5.	Diagnósticos energéticos	112
5.6.	Análisis mediante Pearson	119
5.7.	Indicadores de desempeño energético.....	120
5.8.	Indicadores ambientales	121
5.9.	Lineamientos de Política Energética Universitaria	121
5.10.	Impactos de los resultados obtenidos	122
CONCLUSIONES		125
RECOMENDACIONES		127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		129
ANEXOS		133

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Diagrama de procesos de planificación energética, USAC	XXXII
2.	Modelo de Sistema de Gestión de la Energía, según ISO 50001:2011	10
3.	Representación del desempeño energético	12
4.	Diagrama conceptual del proceso de planificación energética	18
5.	Esquema del alcance del SGEN-USAC.....	29
6.	Mapa del Campus Central USAC.....	30
7.	Equipo analizador de redes CIR-e3.....	46
8.	Fotómetro digital modelo 93-172.....	47
9.	Comportamiento del consumo de energía eléctrica Edificio T-3.....	60
10.	Línea base de energía anual (2011-2015)	62
11.	Línea base de energía mensual (2011-2015).....	63
12.	Línea base de energía mensual (2014).....	64
13.	Planes de acción según ISO 50001:2011	70
14.	Línea base de energía, escenario 2020	75
15.	Línea base ambiental, escenario 2020.....	76
16.	Diagrama sankey consumo energético Campus Central USAC	77
17.	Edificios con mayor consumo energético	78
17-A.	Edificios con mayor consumo energético per cápita.....	79
18.	Población estudiantil Facultad de Ingeniería	80
19.	Población estudiantil Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	81
20.	Población estudiantil Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales	82
21.	Comportamiento energético Edificio T-3, 2010-2013.....	83

22.	Consumo energético y población estudiantil Facultad de Ingeniería, 2010-2013	84
23.	Comportamiento energético Recursos Educativos, 2013.....	85
24.	Comportamiento energético y población estudiantil Recursos Educativos, 2010-2013	86
25.	Medición de voltaje Recursos Educativos, 2015.....	87
26.	Medición de corriente Recursos Educativos, 2015	88
27.	Medición de potencia Recursos Educativos, 2015.....	89
28.	Medición de energía Recursos Educativos, 2015	90
29.	Comportamiento energético Edificio T-10, 2013	91
30.	Consumo energético y población estudiantil Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 2010-2013	92
31.	Medición de voltaje Edificio T-10, 2015.....	93
32.	Medición de corriente Edificio T-10, 2015	94
33.	Medición de potencia Edificio T-10, 2015	95
34.	Medición de energía Edificio T-10, 2015.....	96
35.	Consumo energético y población estudiantil Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, 2010-2013	97
36.	Intensidad energética per cápita anual	99
37.	Intensidad energética por área de ocupación anual.....	100
38.	Mediciones intensidad lumínica Recursos Educativos	102
39.	Mediciones intensidad lumínica Edificio T-10.....	103
40.	Emisiones de CO ₂ por Unidad Académica	104
41.	Proyección de la línea base de energía	108
42.	Proyección de la línea base ambiental.....	110
43.	Matriz energética del campus central, año 2013.....	111
44.	Comportamiento energético mensual Edificio T-3, años 2011-2013 ..	115
45.	Demanda diaria horaria, Recursos Educativos	118
46.	Demanda diaria horaria, Edificio T-10.....	120

TABLAS

I.	Emisiones regionales de CO2 para combustibles y energía eléctrica ...	24
II.	Facultades y Escuelas del Campus Central USAC	33
III.	Mapeo de edificios del Campus Central USAC	31
IV.	Población estudiantil ciclo académico 2010	32
V.	Población estudiantil ciclo académico 2011	33
VI.	Población estudiantil ciclo académico 2012	34
VII.	Población estudiantil ciclo académico 2013	35
VIII.	Consumo de energía eléctrica (enero a marzo de 2013).....	36
IX.	Consumo de energía eléctrica (abril a junio de 2013)	38
X.	Consumo de energía eléctrica (julio a septiembre de 2013).....	40
XI.	Consumo de energía eléctrica (octubre a diciembre de 2013)	42
XII.	Consumo de energía eléctrica (años 2010 a 2013)	44
XIII.	Medición de voltaje (Recursos Educativos).....	49
XIV.	Medición de corriente (Recursos Educativos)	50
XV.	Medición de potencia (Recursos Educativos).....	51
XVI.	Medición de energía activa (Recursos Educativos)	52
XVII.	Medición de voltaje (Laboratorio Farmacia).....	53
XVIII.	Medición de corriente (Laboratorio Farmacia)	54
XIX.	Medición de potencia (Laboratorio Farmacia)	55
XX.	Medición de energía activa (Laboratorio Farmacia).....	56
XXI.	Medición de iluminancia (Recursos Educativos)	57
XXII.	Medición de iluminancia (Laboratorio Farmacia)	58
XXIII.	Información del proyecto piloto.....	59
XXIV.	Ahorros esperados del proyecto piloto	60
XXV.	Variables de línea base energía.....	61
XXVI.	Indicadores de desempeño energético.....	65
XXVII.	Indicadores ambientales	66

XXVIII.	Objetivos y metas del SGEEn-USAC	67
XXIX.	Planes, programas y proyectos establecidos en la Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala	68
XXX.	Plan estratégico de acción SGEEn	71
XXXI.	Coeficiente de correlación de Pearson	98
XXXII.	Intensidad lumínica Recursos Educativos y T-10.....	101
XXXIII.	Consumo de energía escenario BAU + SGEEn	107
XXXIV.	Consumo de energía escenario BAU + SGEEn	109
XXXV.	Edificios con mayor consumo energético, año 2013	113
XXXVI.	Desbalance de tensión, Recursos Educativos	117
XXXVII.	Desbalance de tensión, Edificio T-10.....	119

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
%	Porcentaje
%DTD	Porcentaje de desbalance de tensión por distribuidor
%IRT	Porcentaje del índice de regulación de tensión
°C	Temperatura en grados centígrados
A	Amperio
k	Kelvin
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt hora
m²	Metros cuadrados
V	Voltios
Vmax	Voltaje máximo
Vmin	Voltaje mínimo
W	Watt
r	Coefficiente de correlación de Pearson

LISTA DE ABREVIATURAS

AE	Auditoría Energética
AEDHE	Asociación de Empresarios del Henares
AENOR	Asociación Española de Normalización y Certificación
AQAP	Allied Quality Assurance
BAU	Business as Usual (como de costumbre)
CGP	Coordinadora General de Planificación
CMCC	Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica
CSU	Consejo Superior Universitario
DAJ	Dirección de Asuntos Jurídicos
DIGA	Dirección General de Administración
EE	Eficiencia energética
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala
ENERTE	Energía & Ambiente
FARUSAC	Facultad de Arquitectura
FI	Facultad de Ingeniería
GEI	Gases de efecto invernadero
IDEn	Indicador de desempeño energético
IEA	International Energy Agency
IPCC	Grupo intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
ISO	Organización Internacional de Normalización
LED	Light-emitting diode
MARN	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales
NTSD	Normas Técnicas del Servicio de Distribución

OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OTAN	Organización del Tratado del Atlántico Norte
PHVA	Planificar, hacer, verificar y actuar
SGA	Sistema de Gestión Ambiental
SGEn	Sistema de Gestión de la Energía
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala

GLOSARIO

- Cambio climático** El Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático [CMCC], en su Artículo 1, lo define como: “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables”. El CMCC distingue entre cambio climático atribuido a actividades humanas que alteran la composición atmosférica y variabilidad climática atribuida a causas naturales.
- Eficiencia energética** Según la Norma ISO 50001:2011, la eficiencia energética es la proporción u otra relación cuantitativa entre el resultado en términos de desempeño, de servicios, de bienes o de energía y la entrada de energía.
- La eficiencia energética agrupa acciones que se toman tanto en el lado de la oferta como de la demanda, sin sacrificar el bienestar ni la producción, permitiendo mejorar la seguridad del suministro. Logrando, además, ahorros tanto en el consumo de energía como en la economía. Simultáneamente se logran reducciones en las emisiones de gases de efecto invernadero y mejoras en la competitividad.

Emisiones	En el contexto de cambio climático, se entiende por emisiones el lanzamiento de gases de efecto invernadero y/o sus precursores y aerosoles en la atmósfera en una zona y un periodo específicos.
Escenario BAU	Se refiere al escenario final sin las operaciones realizadas, en cambio climático el escenario BAU consiste en el escenario final sin las medidas de mitigación para reducir los gases de efecto invernadero.
Gases de efecto invernadero	Son aquellos que se encuentran en la atmósfera, ya sea de forma natural o antropogénica, siendo estos: el vapor de agua (H ₂ O), dióxido de carbono (CO ₂), óxido nitroso (N ₂ O), metano (CH ₄), y ozono (O ₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmósfera terrestre; además existe una serie de gases totalmente producidos por el hombre, como los halocarbonos y otras sustancias que contienen cloro y bromuro.
Matriz energética	Representación gráfica cuantitativa de la energía disponible o en uso, en un determinado país, territorio o entidad.
Mitigación	Intervención antropogénica para reducir las emisiones netas de gases de efecto invernadero mediante la reducción del uso de combustibles

fósiles, la reducción de las emisiones provenientes de zonas terrestres mediante la conservación de los ecosistemas, y/o el aumento del régimen de recogida de carbono por parte de los ecosistemas.

Protocolo de Kioto

Se adoptó al Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMCC) en la tercera sesión de la Conferencia de las Partes del CMCC en 1997 en Kioto, Japón. Contiene compromisos legales vinculantes, además de los incluidos en el CMCC. Los países del Anexo B del Protocolo (la mayoría de los países en la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), y los países con economías en transición) acordaron la reducción de sus emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, y hexafluoruro de sulfuro) a al menos un cinco por ciento por debajo de los niveles en 1990 durante el período de compromiso de 2008 al 2012.

Sistema de Gestión de la Energía (ISO 50001)

La Norma ISO 50001 es el estándar internacional de Sistemas de Gestión de la Energía. La Norma tiene como objeto facilitar a las entidades el establecimiento de las medidas necesarias para optimizar el desempeño energético, que incluye la Eficiencia Energética (EE) y su consumo.

Sostenibilidad

Desarrollo que cumple con las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras, para cumplir con sus propias necesidades.

RESUMEN

El cambio climático se ha incrementado en los últimos años, debido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); asimismo, los últimos informes del IPCC señalan que los edificios representan un porcentaje elevado de las mismas, por lo tanto, muchos países están promoviendo la eficiencia energética y sistemas de gestión de la energía en los edificios como una medida de mitigación al cambio climático, gracias a la reducción de las emisiones de GEI asociadas al consumo energético.

Un Sistema de Gestión de la Energía permitirá a la Universidad de San Carlos de Guatemala, conocer las oportunidades de ahorro mediante el uso eficiente de la energía, a través de una revisión energética de las Unidades Académicas que conforman el Campus Central, la revisión energética servirá como base para la planificación del SGE, el cual presenta los lineamientos y recomendaciones que permitirán a la Universidad reducir sus costos de operación relacionados al consumo de energía eléctrica y, a su vez, reducir las emisiones de GEI, derivadas del consumo de energía.

Un Sistema de Gestión se basa en la metodología del ciclo de mejora continua PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar), la presente investigación desarrollará la fase de planificación, la cual permitirá establecer una línea base energética y definir las medidas necesarias de gestión y uso eficiente de la energía requeridas para obtener un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos en el campus.

El SGE_n implementado bajo los lineamientos de la Norma ISO 50001:2011 (Sistemas de Gestión de la Energía), servirá como un instrumento para el cumplimiento de los objetivos de eficiencia energética planteados en la Política Ambiental Universitaria, aprobada por el Consejo Superior Universitario en sesión celebrada el 30 de julio de 2014, Punto Sexto, Inciso 6.2, Acta 13-2014.

La presente investigación permitirá obtener un panorama claro del consumo energético de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y así promover las acciones y recomendaciones para la implementación del SGE_n, así como la iniciativa ante el Consejo Superior Universitario en promover la Política Energética Universitaria, bajo un marco técnico que responda a las necesidades de la universidad.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- Descripción del problema

La Universidad de San Carlos de Guatemala no cuenta con un Sistema de Gestión de la Energía, tampoco posee medidas de eficiencia energética, únicamente se cuenta con el proyecto piloto de eficiencia energética implementado en la Facultad de Ingeniería, en cooperación técnica con la CNEE. Sin embargo, el informe del proyecto piloto no incluye los resultados que permitan conocer el ahorro económico y el nivel de eficiencia del sistema implementado.

La Universidad no cuenta con un departamento estructurado para el área energética, personal técnico, equipo e instrumentación necesaria para la medición de la calidad de la energía y su consumo, de igual manera, las Facultades no efectúan un monitoreo y diagnóstico de su consumo energético.

Tampoco se cuenta con una Política Universitaria Energética que promueva y regule el uso racional de la energía, únicamente se tienen los lineamientos de la Política Ambiental, que incluye algunos aspectos de eficiencia energética.

- Formulación del problema

Los edificios e instalaciones ubicados en el campus universitario no cuentan con un sistema de gestión que permita su monitoreo energético, por lo que, el consumo de la energía no es controlado, siendo de esta manera imposible la evaluación de la eficiencia energética y el establecimiento de indicadores de desempeño energético.

- Pregunta central

¿Cómo se puede evaluar y mejorar el rendimiento del consumo y desempeño energético de los edificios e instalaciones del campus de la Ciudad Universitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala?

- Preguntas auxiliares

Se puede observar que las instalaciones no cuentan con medidas de EE y que los consumos de energía no son controlados, por lo tanto se plantean las siguientes preguntas auxiliares a la investigación:

- ¿Se cuenta con datos ordenados y fiables del consumo de energía en las instalaciones del campus?
- ¿Cuáles son las instalaciones y Unidades Académicas más significativas en la matriz de consumo energético del campus?
- ¿Existe una metodología para la gestión de la energía y su evaluación mediante indicadores de desempeño energético?
- ¿La Universidad cuenta con lineamientos o políticas para promover el consumo y uso eficiente de la energía?

- Delimitación del problema

La sostenibilidad se centra en tres ejes principales: eficiencia y gestión integrada del consumo de agua, reciclaje y gestión de los residuos (sólidos y líquidos) y gestión y uso eficiente de la energía. Para la presente investigación se desarrollará el Sistema de Gestión y uso eficiente de la energía, como herramienta de sostenibilidad para la Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Partes afectadas

Las partes afectadas por la falta de una Sistema de Gestión de la Energía en el campus de la Ciudad Universitaria de la Universidad de San Carlos, se presentan de la siguiente manera:

- Consejo Superior Universitario: Como máxima autoridad de la Universidad, se ven afectados económicamente, debido a que, los recursos que se utilizan para el pago de energía eléctrica podrían reducirse e implementarse en otros servicios o proyectos que el campus necesitara.
- Altas Autoridades: Debido a que ocupan altos cargos, la falta de concientización en el alto consumo energético del campus, afecta su imagen ante la comunidad universitaria.
- Unidades Académicas: El alto consumo energético y su costo asociado, evita que las unidades puedan invertir en mejoras o infraestructura para sus edificios, asimismo, la falta de mantenimiento de los sistemas eléctricos, puede ocasionar daños en los equipos eléctricos y de cómputo.
- Población Estudiantil: Las implicaciones para la población estudiantil están sobre todo asociadas a la salud, debido a que una calidad lumínica deficiente en los sistemas de iluminación puede ocasionar problemas oftalmológicos al forzar la vista; también se ven afectados por las emisiones de CO₂ generadas por el consumo energético de los edificios.
- Universidad en general: A nivel global, la Universidad de San Carlos de Guatemala, debido a su importancia y prestigio académico, debe de promover las acciones necesarias para un uso eficiente de los recursos, dando el ejemplo y siendo un referente a nivel nacional.

OBJETIVOS

General:

Desarrollar un Sistema de Gestión de la Energía que permita obtener una línea base energética, así como priorizar acciones futuras en la reducción del consumo de energía y del impacto ambiental asociado, en el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Específicos:

1. Sistematizar los datos de consumo energético de las instalaciones y Unidades Académicas dentro del Campus Central.
2. Identificar y evaluar las instalaciones y Unidades Académicas que afectan significativamente el consumo de energía de la Universidad, estableciendo una línea base y matriz energética.
3. Diseñar un SGE_n eficiente, estableciendo una metodología y procesos requeridos para la mejora continua de su rendimiento, mediante indicadores de desempeño energético.
4. Establecer los lineamientos para una normativa energética universitaria, como marco legal para promover el consumo y uso eficiente de la energía, como principio de sostenibilidad de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

- Variables en estudio

La investigación permitirá el desarrollo de una metodología y herramienta técnica para la evaluación, gestión y monitoreo de los recursos energéticos en los edificios del Campus Universitario, evaluando las siguientes variables:

- Energía

Indicadores de desempeño energético:

- ✓ Consumo de energía: consumo de energía eléctrica por unidad de tiempo (kWh)
- ✓ Intensidad energética: consumo de energía eléctrica per cápita (MWh/estudiante) y consumo de energía eléctrica por Unidad Académica (MWh/Unidad Académica)
- ✓ Uso de la energía: consumo de energía eléctrica por área de ocupación (MWh/m²)
- ✓ Calidad lumínica: lumen/m²
- ✓ Comportamiento energético: correlación entre consumo energético y población estudiantil
- ✓ Parámetros eléctricos: voltaje, corriente, potencia y energía
- ✓ Calidad de la energía: índice de regulación de tensión (%IRT) y desbalance de tensión por el distribuidor (%DTD)

- Ambiente

Indicadores ambientales:

- ✓ Intensidad de dióxido de carbono por energía eléctrica: emisiones de CO₂ asociadas al consumo energético (Ton CO₂/kWh)
- ✓ Intensidad de dióxido de carbono por Unidad Académica: emisiones de CO₂ por Unidad Académica (Toneladas CO₂/Unidad Académica)

- Tipo de estudio

La investigación en estudio es de tipo descriptiva y cuantitativa, está diseñada en base a los lineamientos de la Norma Internacional ISO 50001:2011, la cual desarrolla una metodología cuantitativa, basada en el ciclo de mejora continua PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar), para el análisis del consumo de energía y su eficiencia, mediante los indicadores de desempeño energético.

El alcance de la investigación se centrará en el desarrollo de la etapa de planificación del SGEN para el Campus Universitario, ubicado en la zona 12, Universidad de San Carlos de Guatemala. Dicha etapa se desarrollará en las siguientes fases:

- Fase 1: definir los alcances y límites del SGEN
 - ✓ Definir los alcances del SGEN
 - ✓ Definir los límites del SGEN

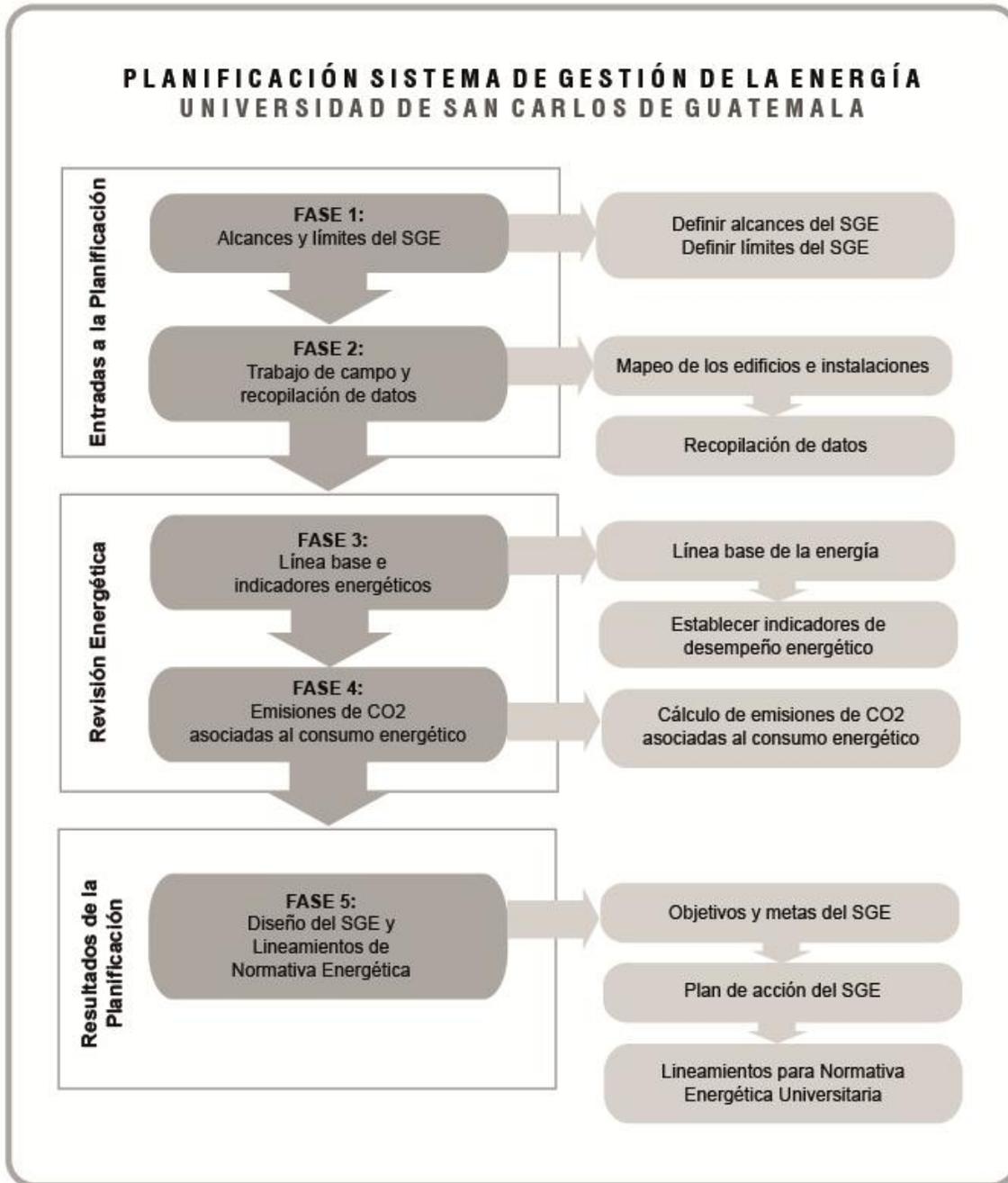
- Fase 2: revisión energética
 - ✓ Mapeo de los edificios e instalaciones del campus
 - ✓ Recopilación y revisión de datos energéticos

- Fase 3: línea base e indicadores energéticos
 - ✓ Línea base de la energía
 - ✓ Establecer indicadores de desempeño energético

- Fase 4: emisiones asociadas al consumo de energía
 - ✓ Cálculo de emisiones de CO₂ asociadas al consumo de energía

- Fase 5: diseño del SGEN y Lineamientos de Normativa Energética
 - ✓ Objetivos y metas del SGEN
 - ✓ Planes de acción del SGEN
 - ✓ Lineamientos para Normativa Energética Universitaria

Figura 1. Diagrama de procesos de planificación energética, USAC



Fuente: elaboración propia.

INTRODUCCIÓN

El aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se ha producido por el uso de combustibles fósiles para la generación de energía, lo cual genera impactos en el medio ambiente derivado de las actividades humanas que se han desarrollado sin control, sobre todo después de la segunda guerra mundial, con la revolución industrial. El cambio climático es un tema que se ha convertido hoy en día en uno de los problemas más grandes que el ser humano se ha enfrentado, este implica tanto las acciones de las actividades humanas pasadas, presentes y futuras. Se considera que el cambio climático llegará a afectar a todos los aspectos de la biodiversidad (IPCC, 2002).

El sector energía es uno de los más contaminantes en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) al ambiente, en Guatemala el sector energía es el segundo sector con mayores emisiones GEI, generando el 28 % de las emisiones de CO₂ equivalentes del país (MARN, 2005).

La eficiencia energética contribuye tanto a nivel económico debido al ahorro asociado al consumo de energía; como ambiental, gracias a la reducción de emisiones de GEI, los cuales tienen un alto impacto al medio ambiente y al cambio climático.

Un Sistema de Gestión de la Energía permitirá a la Universidad de San Carlos de Guatemala establecer los procesos y sistemas necesarios para hacer más eficiente su desempeño energético, integrando medidas de eficiencia energética y un consumo racional de la energía.

La investigación presenta un estudio para la elaboración de un Sistema de Gestión de la Energía (SGEn) para la Ciudad Universitaria (zona 12) de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El SGEn planteado para la investigación consiste en la fase de planificación e integra los lineamientos para una Política Energética Universitaria con objetivos, metas y planes de acción que toman en cuenta los requisitos y lineamientos de la Norma Internacional ISO 50001:2011, así como los aspectos técnicos necesarios para su implementación.

El trabajo de investigación se ha desarrollado en cinco capítulos, el primero presenta una perspectiva mundial del sector energético y ambiental, el fenómeno del cambio climático y sus implicaciones, la relación de la arquitectura con el cambio climático, los sistemas de gestión de la calidad y ambiente, sistemas de gestión de la energía, eficiencia energética y evaluaciones de energía.

El segundo capítulo presenta la metodología y lineamientos de la Norma ISO 50001:2011 para la planificación energética, conformada por el análisis de los datos energéticos y la determinación de indicadores de desempeño para el establecimiento de objetivos, metas y planes de acción.

El tercer capítulo está conformado por el diseño del Sistema de Gestión de la Energía y los lineamientos de la Política Energética Universitaria.

En el cuarto capítulo se realiza la presentación de los resultados. En el quinto capítulo, se desarrolla la discusión de los resultados de la investigación.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Panorama mundial ambiental y energético

El panorama mundial actual está muy lejos de lograr los objetivos de los países firmantes del protocolo de Kioto en evitar el aumento de la temperatura global a 2 °C, ya que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a nivel mundial aumentan cada día más. Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA) en el 2013, se registraron los niveles más altos de dióxido de carbono en la atmósfera, este fenómeno ha superado por vez primera en cientos de miles de años la concentración de 400 partes por millón de CO₂.

Es evidente que el clima está cambiando y cada vez se hacen presentes eventos climáticos extremos entre ellos tormentas, inundaciones, sequías y cambios drásticos de temperatura. Estos fenómenos suceden cada vez con una mayor frecuencia, así mismo, se observa un aumento constante en el nivel del mar como consecuencia del descongelamiento que está ocurriendo en los polos.

Los científicos estiman que la elevación global de la temperatura en un largo plazo podría ascender entre los 3.6 a 5.3 °C, si no se toman acciones para la mitigación y reducción de las emisiones de gases efecto invernadero.

Las medidas actuales no son suficientes para evitar que la temperatura global de la tierra disminuya; sin embargo, esto es algo que al día de hoy aún es posible técnicamente. Para lograr este objetivo es necesario implementar medidas drásticas y a escala global. Los expertos señalan que es necesario

implementar estas acciones antes del 2020 ya que posteriormente a esta fecha debe realizarse un nuevo acuerdo internacional en materia de cambio climático.

“La energía se halla en el centro neurálgico de este desafío: el sector energético produce aproximadamente dos tercios de las emisiones de gases de efecto invernadero, puesto que más del 80 % del consumo mundial de energía se basa en combustibles fósiles.” (IEA, 2013, p. 1).

1.2. Cambio climático

La primera vez que se utilizó el término de cambio climático fue en 1975 (Palmedo, 1975), así mismo, existía una gran preocupación de los científicos por los gases de efecto invernadero. Debido al interés de los países industrializados en el tema de cambio climático, se crea en 1988 el Panel Intergubernamental de Cambio Climático [IPCC], publicando su primer informe en 1990, en donde se daban las primeras alertas ante el cambio climático.

El incremento de GEI se ha visto a través de la historia, significativo a partir de la Revolución Industrial, en donde la concentración de los diversos gases de efecto invernadero aumentaron, ya que previamente se mantenían sin crecimiento notable y eran estables.

Este evento confirma que las actividades desordenadas del hombre, con el objetivo de incrementar su desarrollo económico, han promovido la alteración de los ciclos naturales de la tierra.

“Estos factores, junto a las fuerzas naturales, han contribuido a los cambios en el clima de la Tierra a lo largo de todo el siglo XX: ha subido la temperatura de la superficie terrestre y marina, han cambiado los patrones espaciales y

temporales de las precipitaciones; se ha elevado el nivel del mar, y ha aumentado la frecuencia e intensidad de los fenómenos asociados con El Niño.” (IPCC, 2002, p. 8).

El Niño si fuera severo tiene la capacidad de devastar dos terceras partes del mundo, mediante sequías e inundaciones, y podría a su vez generar otros fenómenos meteorológicos extremos, los cuales son impredecibles. La Niña actúa en sentido contrario al Niño, consiste en temperaturas frías en el occidente y centro del Océano Pacífico, soplando fuertes vientos hacia el oeste, empujando el agua hacia las costas de Australia.

“El cambio climático constituye una amenaza contra los elementos básicos de la vida humana en distintas partes del mundo: acceso a suministro de agua, producción de alimentos, salud, uso de las tierras y medio ambiente. Afectará, en particular, a los ecosistemas ya que, tras un calentamiento de 2 °C solamente, entre el 15 y 40 % de las especies se verán expuestas a posible extinción.” (Stern, 2007, p. 6)

El ciclo de carbono es un elemento indispensable para la existencia de la vida humana en la tierra, sin embargo, en los últimos años se ha visto afectado por causas no naturales. La concentración y acumulamiento de GEI en la atmósfera interfiere en la ruta de energía calórica que trata de escapar al espacio, promoviendo un proceso cíclico que va incrementando de manera progresiva el calentamiento del planeta o lo que se conoce como cambio climático.

Las consecuencias del cambio climático no son equitativas, fueron los países y las poblaciones más pobres los que sufrirán las consecuencias más devastadoras. “Si bien es posible que, en un principio, el cambio climático tenga consecuencias positivas de poca envergadura para un reducido número de

países desarrollados, es probable que, de mantenerse el statu quo (BAU), resulte altamente nocivo cuando se alcancen las temperaturas mucho más altas esperadas entre mediados y finales de siglo.” (Stern, 2007, p. 7)

1.3. Mitigación al cambio climático

La mitigación al cambio climático consiste básicamente en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, esta disminución puede ser evitando las emisiones GEI o bien ampliando los sumideros que absorben dichos gases.

La mitigación de GEI conlleva beneficios paralelos como la disminución de la contaminación ambiental, así como la conservación de la biodiversidad en las áreas en donde estas medidas de mitigación son aplicadas.

Las emisiones de GEI son distintas dependiendo de las fuentes energéticas de producción, por lo tanto es importante la mitigación tanto en la producción como en el uso de energía.

El Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, ha determinado lineamientos para reducir las emisiones antropogénicas de GEI, estableciendo objetivos para los países miembros del No Anexo I, que son los países en vías de desarrollo, en el área de energía, establece “incrementar la eficiencia energética y la conservación.” (López, 2009, p. 102)

“El potencial técnico para conseguir mejoras en la eficiencia y reducir las emisiones y los costes es importante. Durante el pasado siglo, se ha más que decuplicado la eficiencia en el suministro energético en los países desarrollados, sin que se hayan en manera alguna agotado la posibilidades de lograr mayores

ganancias. Estudios llevados a cabo por la Agencia Internacional de la Energía muestran que, para el 2050, la eficiencia energética cuenta con potencial para convertirse en la mayor fuente individual de ahorros de emisiones en el sector energético, con los consiguientes beneficios económicos y ambientales, a saber, las medidas de eficiencia energética reducen los desechos y, con frecuencia, resultan económicas” (Stern, 2007, p. 14).

1.4. Arquitectura y cambio climático

Según últimos informes del IPCC, los edificios se presentan como una alternativa para reducir considerablemente las emisiones de CO₂. El IPCC indica en el informe cuatro de evaluación, que “alrededor de 30 por ciento de las emisiones mundiales previstas de gases de efecto invernadero en el sector de la edificación se podrán evitar para 2030 con un beneficio económico neto.” (IPCC Grupo de Trabajo III, 2007)

El referido informe indica que limitar las emisiones de CO₂ también mejoraría la calidad del aire en interiores y exteriores, favorecería el bienestar social y aumentaría la seguridad energética.

Según la firma consultora McKinsey & Company, el establecimiento de medidas de eficiencia energética, es una de las vías más económicas y rentables para reducir las emisiones de CO₂ globales. También se señala que estas medidas no afectarían la calidad de vida o la comodidad de sus habitantes. (Comisión para la Cooperación Ambiental, 2008)

1.5. Sistemas de Gestión

Los Sistemas de Gestión de la Calidad tienen inicio con la Norma ISO 9000, la cual tiene sus orígenes en las actividades militares, con el objetivo de mitigar desastres como las explosiones que se tuvieron en el Reino Unido. A partir de dichas explosiones se exigió a los fabricantes que presentaran por escrito sus procedimientos obteniendo posteriormente una aprobación de los mismos.

En 1986 nace la AQAP (Allied Quality Assurance) especificada por la OTAN con aplicación específica militar. Con el paso del tiempo y la exigencia de los compradores el panorama de la estandarización debía continuar más allá del área militar, por lo que en 1971, el Instituto de Estandarización Británico establece la Norma de BS 9000, la cual tiene como objetivo el aseguramiento en la calidad de los equipos electrónicos. Posteriormente publican la Norma de BS 5750 con una aplicación general y universal (Unzueta, 2011, p. 1).

La Norma ISO 9000 fue publicada por primera vez en 1987, teniendo como origen la Norma BS 5750, esta incluía modelos para sistemas de administración de la calidad. A partir de 1987 la norma ha incorporado modificaciones y actualizaciones, teniendo hoy en día la Norma ISO 9000:2000 la cual contiene definiciones en la mejora continua, el monitoreo y seguimiento (Unzueta, 2011).

“La Norma Internacional ISO 9001:2008 promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un sistema de gestión de la calidad, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos” (ISO, 9001 Sistemas de Gestión de la Calidad, 2008).

Una organización funciona a través de la relación de muchas actividades que interactúan entre ellas, para tener un funcionamiento óptimo de una organización es necesaria la gestión de actividades y recursos, con el objeto de lograr resultados óptimos en los procesos.

La Norma ISO 9000 refiere la identificación e interacción de los procesos y su gestión para obtener los resultados deseados como un enfoque basado en procesos (ISO, 9001 Sistemas de Gestión de la Calidad, 2008).

La organización ISO no concede de forma directa las certificaciones, el proceso de certificación lo realizan entidades acreditadas internacionalmente para validar y certificar. “El proceso de certificación se lleva a cabo mediante un proceso auditorías, llevadas a cabo por auditores externos e internos a la compañía en cuestión; los procesos de auditorías están normados asimismo por la ISO 19011. Una vez obtenida la certificación, esta debe ser renovada a intervalos regulares, lo que es determinado por el organismo certificador” (Unzueta, 2011, p. 1).

1.6. Sistemas de Gestión Ambiental, Norma ISO 14001:2004

Las empresas y organizaciones han descubierto la necesidad de obtener y demostrar la implementación de acciones ambientales, para la mitigación y control de los impactos ambientales que sus operaciones generan, mediante el establecimiento de una política y objetivos ambientales. “Las Normas Internacionales sobre gestión ambiental tienen como finalidad proporcionar a las organizaciones los elementos de un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) eficaz que puedan ser integrados con otros requisitos de gestión, y para ayudar a las organizaciones a lograr metas ambientales y económicas.” (ISO, 14001 Sistemas de Gestión Ambiental, 2004)

La Norma ISO 14001, presenta los requisitos para un SGA, el cual establece los lineamientos para el desarrollo de una política ambiental, objetivos y metas, contemplando los aspectos del medio ambiente más relevantes. “Se aplica a aquellos aspectos ambientales que la organización identifica que puede controlar y aquellos sobre los que la organización puede tener influencia.” (ISO, 14001 Sistemas de Gestión Ambiental, 2004) La norma no establece criterios específicos para el manejo ambiental, estos deben ser determinados por cada organización o empresa.

