



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN CAMPUS AUTÓNOMO EN ENERGÍA ELÉCTRICA
SOSTENIBLE OPERANDO COMO MICRORRED PARA EL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Manuel Alberto Márquez Alemán

Asesorado por el Ing. Carlos Fernando Rodas

Guatemala, abril de 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN CAMPUS AUTÓNOMO EN ENERGÍA ELÉCTRICA
SOSTENIBLE OPERANDO COMO MICRORRED PARA EL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MANUEL ALBERTO MÁRQUEZ ALEMÁN
ASESORADO POR EL ING. CARLOS FERNANDO RODAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, ABRIL DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Córdoba Estrada
EXAMINADOR	Ing. Carlos Snell Chicol Morales
EXAMINADOR	Ing. Christian Antonio Orellana López
EXAMINADOR	Ing. Fernando Alfredo Moscoso Lira
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN CAMPUS AUTÓNOMO EN ENERGÍA ELÉCTRICA
SOSTENIBLE OPERANDO COMO MICRORRED PARA EL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica con fecha 9 de marzo de 2020.

Manuel Alberto Márquez Alemán



Ciudad de Guatemala, 02 de marzo de 2021

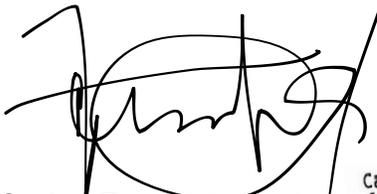
Ingeniero
Fernando Moscoso
Coordinador del Área de Potencia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Presente. -

Por medio de la presente me dirijo a su persona con la finalidad de informar que, en mi carácter como Asesor del Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN CAMPUS AUTÓNOMO EN ENERGÍA ELÉCTRICA SOSTENIBLE OPERANDO COMO MICRORRED PARA EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por el estudiante: **Manuel Alberto Márquez Alemán**, con carné No. **201403687**, ha sido concluido satisfactoriamente, considerando que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para continuar con la fase de revisión por parte de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración y estima personal.

Atentamente,



Carlos Fernando Rodas
Ingeniero Electricista
Colegiado activo 2846

Carlos Fernando Rodas
Ingeniero Electricista
Colegiado No. 2846

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 16 de marzo de 2022

Ingeniero
Armando Alonso Rivera Carrillo
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ingeniero Rivera:

Por este medio, con base a lo indicado en el REGLAMENTO DE TRABAJOS DE GRADUACION vigente, tengo a bien proponer la aprobación del trabajo de graduación titulado:

**ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN CAMPUS AUTÓNOMO EN ENERGÍA ELÉCTRICA
SOSTENIBLE OPERANDO COMO MICRORRED PARA EL CAMPUS CENTRAL DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

del estudiante MANUEL ALBERTO MÁRQUEZ ALEMÁN, habiendo cumplido con los requisitos establecidos en el referido reglamento y conforme la aprobación del asesor y el revisor.

Sin otro particular

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Fernando Moscoso Lira', written over a set of diagonal lines.

Ingeniero Fernando Alfredo Moscoso Lira
Coordinador Área de Potencia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería

REF. EIME 34.2022.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante Manuel Alberto Márquez Alemán: **Estudio de Prefactibilidad de campus autónomo de energía eléctrica sostenible operando como microrred para el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala**, procede a la autorización del mismo.



Ing. Armando Alonso Rivera Carrillo

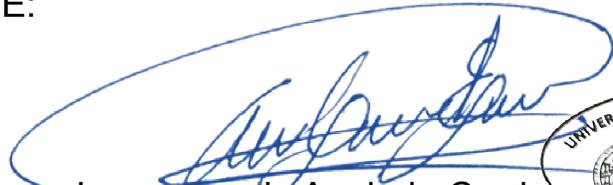
Guatemala, 30 de marzo de 2022.

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

LNG.DECANATO.OI.322.2022

La Decana 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 Ingeniería Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD DE UN CAMPUS AUTÓNOMO EN ENERGÍA ELÉCTRICA SOSTENIBLE OPERANDO COMO MICRORRED PARA EL CAMPUS CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**, presentado por: **Manuel Alberto Márquez Alemán**, después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana

Guatemala, abril de 2022

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme dado libre albedrío y ver sin intromisiones mis logros y fracasos.
- Mis padres** José Manuel Márquez Hernández y Doris Lisbeth Alemán Jerez, por haber sido mis maestros, por su apoyo y cariño incondicional y, sobre todo, por haberme seguido apoyando cuando yo no podía solo. Este triunfo es para ustedes.
- Mis hermanos** José Manuel, Lucía Elizabeth y Ana Lucía Márquez Alemán, por su aprecio y apoyo incondicional, por ser mis mejores amigos, mis consejeros y acompañantes en toda nueva aventura.
- Mis familiares** Abuelos, abuelas, tíos, tías, primos y primas, por su apoyo y cariño incondicional.
- Amigos** Por su apoyo para afrontar cada desafío de principio a fin de la carrera, y por su compañía y cariño incondicional. Seguramente seguiremos reuniéndonos por el resto de la vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitirme desarrollar mis estudios superiores satisfactoriamente.
Facultad de Ingeniería	Por brindarme el conocimiento necesario para afrontar los desafíos profesionales y dejarme encontrar mi profesión.
Mis amigos de la Facultad	Por acompañarme en cada desafío de principio a fin de la carrera.
Mi asesor	Carlos Fernando Rodas, por compartirme sus conocimientos, experiencias y recomendaciones, y, además, por su apoyo incondicional profesional y personalmente.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
JUSTIFICACIÓN.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVII
1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES	1
1.1. Rol y evolución de las energías renovables	2
1.2. Generación distribuida renovable	5
1.3. Almacenamiento de energía eléctrica	7
1.3.1. Principales sistemas de almacenamiento de energía	8
1.4. Microrredes.....	10
1.5. Eficiencia Energética	12
1.6. Tendencias globales de la gestión energética.....	13
1.6.1. Descarbonización	13
1.7. Digitalización	14
1.7.1. Descentralización	17
1.7.2. Democratización Energética	18
1.8. Guatemala y el desarrollo eléctrico	20

1.8.1.	Ley general de electricidad y ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable.....	20
1.8.2.	Norma técnica de generación distribuida renovable.....	22
1.8.3.	Objetivos del desarrollo sostenible.....	24
1.8.4.	Plan nacional de energía.....	26
2.	INFORMACIÓN GENERAL CAMPUS CENTRAL USAC.....	29
2.1.	Antecedentes	29
2.1.1.	Aspectos generales	30
2.1.2.	Ubicación geográfica.....	30
2.1.3.	Desarrollo de la infraestructura	31
2.2.	Distribución de los edificios	34
2.3.	Estructura del sistema eléctrico del campus central USAC.....	36
2.4.	Identificación de nodos hipotéticos	37
2.4.1.	Nodo 1: Edificios administrativos.....	37
2.4.2.	Nodo 2: Arquitectura, ingeniería y edificios aledaños.....	38
2.4.3.	Nodo 3: EFPEM y área deportiva.....	39
2.4.4.	Nodo 4: Odontología	39
2.4.5.	Nodo 5: Farmacia y Agronomía.....	40
2.4.6.	Nodo 6: Veterinaria y Zootecnia y áreas anexas.....	41
2.4.7.	Nodo 7: Área Social-Humanística	42
2.4.8.	Nodo alumbrado público.....	43
2.5.	Diagrama unifilar	43
2.6.	El gasto mensual total del Campus Central	44
2.7.	Nodos.....	50
2.7.1.	BTS y BTHD.....	51

2.7.2.	MTHD	53
3.	ANÁLISIS DE CONSUMOS Y OPTIMIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	55
3.1.	Análisis de consumo de potencia del Campus Central.....	55
3.1.1.	Análisis del consumo de potencia del alumbrado público, de enero 2019 a octubre 2020	56
3.1.1.1.	Caracterización del alumbrado público	57
3.1.2.	Cálculo del gasto energético mensual en el régimen BTS.....	59
3.2.	Cálculos del consumo energético mensual en los regímenes MTHD y BTHD.....	60
3.3.	Simulación HOMER.....	66
3.3.1.	Situación actual de la red eléctrica	68
3.3.2.	Simulación HOMER utilizando paneles solares.....	71
3.3.3.	Simulación HOMER utilizando paneles solares y generador diésel.....	73
3.3.4.	Simulación HOMER con paneles solares, generador diésel y banco de baterías.....	75
4.	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN LIMPIA Y AUTÓNOMA DEL CAMPUS CENTRAL	81
4.1.	Estudio de aprovechamiento.	82
4.1.1.	Proyección de costos utilizando el Valor Presente Neto (VPN)	82
4.2.	Estudio tecnológico.	83
4.2.1.	Red de electricidad suministrada por EEGSA	84
4.2.2.	Paneles solares	84