1.7. Iniciativas de Sistemas de Gestión de la Energía

Algunos países tienen sus iniciativas propias y especificaciones a la Gestión de la Energía, entre ellos están:

- ALEMANIA: VDI 4602 Blatt 1:2006-04 Energy Management.
- AUSTRALIA: AS3595-1990 Energy Management programs.
- CANADÁ: PLUS 1140:1995 A Voluntary Energy Management Guideline.
- CHINA: GB/T 15587:1995 Guides for energy management in industrial enterprise.
- JAPÓN: JIS Z 9211 (1982-02-01) titled Technical terms used in energy management.
- KOREA: B 0071 (1985) Technical terms used in energy management.
- ESPAÑA: UNE 216301:2007. Sistemas de Gestión Energética.
- IRLANDA: IS 393:2005 Energy Management Systems Specification with Guidance for Use and IS 393:2005 Technical Guideline.
- DINAMARCA: DS 2403:2001 Energy Management Specification and DS/INF 136:2001 Energy Management Guidance on Energy Management.
- SUECIA: SS 627750:2003 Energy Management Systems Specification.
- ESTADOS UNIDOS: ANSI/MSE 2000:2005 A Management System for Energy.
- REINO UNIDO: BIP 2011:2003 Continual Improvement through auditing (Integrated Management Systems Series).

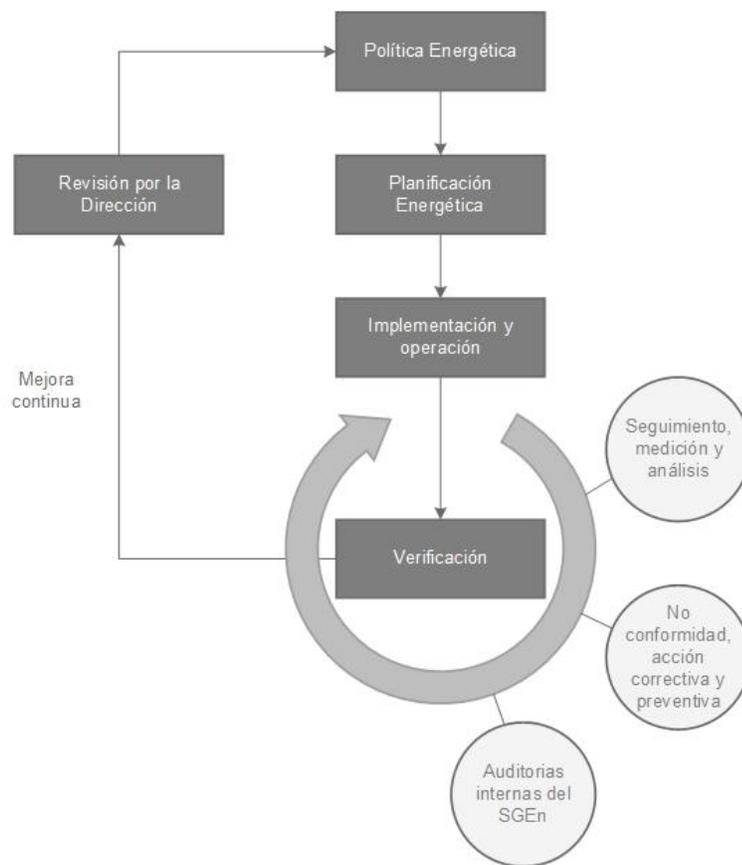
1.8. Sistemas de Gestión de la Energía, Norma ISO 50001:2011

La Norma ISO 50001 es el estándar internacional de Sistemas de Gestión de la Energía. La norma tiene como objeto facilitar a las entidades el

establecimiento de las medidas necesarias para optimizar el desempeño energético, que incluye la eficiencia energética (EE) y su consumo.

Esta norma internacional, al igual que los Sistemas de Gestión de la Calidad, se fundamenta en el ciclo de mejora continua (PHVA): planificar, hacer, verificar y actuar; incorporando la gestión y uso eficiente de la energía a las prácticas usuales de la entidad.

Figura 2. **Modelo de Sistema de Gestión de la Energía según ISO 50001: 2011**



Fuente: ISO 50001, Sistemas de Gestión de Energía, 2011.

La ISO 50001 especifica los requisitos para el establecimiento, implementación, mantenimiento y mejora de un SGEN, con el propósito de permitir a una organización contar con un enfoque sistemático para lograr una mejora continua en el desempeño de la energía, incluyendo la EE, el uso y el consumo de la energía. (ISO, 50001 Sistemas de Gestión de Energía, 2011)

“La Norma se aplica a todas las variables que afectan al desempeño energético que puedan ser controladas por la organización y sobre las que pueda tener influencia. Esta Norma Internacional no establece criterios específicos de desempeño con respecto a la energía.” (ISO, 50001 Sistemas de Gestión de Energía, 2011, p. 1)

Se puede efectuar a cualquier entidad que quiera certificar el cumplimiento de su política energética y que quiera desea compartir su cumplimiento a terceros. “Esta conformidad puede confirmarse mediante una autoevaluación y autodeclaración de conformidad o mediante la certificación del sistema de gestión de la energía por parte de una organización externa.” (ISO, 50001 Sistemas de Gestión de Energía, 2011, p. 1)

La ISO 50001 se puede implementar a todo tipo de entidades y a pesar de que ha sido diseñada independientemente, puede integrarse a Sistemas de Gestión, entre ellos: ISO 9001 e ISO 14001, la primera correspondiente a Sistemas de Gestión de la Calidad y la segunda a Sistemas de Gestión Ambiental.

Figura 3. **Representación del desempeño energético**



Fuente: ISO 50001, Sistemas de Gestión de Energía, 2011.

1.9. Norma UNE-EN 16001:2010

La Norma UNE-EN 16001:2010 de Sistemas de Gestión Energética, publicada por AENOR, tiene como objetivo ser una herramienta que permita a las organizaciones a ahorrar costos de energía y reducir sus emisiones de CO₂, derivadas de su consumo energético.

La norma constituye los sistemas y procesos requeridos para lograr una mejora en la eficiencia energética de sus operaciones. “Esta norma da las herramientas a una organización para crear un auténtico Sistema de Gestión de la Energía, partiendo del análisis de los distintos procesos, para mejorarlos energéticamente de forma individual, de forma que, sumado a otras mejoras generales, consiga los objetivos planteados.” (AEDHE, 2011)

1.10. Eficiencia energética

La eficiencia energética (EE) es el aprovechamiento y optimización de los recursos, con el objeto de reducir el consumo energético, logrando de esta manera producciones más limpias y ahorros directos en los gastos de operación y producción (Enerte, 2014).

En su concepción más amplia la eficiencia energética pretende mantener el servicio que presta, reduce al mismo tiempo el consumo de energía. Es decir, se trata de reducir las pérdidas que se producen en toda transformación o proceso, incorporando mejores hábitos de uso y mejores tecnologías que permiten un mejor desempeño del recurso energético.

1.10.1. Objetivos de la EE

- Ahorro: debido a la reducción consumo energético, se obtienen ahorros económicos en el suministro de energía, así como también, beneficios ambientales en la disminución de emisiones de CO₂, asociadas al uso de la energía.
- Productividad: estas mejoras se enfocan en hacer más eficiente el rendimiento de sistemas y equipos, facilitando evaluaciones de desempeño y mantenimientos adecuados.
- Disponibilidad y fiabilidad: el monitoreo energético garantiza la disponibilidad de los recursos energéticos, así como, los estándares de calidad en el suministro y procesos donde se requiera energía. (Enerte, 2014)

1.11. Auditorías energéticas

La auditoría energética (AE) es la herramienta que permite a las empresas conocer su situación respecto a su consumo de energía, así mismo contribuye para el establecimiento posterior de un SGEEn de la organización.

A su vez, las auditorías energéticas sirven para detectar las operaciones dentro de los procesos que puedan contribuir al ahorro, así como para optimizar la demanda energética de la instalación. (Greenpyme, 2013)

1.11.1. Tipos de auditorías energéticas

Una empresa o entidad puede efectuar distintas clases de auditorías, según los objetivos que desee, y los recursos con los que disponga. Hay que tener en cuenta algunos criterios generales, a la hora de decidir realizar una auditoría (Enerte, 2014):

- Alcance de la auditoría
- Nivel de evaluación que se desea conseguir
- Temporalidad en la que se realizará la auditoría

Dentro de los diferentes tipos de auditorías se encuentran las siguientes:

- Diagnóstico energético: consiste en un escalón previo a realizar una auditoría energética global. Tiene como finalidad principal la evaluación energética de la entidad, para ver si es conveniente realizar una auditoría energética global o parcial. (Greenpyme, 2013)

- Auditoría energética global: esta auditoría tiene por objeto conocer la relación entre las fuentes energéticas, su aplicación y el proceso productivo. Mediante la auditoría se consigue obtener la matriz energética de la empresa. El objetivo de esta matriz es definir cuáles son los usos finales a que se destina la energía que se compra y sus distintas fuentes. (Greenpyme, 2013)
- Auditoría energética parcial: es aquella que sólo evalúa el consumo energético parcial de la empresa o un tipo de energía en particular. Es común que esta auditoría se realice como resultado de una auditoría energética global previa, en la cual se han identificado las áreas más significativas de consumo energético de la empresa. El objetivo es profundizar más a detalle en aspectos que no se pueden considerar en una auditoría global, aprovechando que el alcance es más específico. (Greenpyme, 2013)
- Auditoría energética de mantenimiento: tiene como objetivo analizar las tareas de mantenimiento sólo desde el aspecto energético. Evaluar cómo afectan las tareas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo sobre el rendimiento energético de los equipos. Por tanto, ha de definir puntos de mejora en las funciones de mantenimiento de los equipos para mejorar la EE de las instalaciones. (Greenpyme, 2013)
- Auditoría energética de seguimiento: una vez finalizada una auditoría energética, se han obtenido una serie de lineamientos de mejora y sus rentabilidades energéticas y económicas. Con estos parámetros, y dado que la metodología utilizada para analizar las diferentes opciones ha sido la misma, se han definido los puntos en los que una inversión es más rentable. Una vez hecha la inversión, es una herramienta para determinar en qué grado las previsiones hechas en la auditoría se han cumplido.

Mediante esta auditoría se pueden analizar las causas de las desviaciones y proponer o hacer las propuestas necesarias para alcanzar los objetivos requeridos. (Greenpyme, 2013)

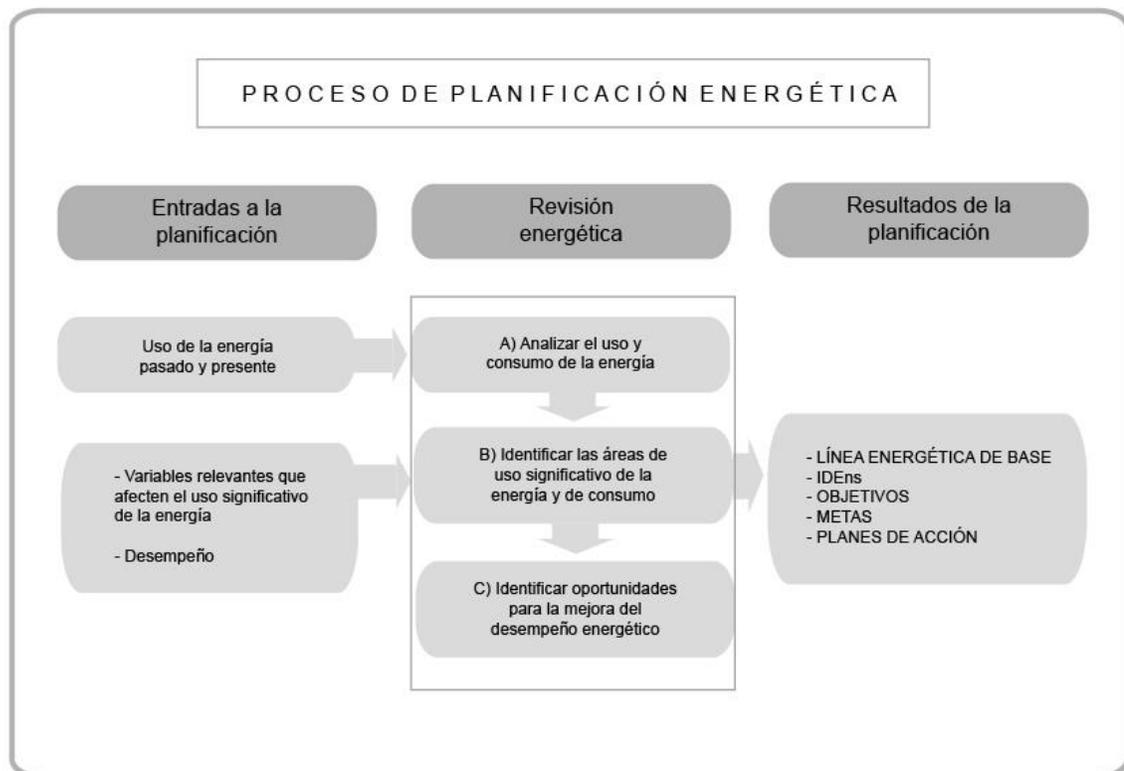
- Auditoría energética de proyecto nuevo: tiene como objetivo analizar, únicamente bajo el aspecto energético un proyecto en etapa de diseño o planificación, previo a ejecutarse; evaluando si los equipos, instalaciones y sistemas de control propuestos aplican las mejores tecnologías disponibles o se pueden aplicar medidas que permitan mejorar las propuestas. (Greenpyme, 2013)
- Auditoría energética de ciclo de vida: contempla la evaluación energética de un producto o tecnología a lo largo de todo su ciclo de vida, incluyendo los procesos, materiales y energías implicadas. Este tipo de auditoría se realiza cuando se desea comparar dos tecnologías o dos productos de forma global. (Greenpyme, 2013)

2. LINEAMIENTOS DEL SGE_n

2.1. Lineamientos de la metodología

La metodología empleada en la investigación se desarrollará según el proceso de planificación energética, definido en la metodología de la Norma ISO 50001:2011, para Sistemas de Gestión de la Energía.

Figura 4. Diagrama conceptual del proceso de planificación energética



Fuente: ISO 50001, Sistemas de Gestión de Energía, 2011.

2.2. Fase 1: definir los alcances y límites del SGE

2.2.1. Alcances del SGE

Para la presente investigación se desarrollará la etapa de planificación del Sistema de Gestión de la Energía. Es importante definir el alcance técnico, la profundidad del análisis y nivel de detalle de la revisión energética, por lo tanto se definen de la siguiente manera:

- Alcance técnico: etapa de planificación del SGE.
- Profundidad del análisis: el análisis será de tipo cuantitativo, se recopilarán y sistematizarán los datos de consumo energético y población estudiantil regular de las Unidades Académicas, para establecer una línea base, se evaluarán las unidades que tengan mayores consumos de energía y en estas, se realizará una revisión energética.
- Nivel de detalle de la revisión energética: la revisión energética de los edificios con un consumo energético significativo, se realizará por medio de mediciones técnicas de la calidad de energía y de la calidad lumínica, donde se recopilarán mediante un analizador de red, los datos de la red eléctrica y para el caso de la calidad lumínica, se obtendrán luxes, por medio de un luxómetro. Los equipos de medición cumplen con las prestaciones más altas del mercado y las certificaciones internacionales IEC61000, EN55011, EN55022, UL94, VDE110 y ENV50141.

2.2.2. Límites del SGE

Se deberá definir los límites físicos para el SGE, dentro del campus universitario, priorizando las unidades académicas e instalaciones, con mayor consumo de energía eléctrica.

2.3. Fase 2: revisión energética

2.3.1. Mapeo de los edificios e instalaciones del campus

Se realizará mediante un reconocimiento y recorrido de los edificios, instalaciones, servicios y áreas incluidas dentro del campus, establece una ruta para la recopilación de datos.

2.3.2. Recopilación y revisión de datos energéticos

Análisis y proyección de los datos del consumo de energía eléctrica de los edificios e instalaciones de la siguiente manera:

- Mensual: enero 2013 a diciembre 2013
- Anual (promedio): del año 2010 al 2015 (proyectado)

Asimismo, se deberá recopilar la siguiente información en Registro y Estadística:

- Población estudiantil: estudiantes de primer ingreso, reingreso y regulares del año 2010 al 2015.
- Universo de estudio: Unidades Académicas del Campus Central.

Se realizará una revisión energética de los edificios con mayor consumo energético, mediante mediciones e inspecciones *in situ*, para determinar los siguientes datos:

- Tipo de instalación eléctrica: monofásica o trifásica.
- Parámetros eléctricos: voltaje, índice de regulación de tensión, corriente, potencia y energía activa (consumida).

- Parámetros lumínicos: luxes.
- Instalación eléctrica general: cantidad de contadores de energía eléctrica y número de medidor, cuarto eléctrico o subestación, sistemas de protección y planta de emergencia.

Asimismo, se realizará una revisión de un proyecto piloto de eficiencia energética, implementado en la Facultad de Ingeniería, en los edificios T-1, T-3, T-4, T-5 y T-7; el referido proyecto se desarrolló en el año 2012, mediante la Cooperación Técnica No Reembolsable No. ATN (OC-11261-GU) entre el Banco Interamericano de Desarrollo –BID- y la Comisión Nacional de Energía Eléctrica –CNEE-, para el desarrollo del Plan Integral de Eficiencia Energética –PIEE-. El objetivo principal de los proyectos piloto realizados era demostrar que las medidas de eficiencia energética son técnica y económicamente viables.

2.4. Fase 3: línea base e indicadores energéticos

2.4.1. Línea base de energía

La línea base de la energía permite conocer la situación actual de nuestro consumo y uso energético. Para determinarla es necesario haber recopilado y procesado los datos del consumo energético de los edificios e instalaciones del campus; servirá a futuro para evaluar de manera continua la eficiencia del sistema de gestión y comparar los resultados en relación al consumo previo a la implementación del SGEEn.

La Norma Internacional ISO 50001:2011, indica que la línea base energética es una referencia cuantitativa que proporciona la base de comparación del desempeño energético, considerando lo siguiente:

- Refleja un período especificado.
- Puede normalizarse utilizando variables que afecten al uso y/o al consumo de la energía, por ejemplo, nivel de producción, grados día (temperatura exterior).
- Se utiliza para calcular el ahorro de energía, como una referencia antes y después de implementar las acciones de mejora del desempeño energético.

2.4.2. Establecer indicadores de desempeño energético

Un indicador de rendimiento energético es un valor cuantitativo o medida del desempeño de la energía, tal como lo defina la organización y pueden expresarse como una simple medición, un cociente o un modelo más complejo (ISO, 50001 Sistemas de Gestión de Energía, 2011). En el capítulo 3, se establecerán los indicadores que servirán para evaluar el desempeño del SGE.

2.5. Fase 4: emisiones asociadas al consumo de energía

Las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de energía eléctrica en el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se estimará según el factor de emisiones del IPCC para Latinoamérica, obteniendo la intensidad de dióxido de carbono por energía eléctrica, el cual se presenta en la siguiente tabla (Tabla I).

Tabla I. **Emisiones regionales de CO₂ para combustibles y energía eléctrica**

Carbon Dioxide Intensity Of Electricity	kg CO ₂ kWh ⁻¹	Carbon Dioxide Intensity Of Electricity	kg CO ₂ kWh ⁻¹
Region		Country	
Africa	0.705	Argentina	0.319
Asia	0.772	Australia	0.885
EU	0.362	Austria	0.187
Europe (OECD)	0.391	Belgium	0.31
Europe (non OECD)	0.584	Brazil	0.087
Latin America	0.189	Canada	0.225
Middle East	0.672	China	1.049
N America	0.567	Denmark	0.385
Pacific	0.465	Finland	0.222
Former USSR	0.367	France	0.078
		Germany	0.512
		Greece	0.876
		India	1.003
Carbon Dioxide Intensities of Fuels Used In the calculations		Indonesia	0.715
		Ireland	0.722
		Italy	0.527
Fuel	g CO ₂ MJ ⁻¹	Japan	0.389
		Malaysia	0.465
Natural gas	56.1	Mexico	0.689
Gasoline	69.3	Netherlands	0.487
Kerosene	71.5	New Zeland	0.167
Diesel Oil	74.1	Norway	0.003
Liquefied Petroleum Gas	63.1	Pakistan	0.524
Residual Fuel Oil	77.4	Philippines	0.534
Anthracite	98.3	Portugal	0.508
Bituminous Coal	94.6	Russia	0.347
Sub-bituminous Coal	96.1	S Africa	0.941
Lignite	101.2	Saudi Arabia	0.545
Oil Shale	106.7	Singapore	0.816
Peat	106	Spain	0.455
		Sweden	0.041
		Switzerland	0.007
		UK	0.507
		USA	0.61

Fuente: Public Electricity and Heat Production (IPCC, 2002).

2.6. Fase 5: diseño del SGEN y lineamientos de Normativa Energética

2.6.1. Objetivos y metas del SGEN

La Universidad de San Carlos de Guatemala debe determinar, efectuar y mantener objetivos y metas energéticas, para lograr un uso eficiente de la energía, en sus edificios, instalaciones y procesos; inicialmente debe planificar dichos objetivos, así como el plazo para el cumplimiento de los mismos.

El establecimiento de los objetivos y metas energéticas deben de hacerse fundamentados en la Política Ambiental Universitaria vigente. Las metas deben ser vinculantes con los objetivos y lineamientos de la referida política.

Es importante que la Universidad tenga en cuenta la legislación nacional vigente y otros requisitos técnicos. Los consumos más significativos de energía, determinarán las oportunidades de mejora, con el objeto de invertir recursos para la optimización del desempeño energético, en los edificios e instalaciones que la investigación refiera.

Para la implementación y continuidad del SGEN, la Universidad debe tener en cuenta sus condiciones financieras y operacionales, así como las alternativas tecnológicas y las opiniones de las partes (Rectoría, Consejo Superior Universitario, Unidades Académicas y población estudiantil).

2.6.2. Planes de acción del SGEN

La Universidad debe establecer, implementar y mantener planes de acción para alcanzar sus objetivos y metas. Los planes de acción deben incluir:

- La designación de responsabilidades.
- Los medios y los plazos previstos para lograr las metas individuales.
- Una declaración del método mediante el cual debe verificarse la mejora del desempeño energético.
- Una declaración del método para verificar los resultados.
- Los planes de acción deben documentarse y actualizarse a intervalos definidos.

2.6.3. Lineamientos de Política Energética Universitaria

Una Política Energética Universitaria debe establecer el compromiso de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para alcanzar una mejora en el uso y gestión de la energía.

Los lineamientos y la presente investigación será trasladada para consideración del Consejo Superior Universitario, para que el SGEEn pueda continuarse según la capacidad técnica y económica de la Universidad.

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE LA ENERGÍA

3.1. Fase 1: definir los alcances y límites del SGEEn

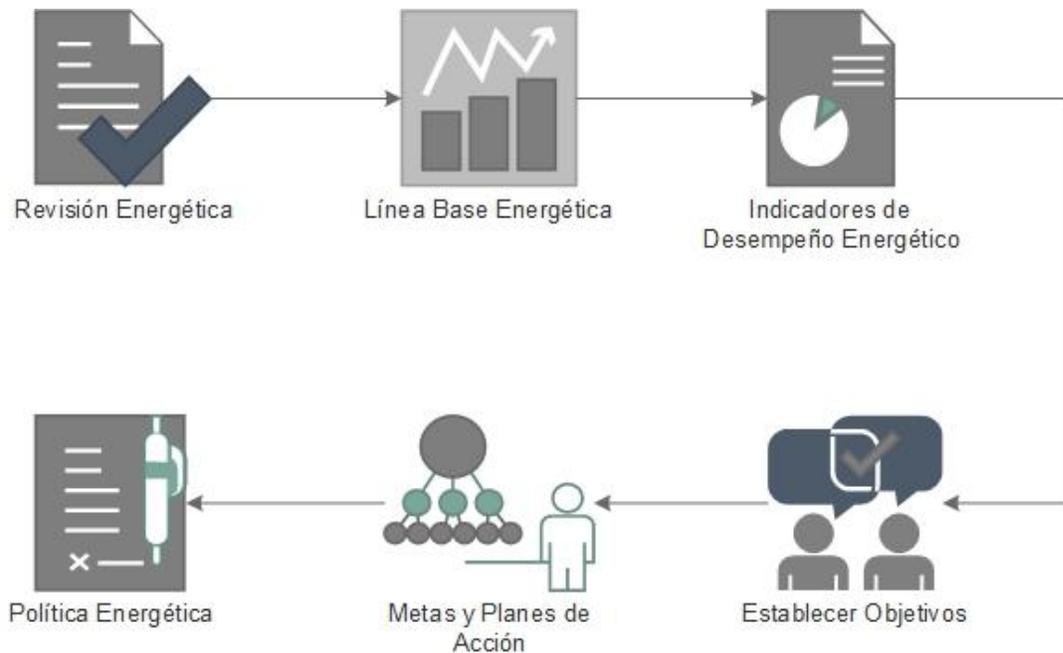
La definición del alcance y los límites constituye una de las decisiones más importantes al momento de iniciar la formulación de un Sistema de Gestión de la Energía, debido a que se deben tener claros los recursos técnicos y económicos para que la implementación del SGEEn sea factible.

3.1.1. Alcances del SGEEn-USAC

La Norma ISO 50001:2011 define el alcance como la “extensión de actividades, instalaciones y decisiones cubiertas por la organización a través del SGEEn, que puede incluir varios límites”.

Para el SGEEn de la Universidad de San Carlos se ha definido como alcance del presente estudio la Etapa de Planificación del enfoque PHVA del contexto de la gestión de la energía definido por la norma.

Figura 5. **Esquema del alcance del SGEN-USAC**



Fuente: elaboración propia.

3.1.2. Límites del SGEN-USAC

La Norma ISO 50001:2011 define los límites como los “límites físicos o de emplazamiento y/o límites organizacionales tal y como los define la organización”.

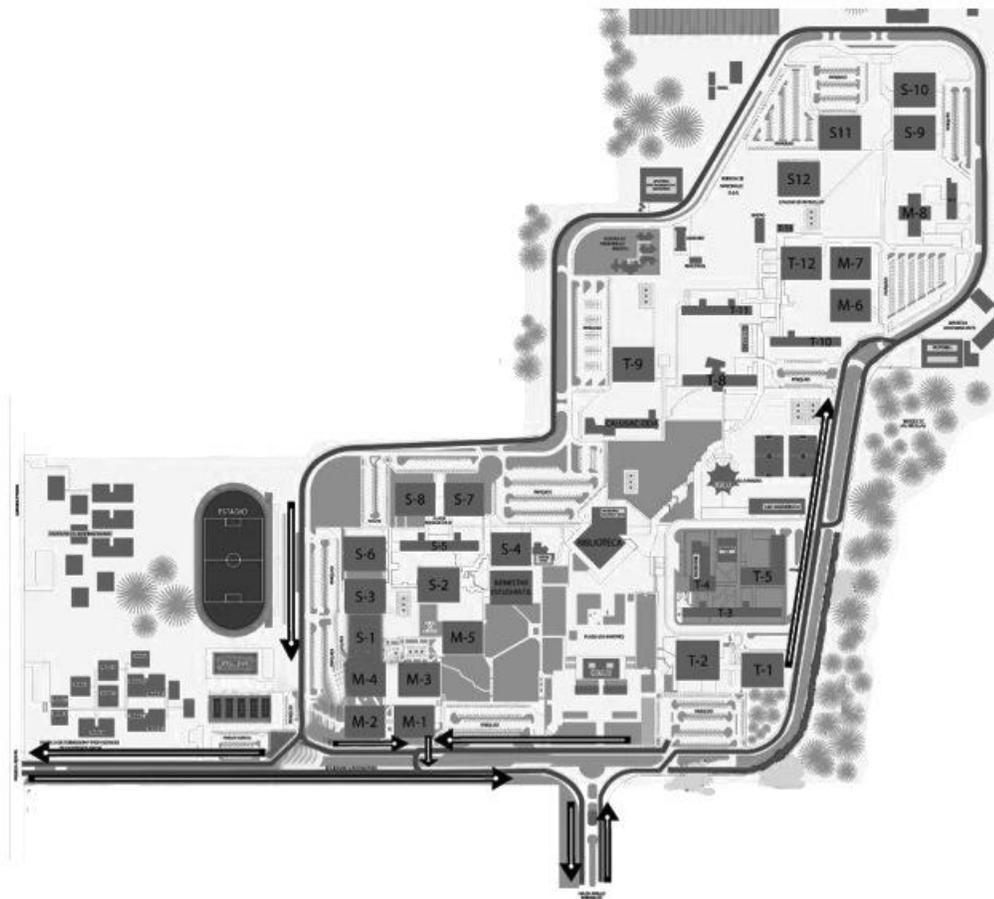
El SGEN tendrá como límite las instalaciones de las Unidades Académicas que se encuentran dentro de los límites de emplazamiento del Campus Central de la Universidad de San Carlos, Ciudad Universitaria, zona 12 de la ciudad de Guatemala.

3.2. Fase 2: revisión energética

3.2.1. Mapeo de los edificios y población estudiantil de las Unidades Académicas del campus

El mapeo de los edificios y Unidades Académicas se ha realizado con base en lo establecido en los límites de emplazamiento del SGEEn. A continuación se presenta (Figura 6) el mapa del Campus Central y la distribución de sus edificios.

Figura 6. Mapa del Campus Central USAC



Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla II. Facultades y Escuelas del Campus Central USAC

FACULTADES	ESCUELAS
Facultad de Agronomía	Escuela de Ciencias Lingüísticas
Facultad de Arquitectura	Escuela de Ciencias Políticas
Facultad de Ciencias Económicas	Escuela de Ciencias de la Comunicación
Facultad de Ciencias Jurídicas	Escuela de Ciencias Psicológicas
Facultad de Ciencias Médicas	Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	Escuela de Historia
Facultad de Humanidades	
Facultad de Ingeniería	
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	
Facultad de Odontología	

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. Mapeo de edificios del Campus Central USAC

Edificio T-1	Facultad de Arquitectura y Fac. Ingeniería	Edificio Editorial	
Edificio T-2	Facultad de Arquitectura y Fac. Ingeniería	Universitaria	
Edificio T-3	Facultad de Ingeniería	Edificio Recursos	Biblioteca
Edificio T-4	Facultad de Ingeniería	Educativos	
Edificio T-5	Facultad de Ingeniería	Edificio CDI	Calusac
Edificio T-6	Facultad de Ingeniería	Edificio de Caja	Caja
Edificio T-7	Facultad de Ingeniería	EFPEM	EFPEM
Edificio T-8	Facultad de Agronomía	Edificio S-1	Escuela de Historia
Edificio T-9	Facultad de Agronomía	Edificio S-2	Facultad de Ciencias Jurídicas
Edificio T-10	Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	Edificio S-3	Facultad de Ciencias Económicas
Edificio T-11	Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	Edificio S-4	Facultad de Humanidades
Edificio T-12	Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	Edificio S-5	Facultad de Ciencias Jurídicas
Edificio T-13	Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	Edificio S-6	Facultad de Ciencias Económicas
Edificio M-1	Facultad de Odontología	Edificio S-7	Facultad de Ciencias Jurídicas
Edificio M-2	Facultad de Odontología	Edificio S-8	Facultad de Ciencias Económicas
Edificio M-3	ECTAFIDE	Edificio S-9	Facultad de Ciencias Económicas
Edificio M-4	Facultad de Odontología	Edificio S-10	Facultad de Ciencias Económicas y Fac. Ingeniería
Edificio M-5	Escuela de Ciencias Políticas	Edificio S-11	CEUR, DIGI, EEP Ingeniería, Revista
Edificio M-6	Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia	Edificio S-12	Fac. Ingeniería y Fac. Ciencias Químicas

Fuente: elaboración propia.

La información de la población estudiantil de las Unidades Académicas del Campus Central, fue proporcionada para el presente Trabajo de Graduación por parte de la Sección de Estadística del Departamento de Registro y Estadística de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

De los datos proporcionados por Registro y Estadística en hojas electrónicas de cálculo, se utilizaron para el análisis los datos de los estudiantes inscritos por cada Unidad Académica, según categoría de ingreso, en los ciclos académicos del año 2010 al 2013.

Tabla IV. Población estudiantil ciclo académico 2010

INSCRIPCIÓN TOTAL DE ESTUDIANTES SEGÚN CATEGORÍA DE INGRESO POR UNIDAD ACADÉMICA CICLO ACADÉMICO 2,010										
UNIDAD ACADÉMICA	TOTAL		PRIMER INGRESO		REINGRESO					
	No.	%	No.	%	SUBTOTAL		REGULARES		P.E.G.	
					No.	%	No.	%	No.	%
TOTAL	146,741	100.0	25,512	100.0	121,229	100.0	100,198	100.0	21,031	100.0
SUBTOTAL CAPITAL	100,044	68.2	15,213	59.6	84,831	70.0	69,830	69.7	15,001	71.3
Agronomía	1,357	0.9	263	1.0	1,094	0.9	941	0.9	153	0.7
Arquitectura	3,969	2.7	337	1.3	3,632	3.0	2,929	2.9	703	3.3
Ciencias Económicas	22,375	15.2	3,367	13.2	19,008	15.7	16,750	16.7	2,258	10.7
Ciencias Jurídicas y Sociales	16,180	11.0	1,266	5.0	14,914	12.3	9,902	9.9	5,012	23.8
Ciencias Médicas	5,241	3.6	955	3.7	4,286	3.5	3,917	3.9	369	1.8
Ciencias Químicas y Farmacia	2,423	1.7	178	0.7	2,245	1.9	1,859	1.9	386	1.8
Humanidades	16,090	11.0	5,269	20.7	10,821	8.9	9,450	9.4	1,371	6.5
Ingeniería	12,680	8.6	1,170	4.6	11,510	9.5	9,802	9.8	1,708	8.1
Odontología	1,217	0.8	182	0.7	1,035	0.9	1,015	1.0	20	0.1
Medicina Veterinaria y Zootecnia	1,083	0.7	131	0.5	952	0.8	821	0.8	131	0.6
Ciencias Psicológicas	4,665	3.2	299	1.2	4,366	3.6	3,074	3.1	1,292	6.1
Historia	972	0.7	79	0.3	893	0.7	798	0.8	95	0.5
Trabajo Social	1,005	0.7	166	0.7	839	0.7	756	0.8	83	0.4
Ciencias de la Comunicación	4,847	3.3	655	2.6	4,192	3.5	3,418	3.4	774	3.7
Ciencia Política	1,694	1.2	126	0.5	1,568	1.3	1,081	1.1	487	2.3
EFPEM	3,632	2.5	605	2.4	3,027	2.5	2,895	2.9	132	0.6
Escuela de Ciencias Lingüísticas	213	0.1	63	0.2	150	0.1	145	0.1	5	0.0
Escuela Superior de Arte -ESA-	232	0.2	87	0.3	145	0.1	145	0.1	-	--
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-	169	0.1	15	0.1	154	0.1	132	0.1	22	0.1

Fuente: Sección de Estadística, Departamento de Registro y Estadística. 2015.

Tabla V. Población estudiantil ciclo académico 2011

TOTAL DE ESTUDIANTES INSCRITOS										
POR UNIDAD ACADÉMICA, SEGÚN CATEGORÍA DE INGRESO										
CICLO ACADÉMICO 2011										
UNIDAD ACADÉMICA	TOTAL		PRIMER INGRESO		REINGRESO					
					SUBTOTAL		REGULARES		P.E.G	
	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%	No.	%
TOTAL	153,112	100.0	24,146	100.0	128,966	100.0	109,640	100.0	19,326	100.0
SUBTOTAL CAPITAL	103,852	67.8	15,327	63.5	88,525	68.6	74,949	68.4	13,576	70.2
AGRONOMÍA	1,443	0.9	247	1.0	1,196	0.9	1,022	0.9	174	0.9
ARQUITECTURA	3,836	2.5	388	1.6	3,448	2.7	2,812	2.6	636	3.3
CIENCIAS ECONÓMICAS	22,239	14.5	2,595	10.7	19,644	15.2	17,603	16.1	2,041	10.6
CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES	16,371	10.7	2,280	9.4	14,091	10.9	10,021	9.1	4,070	21.1
FACULTAD DE CIENCIAS MÉDICAS	5,414	3.5	996	4.1	4,418	3.4	4,033	3.7	385	2.0
CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA	2,362	1.5	167	0.7	2,195	1.7	1,753	1.6	442	2.3
HUMANIDADES	19,733	12.9	5,022	20.8	14,711	11.4	13,379	12.2	1,332	6.9
INGENIERÍA	12,934	8.4	1,472	6.1	11,462	8.9	9,886	9.0	1,576	8.2
ODONTOLOGÍA	1,290	0.8	207	0.9	1,083	0.8	1,022	0.9	61	0.3
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	1,036	0.7	114	0.5	922	0.7	798	0.7	124	0.6
CIENCIAS PSICOLÓGICAS	4,730	3.1	505	2.1	4,225	3.3	2,902	2.6	1,323	6.8
ESCUELA DE HISTORIA	997	0.7	125	0.5	872	0.7	796	0.7	76	0.4
ESCUELA DE TRABAJO SOCIAL	986	0.6	140	0.6	846	0.7	746	0.7	100	0.5
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN	4,521	3.0	336	1.4	4,185	3.2	3,453	3.1	732	3.8
ESCUELA DE CIENCIA POLÍTICA	1,575	1.0	144	0.6	1,431	1.1	1,072	1.0	359	1.9
EFPEM	3,684	2.4	416	1.7	3,268	2.5	3,156	2.9	112	0.6
ESCUELA DE CIENCIAS LINGÜÍSTICAS	295	0.2	82	0.3	213	0.2	207	0.2	6	0.0
ESCUELA DE SUPERIOR DE ARTE -ESA-	250	0.2	79	0.3	171	0.1	171	0.2	-	--
CENTRO DE ESTUDIOS DEL MAR Y ACUICULTURA -CEMA-	156	0.1	12	0.0	144	0.1	117	0.1	27	0.1

Fuente: Sección de Estadística, Departamento de Registro y Estadística. 2015.