4.2.3.	Baterías	84
4.2.4.	Inversor	84
4.3.	Estudio financiero.....	85
4.3.1.	Paneles solares.....	85
4.3.2.	Baterías.....	85
4.3.3.	Inversor	86
4.3.4.	Propuesta técnica y modelo de negocio.....	86
4.3.5.	Posición geográfica	86
4.3.6.	Población objetivo	87
4.3.7.	Costos de inversión y tiempo de retorno	87
4.3.8.	Fortalezas y debilidades de llevar a cabo el proyecto.....	88
4.4.	Propuesta de estructura administrativa para el manejo y monitoreo de la microrred eléctrica autosustentable del campus central.....	90
4.4.1.	Puestos profesionales	91
CONCLUSIONES.....		95
RECOMENDACIONES		99
REFERENCIAS		101
APENDICES.....		105
ANEXOS.....		155

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ilustración de la transición energética	3
2.	Ejemplo de generación distribuida renovable.....	6
3.	Ilustración de almacenamiento de energía con baterías.....	10
4.	Ejemplo de microrredes interconectadas	11
5.	Matriz de generación 2012-2018.....	14
6.	Digitalización energética.....	15
7.	Ejemplo de sistemas eléctricos descentralizados	18
8.	Ejes estratégicos de la política energética 2013-2027	28
9.	Campus central visto en google earth.....	31
10.	Sistema eléctrico del campus central	36
11.	Nodo edificios administrativos	37
12.	Nodo de arquitectura e ingeniería	38
13.	Nodo efpem y área deportiva	39
14.	Nodo odontología	40
15.	Nodo farmacia y agronomía	41
16.	Nodo veterinaria	42
17.	Nodo áreas sociales.....	43
18.	Diagrama unifilar.	44
19.	Meses utilizados para la muestra de cálculo.....	45
20.	Gasto total en energía del campus central.....	47
21.	Puntos de registro por nodo.	51

22.	Gasto mensual en energía eléctrica promedio de los nodos, calculado mediante los contadores en régimen de cobro estándar (bts)	52
23.	Gasto mensual en energía eléctrica promedio de los nodos, calculado mediante los contadores en régimen bthd	52
24.	Gasto mensual mthd campus central por nodos.....	53
25.	Esquemático de la red eléctrica actual con datos de promedio mensual.	68
26.	Curva de carga para un día modelo de baja tensión utilizando la red. ...	69
27.	Curva de carga de un día modelo de media tensión utilizando la red.....	69
28.	Costo de operación anual actual con la red existente.....	70
29.	Simulación homer utilizando paneles solares con datos mensuales.	71
30.	Resultados para la simulación con paneles solares, datos anuales.	72
31.	Simulación homer con paneles solares y generador diésel, con datos mensuales.....	73
32.	Resultados anuales para simulación homer con paneles solares y generador diésel.	74
33.	Horario del generador diésel en simulación homer.....	75
34.	Esquemático de la simulación utilizando baterías, con datos mensuales.....	76
35.	Resultados anuales para la simulación con banco de baterías en homer.....	77
36.	Arquitectura del diseño óptimo de la red.....	78
37.	Resultados anuales para el diseño óptimo.	79
38.	Campus central usac	87

TABLAS

I.	Gasto mensual de cada nodo, promedio de los meses enero 2019 hasta noviembre 2020.....	48
----	--	----

II.	Gasto mensual de cada nodo, promedio prepandemia, de los meses mayo 2019 hasta febrero 2020.....	49
III.	Gasto mensual de cada nodo, promedio en pandemia, de los meses marzo 2020 hasta mayo 2020.....	50
IV.	Cargo mensual de alumbrado público.....	56
V.	Consumo promedio mensual del nodo arquitectura e ingeniería, para el período de enero 2019 a mayo 2020.....	59
VI.	Factores de carga para los distintos nodos del campus central.....	65
VII.	Factores de carga para el régimen de cobro MTHD.....	66
VIII.	Costo de operación por mes	71
IX.	Proyección de costos a 15 años.....	83

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
CO₂	Dióxido de carbono
US%	Dólar estadounidense
F_c	Factor de carga
GW	Gigavatio
GWh	Gigavatio por hora
H	Hora
Km	Kilómetro
Kv	Kilovoltio
kW	Kilovatio
kWh	Kilovatio hora
M	Metro
Mbps	Megabit por segundo
MW	Megavatio
MWh	Megavatio hora
Min	Minuto
Q	Quetzal guatemalteco
S	Segundo
V	Voltio

GLOSARIO

AAC	Conductor de Aluminio
ACSR	Conductor de Aluminio Reforzado con Acero
Actuador	Dispositivo que por mediante la utilización de un tipo de energía activa un efecto de proceso de automatización.
Agentes del MM	Generadores, comercializadores, distribuidores, importadores, exportadores y transportistas cuyo tamaño supere el límite establecido en el reglamento de la Ley General de Electricidad.
AMM	Administrador del Mercado Mayorista.
Ancho de banda	Capacidad de transporte de datos de un canal de comunicación. Rango de frecuencia donde se concentra la mayor potencia de la señal.
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (<i>American National Standards Institute</i>). Organización sin fines de lucro que supervisa el desarrollo de estándares para productos, servicios, procesos y sistemas en los Estados Unidos.

AP	Alumbrado Público.
AT	Alta Tensión.
BT	Baja Tensión.
BTS	Baja Tensión Simple.
BTHD	Baja Tensión Horario de Demanda.
Cadena de suministro	Conjunto de fases, etapas o procesos involucrados para suministrar energía eléctrica a los clientes consumidores.
CALUSAC	Centro de Aprendizaje de Lenguas.
CEPAL	Comisión económica para América Latina y el Caribe.
CNEE	Comisión Nacional de Energía Eléctrica.
CONADUR	Consejo Nacional de Desarrollo Urbano y Rural.
Corriente eléctrica	Flujo de electrones que recorre un material conductor de electricidad. Su unidad de medida es el amperio.
CU URD	Conductor de cobre para distribución residencial subterránea.

DEOCSA	Distribuidora de Electricidad de Occidente, Sociedad Anónima.
DEORSA	Distribuidora de Electricidad de Oriente, Sociedad Anónima.
DIGA	Dirección General de Administración.
Display	Dispositivo que permite mostrar información al usuario de forma visual.
EEGSA	Empresa Eléctrica de Guatemala, Sociedad Anónima.
Eficiencia energética	Conjunto de acciones que permiten optimizar la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos.
EFPEM	Escuela de Profesores de Enseñanza Media.
Energía eléctrica	Forma de energía causada por una diferencia de potencial entre dos puntos entre los cuales se establece una corriente eléctrica.
ETCEE	Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica.
Factor de potencia	Relación entre la potencia activa y la potencia

aparente. Describe la capacidad de un sistema para absorber potencia activa.

Fase	Señal u onda con magnitud que varía cíclicamente.
Firmware	Software que maneja físicamente al hardware para que las instrucciones externas se ejecuten de forma correcta.
FIU	Frecuencia de Interrupción por Usuario
HOMER	Siglas en inglés para <i>Hybrid optimization Model for Multiple Energy Resources</i> .
Iberdrola	Empresa española dedicada a la producción, distribución y comercialización de energía.
IEEE	Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>). Asociación mundial dedicada a la estandarización y desarrollo en áreas técnicas.
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional (<i>International Electrotechnical Commission</i>). Organización dedicada a la estandarización en los campos de la eléctrica, electrónica y tecnologías relacionadas.
Impedancia	Medida de oposición a la corriente alterna que un material presenta.

INDE	Instituto Nacional de Electrificación.
Inflación	Aumento generalizado y sostenido de los precios existentes en el mercado durante un período de tiempo, frecuentemente un año.
Interfaz	Representación de la conexión funcional entre dos sistemas, programas, dispositivos o componentes ya sea de hardware o software.
IVA	Impuesto al Valor Agregado.
Línea	Medio físico que permite conducir energía eléctrica entre dos puntos. Las líneas podrán ser de transmisión o de distribución de acuerdo con su función.
MT	Media Tensión.
MTHD	Media Tensión Horario Demanda.
MEM	Ministerio de Energía y Minas.
Mercado mayorista	Conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía que se efectúa a corto y a largo plazo entre agentes del mercado.

NTDOID	Norma Técnica de Diseño y Operación de las Instalaciones y de la Distribución.
NTGDR	Norma Técnica de Generación Distribuida Renovable.
NTSD	Norma Técnica del Servicio de Distribución.
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible.
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía.
OPGW	Hilo de guarda que contiene en su núcleo fibra óptica.
O&M	Siglas en inglés para <i>Operation and maintenance</i> . Se utiliza para nombrar los costos monetarios de los procesos de operación y mantenimiento de una red eléctrica.
Pico de demanda	Cantidad de energía demandada superior a la nominal.
Potencia activa	Parte real de la potencia aparente, la cual es la utilizable físicamente. Parte resistiva.
Potencia aparente	Potencia eléctrica total de una máquina o sistema.
Potencia eléctrica	Cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado.

Potencia reactiva	Parte imaginaria de la potencia aparente, realmente no entrega trabajo útil, pero sí produce los campos necesarios para que la máquina o sistema funcione.
PyMEs	Siglas para pequeñas y medianas empresas.
Red de comunicación	Toda la infraestructura o medio técnico que permite la comunicación entre equipos informáticos.
SCADA	Sistema de supervisión y adquisición de datos (<i>Supervisory Control and Data Acquisition</i>).
SEGEPLAN	Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia.
Sensor	Dispositivo que detecta y mide magnitudes físicas o químicas y las transforma en señal eléctrica.
Señal analógica	Onda sinusoidal con variación continua de amplitud y periodo en función del tiempo.
Señal digital	Tipo de señal que presenta su contenido en valores discretos. Se utiliza en la lógica binaria.
Servidumbres	Servidumbre legal de utilidad pública es toda aquella que sea necesario constituir teniendo como fin la construcción de obras e instalaciones para la generación, transporte y distribución de energía eléctrica.

Sistema monofásico	Sistema eléctrico caracterizado por constituirse de una sola fase eléctrica.
SIN	Sistema Nacional Interconectado.
Sistema trifásico	Sistema eléctrico caracterizado por constituirse de tres fases eléctricas.
SIN	Sistema Nacional Interconectado.
Sobrecarga	Excedente del límite de corriente eléctrica que puede soportar un material conductor.
Software	Soporte lógico de un sistema informático que comprende del conjunto de componentes lógicos que hacen posible la realización de tareas específicas.
Telecomunicaciones	Es toda transmisión y recepción remota de información a cierta distancia; las señales viajeras son comúnmente electromagnéticas, aunque pueden ser de cualquier naturaleza.
Tele-medida	Es el proceso que permite la comunicación entre los equipos de medida y los sistemas de un distribuidor de energía eléctrica. Esta consiste en la lectura de consumos de forma remota y en tiempo real.

Tensión	Voltaje o diferencial de potencial que existe entre dos puntos.
TIU	Tiempo de Interrupción por Usuario.
USD	Dólar estadounidense (<i>United States Dollar</i>).
USAC	Universidad de San Carlos de Guatemala.
Transductor	Dispositivo capaz de recibir un tipo de energía, transformarla y entregar otro tipo de energía.
TRELEC	Transportista Eléctrica Centroamericana, Sociedad Anónima.
Valle de demanda	Cantidad de energía demandada inferior a la nominal.

RESUMEN

El presente trabajo estudia la prefactibilidad de un proyecto de microrred inteligente de energía autosustentable en el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC. Para ello se calculó el consumo de potencia y energía del Campus Central y se desarrolló un modelo de microrred. Con este modelo se realizó un estudio financiero que propone los beneficios y los retos que pueden presentarse al llevar un proyecto de estas características a cabo.

En el capítulo uno se exponen los conceptos fundamentales para entender el funcionamiento de una microrred y cómo se implementan. También se exponen los beneficios de las microrredes, principalmente en la calidad de vida de los usuarios y en los efectos sobre el planeta, y cómo se consideran el futuro de las redes eléctricas en el mundo.

En el capítulo dos se describen la red eléctrica de Guatemala, así como sus debilidades en las facetas de avance tecnológico y desarrollo sostenible. En este capítulo se explica cómo es el Campus Central, su ubicación geográfica, cómo es su red eléctrica y de qué forma está administrado, así como su historia.

En el capítulo tres se realiza el análisis de los datos de energía eléctrica del Campus Central. Se calculan los consumos de energía y potencia del Campus Central, y con estos datos se realiza una simulación en el software HOMER, que presenta el estado de la red actual, y el camino para optimizarla mediante energía renovable en una microrred.

En el capítulo cuatro se realiza el estudio de prefactibilidad del proyecto de implementación de una microrred inteligente de energía renovable en el Campus Central. Se muestra el impacto que la implementación de una microrred tendría en el Campus Central y en sus usuarios, así como las ventajas que presenta la microrred, tanto financiera como sociales. Para ello presentan los resultados obtenidos en la simulación HOMER para contrastarlos con el estado actual de la red. De esta forma se hacen evidentes las ventajas y retos que presenta la implementación de la microrred.

OBJETIVOS

General

Presentar, a través de estudios y propuestas, una perspectiva auténtica y concreta para la transformación del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala en una microrred capaz de alcanzar la máxima eficiencia y autonomía energética posible.

Específicos

- Crear para la posteridad una compilación de datos que pueda servir de guía y prefacio para un futuro proyecto implementable en el campus central de la Universidad de San Carlos.
- Establecer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que el campus central enfrentaría al generar de forma limpia y autónoma la energía eléctrica de consumo propio.
- Proponer un modelo teórico eficaz para llevar a cabo la posible transformación del campus central en una microrred inteligente.
- Presentar una propuesta técnica-económica que sirva como estimación presupuestal para llevar a cabo la posible transformación del campus central en una microrred inteligente.

JUSTIFICACIÓN

La actual problemática económica entre el Estado guatemalteco y la Universidad de San Carlos de Guatemala hace necesario explotar los recursos que el campus central pueda proveer y realizar recortes inteligentes en los costos del consumo de energía eléctrica. Al hacer esto se pretende no solo satisfacer la demanda energética para la realización de todas las actividades académicas y administrativas de dicha universidad, sino también hacerlo en la forma más autónoma posible. Por lo que un estudio sobre eficiencia energética y la creación de propuestas para proyectar un campus tecno-inteligente, que pueda proveerse a sí mismo energía limpia, se estima como un gran beneficio para la comunidad estudiantil y puede ser la brecha para un cambio provechoso.

Con todas las herramientas brindadas a través de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica, se analizarán los cambios posibles, las complicaciones, limitaciones, oportunidades, beneficios, entre otros, para transformar al campus central de la USAC en una microrred autosustentable.

El presente trabajo de graduación pretende difundir el conocimiento mínimo y necesario para hacer posible la transformación mencionada anteriormente. Siendo la Universidad de San Carlos de Guatemala la entidad académica superior responsable de crear profesionales conscientes y preparados para el ejercicio de la ciencia y el conocimiento, ésta debe actualizarse periódicamente para mantenerse al corriente de las nuevas tecnologías y los estudios que se presentan para la aplicación de éstas.

INTRODUCCIÓN

En Guatemala, a pesar de que la mayoría de la energía que se produce es de naturaleza renovable, el sistema de distribución no fomenta la transición hacia energías renovables como una política clara, aun cuando hay leyes que incentivan el uso de energías renovables. Por su parte, la Universidad de San Carlos de Guatemala cumple el papel de líder en la innovación tecnológica del país, en su carácter de única universidad pública. Sin embargo, la red eléctrica del Campus Central de la USAC es obsoleta, y la universidad no la ha modernizado en décadas.

El presente estudio parte de la premisa de que el Campus Central, como una entidad urbanística cerrada, es un espacio ideal para implementar una microrred inteligente de energía sustentable. De modo que en el presente trabajo se desarrolla un modelo teórico de microrred inteligente, utilizando una simulación computarizada a partir de datos de gasto reales de la red del Campus Central. A partir de estos datos se calculó el consumo de potencia y energía de la red del Campus Central, y con estos datos se realizaron simulaciones computarizadas con el software HOMER.

Finalmente, se concluyó, mediante un estudio financiero, que la implementación de una microrred inteligente de energía sustentable haría posible una disminución de aproximadamente el 25.92 % del gasto en energía eléctrica por parte del Campus Central de la USAC, lo que en datos netos suma Q17.7M en un período de 15 años.

1. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Es necesario establecer los conceptos fundamentales que guiarán esta investigación. Este capítulo explora las nuevas tecnologías y concepciones tecnológicas y filosóficas que han llevado al desarrollo de las energías renovables y de las microrredes autosustentables.

Es importante resaltar, antes que nada, que la principal razón para desarrollar energías y tecnologías renovables es la crisis climática y la presión sobre los ecosistemas terrestres que la enorme población humana crea. Durante los últimos dos siglos, la creciente industrialización de las distintas sociedades humanas, así como el aumento exponencial de la población humana, han creado una situación insostenible, en la cual las actividades humanas crean lo que se ha llamado una huella ecológica.

La huella ecológica consiste en la alteración del ciclo natural de renovación de los ecosistemas globales, que dependen de un delicado balance entre todos los seres vivos que lo habitan y los recursos naturales que existen en él. La actividad humana extrae recursos y no los regresa mediante este ciclo de renovación, sino que los destruye o los transforma de forma que no pueden volver a la naturaleza. Las energías renovables son fundamentales en revertir y cambiar este patrón insostenible, ya que al ser renovables ofrecen la posibilidad de devolver al ciclo natural o de no alterarlo, y no contribuir a la catástrofe climática.