Tabla VI. Población estudiantil ciclo académico 2012

INSCRIPCIÓN TOTAL DE ESTUDIANTES										
POR UNIDAD ACADÉMICA SEGÚN CATEGORÍA DE INGRESO										
CICLO ACADÉMICO 2,012										
UNIDAD ACADÉMICA	TOTAL		PRIMER INGRESO		REINGRESO					
	No.	%	No.	%	SUBTOTAL		REGULAR		PEG	
					No.	%	No.	%	No.	%
TOTAL	159,611	100.0	22,871	100.0	136,740	100.0	114,306	100.0	22,434	100.0
SUBTOTAL CAPITAL	109,003	68.3	14,044	61.4	94,959	69.4	78,740	68.9	16,219	72.3
Agronomía	1,576	1.0	290	1.3	1,286	0.9	1,099	1.0	187	0.8
Arquitectura	3,642	2.3	382	1.7	3,260	2.4	2,678	2.3	582	2.6
Ciencias Económicas	21,676	13.6	1,949	8.5	19,727	14.4	17,690	15.5	2,037	9.1
Ciencias Jurídicas y Sociales	17,984	11.3	1,800	7.9	16,184	11.8	10,667	9.3	5,517	24.6
Ciencias Médicas	5,440	3.4	876	3.8	4,564	3.3	4,154	3.6	410	1.8
Ciencias Químicas y Farmacia	2,249	1.4	171	0.7	2,078	1.5	1,575	1.4	503	2.2
Humanidades	23,408	14.7	4,944	21.6	18,464	13.5	16,374	14.3	2,090	9.3
Ingeniería	12,813	8.0	1,401	6.1	11,412	8.3	9,804	8.6	1,608	7.2
Odontología	1,237	0.8	143	0.6	1,094	0.8	1,071	0.9	23	0.1
Medicina Veterinaria y Zootecnia	1,045	0.7	134	0.6	911	0.7	814	0.7	97	0.4
Ciencias Psicológicas	4,876	3.1	423	1.8	4,453	3.3	2,929	2.6	1,524	6.8
Historia	1,120	0.7	113	0.5	1,007	0.7	895	0.8	112	0.5
Trabajo Social	978	0.6	138	0.6	840	0.6	730	0.6	110	0.5
Ciencias de la Comunicación	4,733	3.0	534	2.3	4,199	3.1	3,310	2.9	889	4.0
Ciencia Política	1,546	1.0	163	0.7	1,383	1.0	1,001	0.9	382	1.7
FPPEM	3,798	2.4	408	1.8	3,390	2.5	3,271	2.9	119	0.5
Ciencias Lingüísticas	422	0.3	76	0.3	346	0.3	339	0.3	7	0.0
Escuela Superior de Arte -ESA-	307	0.2	75	0.3	232	0.2	232	0.2	-	--
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-	153	0.1	24	0.1	129	0.1	107	0.1	22	0.1

Fuente: Sección de Estadística, Departamento de Registro y Estadística. 2015.

Tabla VII. Población estudiantil ciclo académico 2013

ESTUDIANTES INSCRITOS										
POR UNIDAD ACADÉMICA, SEGÚN CATEGORÍA DE INGRESO										
CICLO ACADÉMICO 2,013 (Segundo Semestre)										
UNIDAD ACADÉMICA	TOTAL		PRIMER INGRESO		TOTAL REINGRESO		REGULARES			
	No.	%	No.	%	No.	%	REGULARES		P.E.G.	
							No.	%	No.	%
TOTAL	175,292	100.0	24,683	100.0	150,609	100.0	117,621	100.0	32,988	100.0
SUBTOTAL CAPITAL	118,975	67.9	15,651	63.4	103,324	68.6	80,507	68.4	22,817	69.2
Agronomía	1,743	1.0	300	1.2	1,443	1.0	1,192	1.0	251	0.8
Arquitectura	3,868	2.2	402	1.6	3,466	2.3	2,627	2.2	839	2.5
Ciencias Económicas	21,249	12.1	1,663	6.7	19,586	13.0	16,640	14.1	2,946	8.9
Ciencias Jurídicas y Sociales	18,795	10.7	1,816	7.4	16,979	11.3	10,690	9.1	6,289	19.1
Ciencias Médicas	5,455	3.1	839	3.4	4,616	3.1	4,131	3.5	485	1.5
Ciencias Químicas y Farmacia	2,189	1.2	172	0.7	2,017	1.3	1,495	1.3	522	1.6
Humanidades	31,079	17.7	6,904	28.0	24,175	16.1	19,033	16.2	5,142	15.6
Ingeniería	13,910	7.9	1,510	6.1	12,400	8.2	10,034	8.5	2,366	7.2
Odontología	1,221	0.7	108	0.4	1,113	0.7	1,056	0.9	57	0.2
Medicina Veterinaria y Zootecnia	1,158	0.7	168	0.7	990	0.7	799	0.7	191	0.6
Escuela de Ciencias Psicológicas	4,735	2.7	452	1.8	4,283	2.8	2,791	2.4	1,492	4.5
Escuela de Historia	1,183	0.7	143	0.6	1,040	0.7	911	0.8	129	0.4
Escuela de Trabajo Social	1,050	0.6	125	0.5	925	0.6	736	0.6	189	0.6
Escuela de Ciencias de la Comunicación	4,729	2.7	416	1.7	4,313	2.9	3,394	2.9	919	2.8
Escuela de Ciencia Política	1,579	0.9	130	0.5	1,449	1.0	957	0.8	492	1.5
EFPEM	4,037	2.3	339	1.4	3,698	2.5	3,283	2.8	415	1.3
Escuela de Ciencias Lingüísticas	488	0.3	68	0.3	420	0.3	363	0.3	57	0.2
Escuela Superior de Arte -ESA-	351	0.2	75	0.3	276	0.2	262	0.2	14	0.0
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-	156	0.1	21	0.1	135	0.1	113	0.1	22	0.1

Fuente: Sección de Estadística, Departamento de Registro y Estadística. 2015.

3.2.2. Recopilación y revisión de datos

Se procedió a la recopilación de los datos de consumo mensual (2013) y anual (2010-2013) de energía eléctrica de las instalaciones y unidades académicas del campus universitario.

Tabla VIII. Consumo de energía eléctrica (enero a marzo 2013)

UNIDAD ACADÉMICA	Contador	ene-13	feb-13	mar-13
		Consumo kWh	Consumo kWh	Consumo kWh
ALBERGUE UNIVERSITARIO FTE. AL EDIF S-9 Y S-10	K-29135	128	249	150
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL A FAC. INGENIERIA	K-72965	736	1,161	1,418
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL B FAC. INGENIERIA	K-72967	121	371	375
AREA LECHE FAC. VETERINARIA	O-55210	1,011	924	1,154
AVENIDA PETAPA GARITA	C-99111	57	63	112
AVENIDA PETAPA GARITA	P-07258	68	86	69
BIOTERIO	J-38968	-	-	-
CALUSAC 2 NIV.	O-55788	351	1,197	1,367
COORD. DE PARQUEOS S-12	K-14253	207	306	334
DIRECCION GRAL. DE ADMINISTRACION	K-22952	0	0	1,400
EFPEM	P-02055	9,280	14,160	17,120
ESTADIO REVOLUCION	O-23860	0	3	9
UVIGER	K-22765	1,440	2,160	2,960
GRANJA EXPERIMENTAL	K-20121	17	3	100
M1	J-39247	5,680	18,640	22,000
M3	K-22837	1,520	7,680	9,840
M4	T-00529	4,320	9,760	11,440
M5	L-95845	2,958	6,080	7,460
M5 DIRECCIÓN GRAL. DE ADMON.	O-23859	468	470	690
M6 FAC. VETERINARIA	L-96053	656	1,276	1,406
M8 INT. HOSPITAL VETERINARIA	O-55514	0	1,904	2,582
M9	L-93144	4,465	6,796	8,613
M9	M-62650	2,059	6,029	6,650
M9	M-62965	464	664	702
M9	L-95700	4,711	3,521	4,891
M9 CAMPUS DEL CEDA (BOMBA AGUA)	L-95510	2,562	5,009	4,773
M9 GRANJA VETERINARIA	I-78138	1,163	1,099	2,182
M9 CEDA FAC. AGRONOMIA (BOMBA AGUA)	L-95511	510	157	124
M9 CTRO. EXP. AGRONOMIA	H-57592	591	1,893	1,828
M9 TANQUE GENERAL	M-62791	60	0	0

Continuación de la tabla VIII.

POZO NORTE N.1 FRENTE T-1	L-93242	11	6,007	8,900
RECTORIA	H-78288	36,960	39,060	34,860
RECTORIA NIVEL 2	H-13362	1,760	3,840	5,200
S1	H-78130	5,360	10,560	12,320
S11	T-00488	2,000	7,920	8,640
S10	L-92864	3,898	4,185	4,733
S11 GARITA DE CONTROL	M-09094	2	7	6
S5	J-38995	25,340	40,600	47,600
S6	J-39029	5,200	9,320	9,640
S7	K-64541	0	8,435	10,387
S12	K-22828	6,160	6,320	6,640
S9 Y S-10	N-74980	2,398	2,122	2,379
S9 Y S-10	K-64081	5,464	9,786	11,509
T1	I-45189	57	90	128
T1	J-39332	5,520	7,600	10,320
T10	K-22867	28,980	46,620	50,680
T11	O-99442	2,562	4,085	5,325
T11	L-91710	1,606	1,766	1,869
T11	K-92903	77	1,104	1,565
T12	L-96052	887	1,368	1,719
T13 QUIMICAS Y FARMACIA	B-83928	55	252	225
T13 FAC. CIENCIAS QUIMICAS	M-62792	-	-	-
T13 FARMACIA	E-58506	375	577	733
T13 PARTE SUPERIOR	E-57805	806	769	880
T2 BODEGA VEHICULAR	F-54506	57	128	139
T2 EDIF. ARQUITECTURA	K-22910	9,200	14,080	17,280
T2 PILETA	L-96224	805	2,450	2,561
T2 TESORERIA GENERAL	L-92533	979	1,060	1,668
T3	H-13393	35,560	45,920	50,260
T5	J-38561	0	1,760	2,960
T5 FAC. INGENIERIA	M-22184	285	435	648
T7	L-18263	5,233	6,542	7,869
T8 LAB. AGRONOMIA	T-00174	7,440	13,200	15,360
RECURSOS EDUCATIVOS	T-00411	21,840	45,080	54,320
T9	L-92227	652	1,208	1,398
T9 AGRONOMIA	O-99465	815	1,914	2,237
T9 AGRONOMIA	H-57629	6,738	10,039	12,484
VETERINARIA	K-64055	27,159	23,442	26,528

Fuente: elaboración propia, datos Empresa Eléctrica de Guatemala.

Tabla IX. Consumo de energía eléctrica (abril a junio 2013)

		abr-13	may-13	jun-13
UNIDAD ACADÉMICA	Contador	Consumo kWh	Consumo kWh	Consumo kWh
ALBERGUE UNIVERSITARIO FTE.AL EDIF S-9 Y S-10	K-29135	315	262	255
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL A FAC. INGENIERIA	K-72965	941	1,414	1,335
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL B FAC. INGENIERIA	K-72967	290	427	360
AREA LECHE FAC. VETERINARIA	O-55210	1,051	1,008	1,041
AVENIDA PETAPA GARITA	C-99111	81	54	74
AVENIDA PETAPA GARITA	P-07258	97	75	101
BIOTERIO	J-38968	-	-	-
CALUSAC 2 NIV.	O-55788	1,210	1,554	1,275
COORD. DE PARQUEOS S-12	K-14253	255	392	595
DIRECCION GRAL.DE ADMINISTRACION	K-22952	0	0	0
EFPEM	P-02055	12,080	16,480	15,360
ESTADIO REVOLUCION	O-23860	5	12	6
UVIGER	K-22765	2,240	2,800	2,720
GRANJA EXPERIMENTAL	K-20121	216	151	270
M1	J-39247	12,160	19,520	22,160
M3	K-22837	5,680	9,920	9,680
M4	T-00529	8,080	11,360	11,040
M5	L-95845	5,192	7,270	6,158
M5 DIRECCIÓN GRAL. DE ADMON.	O-23859	484	551	455
M6 FAC. VETERINARIA	L-96053	1,157	1,496	1,485
M8 INT. HOSPITAL VETERINARIA	O-55514	2,259	2,628	2,179
M9	L-93144	7,910	9,101	9,101
M9	M-62650	4,799	6,467	6,453
M9	M-62965	595	705	752
M9	L-95700	4,368	3,399	2,542
M9 CAMPUS DEL CEDA (BOMBA AGUA)	L-95510	5,289	5,237	1,710
M9 GRANJA VETERINARIA	I-78138	1,616	1,200	1,270
M9 CEDA FAC. AGRONOMIA (BOMBA AGUA)	L-95511	148	159	53
M9 CTRO. EXP. AGRONOMIA	H-57592	1,705	1,899	1,041
M9 TANQUE GENERAL	M-62791	0	0	0
POZO NORTE N.1 FRENTE T-1	L-93242	6,962	11,264	3,856
RECTORIA	H-78288	30,940	33,180	27,300
RECTORIA NIVEL 2	H-13362	3,680	4,960	4,800
S1	H-78130	9,200	12,400	10,560

Continuación de la tabla IX.

S11	T-00488	4,320	8,560	3,760
S10	L-92864	1,987	3,947	3,880
S11 GARITA DE CONTROL	M-09094	4	10	9
S5	J-38995	34,160	49,560	43,260
S6	J-39029	6,720	9,720	8,280
S7	K-64541	7,802	11,061	10,217
S12	K-22828	3,760	6,000	5,600
S9 Y S-10	N-74980	1,831	1,836	2,245
S9 Y S-10	K-64081	9,379	12,049	11,647
T1	I-45189	72	113	76
T1	J-39332	6,320	10,240	7,760
T10	K-22867	41,160	53,060	41,860
T11	O-99442	3,618	5,544	5,274
T11	L-91710	2,209	2,865	2,363
T11	K-92903	1,062	664	396
T12	L-96052	1,103	1,519	1,390
T13 QUIMICAS Y FARMACIA	B-83928	96	132	188
T13 FAC. CIENCIAS QUIMICAS	M-62792	-	-	-
T13 FARMACIA	E-58506	428	931	673
T13 PARTE SUPERIOR	E-57805	1,087	1,210	1,054
T2 BODEGA VEHICULAR	F-54506	84	103	95
T2 EDIF. ARQUITECTURA	K-22910	13,200	18,800	16,320
T2 PILETA	L-96224	2,099	2,901	2,870
T2 TESORERIA GENERAL	L-92533	1,176	1,530	1,365
T3	H-13393	44,660	59,920	49,140
T5	J-38561	2,320	3,280	2,960
T5 FAC. INGENIERIA	M-22184	344	531	343
T7	L-18263	5,367	7,742	6,247
T8 LAB. AGRONOMIA	T-00174	12,720	15,600	14,880
RECURSOS EDUCATIVOS	T-00411	44,800	59,080	55,720
T9	L-92227	1,019	1,577	1,288
T9 AGRONOMIA	O-99465	1,313	1,953	1,923
T9 AGRONOMIA	H-57629	9,122	14,051	12,739
VETERINARIA	K-64055	26,343	23,675	23,970

Fuente: elaboración propia, datos Empresa Eléctrica de Guatemala.

Tabla X. Consumo de energía eléctrica (julio a septiembre 2013)

		jul-13	ago-13	sep-13
UNIDAD ACADÉMICA	Contador	Consumo kWh	Consumo kWh	Consumo kWh
ALBERGUE UNIVERSITARIO FTE.AL EDIF S-9 Y S-10	K-29135	221	252	278
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL A FAC. INGENIERIA	K-72965	1,177	1,346	1,452
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL B FAC. INGENIERIA	K-72967	276	363	397
AREA LECHE FAC. VETERINARIA	O-55210	1,134	1,050	1,041
AVENIDA PETAPA GARITA	C-99111	76	50	68
AVENIDA PETAPA GARITA	P-07258	50	37	39
BIOTERIO	J-38968	-	-	-
CALUSAC 2 NIV.	O-55788	1,166	1,216	1,159
COORD. DE PARQUEOS S-12	K-14253	550	553	469
DIRECCION GRAL.DE ADMINISTRACION	K-22952	1,400	0	1,400
EFPEM	P-02055	13,840	15,200	15,920
ESTADIO REVOLUCION	O-23860	3	0	4
UVIGER	K-22765	2,720	2,880	2,880
GRANJA EXPERIMENTAL	K-20121	262	341	484
M1	J-39247	18,960	22,400	23,520
M3	K-22837	8,320	9,360	9,120
M4	T-00529	9,840	11,120	11,040
M5	L-95845	5,517	7,004	7,282
M5 DIRECCIÓN GRAL. DE ADMON.	O-23859	398	76	140
M6 FAC. VETERINARIA	L-96053	1,294	1,434	1,458
M8 INT. HOSPITAL VETERINARIA	O-55514	1,672	2,429	2,728
M9	L-93144	6,411	8,872	9,188
M9	M-62650	6,022	6,978	6,232
M9	M-62965	675	710	913
M9	L-95700	782	1,776	733
M9 CAMPUS DEL CEDA (BOMBA AGUA)	L-95510	12	183	0
M9 GRANJA VETERINARIA	I-78138	1,201	1,036	1,274
M9 CEDA FAC. AGRONOMIA (BOMBA AGUA)	L-95511	1	10	0
M9 CTRO. EXP. AGRONOMIA	H-57592	489	557	601
M9 TANQUE GENERAL	M-62791	0	0	0
POZO NORTE N.1 FRENTE T-1	L-93242	302	2,349	538
RECTORIA	H-78288	42,280	45,780	41,720
RECTORIA NIVEL 2	H-13362	5,520	5,600	5,760
S1	H-78130	9,440	10,720	10,800

Continuación de la tabla X.

S11	T-00488	3,280	8,800	9,280
S10	L-92864	4,012	4,494	5,215
S11 GARITA DE CONTROL	M-09094	9	5	6
S5	J-38995	40,880	47,040	43,960
S6	J-39029	7,200	9,000	9,680
S7	K-64541	9,023	10,243	10,026
S12	K-22828	5,440	6,720	7,440
S9 Y S-10	N-74980	2,108	1,925	2,123
S9 Y S-10	K-64081	10,256	10,721	11,677
T1	I-45189	84	97	103
T1	J-39332	7,680	7,680	9,600
T10	K-22867	42,420	50,820	45,220
T11	O-99442	4,616	5,371	5,449
T11	L-91710	2,208	2,354	2,023
T11	K-92903	370	333	456
T12	L-96052	1,473	1,362	1,748
T13 QUIMICAS Y FARMACIA	B-83928	418	498	0
T13 FAC. CIENCIAS QUIMICAS	M-62792	-	-	-
T13 FARMACIA	E-58506	270	669	1,400
T13 PARTE SUPERIOR	E-57805	1,035	1,098	1,044
T2 BODEGA VEHICULAR	F-54506	133	126	147
T2 EDIF. ARQUITECTURA	K-22910	14,960	15,120	16,080
T2 PILETA	L-96224	2,500	2,621	2,925
T2 TESORERIA GENERAL	L-92533	1,317	1,388	1,487
T3	H-13393	47,740	54,600	51,520
T5	J-38561	2,400	2,400	2,720
T5 FAC. INGENIERIA	M-22184	411	439	484
T7	L-18263	5,944	6,894	7,458
T8 LAB. AGRONOMIA	T-00174	13,120	14,720	15,840
RECURSOS EDUCATIVOS	T-00411	49,280	50,960	50,400
T9	L-92227	1,246	946	1,461
T9 AGRONOMIA	O-99465	1,653	2,058	2,412
T9 AGRONOMIA	H-57629	12,210	12,476	12,526
VETERINARIA	K-64055	21,528	24,240	26,512

Fuente: elaboración propia, datos Empresa Eléctrica de Guatemala.

Tabla XI. Consumo de energía eléctrica (octubre a diciembre 2013)

UNIDAD ACADÉMICA	Contador	oct-13	nov-13	dic-13
		Consumo kWh	Consumo kWh	Consumo kWh
ALBERGUE UNIVERSITARIO FTE. AL EDIF S-9 Y S-10	K-29135	339	286	277
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL A FAC. INGENIERIA	K-72965	1,401	1,329	1,286
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL B FAC. INGENIERIA	K-72967	405	394	381
AREA LECHE FAC. VETERINARIA	O-55210	1,059	973	942
AVENIDA PETAPA GARITA	C-99111	94	81	78
AVENIDA PETAPA GARITA	P-07258	54	46	45
BIOTERIO	J-38968	-	-	5,840
CALUSAC 2 NIV.	O-55788	1,245	1,133	1,096
COORD. DE PARQUEOS S-12	K-14253	545	509	493
DIRECCION GRAL. DE ADMINISTRACION	K-22952	0	1,400	1,400
EFPEM	P-02055	15,280	15,280	14,800
ESTADIO REVOLUCION	O-23860	3	5	5
UVIGER	K-22765	2,160	2,720	2,800
GRANJA EXPERIMENTAL	K-20121	278	398	385
M1	J-39247	23,280	17,600	17,040
M3	K-22837	8,560	7,520	7,280
M4	T-00529	10,400	9,360	9,040
M5	L-95845	7,519	6,843	6,622
M5 DIRECCIÓN GRAL. DE ADMON.	O-23859	146	21	0
M6 FAC. VETERINARIA	L-96053	1,527	1,379	1,335
M8 INT. HOSPITAL VETERINARIA	O-55514	2,524	2,506	2,425
M9	L-93144	8,986	8,746	8,464
M9	M-62650	6,235	5,604	5,423
M9	M-62965	925	890	861
M9	L-95700	601	575	556
M9 CAMPUS DEL CEDA (BOMBA AGUA)	L-95510	0	164	159
M9 GRANJA VETERINARIA	I-78138	1,503	1,076	1,041
M9 CEDA FAC. AGRONOMIA (BOMBA AGUA)	L-95511	0	39	38
M9 CTRO. EXP. AGRONOMIA	H-57592	565	544	526
M9 TANQUE GENERAL	M-62791	0	0	0
POZO NORTE N.1 FRENTE T-1	L-93242	10	2	2
RECTORIA	H-78288	47,040	42,560	50,820
RECTORIA NIVEL 2	H-13362	6,960	5,360	6,960
S1	H-78130	13,360	11,360	13,200

Continuación de la tabla XI.

S11	T-00488	9,520	9,120	8,800
S10	L-92864	5,991	4,361	4,220
S11 GARITA DE CONTROL	M-09094	8	6	6
S5	J-38995	52,080	42,560	53,620
S6	J-39029	9,560	8,920	8,640
S7	K-64541	9,979	9,231	8,933
S12	K-22828	7,440	7,440	7,200
S9 Y S-10	N-74980	2,128	1,977	1,913
S9 Y S-10	K-64081	11,231	10,679	10,335
T1	I-45189	84	76	74
T1	J-39332	9,120	8,320	8,080
T10	K-22867	50,820	43,960	53,760
T11	O-99442	5,305	5,112	4,947
T11	L-91710	2,154	1,981	1,917
T11	K-92903	553	370	358
T12	L-96052	1,554	1,614	1,562
T13 QUIMICAS Y FARMACIA	B-83928	0	0	0
T13 FAC. CIENCIAS QUIMICAS	M-62792	976	983	802
T13 FARMACIA	E-58506	862	719	696
T13 PARTE SUPERIOR	E-57805	1,084	990	958
T2 BODEGA VEHICULAR	F-54506	136	121	117
T2 EDIF. ARQUITECTURA	K-22910	18,400	17,120	16,560
T2 PILETA	L-96224	3,284	2,772	2,683
T2 TESORERIA GENERAL	L-92533	1,400	1,274	1,233
T3	H-13393	58,380	46,900	59,640
T5	J-38561	2,880	2,400	2,320
T5 FAC. INGENIERIA	M-22184	322	377	365
T7	L-18263	6,439	6,890	6,668
T8 LAB. AGRONOMIA	T-00174	15,840	8,320	8,080
RECURSOS EDUCATIVOS	T-00411	50,400	50,400	48,720
T9	L-92227	1,440	1,312	1,270
T9 AGRONOMIA	O-99465	2,346	2,374	2,297
T9 AGRONOMIA	H-57629	9,659	10,226	9,896
VETERINARIA	K-64055	26,283	26,074	25,233

Fuente: elaboración propia, datos Empresa Eléctrica de Guatemala.

Tabla XII. Consumo de energía eléctrica (años 2010- 2013)

UNIDAD ACADÉMICA	Contador	AÑO 2010 Consumo kWh	AÑO 2011 Consumo kWh	AÑO 2012 Consumo kWh	AÑO 2013 Consumo kWh
ALBERGUE UNIVERSITARIO FTE. AL EDIF S-9 Y S-10	K-29135	3,692	3,921	3,007	3,012
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL A FAC. INGENIERIA	K-72965	2,155	12,412	13,043	14,996
AREA DE PREFABRICADOS LOCAL B FAC. INGENIERIA	K-72967	1,757	2,248	2,686	4,160
AREA LECHE FAC. VETERINARIA	O-55210	5,736	2,396	11,543	12,388
AVENIDA PETAPA GARITA	C-99111	1,174	698	782	888
AVENIDA PETAPA GARITA	P-07258	971	703	881	767
BIOTERIO	J-38968	-	-	-	5,840
CALUSAC 2 NIV.	O-55788	16,087	16,522	15,533	13,969
COORD. DE PARQUEOS S-12	K-14253	3,135	5,177	4,601	5,208
DIRECCION GRAL. DE ADMINISTRACION	K-22952	-	-	1,400	7,000
EFPEM	P-02055	141,840	168,080	161,520	174,800
ESTADIO REVOLUCION	O-23860	1	116	65	55
UVIGER	K-22765	5,120	9,600	20,560	30,480
GRANJA EXPERIMENTAL	K-20121	278	317	2,005	2,905
M1	J-39247	169,600	228,960	208,080	222,960
M3	K-22837	70,960	84,720	84,080	94,480
M4	T-00529	103,120	123,840	104,320	116,800
M5	L-95845	81,649	87,035	77,976	75,905
M5 DIRECCIÓN GRAL. DE ADMON.	O-23859	10	2,920	3,612	3,899
M6 FAC. VETERINARIA	L-96053	19,773	18,687	20,899	15,903
M8 INT. HOSPITAL VETERINARIA	O-55514	24,509	27,084	28,264	25,836
M9	L-93144	80,648	79,788	92,033	96,653
M9	M-62650	69,750	82,943	75,451	68,951
M9	M-62965	5,438	7,579	13,505	8,856
M9	L-95700	33,880	28,926	33,937	28,455
M9 CAMPUS DEL CEDA (BOMBA AGUA)	L-95510	19,147	25,718	31,427	25,098
M9 GRANJA VETERINARIA	I-78138	10,515	21,036	26,406	15,661
M9 CEDA FAC. AGRONOMIA (BOMBA AGUA)	L-95511	321	456	808	1,239
M9 CTRO. EXP. AGRONOMIA	H-57592	9,505	11,385	13,705	12,239
M9 TANQUE GENERAL	M-62791	6,661	864	875	60
POZO NORTE N.1 FRENTE T-1	L-93242	153,903	216,969	209,270	40,203
RECTORIA	H-78288	500,080	515,060	542,780	472,500
RECTORIA NIVEL 2	H-13362	-	1,280	11,200	60,400

Continuación de la tabla XII.

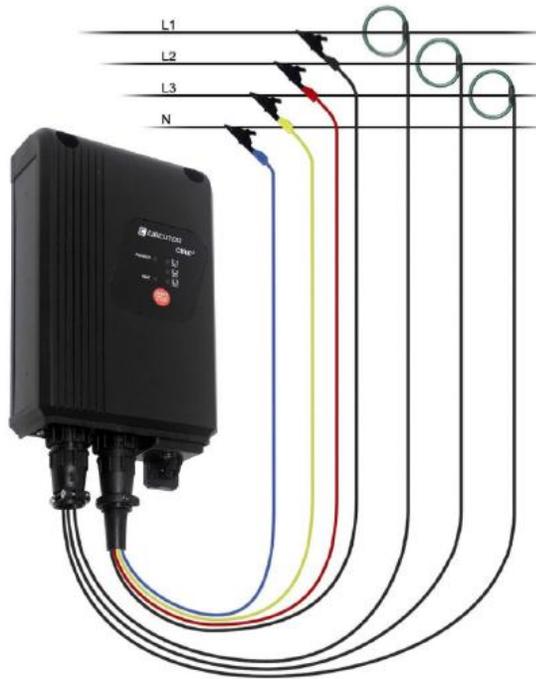
S1	H-78130	107,120	123,640	114,240	129,280
S11	T-00488	70,720	84,720	70,640	84,000
S10	L-92864	50,427	71,583	60,782	50,923
S11 GARITA DE CONTROL	M-09094	3,259	2,534	183	78
S5	J-38995	438,620	510,860	477,680	520,660
S6	J-39029	83,880	98,920	94,120	101,880
S7	K-64541	97,740	121,235	110,122	105,337
S12	K-22828	64,400	78,880	70,160	76,160
S9 Y S-10	N-74980	22,028	28,574	32,598	24,985
S9 Y S-10	K-64081	121,621	133,450	117,718	124,733
T1	I-45189	979	1,221	1,119	1,054
T1	J-39332	97,120	114,880	100,640	98,240
T10	K-22867	542,360	564,900	545,720	549,360
T11	O-99442	44,986	57,808	52,732	57,208
T11	L-91710	20,713	23,174	21,906	25,315
T11	K-92903	1,756	2,988	3,121	7,308
T12	L-96052	16,250	21,727	17,618	17,299
T13 QUIMICAS Y FARMACIA	B-83928	11,738	13,492	2,708	1,864
T13 FAC. CIENCIAS QUIMICAS	M-62792	-	-	-	2,761
T13 FARMACIA	E-58506	16,185	8,314	7,076	8,333
T13 PARTE SUPERIOR	E-57805	1,422	1,178	6,218	12,015
T2 BODEGA VEHICULAR	F-54506	2,098	1,577	1,078	1,386
T2 EDIF. ARQUITECTURA	K-22910	144,217	169,957	165,120	187,120
T2 PILETA	L-96224	23,680	30,156	26,801	30,471
T2 TESORERIA GENERAL	L-92533	7,732	11,923	12,852	15,877
T3	H-13393	438,760	572,880	550,760	604,240
T5	J-38561	23,680	26,560	29,280	28,400
T5 FAC. INGENIERIA	M-22184	4,921	10,041	6,377	4,984
T7	L-18263	79,396	82,790	88,181	79,293
T8 LAB. AGRONOMIA	T-00174	156,400	174,560	166,240	155,120
RECURSOS EDUCATIVOS	T-00411	493,080	590,520	558,600	581,000
T9	L-92227	9,500	9,206	11,452	14,817
T9 AGRONOMIA	O-99465	41,949	41,772	32,406	23,295
T9 AGRONOMIA	H-57629	119,952	130,456	124,303	132,166
VETERINARIA	K-64055	88,282	117,057	121,122	300,987
	Totales:	4,988,386	5,820,973	5,617,927	5,820,515

Fuente: elaboración propia, datos Empresa Eléctrica de Guatemala.

3.2.3. Diagnóstico energético de los edificios con mayor consumo de energía eléctrica

Los diagnósticos energéticos realizados, consisten en la medición de la calidad de energía y lumínica. La medición de calidad de energía se realizó en los tableros de distribución eléctrica de dos edificios (Recursos Educativos y Laboratorio de Farmacia) que registran un consumo mayor de energía eléctrica, analizando la red eléctrica y sus parámetros principales, mediante un equipo analizador de redes marca Circutor, modelo CIRe³. Los principales parámetros eléctricos a medir son: voltaje, corriente, potencia y energía activa (consumida). La precisión en medida del equipo es de 0.5 % en voltaje y corriente, y 1 % en potencia y energía.

Figura 7. **Equipo analizador de redes CIR-e3**



Fuente: fabricante (CIRCUTOR).

La medición de la calidad lumínica se realizó en las principales áreas de uso público y de estudio, de dos edificios (Recursos Educativos y Laboratorio de Farmacia) que registran un consumo mayor de energía eléctrica, mediante un fotómetro digital marca Greenlee modelo 93-172, el cual está diseñado para medir la luz emitida por sistemas de iluminación fluorescentes, incandescentes, de metales halógenos, y sodio a alta presión. La precisión del equipo para fuentes de luz incandescente es de $\pm 4 \%$ y para otras fuentes de luz $\pm 7 \%$. Velocidad de muestreo: 2.5 veces por segundo.

En Recursos Educativos, las mediciones se realizaron en las áreas de lectura de todos los niveles del edificio y en el edificio del Laboratorio de Ciencias Químicas y Farmacia, se realizaron en las áreas de los laboratorios y pasillos de circulación.

Figura 8. **Fotómetro digital modelo 93-172**



Fuente: fabricante (GREENLEE).