1.1. Rol y evolución de las energías renovables

Con cada nueva energía de la cual se puede sacar provecho, el mundo ha ido evolucionando a un ritmo evidentemente vertiginoso. Por mucho tiempo se han consumido recursos no renovables, tales como el carbón, el petróleo y los combustibles fósiles en general, para obtener energía eléctrica y mecánica. Del mismo modo se han utilizado otros tipos de recursos que proveen energía calorífica o cinética, que luego se transforman en energía eléctrica y mecánica.

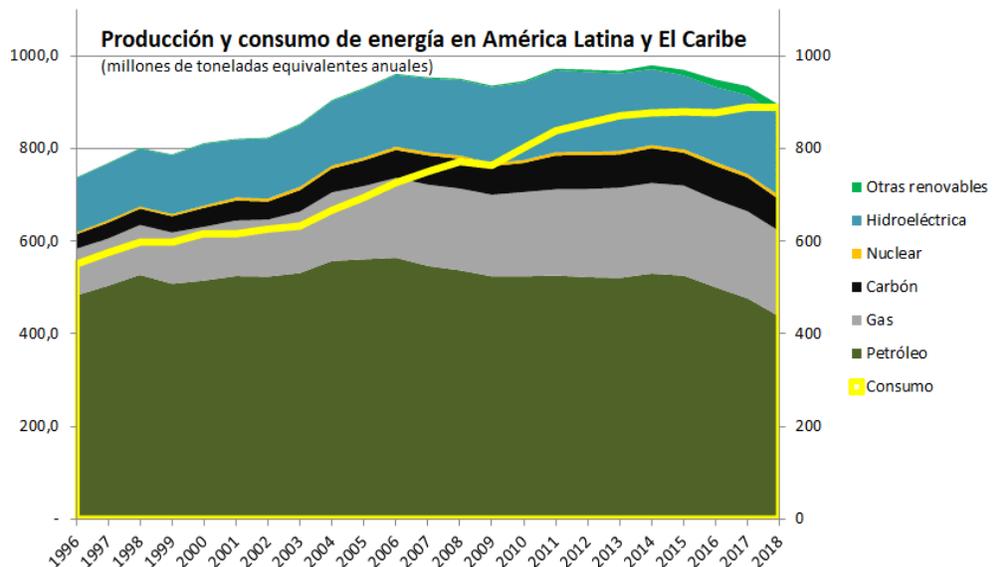
Sin embargo, el problema principal de este tipo de energías es que no emplean recursos renovables o relativamente limpios, como se suele pensar. Gracias al avance tecnológico de las últimas décadas ha sido posible implementar nuevos artefactos y equipos que permiten captar energía de formas que antes, o bien no existían, o no se habían podido explotar de la forma deseada:

Las energías renovables emplean hoy al doble de personas que la industria petrolera (petróleo y gas). La Agencia Internacional de la Energía Renovable estima que la fotovoltaica, la eólica, la biomasa y otras fuentes limpias dan trabajo a más de once millones de personas (en España, dan unos 50.000 empleos directos). La transición energética es toda una revolución. El sector eólico prevé instalar en los próximos cinco años más potencia eléctrica que la instalada por la nuclear los últimos 40 años. Y la solar fotovoltaica, también. (Barredo, 2019, p.79).

Según la patronal europea del sector solar, entre el 2019 y el 2023, el mundo añadirá al parque fotovoltaico global (que suma ya 600 gigavatios de potencia) entre 800 y 1.300 gigavatios (GW) más: un crecimiento de entre el +60 % y el +160 %. Para que nos hagamos una idea de la magnitud,

tras 60 años de historia, la nuclear tiene hoy 396 GW de potencia de generación. Es algo que parecía impensable hace sólo diez años, cuando la potencia solar acumulada en todo el mundo no alcanzaba los 10 GW. Y lo bueno es que el sol brilla en todas partes. Entre los diez países con más potencia fotovoltaica conectada, hay de cuatro continentes: EE.UU., Corea, Australia o Alemania. (Barredo, 2019, p.84).

Figura 1. Ilustración de la transición energética



Fuente: *Energía en América Latina y el Caribe, cuatro años deslizándonos por la canal*. Havana Times. Recuperado de <https://havanatimesenespanol.org/diarios/erasmo-calzadilla/energia-en-america-latina-y-el-caribe-cuatro-anos-deslizandonos-por-la-canal/>.

En América Latina y el Caribe también se han acordado metas en energía renovable a través de la llamada Iniciativa Latinoamericana y Caribeña para el Desarrollo Sostenible. La conferencia llevada a cabo en Brasilia, en octubre de 2003, representó el inicio de los esfuerzos conjuntos para propiciar un cambio en

la matriz energética de los países de Latinoamérica y el Caribe. Se estableció como objetivo lograr que en el año 2010 la región, considerada como un conjunto, utilizara energías renovables en al menos 10 % de su consumo energético total.

Si se toman los datos del Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe de 2018 (último informe publicado por CEPAL), en conjunto el 73,5 % de la oferta de energía primaria no es renovable, mientras que el 26,5 % restante sí lo es. Destaca la Biomasa con un total de 14,9 %, seguido por la energía hidráulica con un 7,8 %, y otras energías primarias con un 3,2 % (Alonso, 2019, párr. 3).

Si se analizan los datos porcentuales de la proporción renovable sobre la oferta energética total (con datos ofrecidos por OLADE relativos a 2016), Haití, Paraguay, Guatemala y Uruguay, superan la barrera del 50 % a partir de renovables, aunque hay que destacar que no son países excesivamente poblados, mientras que países como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Perú, que tienen un nivel de población muy superior, tienen porcentajes del 10,6 %, 44,1 %, 24 %, 17,9 %, 7 % y 20,7%, respectivamente, de ahí que el potencial de crecimiento sea muy elevado (Alonso, 2019, párr. 5).

Guatemala, por su parte, en la política energética 2013-2027 promueve la diversificación de la matriz nacional de generación eléctrica para lograr, en el largo plazo, que se alcance un 80 % de generación a partir de recursos renovables. Guatemala se encuentra geográficamente en una posición estratégica para la explotación de recursos energéticos naturales: energía hidráulica, energía solar, energía eólica, energía biomásica y energía geotérmica. Para los fines de esta sección se dejará el desarrollo de este tema aquí. Sin

embargo, en la sección 3 del capítulo 1 se amplía la discusión sobre Guatemala y la regulación de energías renovables y generación distribuida.

1.2. Generación distribuida renovable

Al hablar de generación distribuida renovable, se debe hacer énfasis en que se busca la manera más eficiente y ecológica para transformar energía de distintas fuentes, en energía eléctrica. La generación distribuida renovable es básicamente la disposición de recursos naturales que proveen energía, por ejemplo: el sol, el agua fluyente de un río, las corrientes de viento, la biomasa, entre otros.; para la transformación de dicha energía en energía eléctrica que se pueda utilizar para autoconsumo y, posiblemente, la inyección del excedente energético a la red principal de distribución.

El problema principal que enfrentan las actuales redes de generación, transmisión y distribución de energía es que, utilizan un sistema bastante centralizado con un alcance limitado, sobre todo, en términos económicos. El tema económico está estrechamente relacionado a las dificultades de que, siendo un sistema centralizado el que genera, transmite y distribuye, necesita:

- Llegar a distancias más lejanas, incrementando así la pérdida de energía.
- Emplear equipos más costosos para mitigar la pérdida de energía.
- Cambiar y aumentar los sistemas de protección, así como las estructuras, para evitar percances y fallos críticos en su transmisión y distribución; así asegurar la continuidad del servicio.

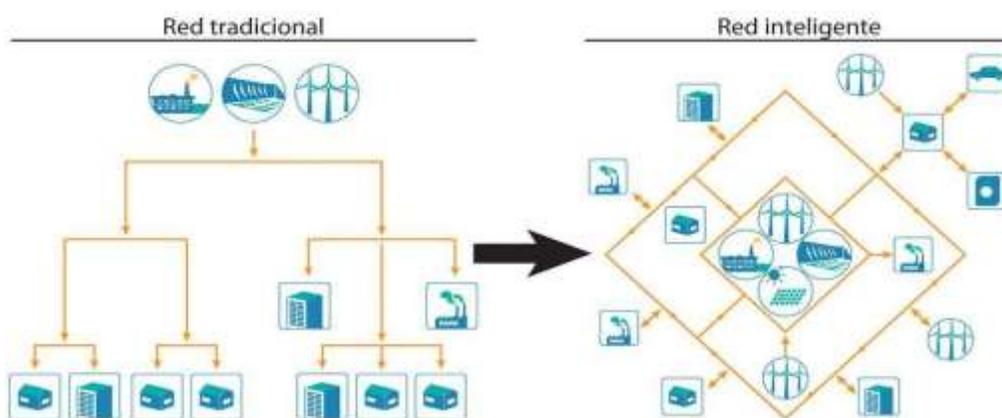
Es por eso por lo que, se debe buscar soluciones más versátiles para obtener el resultado esperado; suministrar energía a las cargas que la requieren.

Para eso, la generación distribuida renovable es una opción viable cuando se requiere suministrar ciertos porcentajes de energía a distintos lugares a la vez.

Los equipos de generación distribuida como los paneles solares, aerogeneradores a pequeña escala, generadores piezoeléctricos, y otras tecnologías son una opción considerablemente correcta para instalarse en hogares, comunidades, industrias, PyMEs; generando no solo, un ahorro económico en la cuota del servicio eléctrico, sino también una contribución a la desaceleración del cambio climático.

Así nacen entonces los usuarios-generadores, que buscan dejar de ser consumidores, o reducir su incidencia en el consumo, y volverse autosustentables completa o parcialmente. Cuando se instalan como usuarios-generadores, es porque ya han realizado la conexión a la red comercial con sus equipos de generación distribuida renovable.

Figura 2. **Ejemplo de generación distribuida renovable**



Fuente: Generación distribuida, una puerta y ventana para los profesionales de automatización y control. Editores. Recuperado de

https://www.editores.com.ar/revistas/aa/9/yablonovsky_generacion_distribuida.

1.3. Almacenamiento de energía eléctrica

Históricamente, la capacidad de almacenar energía eléctrica de tal forma que pueda ser aprovechada en cualquier momento después del almacenaje, ha representado un avance tecnológico muy importante para la transición energética sostenible. El poder de almacenar energía eléctrica permite que exista una flexibilidad amplia en cuanto a la producción de energía por medio de recursos renovables y al mismo tiempo garantizar que ésta es viable para trabajar en conjunto al sistema eléctrico ya existente.

En términos generales, la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica se ha vuelto bastante versátil en los últimos tiempos. Sin embargo, uno de los problemas para la generación a través de recursos renovables consiste en que no se ha logrado encontrar una manera barata y sencilla para almacenar la energía.

Esto conlleva a que la energía eléctrica se genera, en todo momento con relación a la demanda existente en esos mismos instantes; dejando como consecuencia que, las energías renovables (las cuales son difíciles de manejar para mantener un servicio continuo demandado) requieran apoyo de sistemas de almacenaje para poder integrarse a la red eléctrica, darle mayor estabilidad y seguridad a su aporte al sistema eléctrico, y sobre todo evitar desperdiciar energía en períodos de poca demanda.

La importancia de encontrar mejores formas y sistemas para almacenar la energía eléctrica renovable generada, como la energía solar o eólica, reside en que es un paso fundamental para darle el respaldo necesario a las nuevas tecnologías que permitan la transición continua o, posiblemente, total de la utilización de energías fósiles a energías renovables.

La regulación de Guatemala ya reconoce y regula la generación distribuida renovable y la auto producción, lo cual se aborda en forma descriptiva y como parte del modelo de negocio propuesto.

1.3.1. Principales sistemas de almacenamiento de energía

De acuerdo con el portal IBERDROLA (almacenamiento de energía: la clave de un futuro descarbonizado, s.f.) la energía eléctrica no puede almacenarse como tal y es necesario transformarla en otros tipos, como la energía mecánica o la química. Los sistemas de almacenamiento pueden aportar valor en todos y cada uno de los eslabones de la cadena de suministro.

Dependiendo de su capacidad, los sistemas de almacenamiento de energía se dividen en: almacenamiento a gran escala, que se emplea en lugares en los que se trabaja con escalas de GW; almacenamiento en redes y en activos de generación, donde se trabaja con escalas de MW; y, finalmente, almacenamiento a nivel de usuario final, que se emplea a nivel residencial y se trabaja con kW.

Las formas más comunes actualmente que permiten el almacenaje y la transformación de energía versátil son:

- **Baterías:** son dispositivos creados con compuestos químicos que hacen posible el almacenar la energía en dichos compuestos, los cuales, tienen la capacidad de generar y suministrar energía eléctrica según se les demande. Las ventajas más importantes de estos dispositivos son: la rapidez de respuesta, la simplicidad de su instalación y la empleabilidad que puede asignárseles en el ámbito de las energías renovables.

- Supercondensadores: es un dispositivo capaz de almacenar grandes cantidades de energía eléctrica en forma de cargas electrostáticas (Iberdrola, almacenamiento de energía: la clave de un futuro descarbonizado, s.f.). Ya que estos gozan de poder cargarse y descargarse en valores mínimos de tiempo, son altamente eficientes para darle continuidad al suministro eléctrico cuando existen interrupciones cortas del servicio o picos de potencia.
- Almacenamiento térmico: consiste en acumular energía en materiales que permitan retenerla y liberarla de manera controlada (Iberdrola, almacenamiento de energía: la clave de un futuro descarbonizado, s.f.).
- Aire comprimido: estas instalaciones cuentan con un motor reversible que, durante los momentos de exceso de energía, almacena el aire ambiente a altas presiones en cubículos bajo tierra. (Iberdrola, almacenamiento de energía: la clave de un futuro descarbonizado, s.f.).

En los años recientes también se ha popularizado la utilización de nuevas baterías para el almacenamiento de energía eléctrica, las baterías de iones de litio. El litio posee un potencial electroquímico considerablemente elevado que hace posible la acumulación de grandes cantidades de energía. Otras características muy provechosas de las baterías hechas con litio, es que son de peso moderado y han demostrado tener una eficiencia mayor en el almacenamiento de energía.

Figura 3. **Ilustración de almacenamiento de energía con baterías**



Fuente: Jorge Sáenz. *Almacenar energía en baterías, nueva opción para renovables.*

Consultado el 24/11/2021. Recuperado de

<https://www.elespectador.com/economia/almacenar-energia-en-baterias-nueva-opcion-para-renovables-article/>.

1.4. Microrredes

Una microrred es un sistema bidireccional interconectado de generadores distribuidos, equipos de almacenamiento de energía y cargas, con límites eléctricos definidos que funciona como una entidad controlable desde el punto de vista de la red eléctrica convencional. Las microrredes representan una plataforma casi perfecta para el despliegue de sistemas de energía renovable y favoreciendo los objetivos de ahorrar energía, reducir costos e incrementar la fiabilidad del sistema.

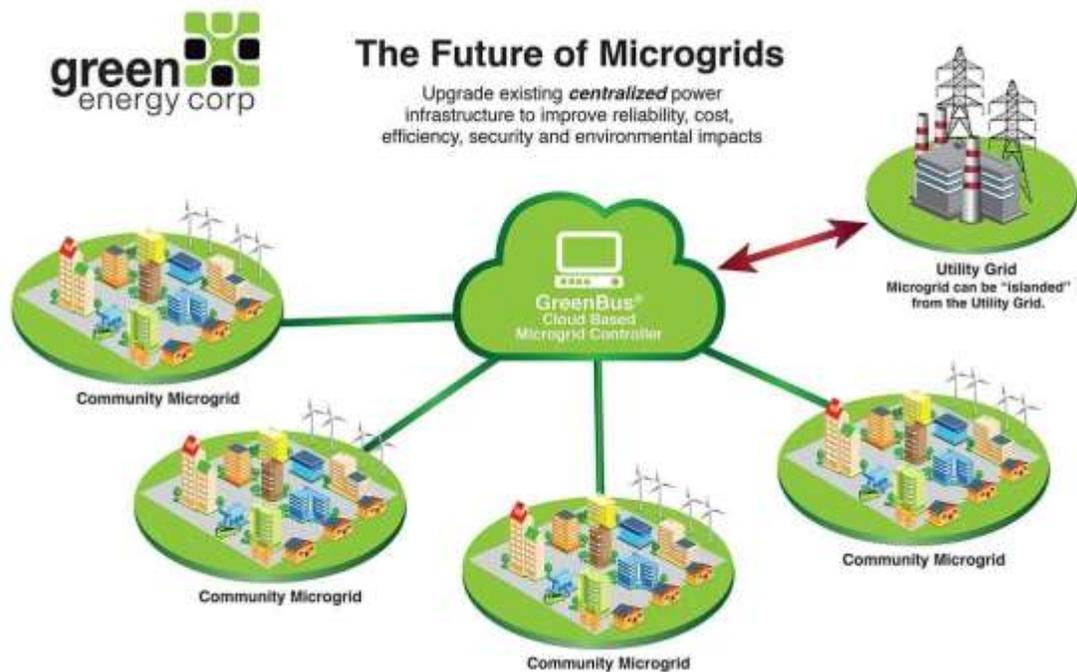
Las microrredes pueden operar en varias modalidades:

- Conectadas a la red
- Desconectadas de la red (modo isla)
- Conectadas a otras microrredes y a la red

- Conectadas a otras microrredes desconectadas de la red.

Entonces, una microrred modela un sistema eléctrico más estable, económicamente retroactivo y de avance tecnológico que puede ser implementado para provecho del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Figura 4. Ejemplo de microrredes interconectadas



Fuente: Mitre y el campo.