De los referidos parámetros eléctricos, el voltaje es uno de los más importantes, el cual es analizado mediante el “Índice de Calidad del Desbalance de la Tensión Suministrada por el Distribuidor”, según lo establecido en la Norma Técnica del Servicio de Distribución (NTSD), Artículos 27 y 28, de la Comisión Nacional de Energía Eléctrica. El índice de Regulación de Tensión es calculado de la siguiente forma:

$$\%IRT = \frac{Vk - Vn}{Vn} * 100$$

Donde:

$\%IRT$	Porcentaje del índice de regulación de tensión
Vk	Valor de tensión en un intervalo de medición K
Vn	Valor de tensión nominal

Y el desbalance:

$$\%DTD = \frac{3(Vmax - Vmin)}{Va + Vb + Vc} * 100$$

Donde:

$\%DTD$	Porcentaje de desbalance de tensión por distribuidor
$Vmax$	Tensión máxima en fases en un intervalo de medición K
$Vmin$	Tensión mínima en fases en un intervalo de medición K
Va, Vb, Vc	Tensión en la fase (a,b,c) en un intervalo de medición K

Tabla XIII. Medición de voltaje (Recursos Educativos)

EDIFICIO: RECURSOS EDUCATIVOS							
MEDICIÓN: VOLTAJE							
Fecha	Hora	Tensión/L1 - L2	Tensión/L2 - L3	Tensión/L3 - L1	Regulación de tensión	Desbalance	
09/06/2015	13:00:00	212.61	213.93	212.49	3.41363636	0.6760246	
09/06/2015	13:30:00	212.4	214.03	212.98	3.19090909	0.76476752	
09/06/2015	14:00:00	211.46	213.41	212.14	3.57272727	0.91835293	
09/06/2015	14:30:00	212.32	213.32	213.12	3.12727273	0.46965997	
09/06/2015	15:00:00	212.14	213.03	213.33	3.03181818	0.55912294	
09/06/2015	15:30:00	212.83	213.59	213.47	2.96818182	0.35631124	
09/06/2015	16:00:00	215.66	216.13	216.06	1.79090909	0.21764297	
09/06/2015	16:30:00	215.88	216.74	216.04	1.8	0.39774304	
09/06/2015	17:00:00	214.61	215.58	214.74	2.39090909	0.45121176	
09/06/2015	17:30:00	215.67	216.54	215.94	1.84545455	0.40268456	
09/06/2015	18:00:00	215.93	217.55	216.18	1.73636364	0.74808361	
09/06/2015	18:30:00	212.66	213.35	212.48	3.41818182	0.40677696	
09/06/2015	19:00:00	212.29	213.13	212.49	3.41363636	0.39504005	
09/06/2015	19:30:00	212.65	213.61	213.11	3.13181818	0.45044341	
09/06/2015	20:00:00	213.63	214.76	214.14	2.66363636	0.52760182	
09/06/2015	20:30:00	214.14	215.08	214.84	2.34545455	0.43784741	
09/06/2015	21:00:00	215.68	216.59	216.25	1.70454545	0.42095849	
09/06/2015	21:30:00	216.01	216.93	215.94	1.84545455	0.45771175	
09/06/2015	22:00:00	214.6	215.3	214.33	2.57727273	0.45170203	
09/06/2015	22:30:00	216.68	217.43	216.41	1.63181818	0.47039292	
09/06/2015	23:00:00	216.19	217.07	216.56	1.56363636	0.40626635	
09/06/2015	23:30:00	215.84	216.81	216.74	1.48181818	0.44811284	
10/06/2015	00:00:00	215.95	217.33	216.72	1.49090909	0.63692308	
10/06/2015	00:30:00	215.09	216.42	215.48	2.05454545	0.61670196	
10/06/2015	01:00:00	214.74	216.1	215.13	2.21363636	0.63160828	
10/06/2015	01:30:00	214.91	216.24	215.22	2.17272727	0.6172935	
10/06/2015	02:00:00	215.17	216.54	215.57	2.01363636	0.63496478	
10/06/2015	02:30:00	215.45	216.85	215.82	1.9	0.64802814	
10/06/2015	03:00:00	215.68	217.1	216	1.81818182	0.65661704	
10/06/2015	03:30:00	215.55	216.2	215.88	1.87272727	0.30109785	
10/06/2015	04:00:00	216.06	216.74	216.32	1.67272727	0.31427163	
10/06/2015	04:30:00	215.17	215.67	215.44	2.07272727	0.23209754	
10/06/2015	05:00:00	213.86	214.48	214.35	2.56818182	0.28940858	
10/06/2015	05:30:00	213.4	214.3	213.78	2.82727273	0.42090166	
10/06/2015	06:00:00	213.28	214.23	213.78	2.82727273	0.44441672	
10/06/2015	06:30:00	213.01	213.7	213.26	3.06363636	0.32345266	
10/06/2015	07:00:00	212.88	213.56	213.1	3.13636364	0.31897927	
10/06/2015	07:30:00	211.64	212.85	212.05	3.61363636	0.57027053	
10/06/2015	08:00:00	211.96	212.23	211.73	3.75909091	0.23587873	
10/06/2015	08:30:00	212.31	213.44	212.16	3.56363636	0.60196579	
10/06/2015	09:00:00	213.02	214.53	213.52	2.94545455	0.7066311	
10/06/2015	09:30:00	214	215.32	214.43	2.53181818	0.61514563	
10/06/2015	10:00:00	213.9	215.1	213.83	2.80454545	0.59269169	
10/06/2015	10:30:00	211.9	213.19	212.09	3.59545455	0.6073637	
10/06/2015	11:00:00	212.6	213.18	212.57	3.37727273	0.28667659	
10/06/2015	11:30:00	214.16	214.83	214.31	2.58636364	0.31245142	
10/06/2015	12:00:00	215.08	215.93	215.13	2.21363636	0.39465131	
10/06/2015	12:30:00	215.81	216.46	216.04	1.8	0.30078203	
10/06/2015	13:00:00	215.54	216.87	215.78	1.91818182	0.61556025	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. Medición de corriente (Recursos Educativos)

EDIFICIO: RECURSOS EDUCATIVOS					
MEDICIÓN: CORRIENTE					
Fecha	Hora	Corriente/L1	Corriente/L2	Corriente/L3	
09/06/2015	13:00:00	245.008	204.296	230.596	
09/06/2015	13:30:00	258.384	219.912	237.468	
09/06/2015	14:00:00	253.46	208.308	233.396	
09/06/2015	14:30:00	260.56	228.456	234.724	
09/06/2015	15:00:00	257.636	221.988	230.832	
09/06/2015	15:30:00	251.756	214.864	241.26	
09/06/2015	16:00:00	211.396	144.348	222.436	
09/06/2015	16:30:00	177.312	112.152	200.176	
09/06/2015	17:00:00	169.292	108.188	194.772	
09/06/2015	17:30:00	157.14	106.352	184.508	
09/06/2015	18:00:00	176.552	107.352	193.932	
09/06/2015	18:30:00	151.276	118.24	162.504	
09/06/2015	19:00:00	161.604	106.54	148.012	
09/06/2015	19:30:00	145.952	95.536	134.368	
09/06/2015	20:00:00	84.192	38.976	82.116	
09/06/2015	20:30:00	86.572	38.024	61.328	
09/06/2015	21:00:00	86.092	41.916	56.532	
09/06/2015	21:30:00	79.216	39.008	61.536	
09/06/2015	22:00:00	70.056	38.416	57.336	
09/06/2015	22:30:00	73.668	40.368	55.44	
09/06/2015	23:00:00	76.76	40.028	61.392	
09/06/2015	23:30:00	72.788	42	62.952	
10/06/2015	00:00:00	68.872	39.124	56.276	
10/06/2015	00:30:00	68	41.176	55.512	
10/06/2015	01:00:00	66.648	38.592	55.62	
10/06/2015	01:30:00	67.264	37.516	58.82	
10/06/2015	02:00:00	77.388	41.972	56.26	
10/06/2015	02:30:00	69.108	39.98	56.456	
10/06/2015	03:00:00	71.908	36.736	55.344	
10/06/2015	03:30:00	67.98	42.056	56.68	
10/06/2015	04:00:00	78.292	40.712	60.308	
10/06/2015	04:30:00	72.756	38.464	57.816	
10/06/2015	05:00:00	69.164	36.484	60.084	
10/06/2015	05:30:00	104.516	62.324	99.772	
10/06/2015	06:00:00	87.756	62.332	89.78	
10/06/2015	06:30:00	124.824	105.356	113.784	
10/06/2015	07:00:00	144.536	99.456	146.332	
10/06/2015	07:30:00	211.6	152.836	212.32	
10/06/2015	08:00:00	244.796	207.444	231.128	
10/06/2015	08:30:00	235.9	205.432	231.044	
10/06/2015	09:00:00	237.664	204.884	234.64	
10/06/2015	09:30:00	249.184	220.88	240.828	
10/06/2015	10:00:00	249.94	219.696	243.452	
10/06/2015	10:30:00	254.764	226.396	244.048	
10/06/2015	11:00:00	251.116	218.072	240.456	
10/06/2015	11:30:00	251.424	222.612	239.228	
10/06/2015	12:00:00	253.06	214.764	242.596	
10/06/2015	12:30:00	251.644	211.8	236.708	
10/06/2015	13:00:00	255.996	217.548	241.176	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. **Medición de potencia (Recursos Educativos)**

EDIFICIO: RECURSOS EDUCATIVOS						
MEDICIÓN: POTENCIA						
Fecha	Hora	P. Activa/L1 +	P. Activa/L2 +	P. Activa/L3 +		
09/06/2015	13:00:00	30040	24668	28060		
09/06/2015	13:30:00	31224	26424	28984		
09/06/2015	14:00:00	30776	24776	28428		
09/06/2015	14:30:00	31232	27136	28636		
09/06/2015	15:00:00	31120	26332	28132		
09/06/2015	15:30:00	30936	25852	29540		
09/06/2015	16:00:00	26152	17588	27356		
09/06/2015	16:30:00	21816	13716	24596		
09/06/2015	17:00:00	20604	13156	23796		
09/06/2015	17:30:00	19256	12988	22684		
09/06/2015	18:00:00	21564	13184	23956		
09/06/2015	18:30:00	18264	14268	19592		
09/06/2015	19:00:00	19548	12748	17904		
09/06/2015	19:30:00	17684	11404	16288		
09/06/2015	20:00:00	10116	4480	9944		
09/06/2015	20:30:00	10392	4316	7404		
09/06/2015	21:00:00	10404	4708	6824		
09/06/2015	21:30:00	9560	4452	7460		
09/06/2015	22:00:00	8392	4388	6848		
09/06/2015	22:30:00	8844	4548	6680		
09/06/2015	23:00:00	9340	4492	7460		
09/06/2015	23:30:00	8772	4880	7660		
10/06/2015	00:00:00	8332	4448	6796		
10/06/2015	00:30:00	8252	4640	6668		
10/06/2015	01:00:00	8036	4412	6672		
10/06/2015	01:30:00	8108	4304	7076		
10/06/2015	02:00:00	9412	4664	6752		
10/06/2015	02:30:00	8328	4488	6800		
10/06/2015	03:00:00	8724	4216	6668		
10/06/2015	03:30:00	8236	4720	6820		
10/06/2015	04:00:00	9500	4588	7336		
10/06/2015	04:30:00	8840	4400	6968		
10/06/2015	05:00:00	8340	4156	7192		
10/06/2015	05:30:00	12716	7360	12168		
10/06/2015	06:00:00	10648	7384	10860		
10/06/2015	06:30:00	15236	12784	13696		
10/06/2015	07:00:00	17568	11932	17500		
10/06/2015	07:30:00	25608	18352	25700		
10/06/2015	08:00:00	30000	24804	28008		
10/06/2015	08:30:00	28840	24840	28124		
10/06/2015	09:00:00	29208	24888	28760		
10/06/2015	09:30:00	30820	26888	29632		
10/06/2015	10:00:00	30884	26664	29920		
10/06/2015	10:30:00	30980	27336	29692		
10/06/2015	11:00:00	30732	26296	29236		
10/06/2015	11:30:00	31020	26984	29368		
10/06/2015	12:00:00	31344	26204	29812		
10/06/2015	12:30:00	31400	25816	29300		
10/06/2015	13:00:00	31536	26636	29896		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Medición de energía activa (Recursos Educativos)**

EDIFICIO: RECURSOS EDUCATIVOS		
MEDICIÓN: ENERGÍA		
Fecha	Hora	Energía Activa (Consumida)
09/06/2015	13:00:00	1.894
09/06/2015	13:30:00	32.112
09/06/2015	14:00:00	74.891
09/06/2015	14:30:00	117.314
09/06/2015	15:00:00	160.37
09/06/2015	15:30:00	203.597
09/06/2015	16:00:00	243.83
09/06/2015	16:30:00	275.972
09/06/2015	17:00:00	305.668
09/06/2015	17:30:00	334.11
09/06/2015	18:00:00	362.08
09/06/2015	18:30:00	388.442
09/06/2015	19:00:00	413.928
09/06/2015	19:30:00	437.847
09/06/2015	20:00:00	458.056
09/06/2015	20:30:00	468.882
09/06/2015	21:00:00	479.86
09/06/2015	21:30:00	490.354
09/06/2015	22:00:00	500.598
09/06/2015	22:30:00	510.828
09/06/2015	23:00:00	521.029
09/06/2015	23:30:00	531.138
10/06/2015	00:00:00	541.175
10/06/2015	00:30:00	551.326
10/06/2015	01:00:00	561.36
10/06/2015	01:30:00	571.237
10/06/2015	02:00:00	581.25
10/06/2015	02:30:00	591.411
10/06/2015	03:00:00	601.413
10/06/2015	03:30:00	611.407
10/06/2015	04:00:00	621.49
10/06/2015	04:30:00	631.554
10/06/2015	05:00:00	641.442
10/06/2015	05:30:00	653.674
10/06/2015	06:00:00	668.98
10/06/2015	06:30:00	686.934
10/06/2015	07:00:00	708.679
10/06/2015	07:30:00	736.187
10/06/2015	08:00:00	776.324
10/06/2015	08:30:00	816.61
10/06/2015	09:00:00	857.815
10/06/2015	09:30:00	900.396
10/06/2015	10:00:00	943.673
10/06/2015	10:30:00	987.609
10/06/2015	11:00:00	1030.872
10/06/2015	11:30:00	1073.634
10/06/2015	12:00:00	1117.083
10/06/2015	12:30:00	1161.277
10/06/2015	13:00:00	1205.336

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Medición de voltaje (Laboratorio Farmacia)

EDIFICIO: LABORATORIO FARMACIA							
MEDICIÓN: VOLTAJE							
Fecha	Hora	Tensión/L1 - L2	Tensión/L2 - L3	Tensión/L3 - L1	Regulación de tensión	Desbalance	
10/06/2015	14:00:00	211.28	214.7	212.07	3.32727273	1.60802445	
10/06/2015	14:30:00	211.02	214.14	211.42	3.55	1.47035722	
10/06/2015	15:00:00	211.74	214.73	212.69	3.15909091	1.40340447	
10/06/2015	15:30:00	212.5	215.63	213.28	2.81818182	1.46396221	
10/06/2015	16:00:00	213.96	216.52	214.9	2.21363636	1.18999659	
10/06/2015	16:30:00	215.17	217.8	215.44	1.75454545	1.21682269	
10/06/2015	17:00:00	214.57	216.66	215.35	2.03181818	0.96971759	
10/06/2015	17:30:00	214.52	217.34	215.09	1.97727273	1.30767447	
10/06/2015	18:00:00	215.06	217.12	215.39	1.88181818	0.95433698	
10/06/2015	18:30:00	213.18	215.84	213.9	2.58636364	1.24121197	
10/06/2015	19:00:00	211.95	214.57	212.61	3.16363636	1.22979675	
10/06/2015	19:30:00	211.98	214.68	212.6	3.14090909	1.26709007	
10/06/2015	20:00:00	212.88	215.22	213.51	2.78636364	1.0941226	
10/06/2015	20:30:00	213.27	215.74	213.86	2.59545455	1.15264361	
10/06/2015	21:00:00	212.83	215.29	213.4	2.8	1.15039282	
10/06/2015	21:30:00	213.28	215.5	213.75	2.64545455	1.03652748	
10/06/2015	22:00:00	212.46	214.72	213.03	3	1.05902751	
10/06/2015	22:30:00	213.63	215.64	214.12	2.51818182	0.93722315	
10/06/2015	23:00:00	214.73	216.84	215.05	2.02727273	0.97893662	
10/06/2015	23:30:00	215.98	217.83	216.03	1.54090909	0.85405638	
11/06/2015	00:00:00	215.62	217.04	214.75	1.90909091	1.06115136	
11/06/2015	00:30:00	216.43	217.95	215.64	1.51363636	1.06612104	
11/06/2015	01:00:00	216.77	218.24	215.91	1.37727273	1.07386468	
11/06/2015	01:30:00	215.72	218.04	215.6	1.61363636	1.12726377	
11/06/2015	02:00:00	216.1	217.62	215.98	1.55909091	0.75727259	
11/06/2015	02:30:00	216.82	218.47	216.03	1.31363636	1.12387152	
11/06/2015	03:00:00	216.15	218.23	215.79	1.49090909	1.12585939	
11/06/2015	03:30:00	215.67	217.33	215.47	1.74545455	0.86048699	
11/06/2015	04:00:00	215.46	216.95	215.17	1.88181818	0.82460854	
11/06/2015	04:30:00	214.09	215.93	214.09	2.40909091	0.85699648	
11/06/2015	05:00:00	213.37	215.45	213.08	2.74090909	1.10764917	
11/06/2015	05:30:00	213.17	214.83	212.09	3.01818182	1.28419441	
11/06/2015	06:00:00	212.54	215.14	211.31	3.18181818	1.79815021	
11/06/2015	06:30:00	212.17	213.63	211.2	3.48636364	1.144427	
11/06/2015	07:00:00	212	214.02	211.99	3.33181818	0.95453049	
11/06/2015	07:30:00	211.17	213.42	211.63	3.60454545	1.06095376	
11/06/2015	08:00:00	211.11	213.18	210.98	3.74545455	1.03892833	
11/06/2015	08:30:00	211.24	213.45	211.32	3.63636364	1.04243644	
11/06/2015	09:00:00	210.88	213.18	211.02	3.77727273	1.08647729	
11/06/2015	09:30:00	210.2	213.23	210.72	3.91818182	1.43341481	
11/06/2015	10:00:00	210.61	213.62	211.13	3.73181818	1.4212415	
11/06/2015	10:30:00	209.75	212.51	210.2	4.17272727	1.3091737	
11/06/2015	11:00:00	209.87	213.15	210.98	3.94090909	1.55205047	
11/06/2015	11:30:00	209.96	213.05	210.91	3.95	1.46232963	
11/06/2015	12:00:00	209.26	213.04	210.61	4.10454545	1.79172394	
11/06/2015	12:30:00	209.45	212.77	210.84	4.08181818	1.57331059	
11/06/2015	13:00:00	209.3	212.53	210.57	4.18181818	1.53225806	
11/06/2015	13:30:00	210.31	213.02	211.13	3.86818182	1.28140466	
11/06/2015	14:00:00	210.4	213.15	211.21	3.82272727	1.29970383	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Medición de corriente (Laboratorio Farmacia)

EDIFICIO: LABORATORIO FARMACIA				
MEDICIÓN: CORRIENTE				
Fecha	Hora	Corriente/L1	Corriente/L2	Corriente/L3
10/06/2015	14:00:00	264.664	231.156	264.776
10/06/2015	14:30:00	250.732	205.456	255.772
10/06/2015	15:00:00	239.716	189.508	229.708
10/06/2015	15:30:00	225.272	139.964	217.972
10/06/2015	16:00:00	196.756	141.064	181.036
10/06/2015	16:30:00	179.224	109.232	144.328
10/06/2015	17:00:00	169.732	116.392	162.144
10/06/2015	17:30:00	173.168	89.94	140.156
10/06/2015	18:00:00	160.004	90.468	133.828
10/06/2015	18:30:00	136.664	93.648	157.692
10/06/2015	19:00:00	157.048	95.288	172.14
10/06/2015	19:30:00	147.628	85.04	166.152
10/06/2015	20:00:00	100.644	91.952	150.884
10/06/2015	20:30:00	113.532	103.184	133.096
10/06/2015	21:00:00	92.132	89.124	119.136
10/06/2015	21:30:00	85.78	86.064	124.52
10/06/2015	22:00:00	112.404	73.64	119.016
10/06/2015	22:30:00	109.844	90.864	114.22
10/06/2015	23:00:00	124.8	77.084	129.092
10/06/2015	23:30:00	113.86	75.34	127.084
11/06/2015	00:00:00	112.32	88.58	122.784
11/06/2015	00:30:00	101.04	90.48	119.868
11/06/2015	01:00:00	106.292	96.76	121.304
11/06/2015	01:30:00	103.688	74.564	120.78
11/06/2015	02:00:00	105.924	77.8	123.772
11/06/2015	02:30:00	104.16	74.876	121.976
11/06/2015	03:00:00	99.228	79.112	137.116
11/06/2015	03:30:00	108.704	77.492	127.348
11/06/2015	04:00:00	93.524	91.48	128.24
11/06/2015	04:30:00	101.068	87.336	127.832
11/06/2015	05:00:00	98.308	83.464	161.32
11/06/2015	05:30:00	90.42	111.712	163.476
11/06/2015	06:00:00	117.436	94.884	171.864
11/06/2015	06:30:00	160.424	152.264	177.624
11/06/2015	07:00:00	193.236	165.92	179.26
11/06/2015	07:30:00	235.188	215.256	202.816
11/06/2015	08:00:00	235.1	221.804	188.596
11/06/2015	08:30:00	241.372	236.88	237.208
11/06/2015	09:00:00	243.828	231.364	238.444
11/06/2015	09:30:00	269.716	247.892	254.592
11/06/2015	10:00:00	271.416	243.064	263.324
11/06/2015	10:30:00	267.644	248.568	259.788
11/06/2015	11:00:00	264.624	234.004	262.64
11/06/2015	11:30:00	264.764	237.212	264.632
11/06/2015	12:00:00	268.816	235.424	261.612
11/06/2015	12:30:00	262.172	228.856	256.104
11/06/2015	13:00:00	260.724	243.912	251.968
11/06/2015	13:30:00	264	243.816	249.796
11/06/2015	14:00:00	263.88	242.188	253.208

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Medición de potencia (Laboratorio Farmacia)**

EDIFICIO: LABORATORIO FARMACIA				
MEDICIÓN: POTENCIA				
Fecha	Hora	P. Activa/L1 +	P. Activa/L2 +	P. Activa/L3 +
10/06/2015	14:00:00	31476	26992	31588
10/06/2015	14:30:00	29084	24212	30160
10/06/2015	15:00:00	27796	21412	27192
10/06/2015	15:30:00	26228	16096	25644
10/06/2015	16:00:00	23032	16436	20624
10/06/2015	16:30:00	21056	12716	16892
10/06/2015	17:00:00	20132	13452	19108
10/06/2015	17:30:00	19708	10260	16160
10/06/2015	18:00:00	18484	10092	15452
10/06/2015	18:30:00	15764	10372	16888
10/06/2015	19:00:00	17536	10172	18564
10/06/2015	19:30:00	17052	9668	17940
10/06/2015	20:00:00	11200	10284	15580
10/06/2015	20:30:00	11688	11576	14300
10/06/2015	21:00:00	9904	9880	12588
10/06/2015	21:30:00	9420	9632	13072
10/06/2015	22:00:00	12180	8460	12316
10/06/2015	22:30:00	11744	10452	11992
10/06/2015	23:00:00	13340	8868	14156
10/06/2015	23:30:00	12356	8644	13812
11/06/2015	00:00:00	12232	10168	13160
11/06/2015	00:30:00	10948	10616	13144
11/06/2015	01:00:00	11540	10900	13736
11/06/2015	01:30:00	11420	8632	13180
11/06/2015	02:00:00	11716	8912	13108
11/06/2015	02:30:00	11364	8724	13404
11/06/2015	03:00:00	10900	9144	14508
11/06/2015	03:30:00	11720	8968	13840
11/06/2015	04:00:00	10132	10612	14376
11/06/2015	04:30:00	10612	9932	13948
11/06/2015	05:00:00	10816	9476	17432
11/06/2015	05:30:00	9988	12640	16912
11/06/2015	06:00:00	12980	11028	19504
11/06/2015	06:30:00	18272	17464	20456
11/06/2015	07:00:00	22848	19016	20972
11/06/2015	07:30:00	28060	25152	23676
11/06/2015	08:00:00	27800	26136	21860
11/06/2015	08:30:00	29040	27952	27808
11/06/2015	09:00:00	29056	27404	27620
11/06/2015	09:30:00	32516	29108	30676
11/06/2015	10:00:00	32788	28544	31952
11/06/2015	10:30:00	32208	28788	31444
11/06/2015	11:00:00	31968	26792	31748
11/06/2015	11:30:00	31976	27228	31948
11/06/2015	12:00:00	32328	27264	31688
11/06/2015	12:30:00	31644	26660	30472
11/06/2015	13:00:00	31440	28228	29996
11/06/2015	13:30:00	31928	28608	29744
11/06/2015	14:00:00	31928	28404	30180

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Medición de energía activa (Laboratorio Farmacia)**

EDIFICIO: LABORATORIO FARMACIA		
MEDICIÓN: ENERGÍA		
Fecha	Hora	Energía Activa (Consumida)
10/06/2015	14:00:00	1249.754
10/06/2015	14:30:00	1294.363
10/06/2015	15:00:00	1334.043
10/06/2015	15:30:00	1368.421
10/06/2015	16:00:00	1401.265
10/06/2015	16:30:00	1429.051
10/06/2015	17:00:00	1456.936
10/06/2015	17:30:00	1480.727
10/06/2015	18:00:00	1504.614
10/06/2015	18:30:00	1526.677
10/06/2015	19:00:00	1548.89
10/06/2015	19:30:00	1570.144
10/06/2015	20:00:00	1590.82
10/06/2015	20:30:00	1609.532
10/06/2015	21:00:00	1626.839
10/06/2015	21:30:00	1643.831
10/06/2015	22:00:00	1659.935
10/06/2015	22:30:00	1676.264
10/06/2015	23:00:00	1692.549
10/06/2015	23:30:00	1709.275
11/06/2015	00:00:00	1725.601
11/06/2015	00:30:00	1742
11/06/2015	01:00:00	1757.975
11/06/2015	01:30:00	1774.532
11/06/2015	02:00:00	1790.91
11/06/2015	02:30:00	1807.258
11/06/2015	03:00:00	1824.474
11/06/2015	03:30:00	1841.958
11/06/2015	04:00:00	1859.35
11/06/2015	04:30:00	1876.424
11/06/2015	05:00:00	1894.21
11/06/2015	05:30:00	1914.279
11/06/2015	06:00:00	1935.774
11/06/2015	06:30:00	1960.328
11/06/2015	07:00:00	1990.541
11/06/2015	07:30:00	2027.555
11/06/2015	08:00:00	2065.974
11/06/2015	08:30:00	2106.664
11/06/2015	09:00:00	2150.315
11/06/2015	09:30:00	2195.862
11/06/2015	10:00:00	2240.574
11/06/2015	10:30:00	2286.878
11/06/2015	11:00:00	2332.868
11/06/2015	11:30:00	2334.387
11/06/2015	12:00:00	2345.008
11/06/2015	12:30:00	2357.054
11/06/2015	13:00:00	2365.953
11/06/2015	13:30:00	2371.953
11/06/2015	14:00:00	2373.462

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Medición de iluminancia (Recursos Educativos)**

EDIFICIO: RECURSOS EDUCATIVOS				
MEDICIÓN: ILUMINANCIA				
Número medición	Fecha	Hora	Nivel	Lux
1	14/07/2015	10:30	2	227
2	14/07/2015	10:31	2	188
3	14/07/2015	10:32	2	119
4	14/07/2015	10:33	2	194
5	14/07/2015	10:34	2	196
6	14/07/2015	10:35	2	150
7	14/07/2015	10:36	2	210
8	14/07/2015	10:37	2	194
9	14/07/2015	10:38	2	245
10	14/07/2015	10:39	2	221
11	14/07/2015	10:40	2	233
12	14/07/2015	10:41	2	301
13	14/07/2015	10:42	2	190
14	14/07/2015	10:43	2	197
15	14/07/2015	10:44	2	82
16	14/07/2015	10:45	2	218
17	14/07/2015	10:46	2	131
18	14/07/2015	10:47	2	210
19	14/07/2015	10:48	2	280
20	14/07/2015	10:55	3	236
21	14/07/2015	10:56	3	263
22	14/07/2015	10:57	3	215
23	14/07/2015	10:58	3	228
24	14/07/2015	10:59	3	215
25	14/07/2015	11:00	3	210
26	14/07/2015	11:01	3	170
27	14/07/2015	11:02	3	226
28	14/07/2015	11:03	3	254
29	14/07/2015	11:12	4	185
30	14/07/2015	11:13	4	180
31	14/07/2015	11:14	4	123
32	14/07/2015	11:15	4	140
33	14/07/2015	11:16	4	260
34	14/07/2015	11:17	4	335
35	14/07/2015	11:18	4	215
36	14/07/2015	11:19	4	217
37	14/07/2015	11:20	4	98
38	14/07/2015	11:21	4	170
39	14/07/2015	11:22	4	187
			Promedio	202.8

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Medición de iluminancia (Laboratorio Farmacia)**

EDIFICIO: LABORATORIO FARMACIA				
MEDICIÓN: ILUMINANCIA				
Número medición	Fecha	Hora	Nivel	Lux
1	14/07/2015	11:48	1	115
2	14/07/2015	11:49	1	229
3	14/07/2015	11:50	1	169
4	14/07/2015	11:51	1	898
5	14/07/2015	11:52	1	131
6	14/07/2015	11:53	1	129
7	14/07/2015	11:54	1	128
8	14/07/2015	11:55	1	133
9	14/07/2015	11:56	2	120
10	14/07/2015	11:57	2	233
11	14/07/2015	11:58	2	180
12	14/07/2015	11:59	2	830
13	14/07/2015	12:00	2	129
14	14/07/2015	12:01	2	134
15	14/07/2015	12:02	2	114
16	14/07/2015	12:03	2	198
			Promedio	241.8

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Proyecto piloto de eficiencia energética realizado en la Facultad de Ingeniería

El proyecto piloto implementado a finales del año 2011, se enfocó en la sustitución de lámparas y balastos más eficientes en el sistema de iluminación; sin embargo, no se presenta una evaluación técnica o una auditoría energética preliminar que justificara las acciones en el sistema de iluminación.

Tabla XXIII. Información del proyecto piloto

Nombre:	Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección:	Ciudad Universitaria
Facturación de Electricidad:	Usuario Regulado
	Distribuidora: EEGSA
	Tarifa: Media Tensión de Demanda fuera de punta
	Demanda Máxima: 136.0 kW
	Demanda Contratada: 290.00 kW
	Consumo Promedio Mensual: 44,828 kWh
	Importe Promedio mensual: Q 66,204.70
	Horario de operación: Lu-Sa de 07:00 a 21:00 horas
Actividad principal:	Actividades docentes y administrativas de las escuelas de la Facultad de Ingeniería
Descripción del proyecto:	Suministro, sustitución e instalación de 4190 lámparas (tubos) de 1x32 W T8 y 1491 balastos; los equipos constituyen la iluminación interna de los Edificios T1, T3, T4, T5 y T7 de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el Campus Central ubicado en la Zona 12
Instalaciones anteriores al proyecto:	604 balastos 4x40W T12, 887 balastos 2x40W T12, 4190 tubos de 1x40W T12 (6,500k).
Implementación del proyecto:	604 balastos de 4x32W T8 (bajo THD 120 Vmin), 887 balastos de 2x32W T8 (bajo THD 120 Vmin), 4190 tubos de 1x32W T8 (6,500k).

Fuente: CNEE, 2012.

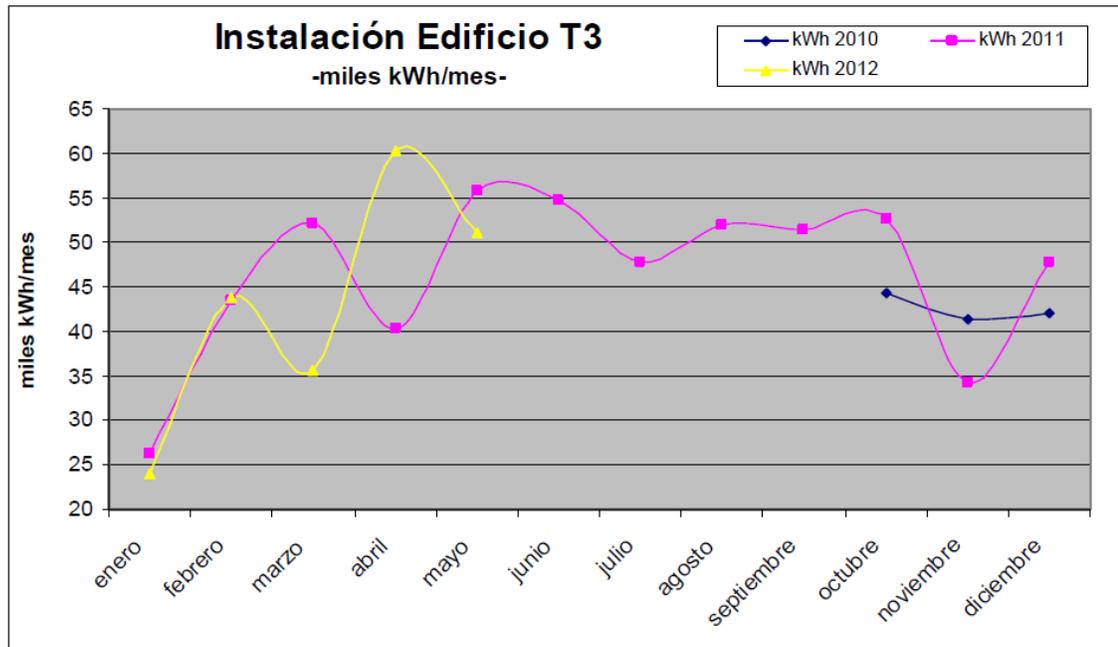
El proyecto piloto realiza una sustitución en el sistema de iluminación por tecnología más eficiente, implementando 604 balastos de 4x32W T8 (bajo THD 120 Vmin), 887 balastos de 2x32W T8 (bajo THD 120 Vmin), 4190 tubos de 1X32W T8 (6,500k).

Tabla XXIV. Ahorros esperados del proyecto piloto

Proyecto	Ahorros Esperados			Inversión	Tiempo Recuperación en meses
	kWh/mes	kW/mes	Q/mes		
Sustitución de iluminación edificios	70,910	46.4	Q103,968.52	Q231,372.24	2.39
El ahorro mensual estimado de la sustitución de los equipos de iluminación es de Q103,968.52					

Fuente: CNEE, 2012.

Figura 9. Comportamiento del consumo de energía eléctrica Edificio T-3



Fuente: CNEE, 2012.

3.3. Fase 3: línea base e indicadores energéticos

3.3.1. Línea base de energía

Se debe establecer una línea de base energética anual utilizando la información de la revisión energética inicial y considerando la proyección de un escenario futuro (año 2020).

Es importante también establecer la línea base energética mensual, para conocer el comportamiento del consumo de energía a lo largo del ciclo académico, lo cual permitirá identificar los meses con mayor demanda energética.

Las líneas de base se han diseñado en función de los datos obtenidos de la revisión energética y un modelo matemático elaborado en Microsoft Excel, con un nivel de confianza del 95 % y un máximo de dos variables. El modelo matemático reflejará el consumo BAU (Business as Usual) si no se realiza ninguna modificación en las instalaciones de los edificios de la universidad y el consumo previsto, una vez implementado el Sistema de Gestión de la Energía, el cual tiene como objetivo reducir un 30 % el consumo energético del consumo de energía de la universidad. La línea base energética debe mantenerse y registrarse, a lo largo del período establecido, las variables de la línea base son:

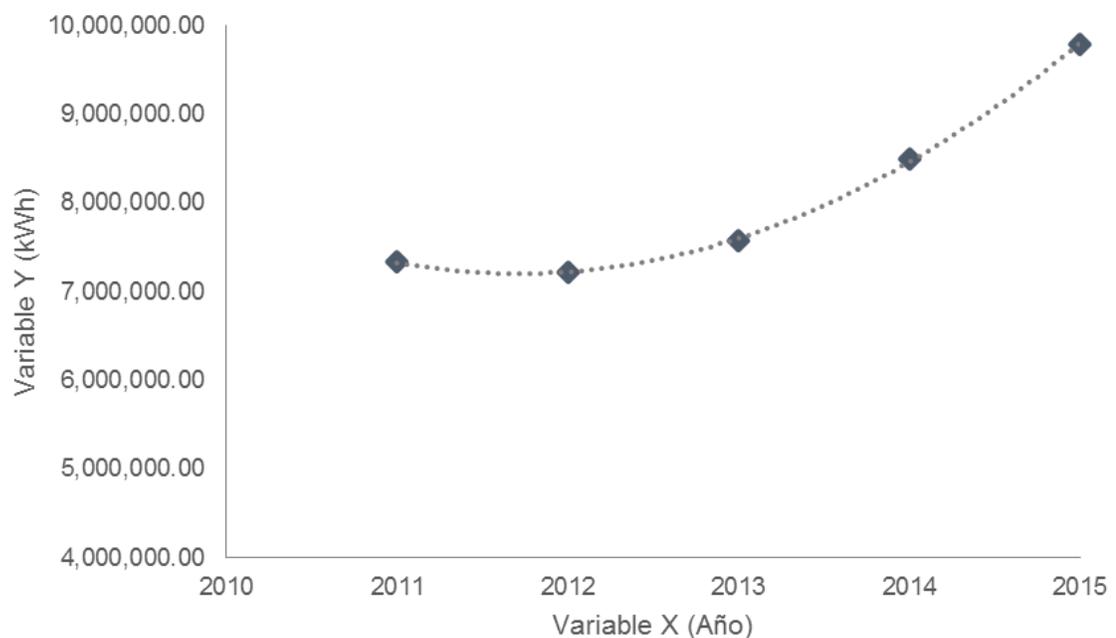
Tabla XXV. **Variables de línea base energía**

Variable	Descripción
Variable independiente (X)	Año / Mes
Variable dependiente (Y)	Consumo de energía (kWh)

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta la línea base energética anual de referencia, en el periodo del año 2011 al 2015, el modelo de la línea base de energía anual no contempla el año 2010, debido a que dicho año tiene un comportamiento energético irregular, ya que la universidad estuvo cerrada por varios meses. La correlación de los datos es bastante alta (0.99), debido a que el consumo energético ha aumentado de manera constante durante los últimos años.

Figura 10. **Línea base de energía anual (2011-2015)**

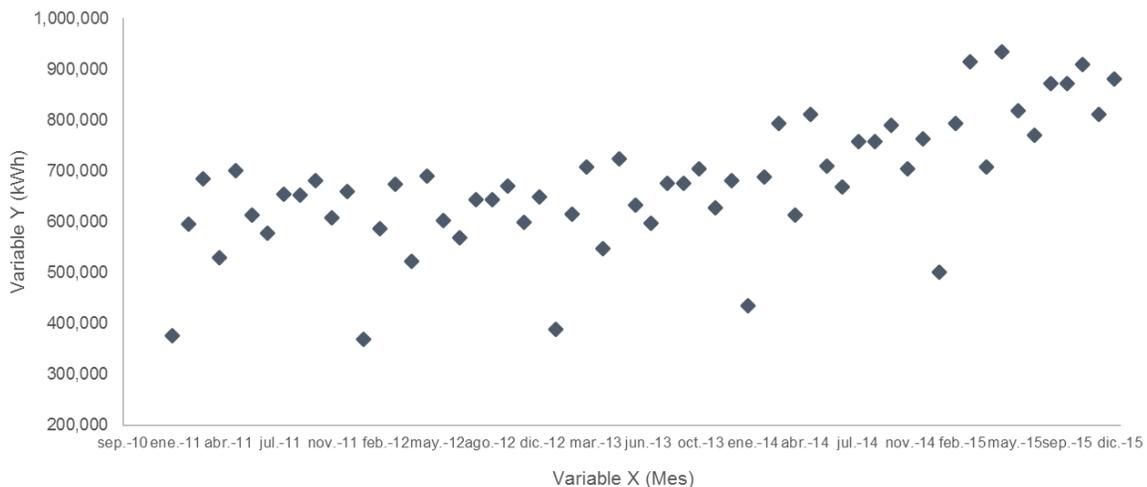


Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
$Y=240592x^2 - 1E+09x + 1E+12$	0.99	±0.05	[2011,2015]

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se presenta la línea base energética mensual de referencia, en el período del año 2011 al 2015, la dispersión de datos en el modelo refleja el consumo de energía eléctrica de cada mes. La correlación de los datos es de 0.55, debido a que el consumo energético es variable en cada mes del año, sin embargo, se puede observar que el comportamiento anual se mantiene, ya que en todos los años el mes de enero es el de menor consumo energético y el mes de mayo es el mes con mayor demanda energética.

Figura 11. **Línea base de energía mensual (2011-2015)**

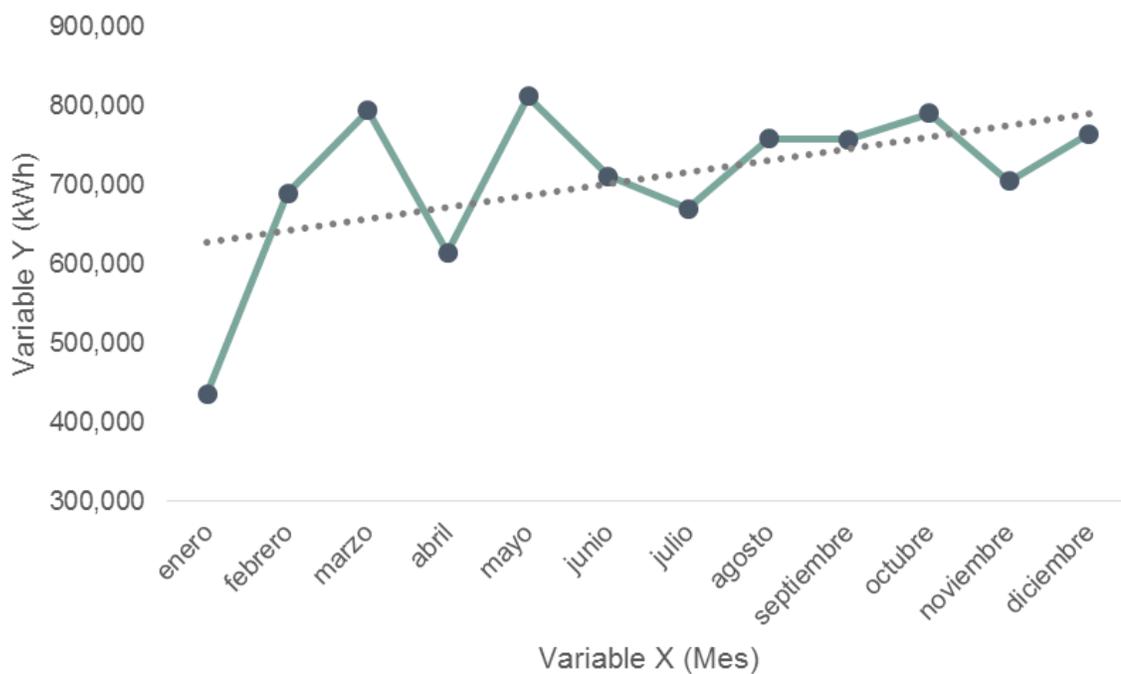


Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
$Y=0,0001x^3 - 14,056x^2 + 577237x - 8E+09$	0.55	± 0.05	[enero 2011, diciembre 2015]

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura se visualiza con mayor detalle el comportamiento del consumo energético a lo largo del año, la dispersión de datos en el modelo refleja el consumo de energía eléctrica de cada mes. La correlación de los datos es bastante baja (0.26), debido a que el consumo energético es variable en cada mes del año y como se puede observar hay meses que están muy lejos a la línea de tendencia del modelo.

Figura 12. **Línea base de energía mensual (2014)**



Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
$Y=14820x + 611675$	0.26	± 0.05	[2014]

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Diseño de indicadores de desempeño energético (IDEns)

La universidad debe contar con los IDEns apropiados para realizar el seguimiento y la medición de su desempeño energético. Los IDEns deben documentarse y revisarse periódicamente. Para el SGEEn se determinaron los siguientes indicadores de rendimiento energético:

Tabla XXVI. **Indicadores de desempeño energético**

Indicador	Unidad
Consumo de energía por unidad de tiempo	kWh
Intensidad energética per cápita	MWh/estudiante
Intensidad energética por Unidad Académica	MWh/Unidad Académica
Intensidad energética por área de ocupación	MWh/m ²
Intensidad lumínica (iluminancia)	lumen/m ²

Fuente: elaboración propia.

Deben realizarse ajustes cuando se den una o más de las siguientes situaciones:

- Los IDEns ya no reflejan el uso y el consumo de energía de la organización.
- Se hayan realizado cambios importantes en los procesos, patrones de operación, o sistemas de energía.
- Así lo establezca un método predeterminado.

3.4. Fase 4: indicadores ambientales

3.4.1. Cálculo de emisiones asociadas al consumo de energía

Se han calculado las emisiones de CO₂ asociadas al consumo energético, con base al factor de emisiones para Latinoamérica determinado por el IPCC.

Tabla XXVII. Indicadores ambientales

Indicador	Unidad
Intensidad de dióxido de carbono por energía eléctrica	Ton CO ₂ /kWh
Intensidad de dióxido de carbono por Unidad Académica	Ton CO ₂ /Unidad Académica

Fuente: elaboración propia.

3.5. Fase 5: diseño del SGE y lineamientos de la Política Energética

3.5.1. Objetivos y metas del SGE

La universidad ha establecido ciertos objetivos y metas energéticas, contenidos en la Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala, aprobada por el Consejo Superior Universitario en sesión celebrada el 30 de julio de 2014 (Punto Sexto, Inciso 6.2, Acta 13-2014).

La Política Ambiental, en el numeral 5.5.2, denominado “Eficiencia en el uso de la energía”, determina acciones concretas para buscar la optimización y eficiencia energética en las instalaciones universitarias.

Los objetivos y metas deben ser coherentes con la Política Ambiental. Las metas deben ser coherentes con los objetivos. Se debe tener en cuenta los requisitos legales y otros requisitos, los usos significativos de la energía y las oportunidades de mejora del desempeño energético, tal y como se identifican en la revisión energética. También debe considerar sus condiciones financieras, operacionales y comerciales así como las opciones tecnológicas y las opiniones de las partes interesadas.

Tabla XXVIII. **Objetivos y metas del SGen-USAC**

Objetivo	Meta	Responsable/s	Plazo
Promover el desarrollo sostenible en la Universidad de San Carlos.	Realizar una gestión eficiente de la energía, mediante la implementación del SGen. Establecer la Política Energética Universitaria.	CSU, DIGA y CGP.	2 años.
Reducir un 30% el consumo de energía eléctrica del Campus Central.	Desarrollar los Planes de Acción de eficiencia energética, establecidos en la Política Ambiental. Reducir las emisiones de GEI asociadas al consumo energético.	DIGA y CGP en coordinación con las unidades académicas y administrativas.	4-6 años.

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Planes, programas y proyectos establecidos en la Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala**

Política	Plan Estratégico	Programa	Proyecto	Responsable	Plazo
Eficiencia en el uso de la energía.	Hacer uso eficiente de la energía y buscar fuentes alternas que permitan sus mejores usos y aplicaciones.	Programa de certificación de eficiencia energética en cada edificio, infraestructura, jardines, parqueos y espacios abiertos de la USAC.	Proyecto para análisis del uso eficiente de la energía en los edificios de cada campus universitario. A partir del análisis, desarrollar proyectos piloto de edificios eficientes en el uso de la energía, que contemplen la inversión de uso de generación de energía eléctrica por medio de paneles solares y otras fuentes de energía renovable.	CGP, DIGA Y FI	L
			Proyecto de elaboración de manuales de especificaciones técnicas del tipo de accesorios eficientes en el uso de ahorro energético, que pueden ser adquiridos por la USAC, así como en el uso de energías limpias: solar y eólica.	CGP, DIGA, FARUSAC Y FI	C
			Proyecto para la elaboración de manuales de especificaciones técnicas del tipo de aires acondicionados que pueden ser adquiridos por la USAC, según el tipo de ambiente y materiales de muros y techos.	CGP, DIGA, Y FI	C

Continuación de la tabla XIX.

Política	Plan Estratégico	Programa	Proyecto	Responsable	Plazo
			Proyecto para el desarrollo de manuales para privilegiar el uso de energías pasivas, acorde con las características climáticas de cada región.	CGP, DIGA, FARUSAC Y FI	M
			Proyecto para la elaboración de normas orientadas a la conducta del personal académico y administrativo para la optimización del uso de la energía.	CGP, DIGA Y DAJ	M
			Proyecto de actualización de contadores de consumo eléctrico y su reordenamiento en la actividad comercial.	DIGA	M
			Proyecto de inversión en cambio de lámparas tradicionales a tecnología LED (light-emitting diode).	DIGA	M
			Proyecto de reordenamiento de la red eléctrica del campus central.	DIGA	M
			Proyecto para la renegociación de la contratación de potencia en el uso de energía eléctrica, para disminuir la paga de penalizaciones en el consumo mensual.	DIGA	M

Fuente: Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.5.2. Planes de acción del SGEEn

Los planes de acción del SGEEn se vinculan y armonizan con las acciones contenidas en los proyectos del Plan Estratégico “Uso eficiente de la energía y fuentes alternas que permitan sus mejores usos y aplicaciones” de la Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala (Tabla XIII), los planes de acción permitirán alcanzar los objetivos y metas, operativizando lo establecido en la Política Ambiental. Los planes de acción deberán documentarse y actualizarse a intervalos definidos por los autoridades responsables.

Figura 13. Planes de acción según ISO 50001:2011



Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. Plan estratégico de acción SGen

PLAN ESTRATÉGICO:					
GESTIÓN Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA					
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA					
Metas	Acciones	Evaluación del desempeño energético	Evaluación de resultados	Responsable	Plazo
Hacer uso eficiente de la energía en los edificios del campus universitario.	Desarrollar las auditorías energéticas en los edificios de: Ingeniería (T-3), Recursos Educativos (Biblioteca Central) y Ciencias Químicas y Farmacia (Laboratorio); ya que son lo edificios con mayor consumo de energía.	kWh ahorrado por edificio	Cantidad de edificios eficientes	CGP, DIGA Y FI	L
	Implementar proyectos piloto de edificios eficientes en el uso de la energía, incluyendo las medidas de eficiencia energética recomendadas en las auditorías energéticas.				
	Realizar los estudios de prefactibilidad para la inversión en generación de energía eléctrica por medio de energías renovables (energía solar y otras).				
	Automatizar el control y monitoreo del consumo energético de los edificios.				
Reducir el consumo energético de los sistemas exteriores de iluminación y alumbrado público.	Desarrollar un diagnóstico energético en los principales sistemas de iluminación exterior y alumbrado público.	kWh ahorrado en iluminación exterior	% de cobertura de los sistemas eficientes de iluminación	DIGA	M
	Realizar los estudios de prefactibilidad para la inversión en sistemas exteriores de iluminación eficiente (vapor de sodio de alta presión, LED y otras).				
	Automatizar el control y monitoreo del consumo energético de la iluminación exterior.				

Continuación de la tabla XXX.

Metas	Acciones	Evaluación del desempeño energético	Evaluación de resultados	Responsable	Plazo
Promover el uso de tecnologías para la eficiencia energética.	Elaborar las normas técnicas para el uso de tecnologías eficientes y limpias en el campus universitario.	kWh ahorrado con tecnología eficiente kWh ahorrado en climatización	Potencia instalada en sistemas y equipos eficientes	CGP, DIGA, FARUSAC Y FI	C
	Elaborar la normas técnica para regular la climatización en los edificios del campus, así como establecer los sistemas y equipos de climatización que pueden ser adquiridos por la USAC.				
Promover medidas para el ahorro energético	Elaborar un manual de normas orientadas a la conducta de la población estudiantil y personal académico administrativo, para la optimización del uso de la energía.	kWh per capita	% de población capacitada	CGP, DIGA Y DAJ	M
Optimizar las condiciones técnicas y económicas del suministro de energía eléctrica.	Actualización y reordenamiento de los medidores de energía eléctrica.	Costo GtQ/kWh	Contrato de compra de potencia y energía	DIGA	M
	Reordenamiento de la red de distribución eléctrica del campus central.				
	Contratación y compra de potencia y energía como gran usuario, en el Mercado Mayorista.				

Fuente: elaboración propia.

3.5.3. Lineamientos de la Política Energética Universitaria

La política energética es un documento básico y esencial a la hora de implementar un SGE, ya que se trata del impulsor de la implementación y la mejora del mismo, así como del desempeño energético de la universidad dentro del alcance y los límites definidos. Puede ser una breve declaración para que los miembros de la universidad puedan entenderla fácilmente y aplicarla en sus actividades académicas y laborales.

El Consejo Superior Universitario (CSU) deberá definir una política apropiada a la naturaleza de la Política Ambiental y al uso y consumo de la energía, incluyendo un compromiso de mejora continua en el desempeño energético. La política debe garantizar el cumplimiento de los requisitos legales aplicables y otros requisitos que la universidad suscriba, relacionados con el uso y el consumo de la energía y la eficiencia energética.

Por otro lado, a través de la política, el CSU debe apoyar la adquisición de productos, tecnologías y servicios energéticamente eficientes, así como la transición a edificios eficientes, combinando los requisitos de la norma ISO 50001:2011 con los objetivos y criterios definidos por la propia universidad.

La política deberá ser, además, comunicada a todos los niveles de la universidad, con el fin de que todos los involucrados conozcan y comprendan la importancia de la correcta gestión de la energía en todas las actividades desarrolladas. De este modo, su difusión puede ser empleada como elemento propulsor para gestionar el comportamiento dentro del campus. La política energética será revisada periódicamente y actualizada si es necesario, en armonía con las políticas de la universidad.

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Línea base de energía, escenario SGen + BAU 2020

A continuación se presenta la línea base de energía al año 2020, con dos escenarios, uno implementando el SGen y otro escenario si no se realizan acciones y el consumo sigue “como de costumbre” (BAU).

Figura 14. Línea base de energía, escenario 2020



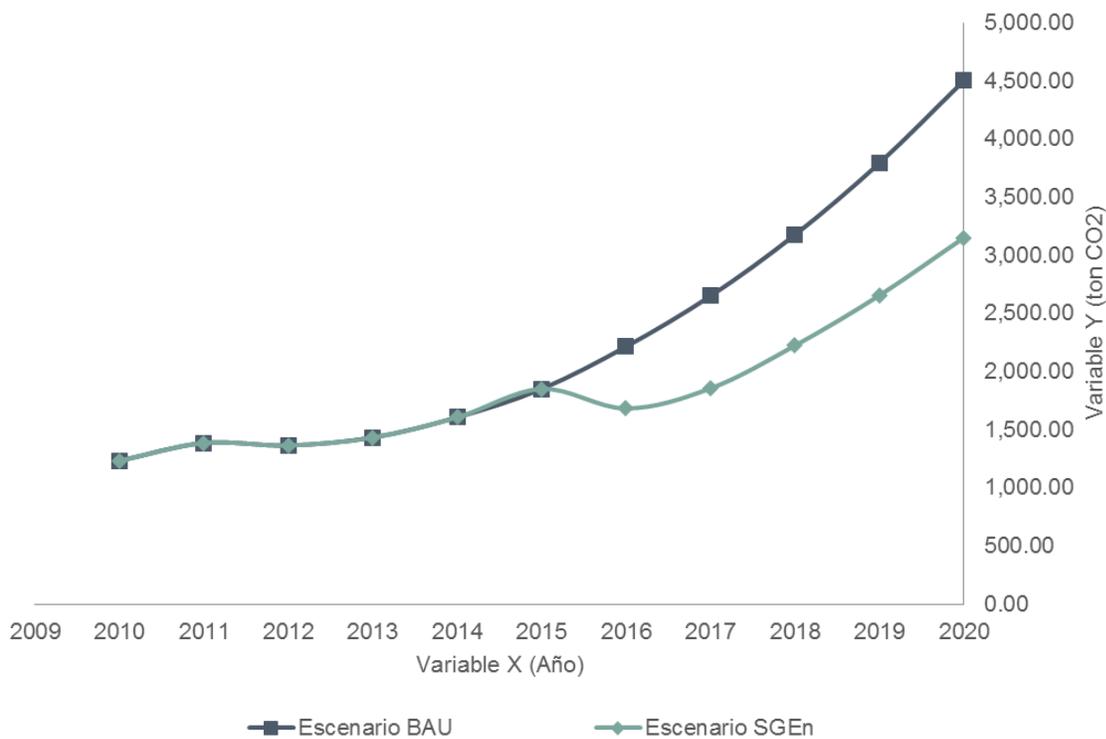
	Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
	$Y=9E-110e^{0.1326x}$	0.95	±0.05	[2010,2020]
	$Y= 20831x^3 - 1E+08x^2 + 3E+11x - 2E+14$	0.97	±0.05	[2010,2020]

Fuente: elaboración propia.

4.2. Línea base ambiental, escenario SGen + BAU 2020

A continuación se presenta la línea base ambiental al año 2020, con dos escenarios, uno implementando el SGen y otro escenario si no se realizan acciones y el consumo sigue “como de costumbre” (BAU).

Figura 15. Línea base ambiental, escenario 2020



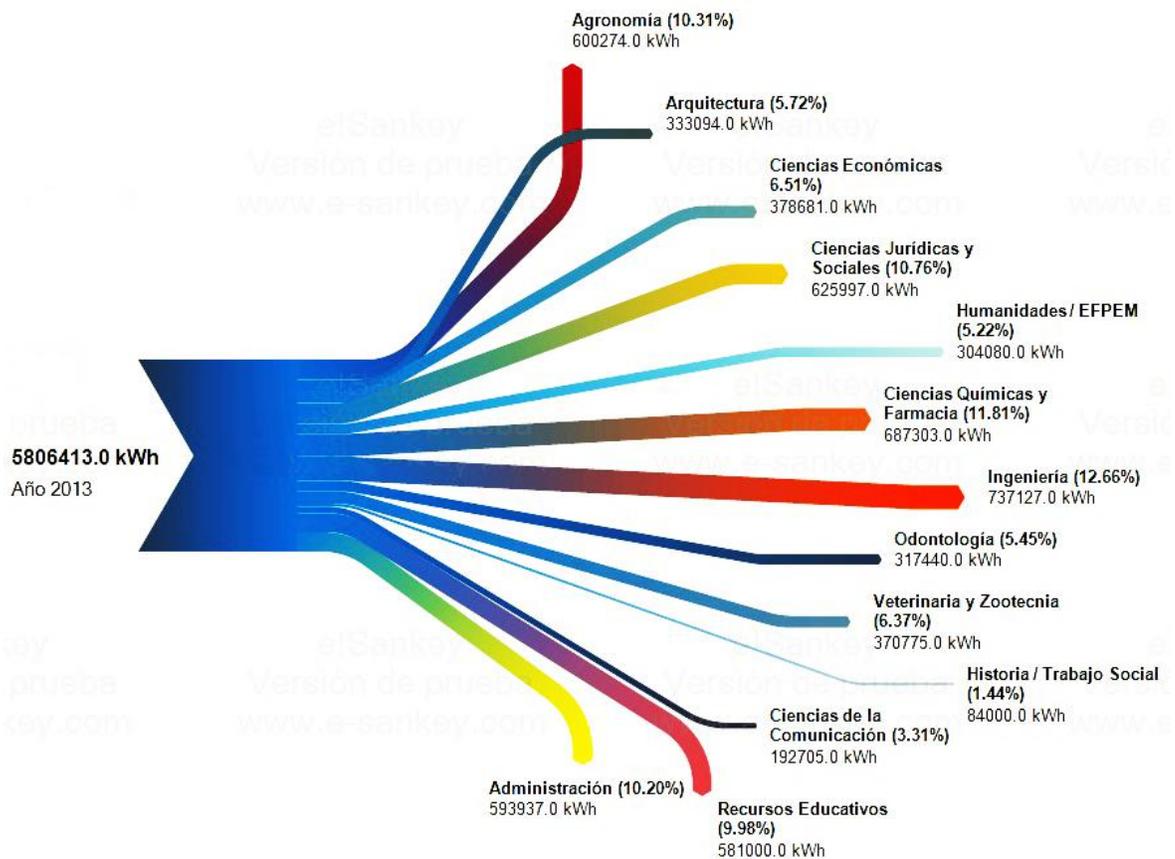
	Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
	$Y = 2E-113e^{0,1326x}$	0.95	±0.05	[2010,2020]
	$Y = 3,9371x^3 - 23778x^2 + 5E+07x - 3E+10$	0.97	±0.05	[2010,2020]

Fuente: elaboración propia.

4.3. Matriz energética del Campus Central de la USAC

La matriz energética presentada a continuación, mediante la herramienta Sankey, representa el consumo energético de cada Unidad Académica y dependencias administrativas, mostrando el porcentaje de cada una de ellas, permitiendo visualizar a las unidades con mayor consumo energético dentro del Campus Central.

Figura 16. Diagrama sankey consumo energético Campus Central USAC



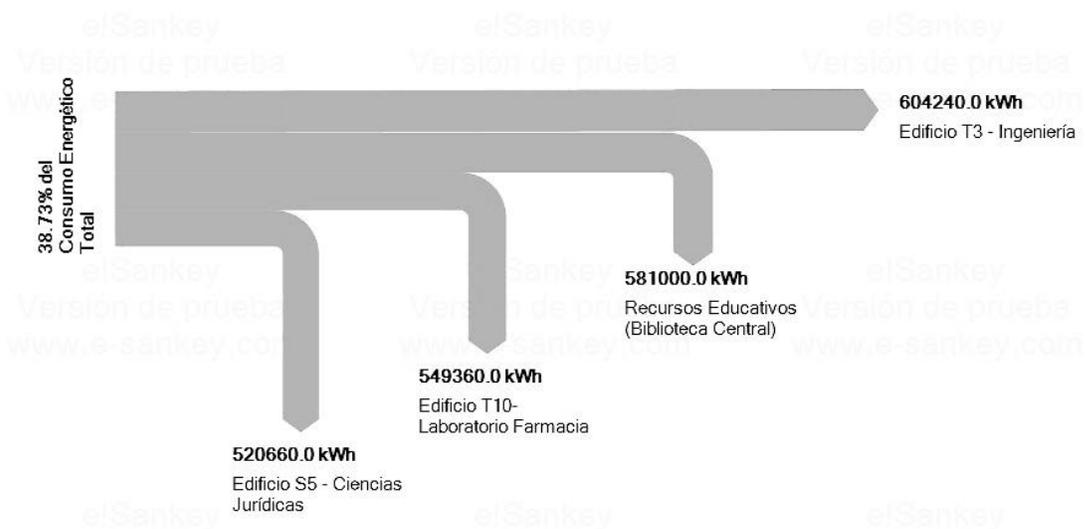
Fuente: elaboración propia.

4.4. Edificios con mayor consumo energético

La siguiente figura muestra los cinco edificios con mayor consumo energético dentro del Campus Central, como se puede observar el edificio con mayor consumo de energía es el edificio T-3 (Facultad de Ingeniería), seguido de Recursos Educativos, T-10 (Laboratorio de Farmacia) y S-5 (Ciencias Jurídicas).

Figura 17. Edificios con mayor consumo energético

Edificios con Mayor Consumo Energético (año 2013)

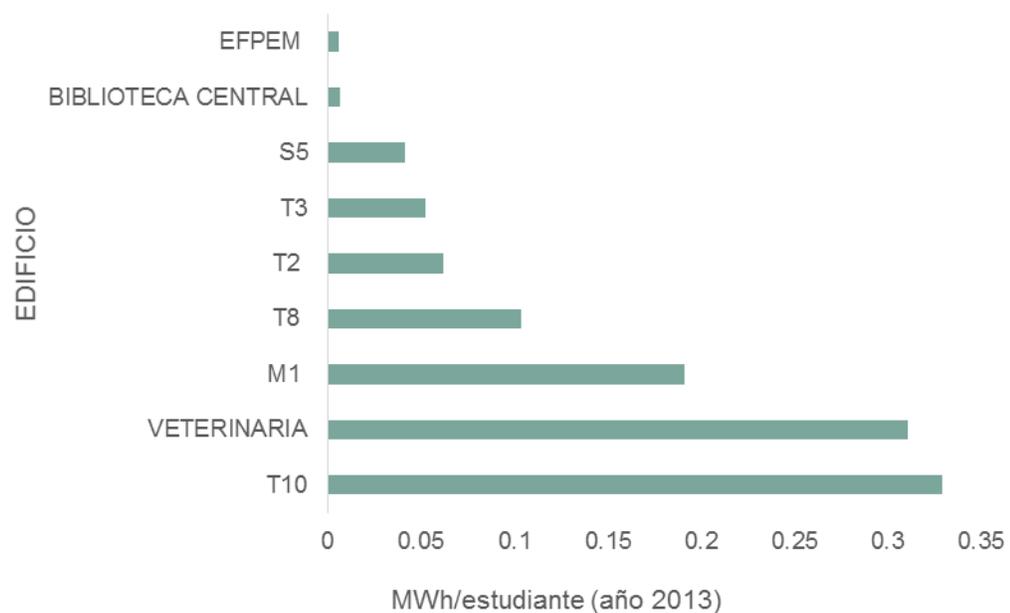


UNIDAD ACADÉMICA	EDIFICIO	Contador	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	%Consumo
			Consumo kWh	Consumo kWh	Consumo kWh	Consumo kWh	
INGENIERIA	T-3	H-13393	438,760	572,880	550,760	604,240	10.38
RECURSOS EDUCATIVOS	BIBLIOTECA CENTRAL	T-00411	493,080	590,520	558,600	581,000	9.98
CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA	T-10	K-22867	542,360	564,900	545,720	549,360	9.43
CIENCIAS JURIDICAS Y SOCIALES	S-5	J-38995	438,620	510,860	477,680	520,660	8.94

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta los edificios con mayor consumo energético per cápita anual del Campus Central, como se puede observar el edificio T-10 de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia representa el edificio con la mayor intensidad energética per cápita anual con 0.33 MWh/estudiante.

Figura 17-A. **Edificios con mayor consumo energético per cápita**

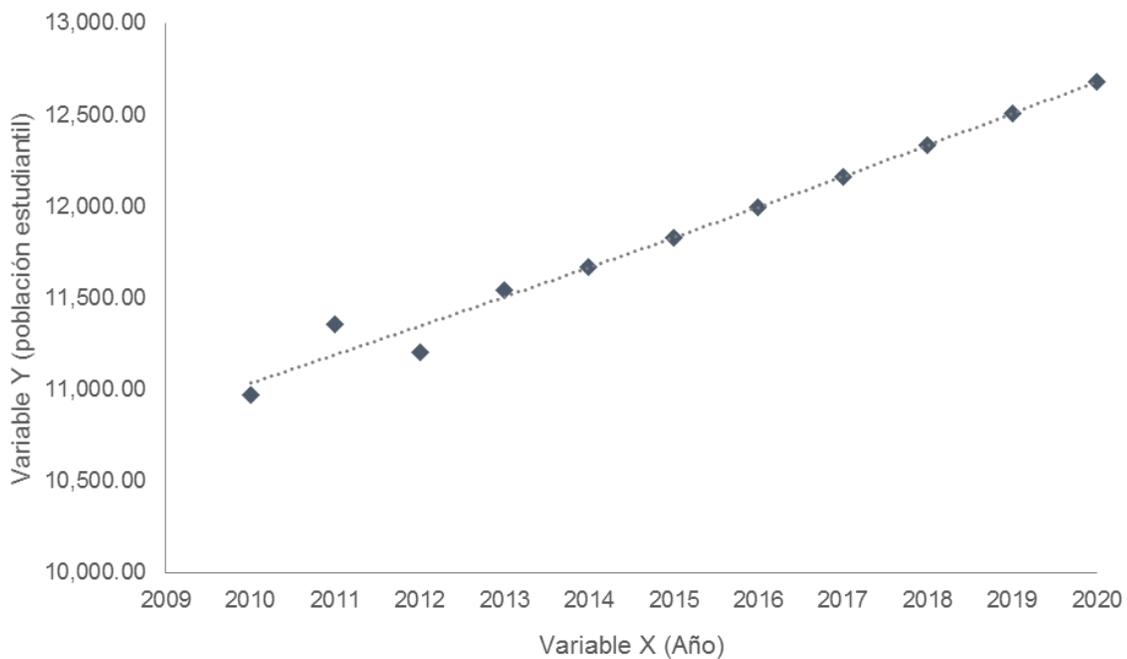


EDIFICIO	Contador	Consumo kWh 2013	Consumo MWh 2013	Población Estudiantil 2013	Intensidad per Cápita
T10	K-22867	549360.00	549.36	1667	0.33
VETERINARIA	K-64055	300987.00	300.987	967	0.31
M1	J-39247	222960.00	222.96	1164	0.19
T8	T-00174	155120.00	155.12	1492	0.10
T2	K-22910	187120.00	187.12	3029	0.06
T3	H-13393	604240.00	604.24	11544	0.05
S5	J-38995	520660.00	520.66	12506	0.04
BIBLIOTECA CENTRAL	T-00411	581000.00	581	87969	0.01
EFPEM	P-02055	174800.00	174.8	29559	0.01

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la siguiente figura, la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería sigue una tendencia en aumento, se ha realizado una proyección de la tendencia al año 2020 con una correlación de datos de 0.98, para evaluar posteriormente su vinculación con el consumo energético.

Figura 18. **Población estudiantil Facultad de Ingeniería**

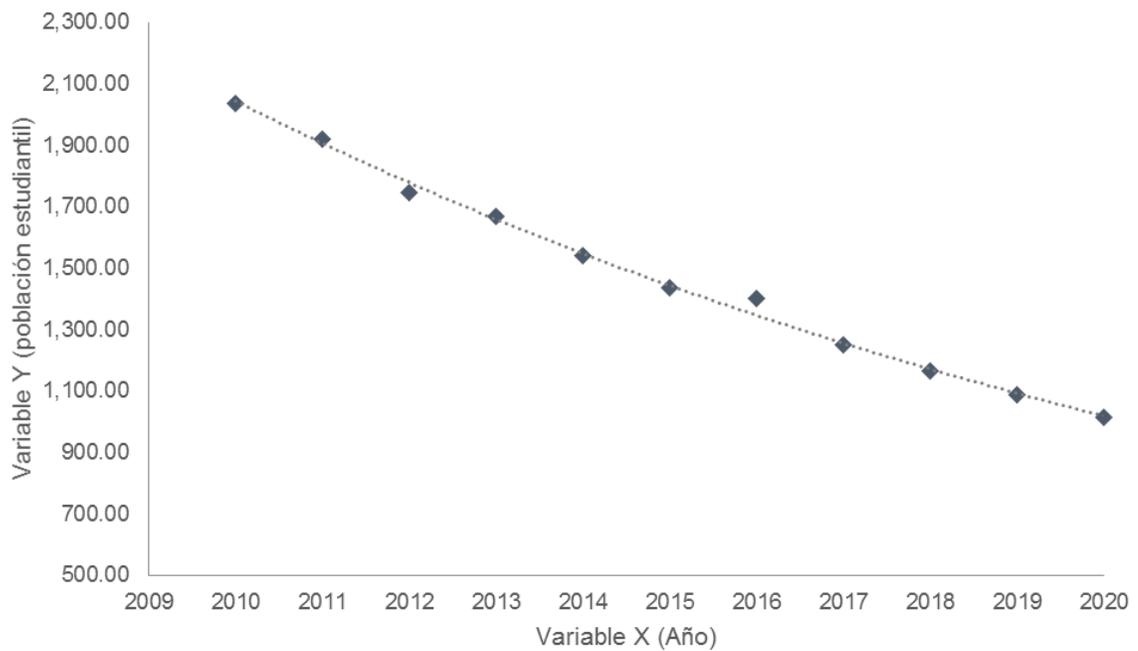


Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
$y = 8E-09e^{0.0139x}$	0.98	±0.05	[2010, 2020]

Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura, muestra la población estudiantil de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia sigue una tendencia en disminución, se ha realizado una proyección de la tendencia al año 2020 con una correlación de datos de 0.99, para evaluar posteriormente su vinculación con el consumo energético.

Figura 19. **Población estudiantil Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia**

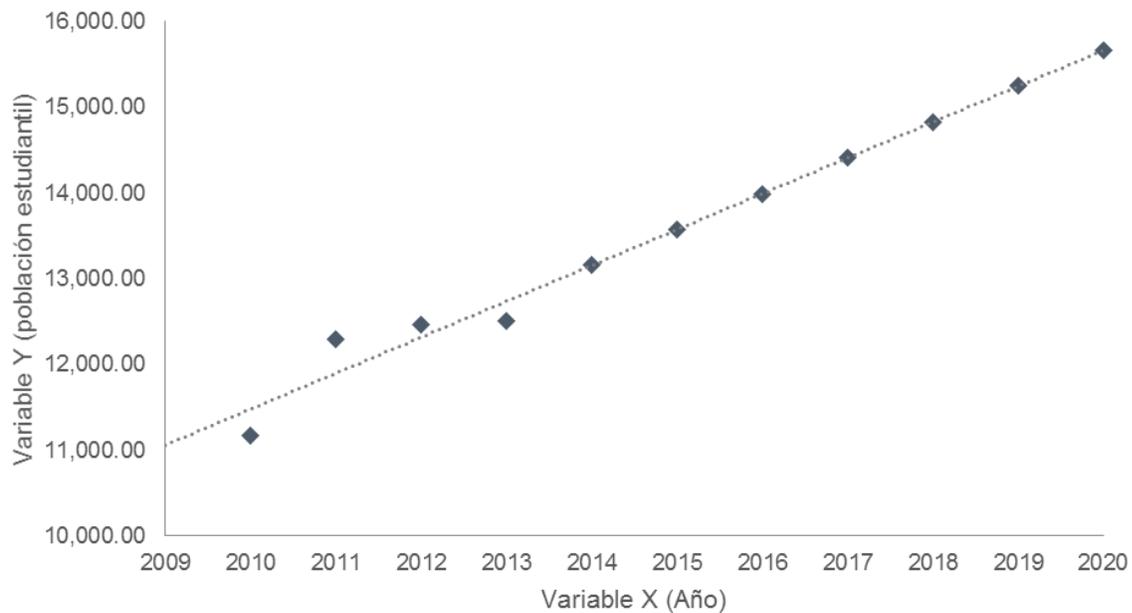


Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
$y = 1E+64e^{-0.07x}$	0.99	±0.05	[2010, 2020]

Fuente: elaboración propia.