Microgrids, 'islas de energía' que garantizan la fiabilidad y eficiencia del suministro. Consultado el 19/03/2020. Recuperado de: <https://mitreyelcampo.cienradios.com/microgrids-islas-de-energia-que-garantizan-la-fiabilidad-y-eficiencia-del-suministro/>.

1.5. Eficiencia energética

Eficiencia energética es un término que pretende describir una mejora continua de los procesos que transforman, brindan y consumen energía. La eficiencia en un proceso energético se describe como la relación existente entre la energía que se consume, y la energía que se genera. Comúnmente los sistemas actuales son capaces de suministrar la energía que demanda la red mas no hacerlo de la manera más eficiente posible.

Es decir, la eficiencia energética busca que se reduzcan las pérdidas innecesarias de energía en las transformaciones o procesos incorporando a su vez, mejores hábitos de consumo y más sofisticadas tecnologías. En general, el sector energético tiene mayor interés en el lado de los consumidores (demanda), por ser aquel que necesita un trabajo más detallado, ya que depende de las disposiciones de millones de usuarios con necesidades varias y no de unos cuantos proveedores (generación).

Así pues, la eficiencia energética no solo representa una disminución considerable en los costos de electricidad de los consumidores, sino también una contribución a la reducción del problema de emisiones de gases de efecto invernadero.

Teniendo en cuenta la importancia que tiene la eficiencia energética en cualquier sistema eléctrico, se puede interpretar que la implementación de nuevas tecnologías como los sistemas de almacenamiento de energía, los generadores distribuidos (renovables y no renovables), la implementación de sistemas de energía renovable y las microrredes trabajando conjuntamente con la red nacional, representa un conjunto de aportes tecnológico-económicos para el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

1.6. Tendencias globales de la gestión energética

A continuación, se presentan las principales tendencias globales de la gestión energética.

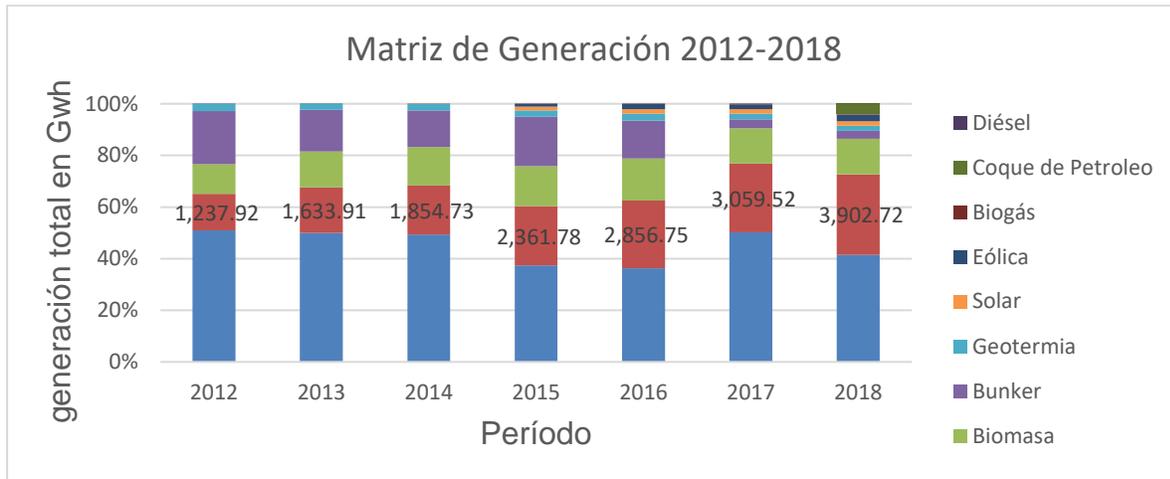
1.6.1. Descarbonización

Se le conoce como descarbonización al proceso que busca mitigar y erradicar la dependencia que existen entre las redes eléctricas y la generación del suministro energético utilizando como fuente de combustible el carbón y sus similares (combustibles fósiles). Representa un avance fundamental para la evolución a las nuevas tecnologías, y el desecho de las tecnologías tradicionales que impactan seriamente al medio ambiente.

La descarbonización del sector eléctrico representa un avance tan significativo como la implementación de la generación distribuida, la utilización de energías renovables de generación, la creación de microrredes para descentralizar los sistemas eléctricos, entre otros.

De acuerdo con el MEM en su reporte de Matriz de Generación Energética 2012-2018, la generación eléctrica con carbón ha representado al menos un 14.22 % del total generado, e incluso su tendencia ha sido ir en incremento (31.17 % en 2018).

Figura 5. **Matriz de generación 2012-2018**



Fuente: elaboración propia.

1.7. Digitalización

Es un fenómeno que viene ocurriendo en la industria desde los años 70, cuando las computadoras aparecieron y marcaron el inicio de una nueva era, una nueva revolución industrial. La digitalización es el cambio dinámico, conversión y codificación en números dígitos, de información constituida de otra forma; por ejemplo, documentos físicos, fotografías, sonidos, entre otras muchas cosas. La digitalización ha permitido a la humanidad crear un sistema universal de acceso a la información, que es rápido y que sirve de catalizador para crear nuevas tecnologías.

Estas nuevas tecnologías han permitido que la mayoría de las actividades que requerían intervención humana ahora estén automatizadas y puedan ser ejecutadas por máquinas y computadoras. Dichas máquinas y computadoras trabajan en conjunto utilizando la información digitalizada para comunicarse. Así,

pueden convertir códigos en muchos tipos de acciones utilizando mecanismos, equipos y conversores de energía para completar un proceso.

Figura 6. **Digitalización energética**



Fuente: Biodisol. *La digitalización está marcando el comienzo de una nueva era solar.*

Consultado el 21/11/2020. Recuperado de:

<https://www.biodisol.com/energia-solar/digitalizacion-nueva-era-solar/>.

La digitalización de la información y, por ende, de los procesos y acciones que requieren las industrias —por ejemplo, la del sector energético— representan un avance crucial para la optimización de aspectos como:

- La eficiencia energética: al poder obtener datos mucho más precisos y actualizados sobre la manera en que se comportan los consumidores y sus cargas todo el sector puede adaptarse, modificando sus parámetros y procesos para que la energía sea suministrada y sea consumida en las situaciones correctas. Esto evitaría, por ejemplo, que varios ventiladores

que se conectan al mismo tiempo funcionen a su máxima capacidad en habitaciones vacías por un tiempo prolongado, revirtiendo de esta manera la inestabilidad que un escenario así pueda crear en la red.

- Protección, control y medición inteligente: son un conjunto de propiedades que trabajan para llevar a cabo funciones que proveen al sistema de estabilidad. Este conjunto de propiedades obtiene una mejora significativa cuando se beneficia de la digitalización. La medición se vuelve más precisa y rápida, y los datos obtenidos de esta forma crean criterios más seguros para las acciones de control. La protección que reciben constantemente estos datos y órdenes actualizados le proveen al sistema eléctrico más seguridad y menos posibilidad de fallo en los procesos. Así también, estos procesos se vuelven relativamente más sencillos de manipular por parte de los operarios a cargo en los diferentes nodos de la red.
- Reducción de la infraestructura: la infraestructura necesaria para la generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica es considerablemente menor. Ya que el sector eléctrico es un organismo que está evolucionando constantemente desde su creación a gran escala, se hacen necesarias diversas mejoras constantes en los equipos, maquinarias, mecanismos, sistemas y procesos que lo constituyen.

La optimización de estos elementos siempre trata de evolucionar en aspectos como la reducción del tamaño y el aumento de la capacidad de procesamiento, algo que se logra con el avance de tecnologías más sofisticadas y la digitalización de todo aquello que para cuyo procesamiento eran necesarios sistemas más pesados y arcaicos. Así entonces, la generación puede ser más estable abarcando un espacio menor, la transmisión se vuelve más segura

utilizando estructuras más confiables, y la distribución se vuelve más eficiente y continua para cada consumidor y cada carga de la red eléctrica.

1.7.1. Descentralización

La descentralización en el sector eléctrico tiene como objetivo principal la creación de redes de energía más estables, seguras y asequibles para poblaciones y comunidades de distintas clases, en diferentes ubicaciones geográficas y geopolíticas, y suministrar la energía a todos estos consumidores, según las necesidades que cada red demande. Desde sus inicios, los sistemas de energía eléctrica han enfrentado siempre un problema general, el de llegar a toda la población.

El aspecto que limita grandemente a los sistemas eléctricos es la distancia que debe recorrer la electricidad desde el punto de generación hasta la ubicación del consumidor. Comúnmente, se crean sistemas de grandes capacidades (varios MW o GW) pero sólo pueden suministrar la energía con la eficiencia apropiada hasta ciertas distancias, haciendo que su capacidad de generación sea irrelevante si no pueden abastecer a los consumidores más alejados de la central de generación.