A continuación en la siguiente figura, se muestra la población estudiantil de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, la cual sigue una tendencia en aumento, se ha realizado una proyección de la tendencia al año 2020 con una correlación de datos de 0.98, para evaluar posteriormente su vinculación con el consumo energético.

Figura 20. **Población estudiantil Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales**



Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
$y = 842273 \ln(x) - 6E+06$	0.98	± 0.05	[2010, 2020]

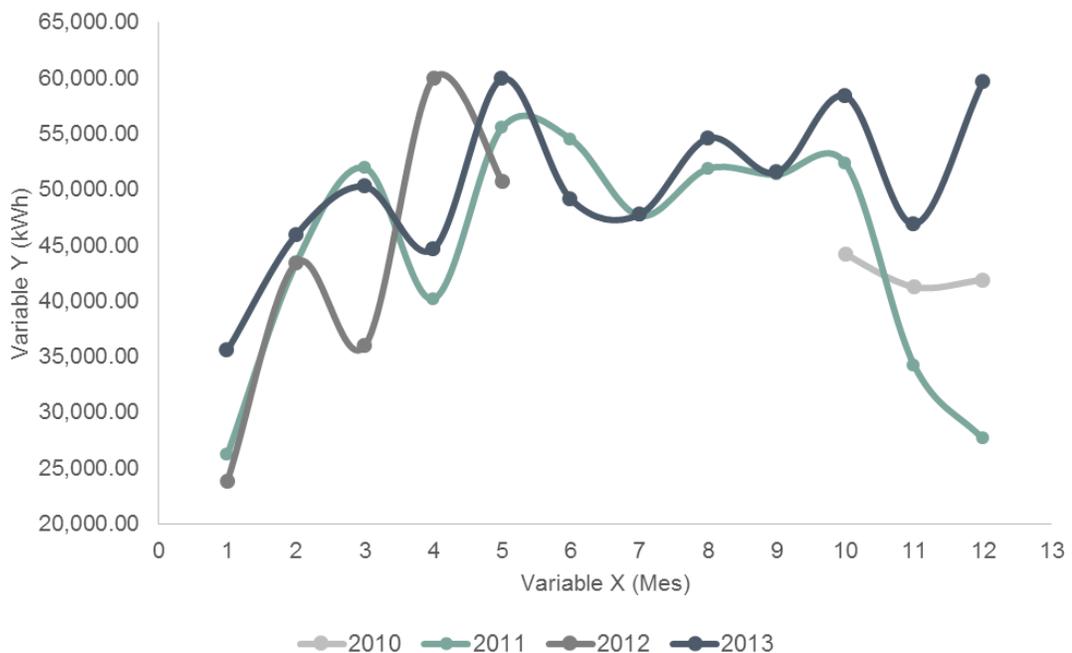
Fuente: elaboración propia.

4.5. Diagnósticos energéticos

Debido a que existe un estudio de eficiencia energética en la Facultad de Ingeniería, mediante un proyecto piloto y, por su naturaleza tecnológica, es una facultad en la que frecuentemente se realizan estudios y análisis de las diversas ramas de la ingeniería, se procedió a realizar los diagnósticos energéticos en el edificio de la Biblioteca Central (Recursos Educativos) y la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (edificio T-10). Para la Facultad de Ingeniería (edificio T-3), se ha realizado una comparación del consumo energético posterior al proyecto piloto, para evaluar el desempeño y resultados del proyecto.

4.5.1. Facultad de Ingeniería, Edificio T-3

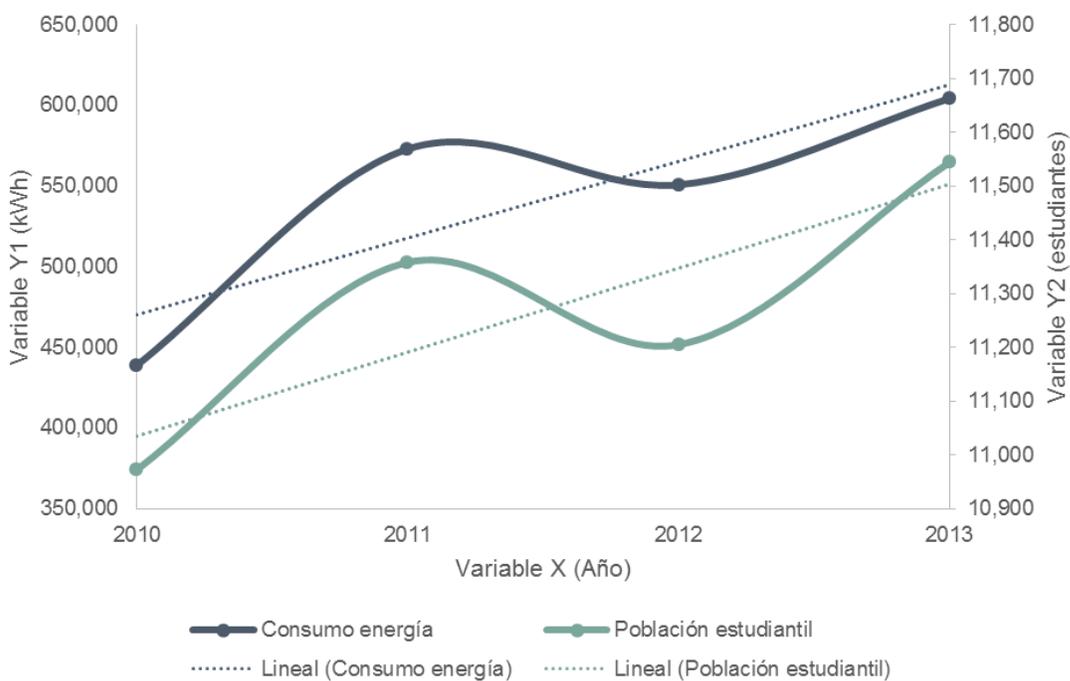
Figura 21. Comportamiento energético Edificio T-3, 2010-2013



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura, se muestra la población estudiantil de la Facultad de Ingeniería del año 2010 al 2013, y su consumo energético en el mismo período, como se puede observar las dos curvas siguen una tendencia similar.

Figura 22. **Consumo energético y población estudiantil Facultad de Ingeniería, 2010-2013**



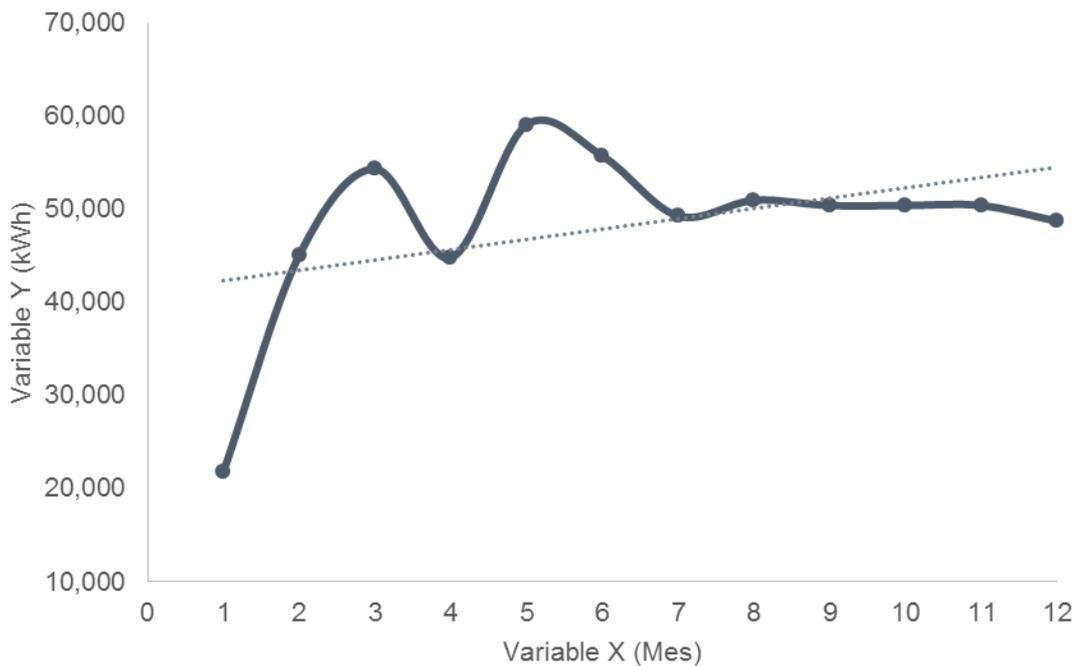
	Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
	$y = 47432x - 9E+07$	0.72	± 0.05	[2010-2013]
	$y = 156.3x - 303128$	0.69	± 0.05	[2010-2013]

Fuente: elaboración propia.

4.5.2. Recursos Educativos (Edificio Biblioteca Central)

A continuación se presenta el comportamiento energético a lo largo del año 2013 del edificio de Recursos Educativos (Biblioteca Central). Se observa el mes de enero con menor consumo y el mes de mayo con mayor consumo de energía eléctrica.

Figura 23. Comportamiento energético Recursos Educativos, 2013

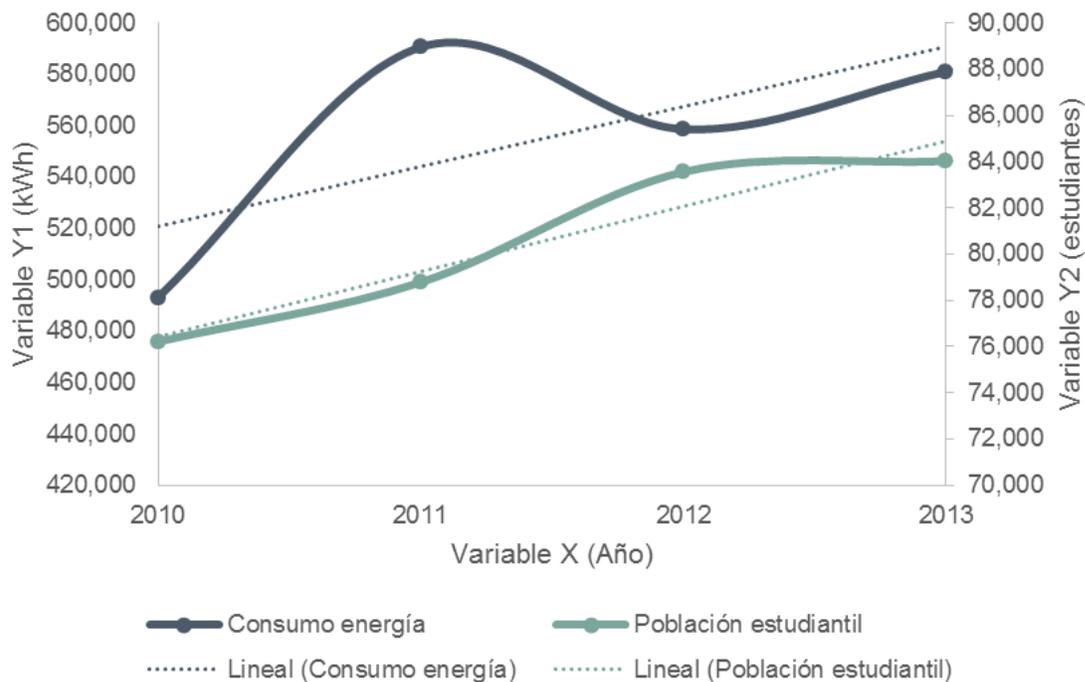


Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
$y = 1095.5x + 41296$	0.18	± 0.05	[Enero-Diciembre 2013]

Fuente: elaboración propia.

Para el análisis del edificio de Recursos Educativos, se tomó en cuenta la población de todas las Unidades del año 2010 al 2013, y el consumo energético del edificio en el mismo período.

Figura 24. **Consumo energético y población estudiantil Recursos Educativos, 2010-2013**

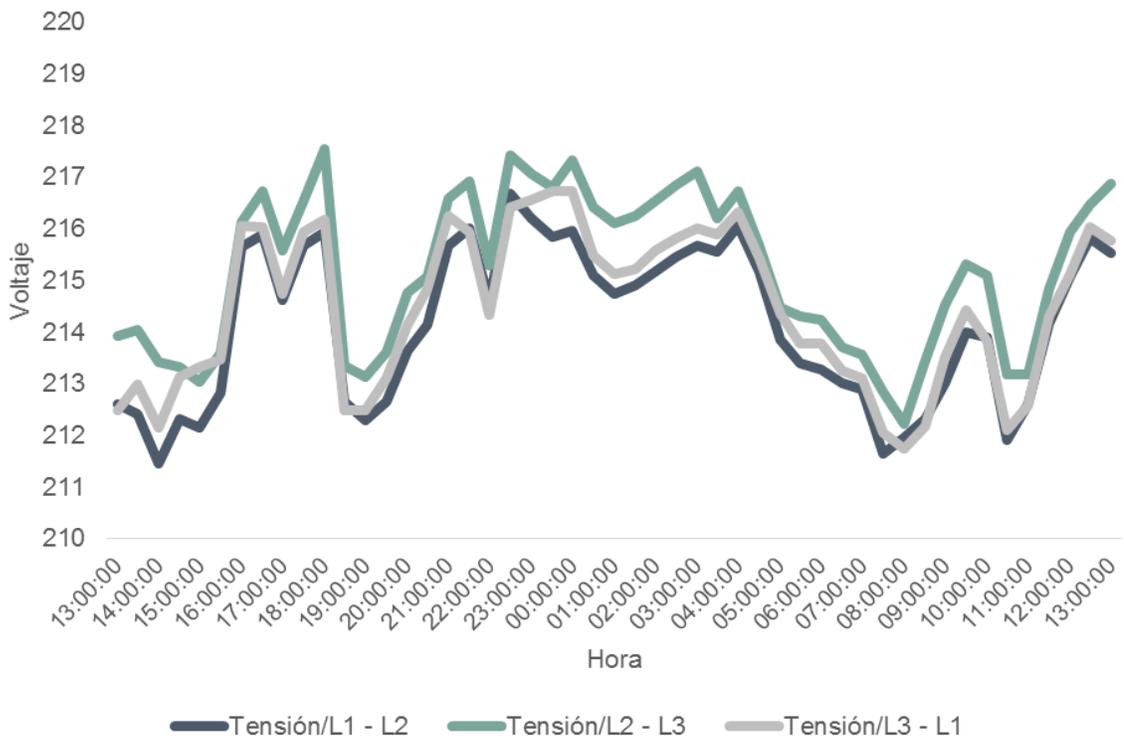


	Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
	$y = 23184x - 5E+07$	0.46	±0.05	[2010-2013]
	$y = 2817.9x - 6E+06$	0.92	±0.05	[2010-2013]

Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura presenta la medición técnica de voltaje, realizada durante la revisión energética del edificio de Recursos Educativos (Biblioteca Central). Parámetro medido: voltios.

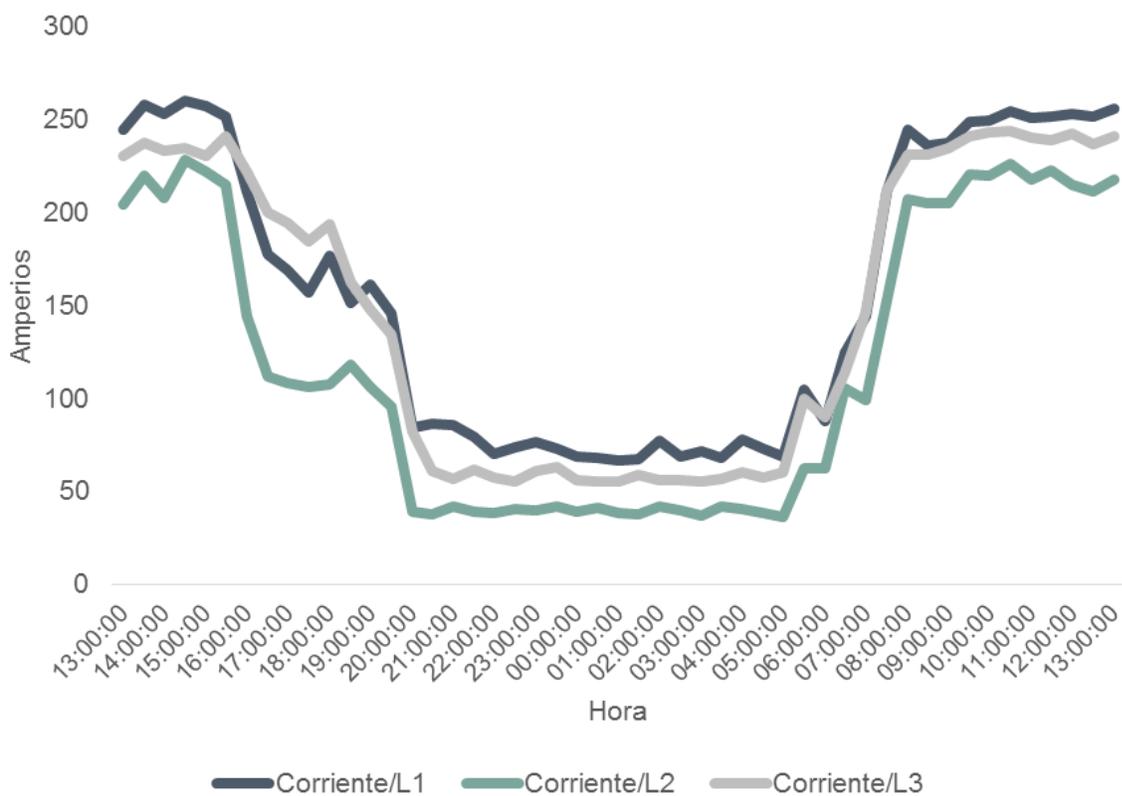
Figura 25. **Medición de voltaje Recursos Educativos, 2015**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura presenta la medición técnica de corriente, realizada durante la revisión energética del edificio de Recursos Educativos (Biblioteca Central). Parámetro medido: amperios.

Figura 26. **Medición de corriente Recursos Educativos, 2015**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura presenta la medición técnica de potencia activa, realizada durante la revisión energética del edificio de Recursos Educativos (Biblioteca Central). Parámetro medido: kW.

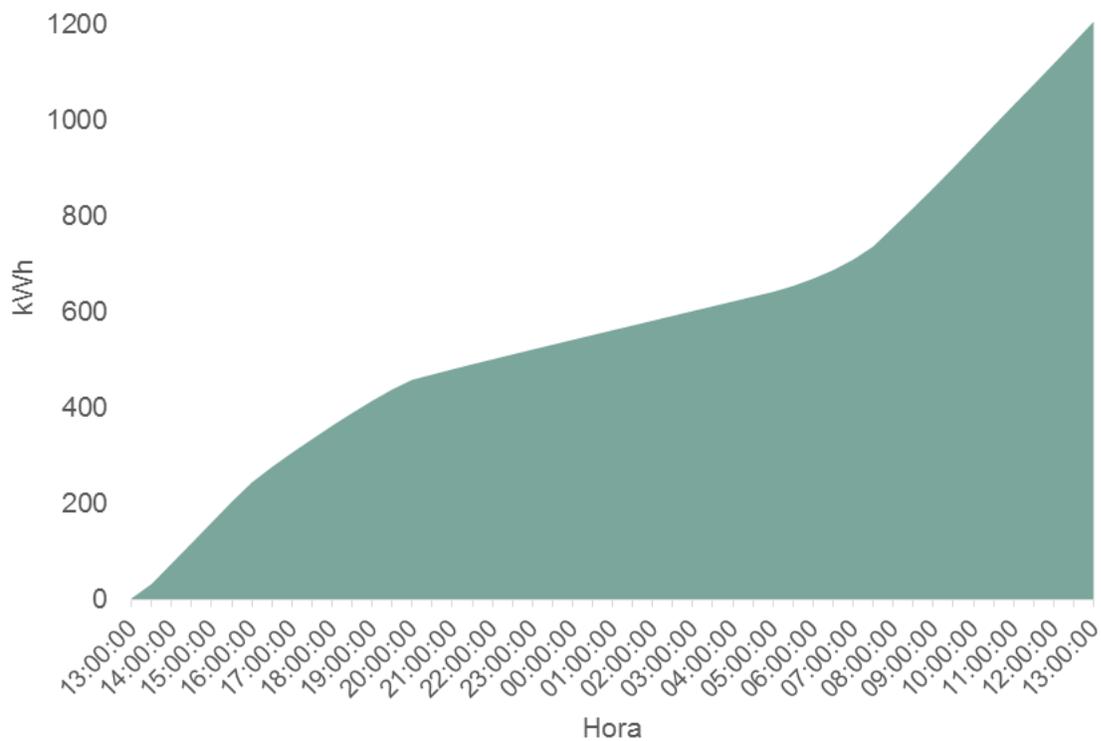
Figura 27. **Medición de potencia Recursos Educativos, 2015**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura presenta la medición técnica de energía, realizada durante la revisión energética del edificio de Recursos Educativos (Biblioteca Central). Parámetro medido: kWh.

Figura 28. **Medición de energía Recursos Educativos, 2015**

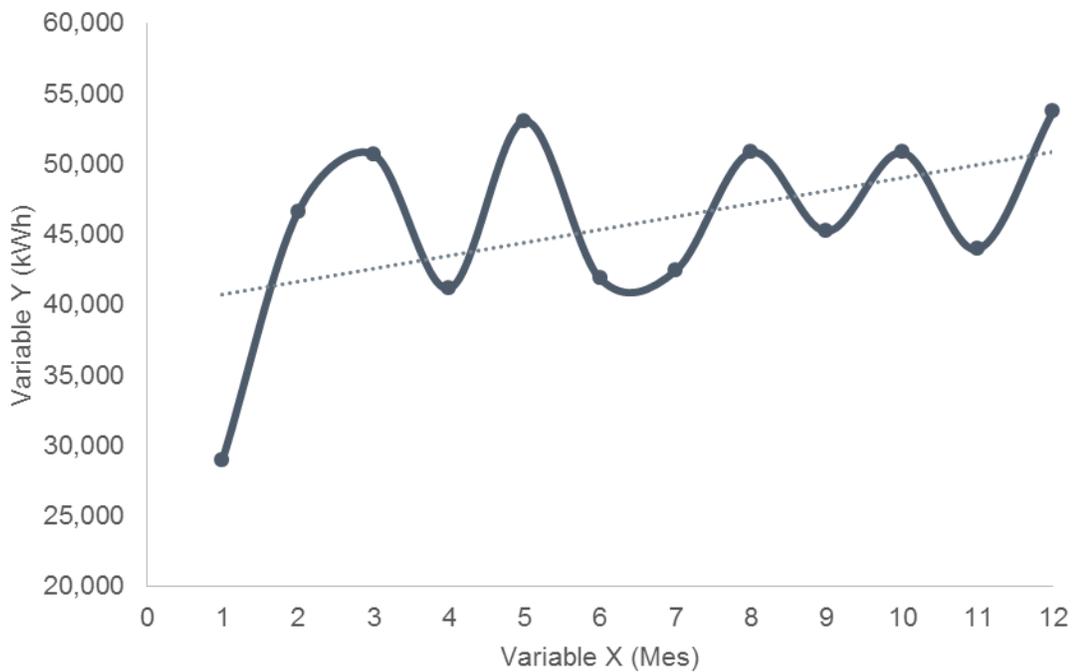


Fuente: elaboración propia.

4.5.3. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (Edificio T-10)

A continuación se presenta el comportamiento energético del año 2013 del edificio T-10 (Laboratorio de Farmacia). Se observa el mes de enero con menor consumo y los meses de mayo y diciembre, con mayor consumo de energía eléctrica.

Figura 29. Comportamiento energético Edificio T-10, 2013

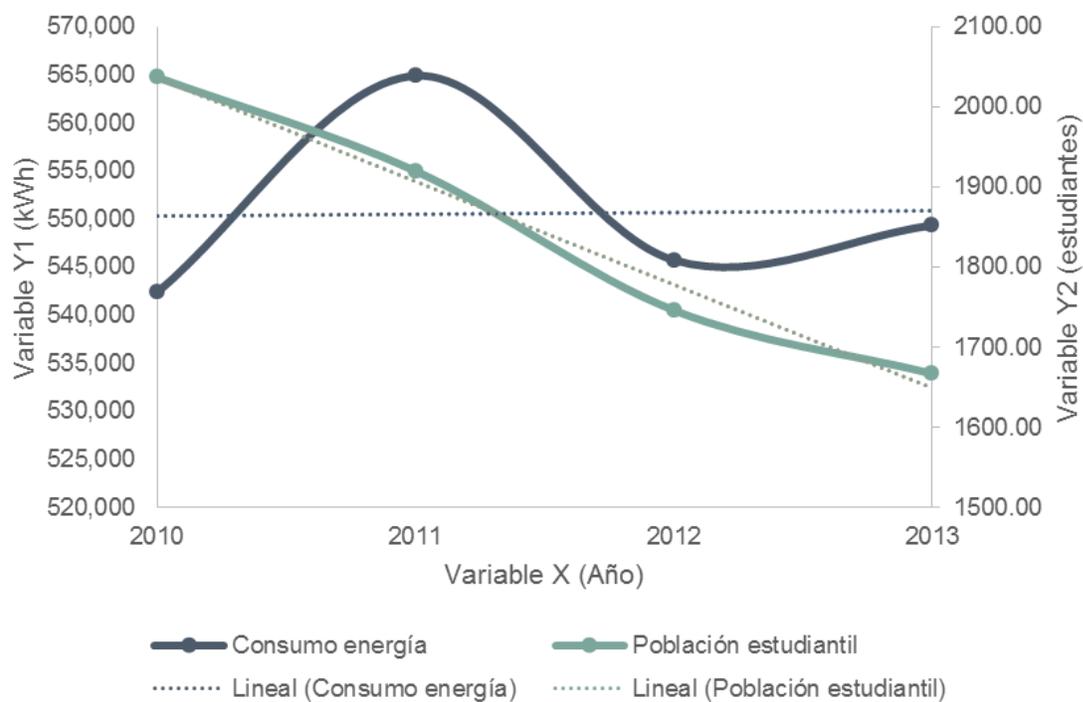


Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
$y = 922.24x + 39785$	0.23	± 0.05	[Enero-Diciembre 2013]

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura, se muestra la población estudiantil de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia del año 2010 al 2013, y su consumo energético en el mismo período, como se puede observar las dos curvas siguen una tendencia diferente, ya que la población estudiantil va en disminución.

Figura 30. **Consumo energético y población estudiantil Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 2010-2013**

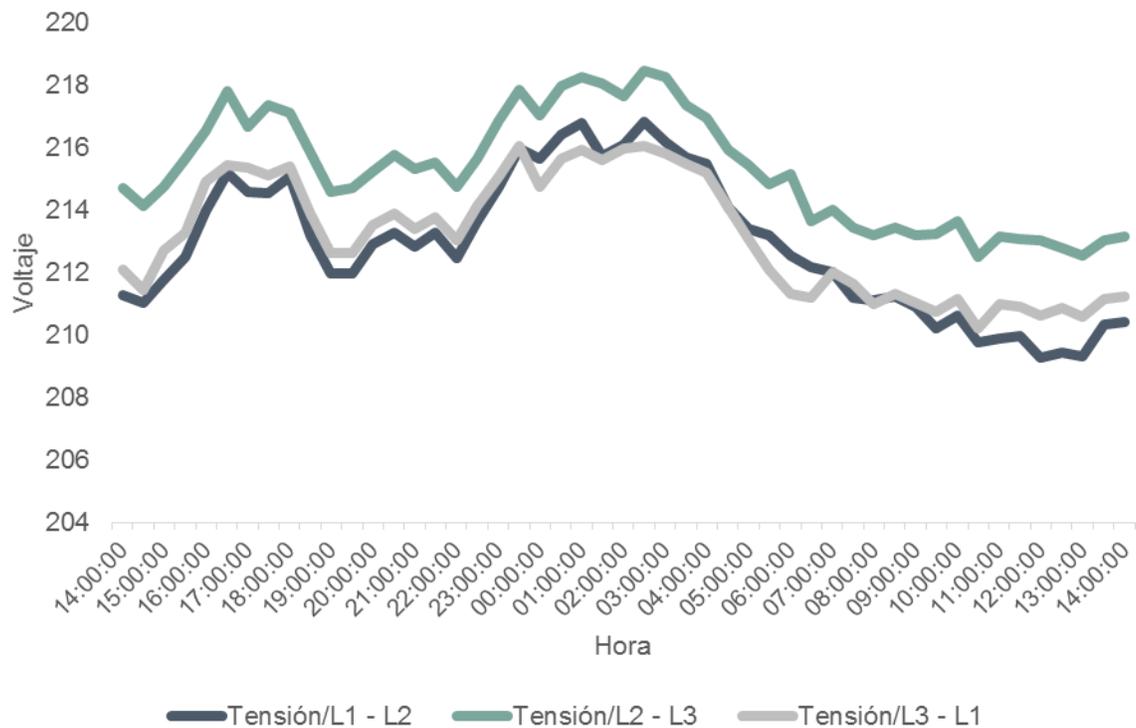


	Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
	$y = 182x + 184492$	0.00	±0.05	[2010-2013]
	$y = -128.4x + 260119$	0.98	±0.05	[2010-2013]

Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura presenta la medición técnica de voltaje, realizada durante la revisión energética del edificio T-10 (Laboratorio de Farmacia). Parámetro medido: voltios.

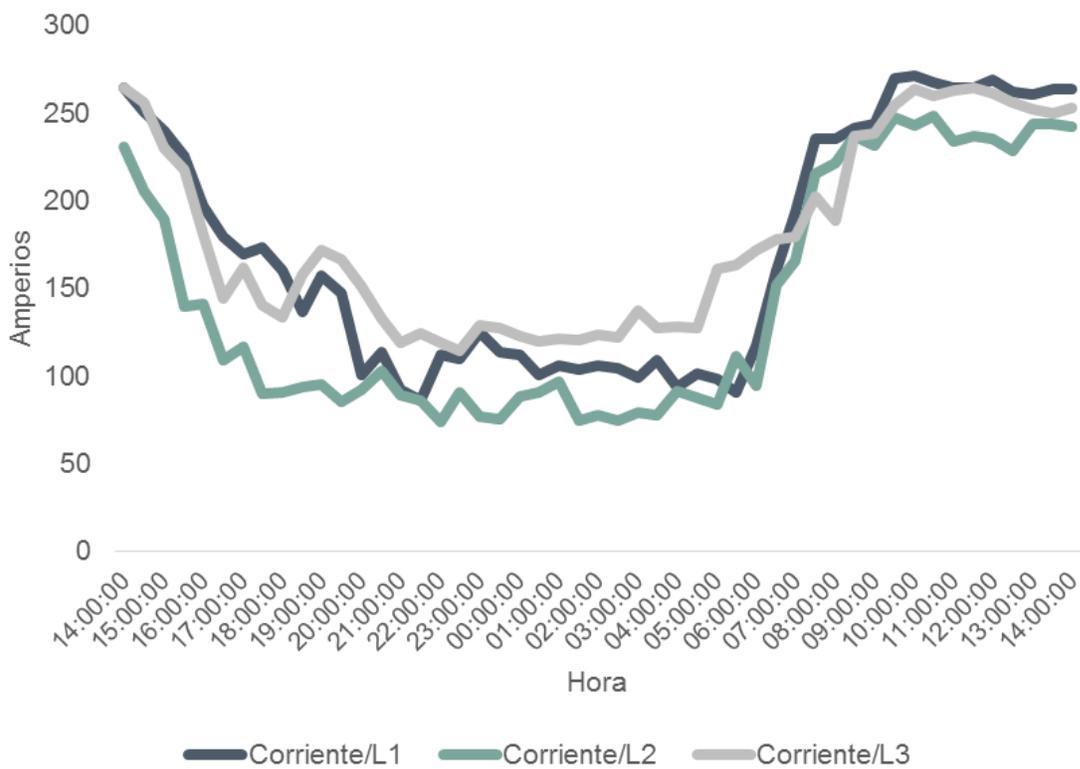
Figura 31. **Medición de voltaje Edificio T-10, 2015**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura presenta la medición técnica de corriente, realizada durante la revisión energética del edificio T-10 (Laboratorio de Farmacia). Parámetro medido: amperios.

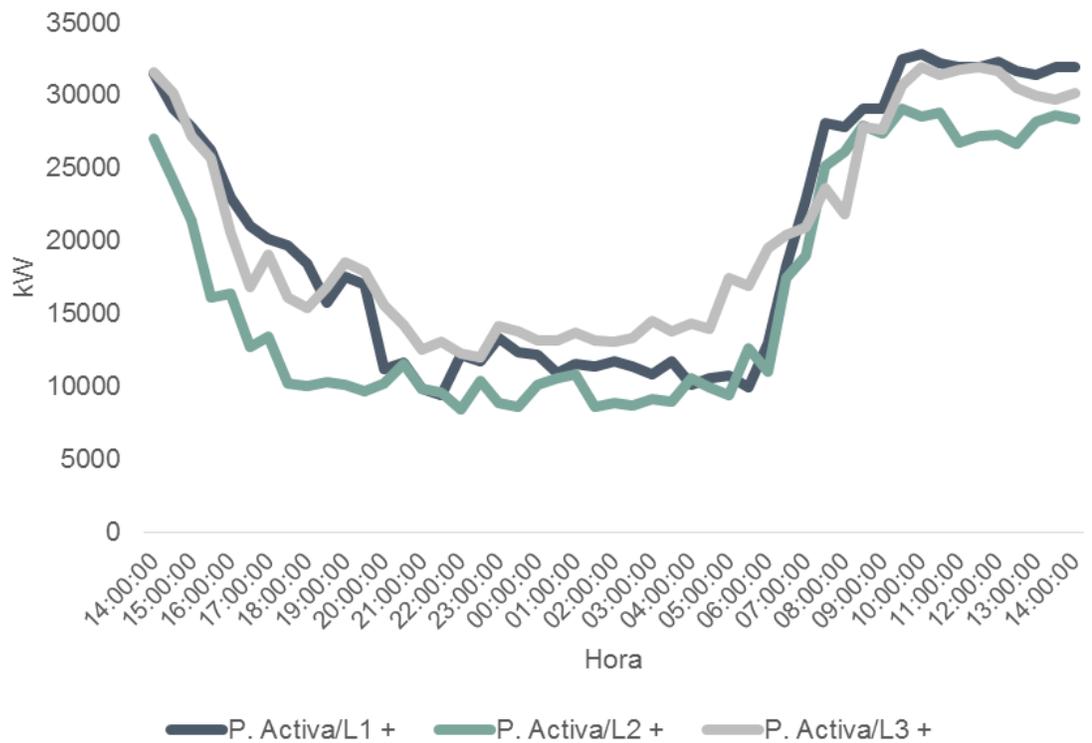
Figura 32. **Medición de corriente Edificio T-10, 2015**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura presenta la medición técnica de potencia activa, realizada durante la revisión energética del edificio T-10 (Laboratorio de Farmacia). Parámetro medido: kW.