Es por esto por lo que la descentralización y la generación distribuida renovable son temas que en la actualidad representan el avance que busca la humanidad para resolver diversos problemas que involucran a los sistemas de generación, transmisión y distribución previamente utilizados. Entre estos problemas están: la utilización de equipos más robustos en cada nodo de la red eléctrica y, por ende, la utilización de más materiales que repercuten en la explotación de unos recursos y el desperdicio de otros.

Entonces, para erradicar problemas como el gran consumo de materiales para cubrir distancias más largas, equipos más robustos para el correcto funcionamiento de la red, peligros y eventualidades que alteren la estabilidad en el sistema, las emisiones de CO₂, el daño al medioambiente provocado por la necesidad de utilizar sistemas de generación a base de combustibles fósiles para completar la demanda energética y muchos más, la descentralización se presenta como la alternativa más viable.

Figura 7. **Ejemplo de sistemas eléctricos descentralizados**



Fuente: Bentley. *Modeling the Grid for De-Centralized Energy*. Consultado el 21/6/2020.

Recuperado de:

<https://trends.directindustry.es/bentley-systems-europe-bv/project-28711-179087.html>.

1.7.2. Democratización energética

Es un hecho que el cambio climático día a día se vuelve el eje principal sobre el que gira el desarrollo sostenible de nuevas formas de obtener energía. Por esta razón, uno de los aspectos más importantes de la generación distribuida renovable, de los nuevos sistemas eléctricos en microrredes, la descarbonización y la descentralización, es la democratización energética. La democratización energética tanto global como local es un paso importante para que el cambio

hacia la obtención de energía de fuentes renovables sea viable e incentive al sistema político-económico a acelerar su implementación.

Democratizar la energía es darle la vuelta a la pirámide en la que la oferta (las grandes corporaciones) aplasta a la demanda (los ciudadanos) en una relación que nos convierte en consumidores cautivos o que condena a las naciones pobres a permanecer en su precariedad. Algo más de una cuarta parte de la Humanidad no tiene acceso a la energía más allá de una biomasa primaria, casi un tercio de la Humanidad tiene un acceso muy limitado y lejos de los estándares con la que la disfrutamos el resto en nuestro mundo desarrollado en el que sin embargo aumentan cada día los índices de pobreza energética.

Democratizar la energía es potenciar un modelo que permita el acceso a la misma de las naciones más desfavorecidas. Democratizar la energía es convertir a los consumidores de hoy en productores, gestores y 'usuarios' de la energía. Democratizar la energía es posible porque los recursos renovables son muy diversos y están repartidos por todo el mundo. Democratizar la energía es viable porque la tecnología para hacerlo está a nuestro alcance y con unos costes que siempre mantendrán la tendencia a la baja y más cuanto más se usen, todo lo contrario que los recursos fósiles.

Democratizar la energía es necesario porque esa transición al nuevo modelo energético fundamentado en el ahorro, la eficiencia y las renovables conlleva un cambio de paradigma económico más cercano a los ciudadanos, más descentralizado, más justo y solidario (Barredo, 2019, p.84).

Para la democracia energética, la fundación Energy Democracy (s.f.), propone principios bajo los cuales se pueda regir de mejor manera, los cuales son:

- Acceso Universal y Justicia Social
- Energía renovable, sostenible y local
- Titularidad pública y social
- Salarios justos y creación de empleos verdes
- Control democrático y participación

1.8. Guatemala y el desarrollo eléctrico

A continuación, se expone la situación del desarrollo eléctrico en Guatemala.

1.8.1. Ley general de electricidad y ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable

En Guatemala existe la Ley General de Electricidad para poder regir a todos los entes participantes en la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica. Así también en esta ley se encuentran aspectos importantes que aportan un camino más correcto para el desarrollo sostenible en la matriz energética.

El objetivo más sólido de la ley general de Electricidad es establecer un marco legal que ayude al sector eléctrico a desmonopolizar y descentralizar la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Con esta acción se pretende abastecer del servicio de electricidad a toda la población posible, en

especial a las regiones más pobres y del interior del país donde actualmente el servicio no está disponible.

Gracias a la Ley General de Electricidad también se estableció la Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE), como un órgano técnico del ministerio para regir el mercado eléctrico regulado.

La ley General de Electricidad junto a su reglamento de la Ley General de Electricidad ayudaron a establecer de una manera más concreta y ordenada las funciones, operaciones, obligaciones, disposiciones, sanciones, autorizaciones, entre otros., de todos los entes participantes de generación, transmisión, distribución, comercialización y cualquier otro servicio relacionado al sistema de energía eléctrica.

De igual forma, la Ley General de Electricidad ayudó a establecer nuevas leyes y reglamentos que establecieran una visión y misión positiva al desarrollo sostenible y la evolución hacia la generación 100 % renovable, por ejemplo, La Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable.

Ésta se estableció como una respuesta a la urgencia nacional para la electrificación del territorio utilizando fuentes de energía renovable, tomando en cuenta que Guatemala posee considerablemente recursos naturales tanto en cantidad como en calidad para la generación de energía eléctrica. Así, los interesados en incursionar y desarrollar proyectos que ayuden a la descarbonización y descentralización de la generación de energía eléctrica tienen un respaldo legal con el reglamento de esta ley.

La ley establece un órgano competente encargado de promover, estimular, crear y facilitar condiciones que fomenten proyectos e inversiones con la finalidad

de crear una matriz energética con mayor generación de fuentes de energía renovable.

A través del reglamento de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable se explican los procedimientos a seguir, los procesos pertinentes, los beneficios y obligaciones que adquieren los interesados en desarrollar proyectos, entre otros.

Estas leyes y reglamentos hacen más viable la transición energética sostenible que se busca para Guatemala, y junto a estas leyes existen normas y planes para conseguir esta evolución en un período de 10 a 12 años (CNEE, s.f.).

1.8.2. Norma técnica de generación distribuida renovable

En septiembre de 2008, la CNEE emite una resolución mediante la cual aprueba una norma técnica, que brindaría bases para la conexión, operación, control y comercialización de la generación distribuida renovable; La NTGDR.

En esta norma se establecen diferentes títulos y capítulos que contienen los artículos que rigen a la generación distribuida renovable en el territorio guatemalteco. En el título I se establecen las disposiciones generales abordando acrónimos, siglas y definiciones importantes, así como objetivos, aplicaciones, obligaciones de los distribuidores y los interesados en participar como generadores distribuidos renovables, normas supletorias y confidencialidad de la información.

En el título II se establecen las bases para la autorización y conexión de los generadores distribuidos renovables, el equipo eléctrico necesario para la conexión y el proceso de conexión. Para la autorización y conexión se establece

un procedimiento para obtener el dictamen y aprobación, la forma correcta para la creación de la solicitud del dictamen, las responsabilidades del distribuidor, lo que la autorización conlleva, entre otros.

Para el equipo eléctrico necesario, se establecen los requerimientos de conexión, los tipos de generadores asíncronos para la generación, y se abordan temas relacionados a las fuentes que no generan energía eléctrica en corriente alterna. Por último, para la conexión se establecen los formularios de conexión, la manera de construcción de línea y equipos de conexión, las pruebas para la puesta en servicio y evaluación, las fechas de conexión, y las maniobras de conexión.

En el título III se establecen las bases para la operación y control de los generadores distribuidos renovables. Se abordan generalidades para la operación y el control de calidad de energía, la desconexión de las instalaciones de generadores distribuidos renovables y dispositivos de desconexión, y la información para el mantenimiento, inspecciones y registros que debe tener un generador distribuido renovable.

En el título IV se establecen las bases para la comercialización. En cuatro capítulos se abordan las generalidades, contratos, peajes, y autorización y medición neta de la energía eléctrica de usuarios con excedentes de energía en el punto de consumo.

Por último, en el título V se establecen las disposiciones finales de la CNEE (s.f.) para sanciones, derogatorias, vigencias, entre otros. Estas normas exponen los beneficios que los actuales consumidores de energía obtendrían al convertirse en pequeños generadores de energía para su propio uso. No es una lista de obligaciones o de requisitos que un posible pequeño generador tenga,

sino que es un incentivo para que los futuros pequeños generadores se conviertan desde el principio en generadores de energías limpias y renovables.

Uno de los mayores beneficios para un pequeño productor de energía como lo podría ser el campus central de la USAC es la seguridad de que sus instalaciones esenciales tendrían energía eléctrica siempre, sin importar las posibles fluctuaciones en el servicio proveído por la red. Además, las energías renovables reducen los costos del servicio eléctrico en gran medida. Incluso, es posible que un pequeño productor genere más energía de la que necesita para su consumo, siendo entonces capaz de vender energía a la red.

Esta norma permite la generación distribuida, la autoproducción y la entrega de excedentes a la red. Además, permite el almacenamiento de energía, por lo que puede utilizarse los excedentes de los horarios de baja demanda en los horarios de alta demanda, o pueden utilizarse los excedentes de los meses de baja demanda en otros momentos del año en que sea necesaria mayor energía.