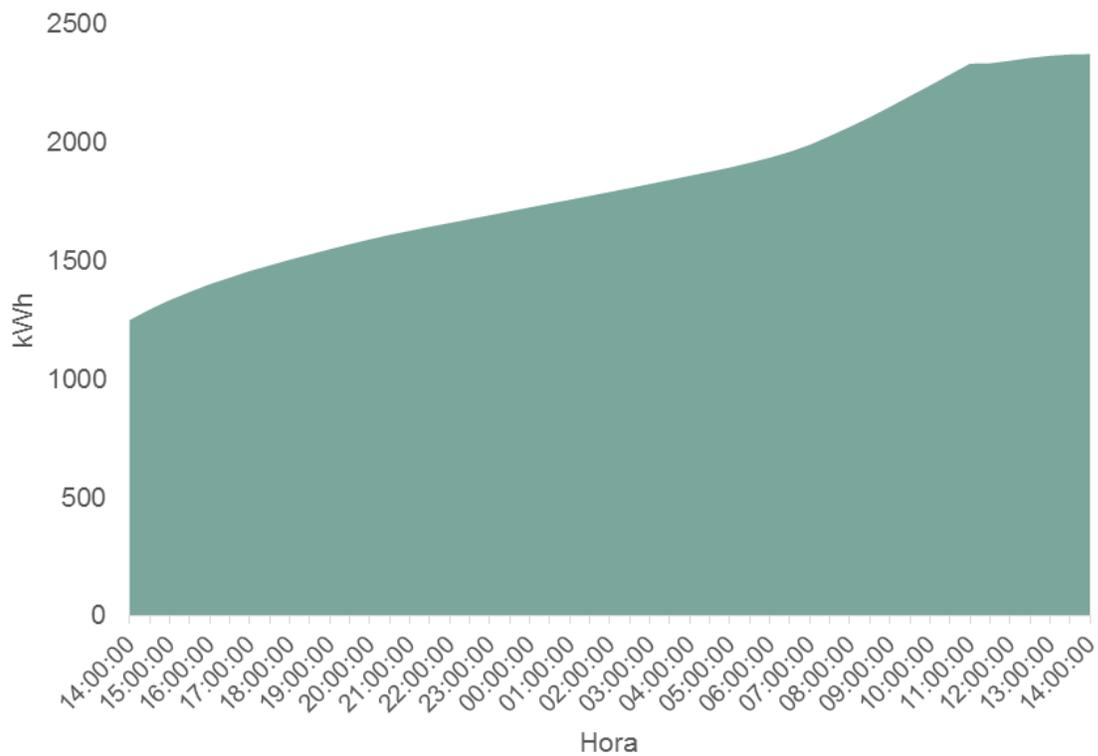
Figura 33. **Medición de potencia Edificio T-10, 2015**



Fuente: elaboración propia.

La siguiente figura presenta la medición técnica de energía, realizada durante la revisión energética del edificio T-10 (Laboratorio de Farmacia). Parámetro medido: kWh.

Figura 34. **Medición de energía Edificio T-10, 2015**

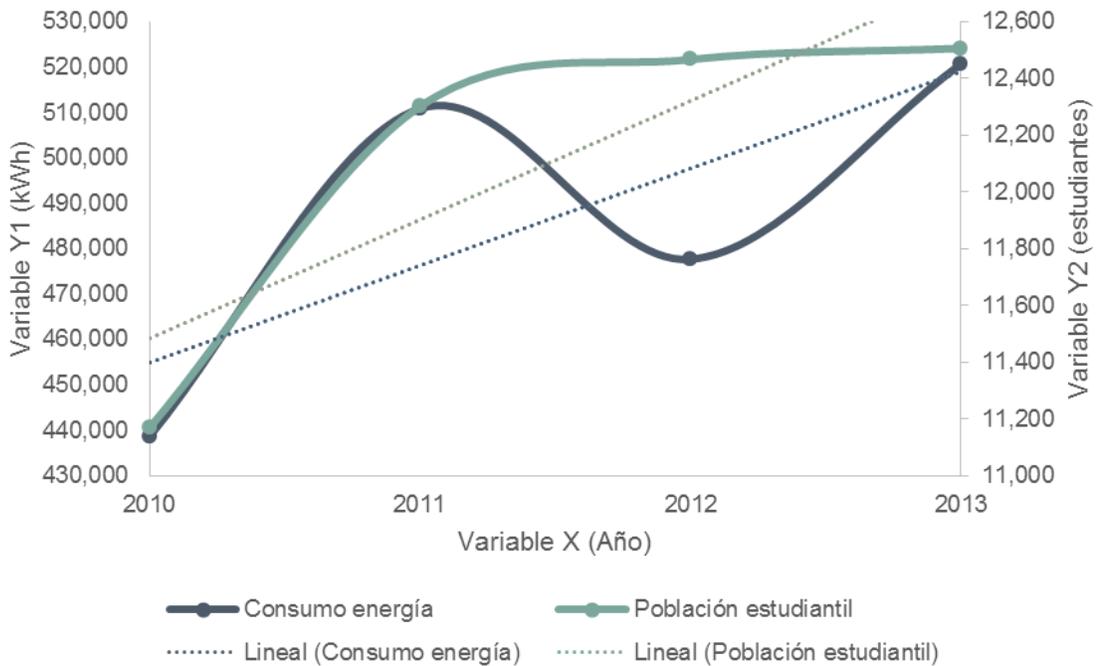


Fuente: elaboración propia.

4.5.4. Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales (Edificio S-5)

A continuación, se muestra la población estudiantil de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales del año 2010 al 2013, y su consumo energético en el mismo período.

Figura 35. Consumo energético y población estudiantil Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales, 2010-2013



	Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
	$y = 21294x - 4E+07$	0.54	±0.05	[2010-2013]
	$y = 418x - 828697$	0.72	±0.05	[2010-2013]

Fuente: elaboración propia.

4.6. Análisis de población estudiantil y consumo energético mediante coeficiente de correlación de Pearson

Se ha analizado el grado de relación entre la población estudiantil y el consumo energético de las Unidades Académicas con mayor consumo de energía, utilizando el coeficiente de correlación de Pearson, el cual es una medida de relación lineal entre dos variables aleatorias de tipo cuantitativas, mediante la siguiente ecuación:

$$r_{x,y} = \frac{\sigma_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

Donde:

$r_{x,y}$	Coeficiente de correlación de Pearson
σ_{xy}	Covarianza de X,Y
σ_x	Desviación típica de la variable X
σ_y	Desviación típica de la variable Y

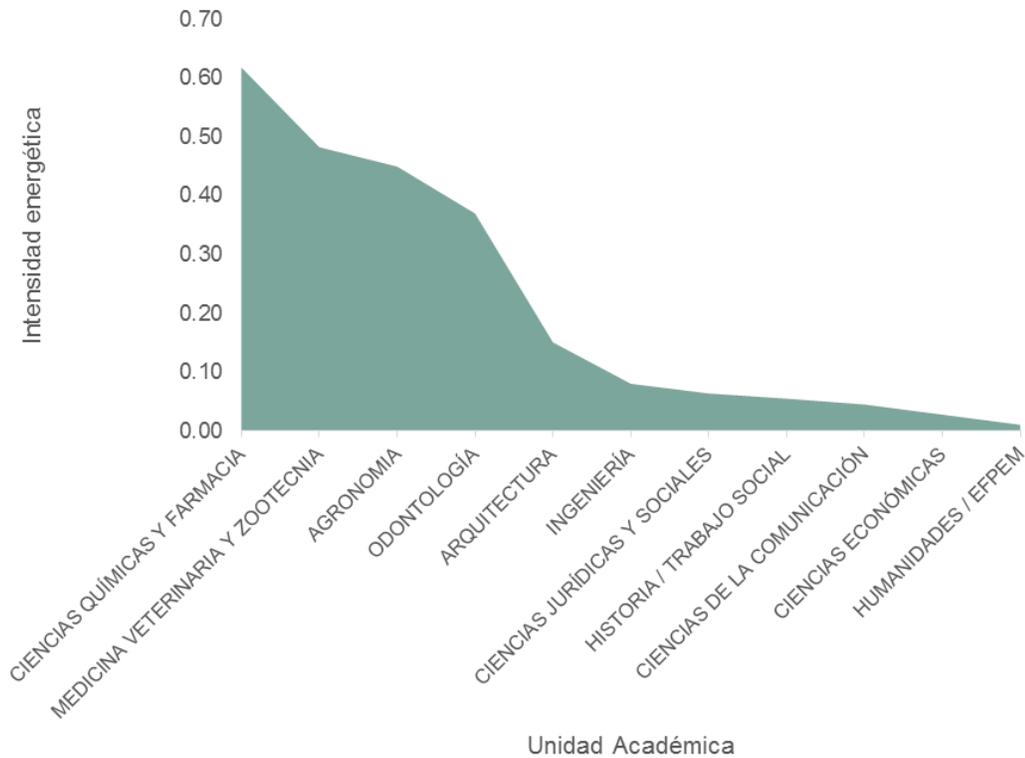
Tabla XXXI. **Coeficiente de correlación de Pearson**

Coeficiente de Correlación de Pearson	
Unidad Académica	Pearson
Facultad de Ingeniería	0.95
Recursos Educativos	0.61
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia	0.03
Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales	0.85

Fuente: elaboración propia.

4.7. Indicadores de desempeño energético

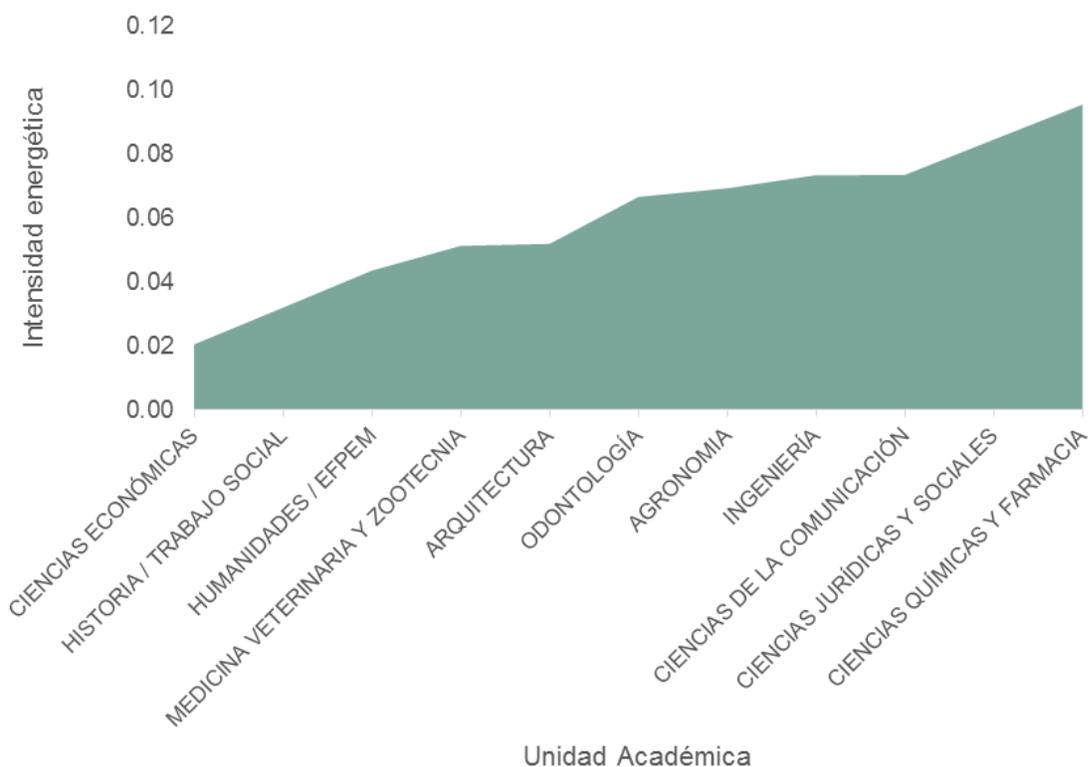
Figura 36. Intensidad energética per cápita anual



Intensidad Energética per Cápita anual (MWh/estudiante)					
Unidad Académica	2011	2012	2013	2014	2015
CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA	0.35	0.38	0.41	0.50	0.62
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	0.39	0.37	0.38	0.42	0.48
AGRONOMIA	0.46	0.41	0.40	0.42	0.45
ODONTOLOGÍA	0.25	0.25	0.27	0.31	0.37
ARQUITECTURA	0.10	0.10	0.11	0.13	0.15
INGENIERÍA	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08
CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06
HISTORIA / TRABAJO SOCIAL	0.04	0.04	0.04	0.05	0.06
CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN	0.15	0.05	0.05	0.04	0.05
CIENCIAS ECONÓMICAS	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
HUMANIDADES / EFPEM	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. Intensidad energética por área de ocupación anual



Unidad Académica	Área m ²	Intensidad Energética por área (MWh/M2)				
		2011	2012	2013	2014	2015
AGRONOMIA	11203.1	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07
ARQUITECTURA	8292.2	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05
CIENCIAS ECONÓMICAS	23819.8	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES	9577.37	0.06	0.06	0.07	0.07	0.08
CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA	9309.4	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10
HUMANIDADES / EFPEM	9021.53	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
INGENIERÍA	12990.15	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07
ODONTOLOGÍA	6161	0.05	0.05	0.05	0.06	0.07
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	9344.2	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05
HISTORIA / TRABAJO SOCIAL	3391.2	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN	3391.2	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07

Fuente: elaboración propia.

Dentro de los indicadores de desempeño energético, se tiene la intensidad lumínica, expresada en lumen/m², la cual consiste en la cantidad de flujo luminoso (lúmenes) que son emitidos por una fuente de luz, y que llegan vertical o horizontalmente a una superficie. Este parámetro es medido por el luxómetro, el cual proporciona en su lectura luxes (lx), siendo esta la unidad del Sistema Internacional de Unidades para iluminancia (intensidad lumínica). Los luxes son trasladados a lumen/m² de la siguiente manera:

$$1 \text{ lx} = 1 \text{ lumen/m}^2$$

En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos de las mediciones técnicas de intensidad lumínica en el edificio de Recursos Educativos (Biblioteca Central) y T-10 (Laboratorio Farmacia).

Tabla XXXII. **Intensidad lumínica Recursos Educativos y T-10**

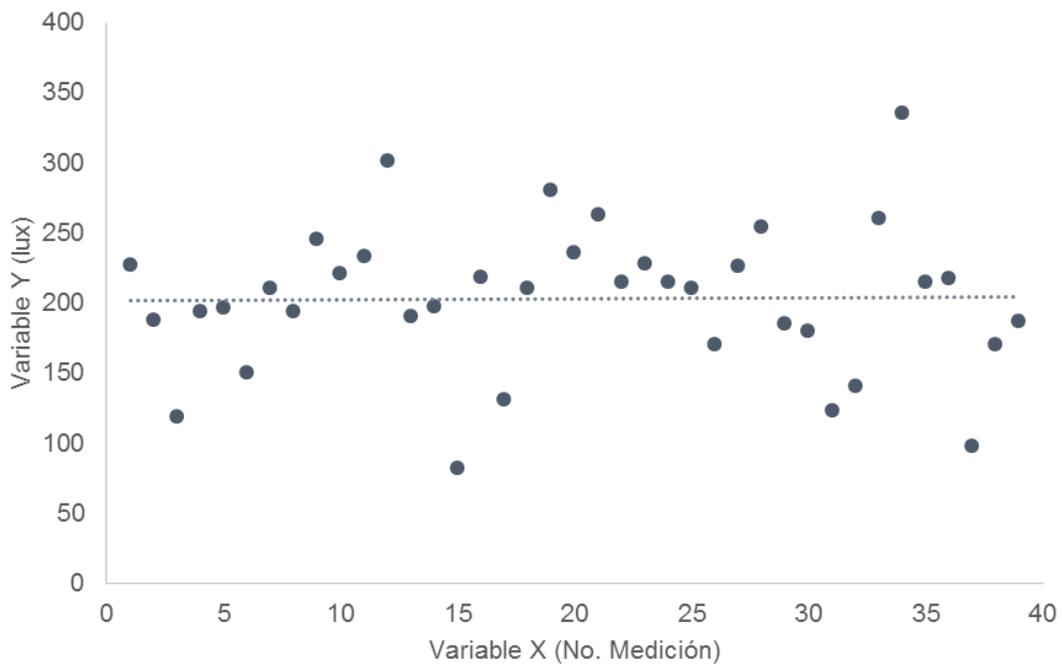
Unidad Académica	Edificio	lumen/m ²
Recursos Educativos	Biblioteca Central	202.80
Ciencias Químicas y Farmacia	T-10	241.80

Fuente: elaboración propia.

El Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI), establecen que el nivel mínimo para salas de lectura en bibliotecas es de 500 lumen/m² y para aulas de laboratorio 500 lumen/m².

A continuación se presentan los datos obtenidos de las mediciones técnicas de intensidad lumínica en el edificio de Recursos Educativos (Biblioteca Central). Parámetro medido: lux.

Figura 38. **Mediciones intensidad lumínica Recursos Educativos**

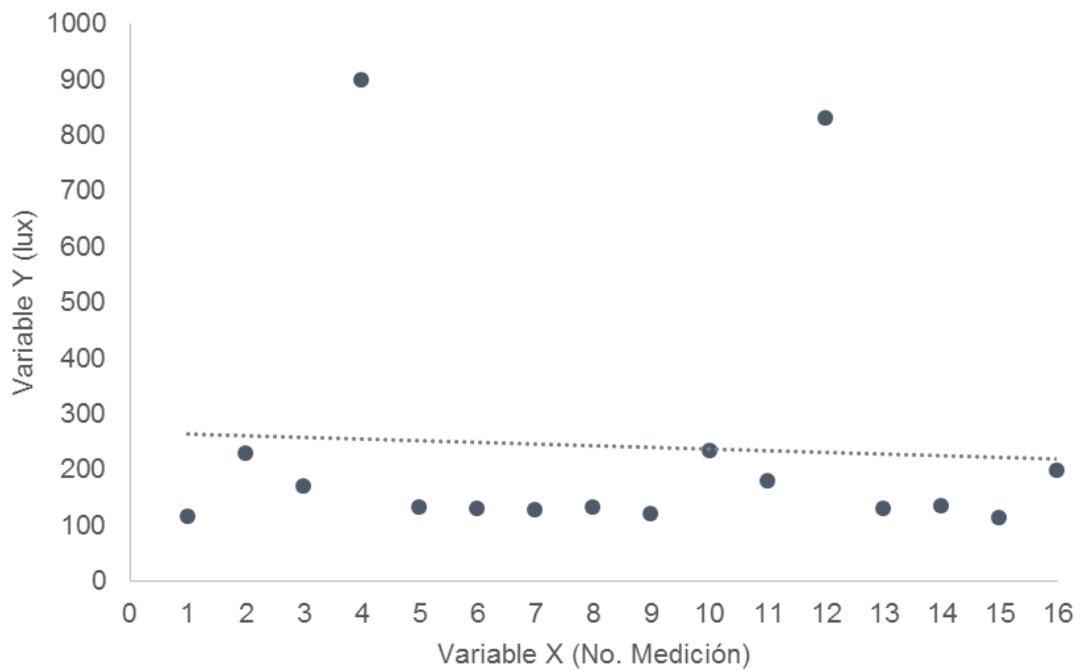


Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Cantidad de Mediciones
$y = 0.0498x + 201.9$	0.00	± 0.05	[40]

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presentan los datos obtenidos de las mediciones técnicas de intensidad lumínica en el edificio T-10 (Laboratorio de Farmacia). Parámetro medido: lux.

Figura 39. **Mediciones intensidad lumínica Edificio T-10**

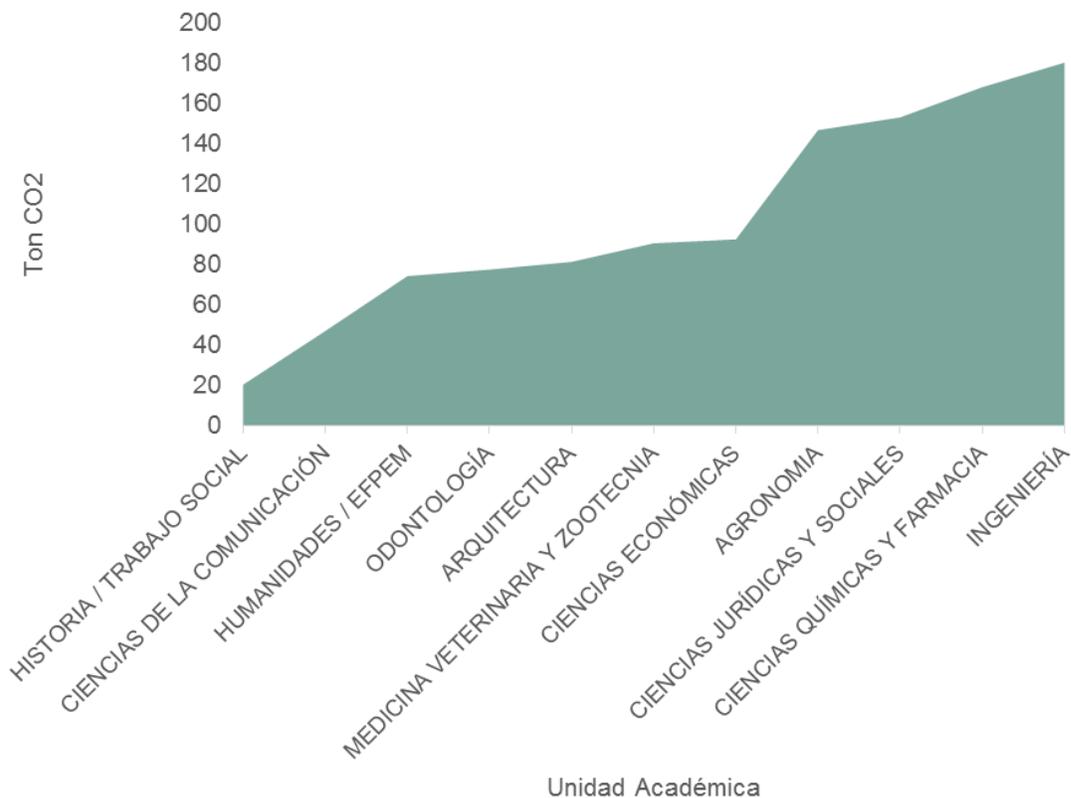


Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Cantidad de Mediciones
$y = -3.0971x + 268.2$	0.00	± 0.05	[16]

Fuente: elaboración propia.

4.8. Indicadores ambientales

Figura 40. Emisiones de CO₂ por Unidad Académica



Emisiones (Ton CO ₂)					
Unidad Académica	2011	2012	2013	2014	2015
AGRONOMIA	110	108	113	127	147
ARQUITECTURA	61	60	63	71	81
CIENCIAS ECONÓMICAS	69	68	72	80	92
CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES	114	113	118	133	153
CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA	126	124	130	146	168
HUMANIDADES / EFPEM	56	55	57	64	74
INGENIERÍA	135	133	139	156	180
ODONTOLOGÍA	58	57	60	67	78
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	68	67	70	79	91
HISTORIA / TRABAJO SOCIAL	15	15	16	18	21
CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN	35	35	36	41	47

Fuente: elaboración propia.

4.9. Lineamientos de Política Energética Universitaria

La Universidad de San Carlos de Guatemala debe concientizarse de la importancia del uso eficiente de la energía, impulsando como política universitaria interna la búsqueda de una reducción del consumo y demanda energética.

Con la finalidad de ser una comunidad educativa proactiva y de ejemplo para otras universidades en materia de desarrollo sostenible, la Universidad de San Carlos de Guatemala deberá apostar por la implementación de un Sistema de Gestión Energética en sus instalaciones, con el fin de mejorar de forma continua la gestión de los recursos energéticos y reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI), a nivel de propuesta se sugieren los siguientes compromisos:

- Adquirir el compromiso de hacer uso eficiente de la energía en los edificios del campus universitarios, mediante el SGEEn y la mejora continua del desempeño energético.
- Fomentar el uso eficiente de la energía y el ahorro energético, mediante el empleo de medidas de eficiencia energética en las instalaciones.
- Establecer tecnologías para reducir el consumo energético, sin comprometer la calidad lumínica de los sistemas de iluminación y alumbrado público.
- Mejorar los hábitos de consumo de energía en cuanto al ahorro de la misma, entre los trabajadores y estudiantes que empleen las instalaciones.
- Promover el uso de tecnologías de energías renovables para la producción de energía y el autoconsumo.
- Apoyar la compra de productos y tecnologías eficientes en el uso de la energía, con el fin de mejorar el rendimiento energético de los sistemas.

- En general, cuidar mediante las acciones anteriormente mencionadas el ambiente y contribuir a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en armonía con las políticas nacionales e internacionales existentes.
- Adquirir el compromiso de cumplir con los requisitos legales y otros requisitos relacionados con la gestión y uso eficiente de la energía.

Guatemala, octubre 2015.

Universidad de San Carlos de Guatemala (propuesta).

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Línea base de energía

La línea base energética y su proyección al año 2020, refleja un aumento en la demanda de energía, el escenario BAU (business as usual o como de costumbre) presenta un consumo estimado de 23,817,180.00 kWh al año 2020, mientras que el escenario implementado el SGEN, el cual representa un ahorro del 30 % en el consumo energético, refleja un consumo de energía de 16,672,026.00 kWh al año 2020. El ahorro energético del SGEN implica beneficios económicos y ambientales para la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Tabla XXXIII. Consumo de energía escenario BAU + SGEN

Año	kWh Escenario BAU	kWh Escenario SGEN (ahorro 30%)
2010	6,520,512.00	6,520,512.00
2011	7,331,473.00	7,331,473.00
2012	7,221,328.00	7,221,328.00
2013	7,579,501.00	7,579,501.00
2014	8,496,056.00	8,496,056.00
2015	9,790,865.00	9,790,865.00
2016	11,716,100.00	8,902,992.00
2017	14,019,594.00	9,813,715.80
2018	16,804,272.00	11,762,990.40
2019	20,070,134.00	14,049,093.80
2020	23,817,180.00	16,672,026.00

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. **Proyección de la línea base de energía**



	Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
	$Y=9E-110e^{0,1326x}$	0.95	±0.05	[2010,2020]
	$Y= 20831x^3 - 1E+08x^2 + 3E+11x - 2E+14$	0.97	±0.05	[2010,2020]

Fuente: elaboración propia.

5.2. Línea base ambiental

Como se indica anteriormente, la implementación del SGE_n, representa un ahorro del 30 % en el consumo energético, traerá beneficios ambientales para la universidad, mediante la reducción de emisiones de CO₂.

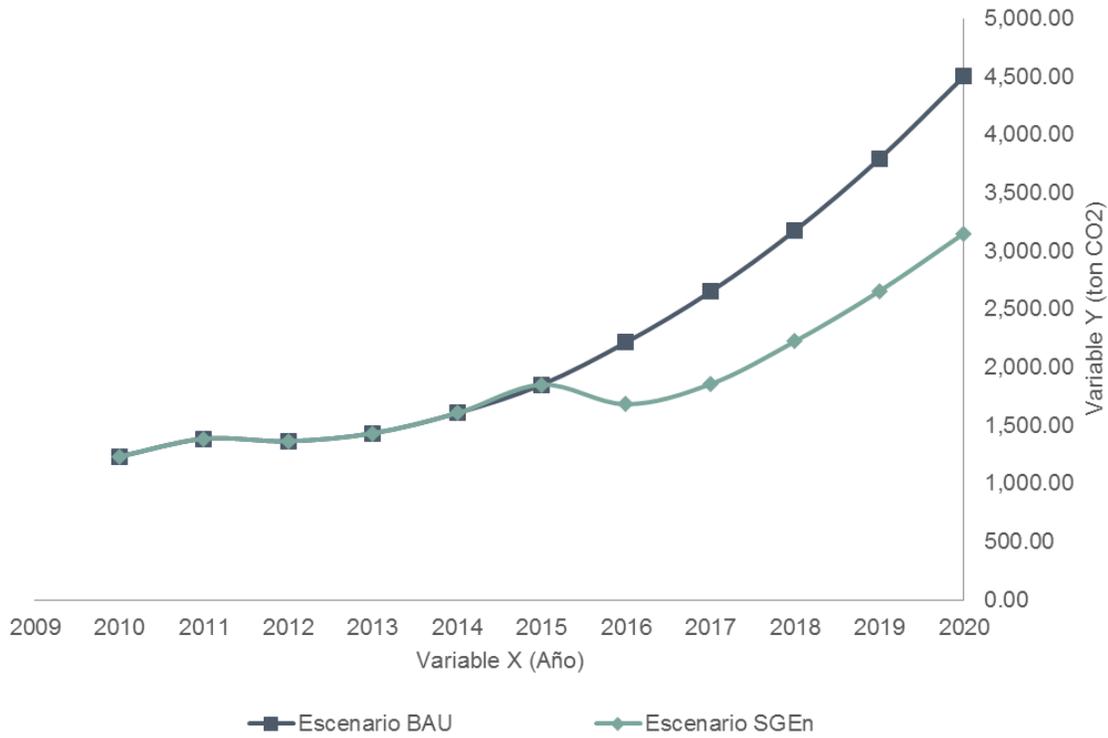
La línea base ambiental y su estimación al año 2020, refleja un aumento en las emisiones de CO₂, asociadas al consumo de energía eléctrica, el escenario BAU (business as usual o como de costumbre) presenta una emisión estimada de 4,501.45 toneladas de CO₂ al año 2020, mientras que el escenario implementado el SGE_n, presenta un estimado de 3,151.01 toneladas de CO₂ al año 2020.

Tabla XXXIV. **Consumo de energía escenario BAU + SGE_n**

Año	Ton CO ₂ Escenario BAU	Ton CO ₂ Escenario SGE _n
2010	1,232.38	1,232.38
2011	1,385.65	1,385.65
2012	1,364.83	1,364.83
2013	1,432.53	1,432.53
2014	1,605.75	1,605.75
2015	1,850.47	1,850.47
2016	2,214.34	1,682.67
2017	2,649.70	1,854.79
2018	3,176.01	2,223.21
2019	3,793.26	2,655.28
2020	4,501.45	3,151.01

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. **Proyección de línea base ambiental**



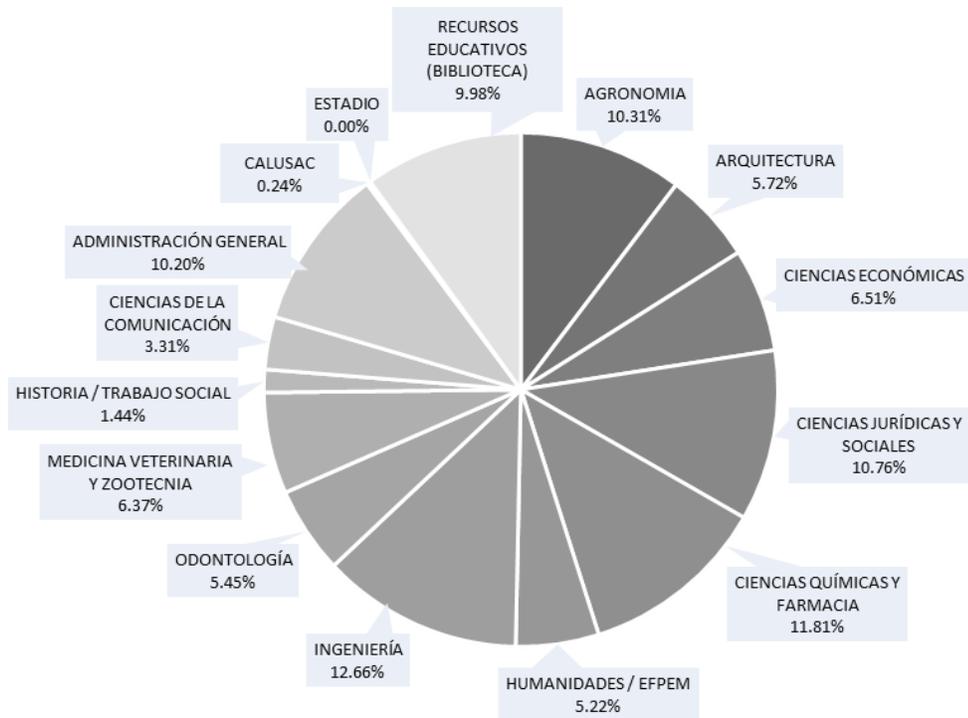
	Modelo Matemático	Correlación	Incertidumbre máxima de la variable dependiente	Intervalo de Predicción
	$Y= 2E-113e^{0,1326x}$	0.95	±0.05	[2010,2020]
	$Y=3,9371x^3 - 23778x^2 + 5E+07x - 3E+10$	0.97	±0.05	[2010,2020]

Fuente: elaboración propia.

5.3. Matriz energética del Campus Central de la USAC

La matriz energética presenta los consumos de energía eléctrica de las Unidades Académicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en ella se puede observar que la Facultad de Ingeniería posee el mayor consumo, el cual representa un 12.66 % del consumo energético global del campus universitario, seguida por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia con un 11.81 % y la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales con un 10.76 %, según la revisión energética del consumo de energía eléctrica del año 2013.

Figura 43. Matriz energética del campus central, año 2013



Fuente: elaboración propia.

5.4. Edificios con mayor consumo energético

La matriz energética presenta las Unidades Académicas con mayor consumo de energía, sin embargo, es importante analizar los edificios que tienen un mayor consumo de energía de eléctrica para desarrollar las auditorías energéticas que permitan determinar las medidas necesarias que se deben de implementar de eficiencia energética en cada uno de ellos.

El edificio con mayor consumo de energía eléctrica es el edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería, el cual en el año 2013 presentó un consumo de 604,240.00 kWh (10.38 % del consumo global); el segundo edificio con mayor consumo es el de Recursos Educativos (Biblioteca Central), el cual registró un consumo de 581,000.00 kWh (9.98 % del consumo global), con el número de contador T-00411, este medidor lo tiene registrado actualmente la universidad y la Empresa Eléctrica de Guatemala, como parte de la Facultad de Agronomía, por lo tanto, se debe rectificar dicha información, ya que administrativamente el consumo de este edificio se le atribuye a la Facultad de Agronomía; el tercer edificio corresponde al T-10 Laboratorio de Farmacia con un consumo de 549,360.00 kWh (9.43 % del consumo global).

Seguido a estos tres edificios, se encuentra el edificio S-5 de la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales con un consumo de 520,660.00 kWh; y en quinto lugar, el edificio de Rectoría con 472,500.00 kWh, el cual no tiene aulas y su funciones son principalmente administrativas.

Tabla XXXV. **Edificios con mayor consumo energético, año 2013**

Edificio	Contador	AÑO 2010	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013
		Consumo kWh	Consumo kWh	Consumo kWh	Consumo kWh
T3	H-13393	438,760.00	572,880.00	550,760.00	604,240.00
BIBLIOTECA CENTRAL	T-00411	493,080.00	590,520.00	558,600.00	581,000.00
T10	K-22867	542,360.00	564,900.00	545,720.00	549,360.00
S5	J-38995	438,620.00	510,860.00	477,680.00	520,660.00
RECTORIA	H-78288	500,080.00	515,060.00	542,780.00	472,500.00
VETERINARIA	K-64055	88,282.00	117,057.00	121,122.00	300,987.00
M1	J-39247	169,600.00	228,960.00	208,080.00	222,960.00
T2	K-22910	144,217.00	169,957.00	165,120.00	187,120.00
EFPEM	P-02055	141,840.00	168,080.00	161,520.00	174,800.00
T8	T-00174	156,400.00	174,560.00	166,240.00	155,120.00

Fuente: elaboración propia.

Al realizar el análisis de los edificios con mayor consumo energético per cápita anual de las Unidades Académicas del Campus Central, el edificio T-10 de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, tiene la mayor intensidad energética per cápita anual con 0.33 MWh/estudiante, seguido del edificio de Veterinaria y Zootecnia (0.31 MWh/estudiante), M-1 (0.19 MWh/estudiante) y T-8 (0.10 MWh/estudiante); mientras que el grupo de edificios de Humanidades/EFPEM es el que menor consumo per cápita posee (0.01 MWh/estudiante).

5.5. Diagnósticos energéticos

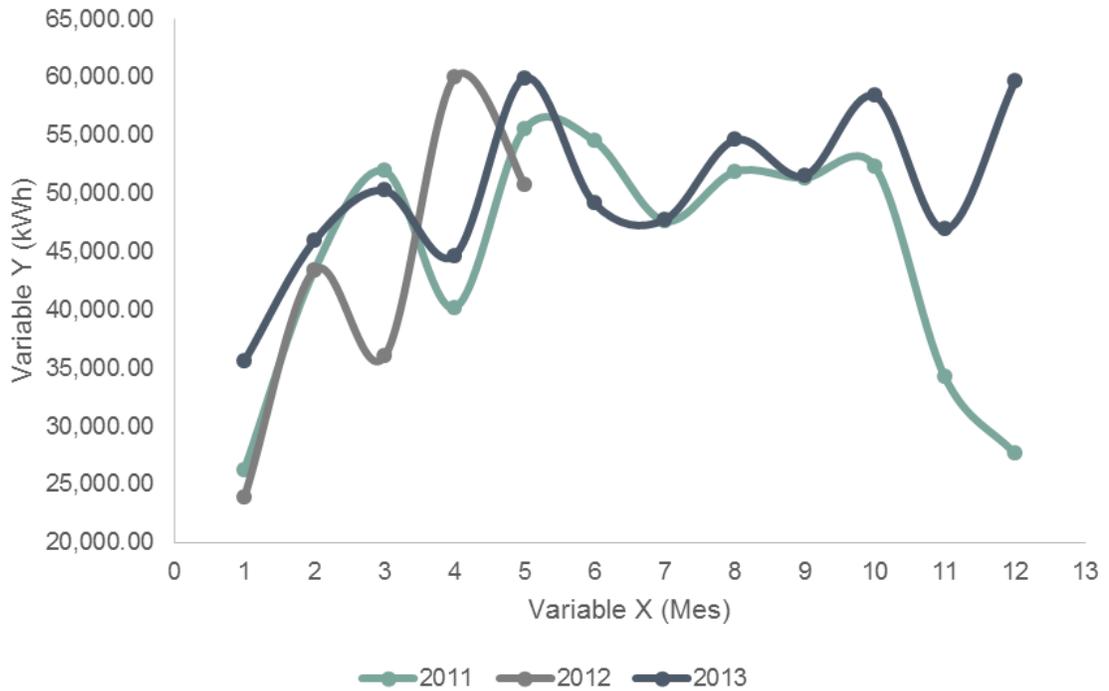
Los diagnósticos energéticos se enfocaron principalmente en la medición de la calidad de la energía y lumínica, del edificio de Recursos Educativos y del Laboratorio de Farmacia (T-10). Para la Facultad de Ingeniería (T-03), se realizó una revisión del desempeño energético, posterior a la implementación del proyecto piloto de eficiencia energética, en el año 2012.

5.5.1. Facultad de Ingeniería, Edificio T-3

El proyecto piloto de eficiencia energética, el cual consistió en la sustitución de tubos y balastos en el sistema de iluminación, fue implementado en el último bimestre del año 2011, en el informe “Proyectos Piloto de Eficiencia Energética”, elaborado en agosto de 2012 por la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, se expresa lo siguiente: “en la siguiente gráfica se puede apreciar el comportamiento del consumo eléctrico del edificio del T3, en el cual se pudo determinar que al inicio del proyecto (último bimestre 2011) si ha existido ahorro, y posteriormente se observa un incremento en el mes abril, lo cual es un acontecimiento particular dado que la instalaciones de la universidad permanecieron cerradas en los meses previos, por la manifestación de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería. Lo anterior ocasionó que en el mes de abril se diera una demanda irregular por la apertura de las instalaciones”.

Para realizar el análisis energético, se agregó al modelo energético 2011-2012, presentado en el proyecto piloto, el comportamiento del año 2013, para revisar el desempeño energético posterior a la implementación de las medidas de eficiencia energética en el sistema de iluminación.

Figura 44. **Comportamiento energético mensual**
Edificio T-3, años 2011-2013



Fuente: elaboración propia.

El edificio T-3 de la Facultad de Ingeniería es el edificio con mayor consumo energético dentro del campus central; en el año 2013 reportó un consumo de 604,240.00 kWh, representando un 10.38 % de la demanda energética del campus. En el año 2012 registró un consumo de 550,760.00 kWh y en el 2011, un consumo de 572,880.00 kWh

Como se puede observar en la figura anterior (Figura 36), el comportamiento energético del año 2012 (enero a mayo), inmediato a la implementación del proyecto piloto de eficiencia energética, muestra un comportamiento en los meses de marzo y abril, fuera del comportamiento normal

de los mismos meses en los años 2011 y 2013. En el mes de marzo si hay una caída en el consumo; sin embargo, en el mes de abril el consumo aumenta significativamente, lo cual el informe justifica se debió a las actividades extraordinarias de cierre de la universidad. Como se puede observar en la gráfica, en el año 2013, la curva de consumo vuelve a mantenerse similar a la del 2011 y en el último bimestre del año, aumenta representativamente el consumo.

Al realizar la revisión energética de forma anual, los datos demuestran que en el año 2012, posterior al proyecto piloto de eficiencia energética, se obtuvo un ahorro del 3.87 %, respecto al consumo energético del año 2011.

En el año 2013, el consumo energético aumento un 5.47 % respecto al año 2011 y la demanda energética continua en aumento cada año. Por lo tanto, se confirma que las medidas implementadas en el proyecto piloto de eficiencia energética, únicamente representaron un ahorro temporal del 3.87 % y posteriormente el consumo ha ido aumentando.

5.5.2. Recursos Educativos (Edificio de Biblioteca Central)

Recursos Educativos, es el segundo edificio con mayor consumo energético del campus central. En el año 2013, registró un consumo de 581,000.00 kWh. En el diagnóstico energético, se desarrolló una medición de calidad de energía, en un periodo de 24 horas. Asimismo, se realizaron mediciones puntuales de la calidad lumínica en los diferentes niveles y áreas del Edificio de Biblioteca Central.

En el análisis de la calidad de energía, al calcular el índice de regulación de tensión y desbalance de los datos registrados, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla XXXVI. **Desbalance de tensión, Recursos Educativos**

EDIFICIO: RECURSOS EDUCATIVOS		
MEDICIÓN: VOLTAJE		
ANÁLISIS: ÍNDICE DE REGULACIÓN DE TENSIÓN		
		%
Total de registros (período de medición)	49	100.00
Total de registros arriba del rango de tolerancia	0	0.00

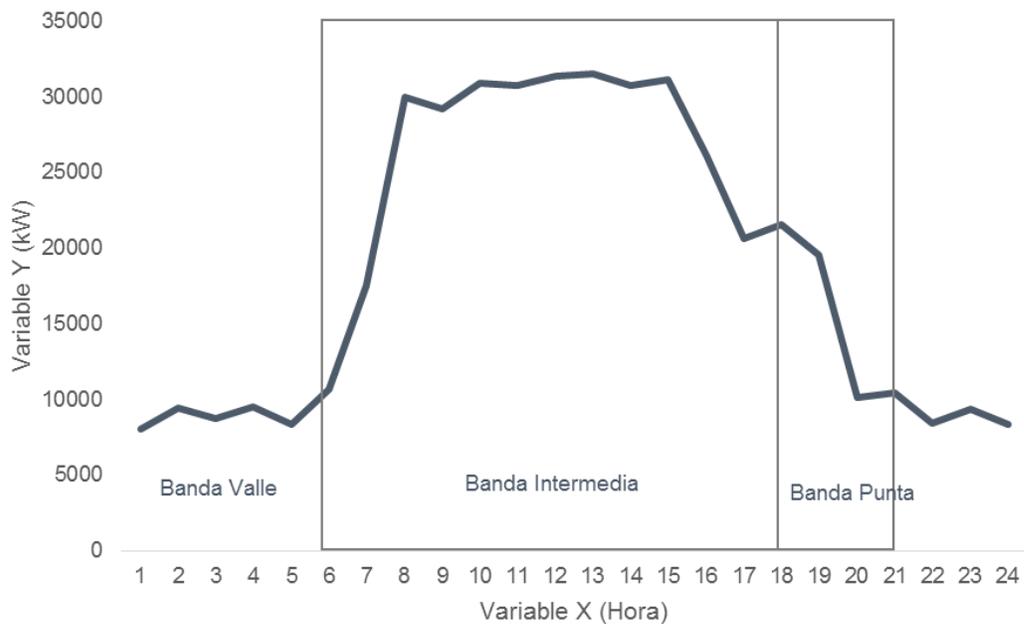
Fuente: elaboración propia.

La Norma Técnica del Servicio de Distribución (NTSD), establece en su Artículo 28, que se considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando, en un lapso de tiempo mayor al cinco por ciento del correspondiente al total del Período de Medición, por lo tanto, debido a que el 100 % de los registros muestran que el Desbalance de la Tensión se encuentra en el rango de tolerancias establecidas, se establece que la calidad de la energía eléctrica

suministrada por el distribuidor cumple con los parámetros establecidos en la norma.

En el análisis de corriente, potencia y energía, se observa que el consumo de energía más alto en el edificio de Recursos Educativos, se mantiene de 08:00 a 16:00 horas, alcanzando una potencia de 31,536.00 kW; posteriormente de 16:00 a 20:00 horas la demanda empieza a bajar hasta 10,116.00 kW; al finalizar el día de 20:00 a 06:00 horas se presenta una demanda constante de 10,000 kW. Esto significa que durante la noche y madrugada el edificio presenta un consumo energético de un 30 % en relación a su consumo durante el día, a pesar que en dicho horario las instalaciones de la universidad no están en uso. El análisis de la calidad lumínica refleja un promedio de 202.80 lumen/m², lo cual está por debajo de los estándares, los cuales establecen un flujo luminoso de 500.00 lumen/m² para salas de lectura y librerías.

Figura 45. **Demanda diaria horaria, Recursos Educativos**



Fuente: elaboración propia.

5.5.3. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (Edificio T-10)

El Edificio T-10, laboratorio de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, constituye el tercer edificio con mayor consumo energético del campus central. En el año 2013, registró un consumo de 549,360.00 kWh. En el diagnóstico energético, se desarrolló una medición de calidad de energía, en un período de 24 horas. Asimismo, se realizaron mediciones puntuales de la calidad lumínica en diferentes áreas del laboratorio y en los pasillos de circulación.

En el análisis de la calidad de energía, al calcular el índice de regulación de tensión y desbalance de los datos registrados, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla XXXVII. **Desbalance de tensión, Edificio T-10**

EDIFICIO: T-10		
MEDICIÓN: VOLTAJE		
ANÁLISIS: ÍNDICE DE REGULACIÓN DE TENSIÓN		
		%
Total de registros (período de medición)	49	100.00
Total de registros arriba del rango de tolerancia	0	0.00

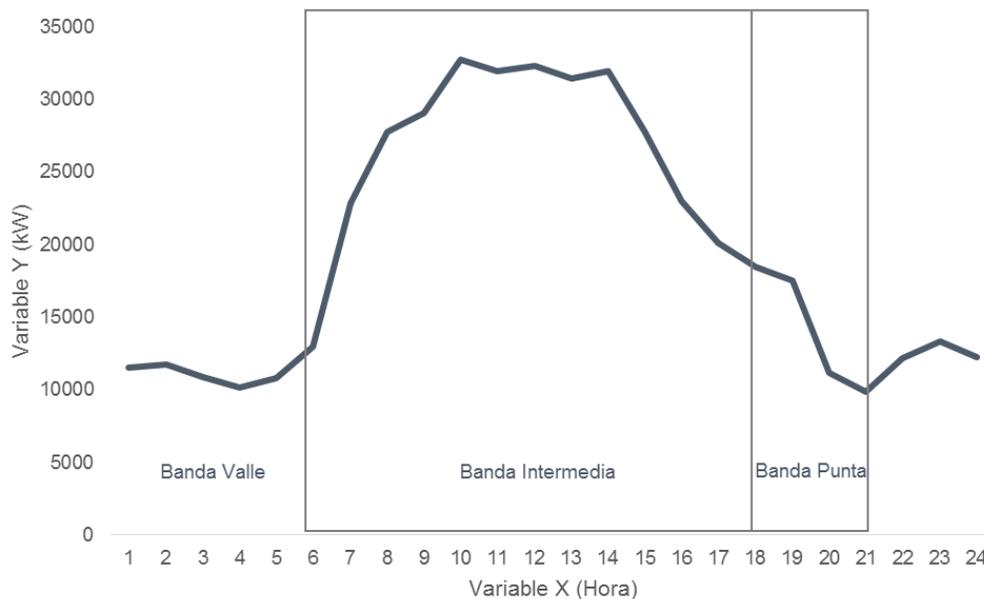
Fuente: elaboración propia.

La Norma Técnica del Servicio de Distribución (NTSD), establece en su Artículo 28, que se considera que la energía eléctrica es de mala calidad cuando, en un lapso de tiempo mayor al cinco por ciento del correspondiente al total del Período de Medición, por lo tanto, debido a que el 100 % de los registros muestran que el Desbalance de la Tensión se encuentra en el rango de tolerancias establecidas, se establece que la calidad de la energía eléctrica

suministrada por el distribuidor cumple con los parámetros establecidos en la norma.

En el análisis de corriente, potencia y energía, se observa que el consumo de energía más alto en el edificio T-10, se mantiene de 08:00 a 14:00 horas, alcanzando una potencia máxima de 32,788.00 kW; posteriormente de 14:00 a 20:00 horas la demanda empieza a bajar hasta 11,200.00 kW; al finalizar el día de 20:00 a 23:00 sube a 13,340.00 kW y en la madrugada de 23:00 a 06:00 horas se presenta una demanda constante de 11,000.00 kW. Esto significa que, al igual que el edificio de Recursos Educativos, durante la noche y madrugada el edificio presenta un consumo energético de un 30 % en relación a su consumo durante el día, a pesar que en dicho horario las instalaciones de la universidad no están en uso. El análisis de la calidad lumínica refleja un promedio de 241.80 lumen/m², lo cual está por debajo de los estándares, los cuales establecen un flujo luminoso de 500.00 lumen/m² para laboratorios y aulas.

Figura 46. **Demanda diaria horaria, Edificio T-10**



Fuente: elaboración propia.

5.6. Análisis mediante Pearson

El análisis mediante Pearson, indica que la Facultad de Ingeniería es la Unidad Académica que tiene mayor relación entre el consumo energético y su población estudiantil, con un coeficiente de correlación de 0.95; seguido a esta, se encuentra la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales con un coeficiente de correlación de 0.85.

Para el análisis del edificio de Recursos Educativos (Biblioteca Central), se tomaron como datos de población estudiantil, la población de todas las Unidades Académicas del Campus Central, debido a que todas ellas constituyen a los usuarios del edificio en referencia, el análisis indica un coeficiente de correlación de 0.61.

La Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia es la Unidad Académica que presenta un coeficiente de correlación menor, con 0.03, lo cual refleja que, no existe una relación significativa entre el consumo energético y la población estudiantil. Esto se debe a que el edificio con mayor consumo de la Unidad Académica en referencia (T-10), corresponde al laboratorio, el cual tiene un consumo energético independiente y sin relación a la población estudiantil, debido a la demanda de energía y potencia de los sistemas y equipos del laboratorio.

5.7. Indicadores de desempeño energético

- Los indicadores de desempeño energético muestran que el consumo de energía a lo largo del tiempo (años), la Universidad ha aumentado su consumo de energía eléctrica (kWh), según la revisión energética desde el año 2010 con 4,988,386.00 kWh al 2013 con 5,820,515.00 kWh.
- Se muestra que el mes del año con mayor consumo de energía eléctrica es el mes de mayo con 557,109.00 kWh y el mes con menor demanda de energía es enero con 297,844.00 kWh.
- Los indicadores de intensidad energética per cápita anual indican que la Unidad Académica con mayor intensidad energética es la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia con una intensidad de 0.62 MWh/estudiante y la de menor intensidad energética, corresponde a la Facultad Humanidades con 0.01 MWh/estudiante.
- Los indicadores de intensidad energética por área de ocupación reflejan que la Unidad Académica con mayor intensidad energética es la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia con 0.10 MWh/m² y la de menor intensidad energética, la Facultad de Ciencias Económicas con 0.02 MWh/m² de intensidad energética por ocupación.
- La Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia demuestra en los indicadores evaluados, tanto de población estudiantil como de área de ocupación que es la Unidad Académica con mayor intensidad energética dentro del Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

5.8. Indicadores ambientales

Los indicadores ambientales de las emisiones de CO₂ relacionadas al consumo de energía eléctrica muestran que la Unidad Académica con mayores emisiones es la Facultad de Ingeniería, debido a su alto consumo energético, genera un total de 113.00 toneladas de CO₂ en el 2013, mientras que la Unidad que menos emisiones genera debido a su bajo consumo energético es la de Historia y Trabajo Social con 16.00 toneladas de CO₂ en el año 2013.

5.9. Lineamientos de Política Energética Universitaria

La política energética es el impulsor de la implementación y la mejora del SGEN y del desempeño energético de la Universidad, dentro de su alcance y límites definidos. La difusión de la política energética puede utilizarse como elemento propulsor para gestionar el comportamiento energético de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El Consejo Superior Universitario como autoridad máxima de la Universidad, debe promover la Política Energética Universitaria para garantizar el establecimiento del SGEN y su monitoreo constante, a través de una unidad o departamento de energía, dentro de las funciones administrativas y de operación del campus, velando por la conservación y uso eficiente de la energía en las instalaciones y edificios del Campus.

5.10. Impactos de los resultados obtenidos

- **Técnicos:** El análisis del desempeño energético del proyecto piloto implementado en la Facultad de Ingeniería, demuestra que para realizar acciones de eficiencia energética es necesario partir de un análisis técnico, es decir, una auditoría energética que revele las medidas de eficiencia energética que deben realizarse en los sistemas y equipos con mayor demanda de energía, con el objeto de realizar inversiones que sean técnicamente factibles.
- **Económicos:** La línea base y revisión energética de los edificios e instalaciones del Campus Central de la Universidad, reflejan que los edificios tienen un alto consumo energético, debido a que en la revisión de los edificios de Recursos Educativos (Biblioteca Central) y T-10 (Laboratorio de Farmacia), se observa que durante la noche y madrugada (21:00 a 6:00 horas), los edificios mantienen según la curva de carga, un consumo de energía del 33 %, a pesar de que en dicho horario, la Universidad permanece cerrada y no hay actividades académicas.

Es claro que el consumo energético de los edificios puede reducirse con acciones sencillas como la automatización del consumo de energía en los horarios en que no hay actividades académicas, lo cual, representaría beneficios económicos debido a la disminución del consumo energético, permitiendo a la Universidad invertir en otros servicios o proyectos de urgencia para el Campus.

La presente investigación representa también un aporte económico y técnico a la Universidad, debido a que se realizaron dos revisiones energéticas que incluyen el análisis de la calidad de energía y lumínica, con un valor estimado de Q. 15,000.00 cada una.

- Ambientales: La implementación del SGEN en el Campus Universitario, viene acompañada de beneficios ambientales, debido a la disminución de las emisiones de gases de invernadero, sobre todo CO₂, asociadas al consumo energético. Asimismo, el SGEN será una herramienta estratégica para el cumplimiento de los objetivos y metas establecidas en la Política Ambiental Universitaria.
- Sociales: Debido a la crisis ambiental a nivel mundial, sobre todo la variabilidad y cambio climático, el cual es atribuido al aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero antropogénicas, en su mayoría provenientes del sector energético, las acciones que pueden tomarse en la gestión y uso eficiente de la energía, generan impactos positivos en la mejora de la salud y calidad de vida de la sociedad, gracias a la disminución de las emisiones.
Existen también beneficios asociados al tomar acciones responsables en el uso de los recursos, como la “responsabilidad social empresarial”, que refleja una imagen consciente ante la sociedad de los problemas ambientales y energéticos de la entidad que realiza las acciones en el uso eficiente de sus recursos.
- Académicos: La Maestría en Energía y Ambiente como ente académico rector en materia de energía, debe promover las acciones ante el Consejo Superior Universitario, para iniciar los primeros pasos en la implementación del SGEN y promover el desarrollo de una Política Energética Universitaria.
Es importante también, la creación de líneas de investigación relacionadas a la “Gestión y uso eficiente de la energía”, así como considerar la importancia de estos temas en el pensum de estudio de la maestría.

- Ahorro de energía: Los objetivos y metas del SGEEn, tienen como finalidad el ahorro de energía en el Campus Universitario, mediante la implementación de las acciones establecidas en el “Plan Estratégico de Acción del SGEEn”, el cual se armoniza y operativiza lo establecido en los planes, programas y proyectos establecidos en la Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Logrando según lo proyectado al año 2020 en el escenario SGEEn de la línea base de energía, un ahorro de 7,145,154.00 kWh.

CONCLUSIONES

1. Se han sistematizado los datos del consumo energético de los edificios e instalaciones del Campus Central, como parte inicial del SGEEn, lo cual permite tener una base de datos energéticos fiables y ordenados de las distintas Unidades Académicas, y la demanda de energía del Campus, la cual tiene un aumento anual de 5.56 %.

La revisión energética ha permitido generar la línea base de energía, proyectada al año 2020, mediante un modelo que integra dos variables: escenario BAU (si el consumo energético continua “como de costumbre”), modelo matemático: $Y=9E-110e0,1326x$, con una correlación de 0.95; y el escenario SGEEn (si se implementan las acciones del SGEEn), modelo matemático: $Y= 20831x^3-1E+08x^2+3E+11x-2E+14$, con una correlación de 0.97, cuyo escenario representa un ahorro de energía del 31.70 % al 2020.

2. La matriz energética generada identifica las Unidades Académicas que afectan significativamente el consumo de energía de la universidad, reflejando que la unidad con mayor consumo de energía eléctrica es la Facultad de Ingeniería (12.66 %), seguida por la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (11.81 %) y la Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales (10.76 %); la Unidad con menor consumo energético es la de Historia y Trabajo Social (1.44 %); las actividades y servicios administrativos de la Universidad demandan un 10.20 % y el edificio de Recursos Educativos representa un 9.98% del consumo global.

3. Los indicadores de desempeño energético, demuestran que la Unidad Académica con mayor intensidad energética per cápita anual es la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia (0.62 MWh/estudiante), seguido por Veterinaria y Zootecnia (0.48 MWh/estudiante), Agronomía (0.45 MWh/estudiante) y Odontología (0.37 MWh/estudiante). Respecto a la intensidad energética por área de ocupación, la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia posee el mayor índice de intensidad con 0.10 MWh/m², mientras que el menor índice lo tiene la Facultad de Ciencias Económicas con 0.02 MWh/m².

Los indicadores ambientales expresan que la Facultad de Ingeniería es la Unidad Académica con mayores emisiones de CO₂, asociadas al consumo energético, emitiendo en el año 2013, 113.00 toneladas de CO₂.

4. Los lineamientos para promover una Política Energética Universitaria, buscan la operatización del SGE_n del Campus Universitario. Éste tiene como objeto promover la conservación y uso eficiente de la energía como una medida de reducción de GEI, asociados al consumo energético de los edificios e instalaciones de las Unidades Académicas y administrativas del campus, bajo los principios de desarrollo sostenible en armonía con la Política Ambiental Universitaria.

RECOMENDACIONES

1. Al Consejo Superior Universitario y autoridades de la Universidad de San Carlos de Guatemala, continuar con la implementación del Sistema de Gestión de la Energía para la Ciudad Universitaria, conscientes de la importancia de realizar un uso eficiente de los recursos energéticos y las implicaciones ambientales asociadas.
2. A la Maestría en Energía y Ambiente y Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, deberá impulsar con el apoyo y aval del Consejo Superior Universitario la Política Energética Universitaria para cumplir con los objetivos ambientales y de eficiencia energética de la Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala; con el objeto de promover el desarrollo de un “Campus Universitario Sostenible”, que refleje el compromiso de la magna casa de estudios con los problemas ambientales y energéticos del país, creando un campus que sirva como referente nacional del desarrollo sostenible.
3. Desarrollar las Auditorías Energéticas Globales, que revelen la caracterización del uso energético en los edificios que tienen un mayor consumo de energía, sobre todo el edificio T-3 (Ingeniería), Recursos Educativos (Biblioteca Central), T-10 (Ciencias Químicas y Farmacia) y el S-5 (Ciencias Jurídicas y Sociales). Es importante la transición de dichas Unidades Académicas hacia un consumo energético menor, efectuando las medidas de eficiencia energética que indiquen los resultados de las auditorías.

4. La creación de una Unidad Energética o Departamento Técnico de Energía dentro de las funciones administrativas y operativas de la Universidad, para la implementación, evaluación y seguimiento del SGE_n, así como, de las medidas de eficiencia energética en los edificios e instalaciones del Campus Central; y una Unidad de Monitoreo Climático, para la medición y creación de una línea base de las variables meteorológicas, que permitan la investigación y toma de decisiones para el desarrollo futuro de generación, a través de energías renovables en el Campus.

5. Implementar como eje transversal en las Unidades Académicas la conservación y uso eficiente de la energía, en todos los niveles administrativos y estudiantiles, para crear una concientización sus beneficios y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de las Unidades.

6. Que la presente investigación, la cual brinda un panorama del consumo energético del Campus Universitario, sirva como punto de partida y concientice a dar los primeros pasos, buscando un gestión y uso eficiente de los recursos energéticos, para lo cual se deben de desarrollar líneas de investigación que permitan evaluar la factibilidad de la implementación de tecnologías eficientes y uso de energías renovables, para satisfacer las demandas energéticas de la Universidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AEDHE. (2011). Guía práctica para la implantación de sistemas de gestión energética. Madrid: Fundación Mapfre.
2. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (1999). Normas Técnicas del Servicio de Distribución –NTSD. Guatemala: CNEE.
3. Comisión Nacional de Energía Eléctrica. (2012). Proyectos Piloto de Eficiencia Energética. Guatemala: Cooperación Técnica No Reembolsable No. ATN (OC-11261-GU), CNEE-BID.
4. Comisión para la Cooperación Ambiental. (2008). Edificación Sustentable en América del Norte. Montreal, Canadá: Departamento de Comunicación y Difusión Pública del Secretariado de la CCA.
5. ENERTE. (2014). Eficiencia Energética. Guatemala: Energía & Ambiente. Retrieved 2 de junio de 2014 from Enerte: <http://enerte.com/eficiencia-energetica/>.
6. Garzón, B. (2011). Arquitectura Sostenible. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U. Vega, I (6 de mayo de 2014). Noticias. Retrieved 2 de junio de 2014 from Universidad Rey Juan Carlos: <http://ucci.urhc.es/schneider-electric-desarrolla-un-sistema-de-gestion-energetica-eficiente-en-la-urjc/>.
7. González, J. (2009). Centrales de Energías Renovables: Generación Eléctrica con Energías Renovables. Madrid, España: Pearson Educación.

8. Greenpyme. (2013). Curso de Auditorías Energéticas. Guatemala, Guatemala: Cooperación Interamericana de Inversiones.
9. IARNA. (2009). Programa Ambiental del Campus Central de la Universidad Rafael Landívar. Guatemala: Vicerrectoría de Integración Universitaria.
10. IEA. (2013). Redrawing the Energy Climate Map. París: International Energy Agency.
11. IPCC. (2002). Public Electricity and Heat Production.
12. IPCC. (2002). Cambio climático y biodiversidad. Cuba: University Corporation for Atmospheric Research y Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de Cuba.
13. IPCC. (2002). Cambio climático y biodiversidad. Cuba: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático.
14. ISO. (2004). 14001 Sistemas de Gestión Ambiental.
15. ISO. (2011). 50001 Sistemas de Gestión de Energía.
16. ISO. (2008). 9001 Sistemas de Gestión de la Calidad.
17. Kawarna. (2013). Convención de Energía Renovable y Eficiencia Energética. Eficiencia Energética. Guatemala: Universidad Galileo.

18. López, V. (2009). Cambio climático y calentamiento global. México: Trillas.
IPCC Grupo de Trabajo III. (2007). Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Cambio Climático. Reino Unido: Cambridge University Press.
19. MARN. (2005). Inventario Nacional GEI. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.
20. MSE-200, N. A. (2000). Sistemas de Gestión Energética. Georgia: Centro de Gestión Energética y Medio Ambiente.
21. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2011). Hacia una Economía más Verde. PNUMA.
22. Raján, G. (2003). Optimizing Energy Efficiencies in Industry. USA: McGraw Hill.
23. Rodríguez, G (2014). Aprobación de lineamientos de política ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Redfia, 15-18.
24. Stern, N. (2007). Stern Review: La economía del cambio climático. Londres: Crown.
25. Tetra Tech Inc. (2013). Evaluación Institucional y Análisis Sectorial para la Estrategia de Desarrollo con Bajas Emisiones. Guatemala: USAID.
26. UNE. (2010). Norma UNE-EN 16001:2010 Sistemas de Gestión Energética.
UNE. Palmedo, P. (1975). Cambio Climático Science.

27. Universidad de San Carlos de Guatemala. (2014). Política Ambiental de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Consejo Superior Universitario.
28. Universidad de San Carlos de Guatemala. (2015). Datos Estadísticos de la Población Estudiantil 2010-2014. Guatemala: Departamento de Registro y Estadística, Sección de Estadística.
29. Universidad de Valladolid. (2009). Plan de Sostenibilidad Energética en los Campus de la Universidad de Valladolid. Valladolid: Vicerrectorado de Infraestructuras.
30. Unzueta, E. (20 de Abril de 2011). La Historia de la ISO 9000. Retrieved 2 de junio de 2014 from Sistemas de Gestión de la Calidad: <https://sites.google.com/a/cetys.net/sistemas-de-gestion-de-calidad-iso9000/home/historia-de-iso9000>.

ANEXOS

Anexo 1: Correspondencia entre las Normas Internacionales ISO 50001:2011, ISO 9001:2008 e ISO 14001:2004 (informativo)

ISO 50001:2011		ISO 9001:2008		ISO 14001:2004	
Capítulo	Título	Capítulo	Título	Capítulo	Título
-	Prólogo	-	Prólogo	-	Prólogo
-	Introducción	-	Introducción	-	Introducción
1	Objeto y campo de aplicación	1	Objeto y campo de aplicación	1	Objeto y campo de aplicación
2	Referencias normativas	2	Referencias normativas	2	Normas para consulta
3	Términos y definiciones	3	Términos y definiciones	3	Términos y definiciones
4	Requisitos del sistema de gestión de la energía	4	Sistema de Gestión de la calidad	4	Requisitos del sistema de gestión ambiental
4.1	Requisitos generales	4.1	Requisitos generales	4.1	Requisitos generales
4.2	Responsabilidad de la dirección	5	Responsabilidad de la dirección	-	-
4.2.1	Alta dirección	5.1	Compromiso de la dirección	4.4.1	Recursos, funciones, responsabilidad y autoridad
4.2.2	Representante de la dirección	5.5.1 5.5.2	Responsabilidad y autoridad Representante de la dirección	4.4.1	Recursos, funciones, responsabilidad y autoridades
4.3	Política energética	5.3	Política de la calidad	4.2	Política ambiental
4.4	Planificación energética	5.4	Planificación	4.3	Planificación
4.4.1	Generalidades	5.4.1 7.2.1	Objetivos de la calidad Determinación de los requisitos relacionados con el producto	4.3	Planificación

Continuación del anexo 1.

ISO 50001:2011		ISO 9001:2008		ISO 14001:2004	
Capítulo	Título	Capítulo	Título	Capítulo	Título
4.4.2	Requisitos legales y otros requisitos	7.2.1 7.3.2	Determinación de los requisitos relacionados con el producto Elementos de entrada para el diseño y desarrollo	4.3.2	Requisitos legales y otros requisitos
4.4.3	Revisión energética	5.4.1 7.2.1	Objetivos de la calidad Determinación de los requisitos relacionados con el producto	4.3.1	Aspectos ambientales
4.4.4	Línea de base energética	-	-	-	-
4.4.5	Indicadores de desempeño energético	-	-	-	-
4.4.6	Objetivos energéticos, metas energéticas y planes de acción para la gestión de la energía	5.4.1 7.1	Objetivos de la calidad Planificación de la realización del producto	4.3.3	Objetivos, metas y programas
4.5	Implementación y operación	7	Realización del producto	4.4	Implementación y operación
4.5.1	Generalidades	7.5.1	Control de la producción y de la prestación del servicio	4.4.6	Control operacional
4.5.2	Competencia, formación y toma de conciencia	6.2.2	Competencia, formación y toma de conciencia	4.4.2	Competencia, formación y toma de conciencia
4.5.3	Comunicación	5.5.3	Comunicación interna	4.4.3	Comunicación
4.5.4	Documentación	4.2	Requisitos de la documentación	-	-
4.5.4.1	Requisitos de la documentación	4.2.1	Generalidades	4.4.4	Documentación
4.5.4.2	Control de los documentos	4.2.3	Control de los documentos	4.4.5	Control de documentos
4.5.5	Control operacional	7.5.1	Control de la producción y de la prestación del servicio	4.4.6	Control operacional

Continuación del anexo 1.

ISO 50001:2011		ISO 9001:2008		ISO 14001:2004	
Capítulo	Título	Capítulo	Título	Capítulo	Título
4.5.6	Diseño	7.3	Diseño y desarrollo	-	-
4.5.7	Adquisición de servicios de energía, productos, equipos y energía	7.4	Compras	-	-
4.6	Verificación	8	Medición, análisis y mejora	4.5	Verificación
4.6.1	Seguimiento, medición y análisis	7.2.3 8.2.4 8.4	Comunicación con el cliente Seguimiento y medición del producto Análisis de datos	4.5.1	Seguimiento y medición
4.6.2	Evaluación del cumplimiento de los requisitos legales y de otros requisitos	7.3.4	Revisión del diseño y desarrollo	4.5.2	Evaluación del cumplimiento legal
4.6.3	Auditoría interna del sistema de gestión de la energía	8.2.2	Auditoría interna	4.5.5	Auditoría interna
4.6.4	No conformidades, corrección, acción correctiva y acción preventiva	8.3 8.5.2 8.5.3	Control del producto no conforme Acción correctiva Acción preventiva	4.5.3	No conformidad, acción correctiva y acción preventiva
4.6.5	Control de los registros	4.2.4	Control de los registros	4.5.4	Control de los registros
4.7	Revisión por la dirección	5.6	Revisión por la dirección	4.6	Revisión por la dirección
4.7.1	Generalidades	5.6.1	Generalidades	4.6	Revisión por la dirección
4.7.2	Información de entrada para la revisión por la dirección	5.6.2	Información de entrada para la revisión	4.6	Revisión por la dirección
4.7.3	Resultados de la revisión por la dirección	5.6.3	Resultados de la revisión	4.6	Revisión por la dirección

Fuente: ISO 50001, Sistemas de Gestión de Energía, 2011.

**Anexo 2: Tabla de consumo de energía y población estudiantil global
2011-2015, Campus Central, Universidad de San Carlos de Guatemala**

Unidad Académica	Consumo Anual (kWh)			Población Estudiantil		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
AGRONOMIA	580630.92	571907.76	600274.00	1269	1389	1492
ARQUITECTURA	322193.99	317353.48	333094.00	3200	3060	3029
CIENCIAS ECONÓMICAS	366289.22	360786.25	378681.00	20198	19639	18303
CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES	605512.17	596415.21	625997.00	12301	12467	12506
CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA	664812.02	654824.16	687303.00	1920	1746	1667
HUMANIDADES / EFPEM	294129.43	289710.55	304080.00	22153	24997	29559
INGENIERÍA	713005.61	702293.71	737127.00	11358	11205	11544
ODONTOLOGÍA	307052.24	302439.22	317440.00	1229	1214	1164
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	358641.93	353253.85	370775.00	912	948	967
HISTORIA / TRABAJO SOCIAL	81251.22	80030.54	84000.00	1807	1876	1915
CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN	186399.01	183598.63	192705.00	1216	3844	3810

Unidad Académica	Consumo Anual (kWh)		Población Estudiantil	
	2014	2015	2014	2015
AGRONOMIA	672862.44	775407.47	1603	1725
ARQUITECTURA	373373.56	430276.13	2933	2855
CIENCIAS ECONÓMICAS	424473.19	489163.41	18095	17543
CIENCIAS JURÍDICAS Y SOCIALES	701696.00	808635.31	12591	12647
CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA	770415.46	887827.69	1541	1437
HUMANIDADES / EFPEM	340851.03	392797.13	32948	36634
INGENIERÍA	826264.46	952188.14	11666	11829
ODONTOLOGÍA	355826.59	410054.99	1139	1109
MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	415611.15	478950.79	982	993
HISTORIA / TRABAJO SOCIAL	94157.74	108507.49	1944	1966
CIENCIAS DE LA COMUNICACIÓN	216007.95	248927.82	4941	5503

Fuente: elaboración propia.