1.8.3. Objetivos del desarrollo sostenible

En septiembre de 2015 nace la Agenda 2030, un plan de adoptado por la Asamblea General de las Naciones Unidas con el propósito de establecer objetivos que aseguren el desarrollo sostenible en todo el mundo y también tiene la intención de favorecer un mundo más pacífico y con un mejor acceso a la justicia.

Los ODS son varios, pero los más importantes para el desarrollo tecnológico y de transición energética son (CEPAL, s.f.):

- Garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos.
- Asegurar el acceso a energías asequibles, fiables, sostenibles y modernas para todos.
- Fomentar el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.
- Conseguir que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.
- Tomar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.
- Conservar y utilizar de forma sostenible los océanos, mares y recursos marinos para lograr el desarrollo sostenible.
- Proteger, restaurar y promover la utilización sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar de manera sostenible de los bosques, combatir la desertificación y detener y revertir la degradación de la tierra, y frenar la pérdida de diversidad biológica.
- Desarrollar infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación.
- Garantizar las pautas de consumo y de producción sostenibles.
- Fortalecer los medios de ejecución y reavivar la alianza mundial para el desarrollo sostenible.

Guatemala actualmente a través de su organismo CONADUR trabaja en planes reales para la implementación de los ODS, aunque, se centra en aquellos relacionados con el desarrollo social y de equidad para la población.

Sin embargo, el sector energético y la red eléctrica nacional sigue creciendo y cada día busca incursionar más sólidamente en energía renovable y descentralizada. Aunque actualmente la generación a base de carbón representa una cantidad considerable en la matriz energética, la energía de fuentes

renovables aumenta con el paso del tiempo, como es el caso de la energía eólica que en 2019 tuvo una producción de 330 GWh, representando un 2.47 % del total de generación (Argueta, 2020).

O, como es el caso de la empresa privada Enel Green Power (2020), que actualmente suministran el 5 % de la generación total del país.

Aunque Guatemala se encuentra todavía lejos de cumplir todos los ODS de la Agenda 2030, el sector eléctrico va evolucionando. La generación hidroeléctrica, geotérmica, biomásica, solar y eólica, en 2016 aportaron el 58 % de generación eléctrica nacional, indicando que actualmente la generación energética renovable predomina en el sistema eléctrico nacional (MEM, 2017).

1.8.4. Plan nacional de energía

Para complementar todas las medidas tomadas para crear una matriz energética más verde, se creó un plan nacional de energía de parte del MEM y SEGEPLAN, el Plan Nacional de Energía 2017-2032.

El Plan Nacional de Energía 2017-2032 tiene como objetivo primordial reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y las consecuencias del cambio climático. Para lograrlo, el plan pretende tomar las leyes y políticas del subsector eléctrico, del cambio climático y los compromisos y acuerdos globales para darle paso a acciones que aporten al desarrollo sostenible.

El plan hizo una evaluación del consumo energético nacional en 2016, definió el potencial energético aprovechable, definió una matriz energética e hizo un estudio de las emisiones de gases de efecto invernadero.

Partiendo de esa información, estableció ejes estratégicos como el aprovechamiento sostenible de los recursos renovables (primer eje), eficiencia y ahorro energético (segundo eje), y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (tercer eje).

Entre las acciones principales que se plantean en los diferentes ejes, se destacan la diversificación de la matriz energética, atención a la conflictividad social para proyectos hidroeléctricos, adición de generadores distribuidos renovables y plantas no convencionales, usuarios auto productores con excedentes de energía, eficiencia y ahorro energético en alumbrado público, modelos de financiamiento para proyectos de energías renovables y eficiencia energética, control y calidad de las importaciones de combustibles, gestión de energía para el sector industria, auditorías energéticas, entre otros.

Para darle una conclusión favorable al plan, se establecieron indicadores de desempeño energético del plan e indicadores de impacto del plan. El Plan Nacional de Energía 2017-2032 es un paso importante para adoptar nuevos modelos energéticos y adecuar toda la red eléctrica para su evolución hacia una red más descentralizada, más verde y eficiente (MEM, 2017).

Figura 8. Ejes estratégicos de la política energética 2013-2027



Fuente: Ministerio de energía y minas. *Política Energética 2013-2027*. Consultado el 5/5/2020.

Recuperado de: <https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2013/02/PE2013-2027.pdf>.

2. INFORMACIÓN GENERAL CAMPUS CENTRAL USAC

El presente capítulo presenta un perfil general del campus central de la USAC. En estas instalaciones se localiza este proyecto. Es importante recalcar que el campus central de la USAC es único en el país. Estas instalaciones, por su tamaño, así como por las concepciones filosóficas en las que se basa su construcción, de todos los demás campus universitarios del país. Ya que la USAC es la única universidad pública del país, esto conlleva responsabilidades que no tiene ninguna otra universidad privada.

La USAC debe contribuir al desarrollo y bienestar de la sociedad guatemalteca no solo de manera material, formando profesionales de todas las áreas, sino también de un modo más sutil y que no es evidente inmediatamente. La USAC debe liderar la modernización y desarrollo del país con el ejemplo, pues concentra los recursos para innovación y desarrollo con que cuenta el país. En este sentido, el campus central es el lugar simbólico y visible de la modernidad y desarrollo impulsados por la universidad. Por ello es importante mostrar su desarrollo como instalación y como idea.

2.1. Antecedentes

A continuación, se muestran los antecedentes de la construcción del campus central de la USAC.

2.1.1. Aspectos generales

La Universidad de San Carlos de Guatemala, conocida también como USAC, por sus siglas, es la única universidad estatal del Estado de Guatemala. Fue fundada durante la época colonial, por Real Cédula de Carlos II el 31 de enero de 1676; esto la convierte en la cuarta universidad fundada en la América Española.

Se convirtió en una institución pública y laica a lo largo de la historia independiente del país. Durante la Revolución de Octubre la USAC adquirió su autonomía actual. Esto permitió que durante las rectorías posteriores al período se pudiera planificar y construir el Campus Central en el que actualmente la Universidad se asienta.

2.1.2. Ubicación geográfica

El Campus Central de la USAC se ubica en la zona 12 de la Ciudad de Guatemala. Concretamente, en las coordenadas UTM 14 grados, 35 minutos 3,64 segundos, norte 90 grados 33 minutos 13,98 segundos, a 1 485 metros sobre el nivel del mar.

A continuación, se presenta un mapa satelital en el que se aprecia el Campus Central.

Figura 9. **Campus central visto en Google Earth**



Fuente: Google Earth, *programa de posicionamiento satelital*. Consulta 31/5/2021. Recuperado de: maps.google.com.

2.1.3. Desarrollo de la infraestructura

El desarrollo del Campus Central se realizó durante los períodos de Rectoría posteriores a la Revolución de Octubre (1944 – 1954). Se llevó a cabo la construcción y diseño en cinco fases de planificación (Barreda, 2002). La primera fase, durante la rectoría del doctor Martínez Durán (1946 – 1950), tiene el mérito de haber concebido la idea general de un Campus Central que aglomerara las distintas unidades académicas que hasta entonces se encontraban dispersas en distintos edificios de la capital del país.

Para esto se adquirió un terreno de 80 manzanas en lo que entonces era la periferia de la ciudad, que tenía acceso a la Avenida Petapa. Luego, fueron adquiridas 100 manzanas más, por lo que el tamaño total de los terrenos destinados a la construcción del Campus Central es de 180 manzanas. Durante la rectoría de Martínez Durán no se realizaron mayores trabajos de planificación o construcción, más allá de la idea general y el deseo de unificar las distintas

unidades académicas de la USAC. Los trabajos de ingeniería solamente comprendieron la introducción de agua potable, drenaje, teléfono y luz (Barrios, 2011).

La segunda fase, también durante la rectoría del doctor Martínez Durán (1944 – 1950) consistió en el diseño arquitectónico del Campus Central. De acuerdo con Barreda (2002, p. 5), se establecieron los criterios a seguir para la planificación arquitectónica de la construcción. De los cuales, los principales son:

- Distribución por zonas. Siguiendo la lógica de la especificidad de necesidades y usos de cada facultad o unidad académica. Con sus parqueos y zonas de circulación independientes.
- Espacio para el crecimiento natural de los distintos edificios.
- Planteamiento del aula tipo, que sería seguida en la construcción de los diversos edificios.
- Una arquitectura sin adornos ni elementos ornamentales superfluos: cada material debería mostrarse en su forma natural, sin ser disimulado.

Siguiendo estos criterios, se realizaron trabajos de ingeniería que consistieron en la construcción de la avenida de entrada desde la avenida petapa, así como trabajos de movimientos de tierra, de nivelación, creación de pozos de extracción y de sistemas de manejo de desechos. Finalmente, se construyeron las salas de dibujo de Ingeniería (Barreda, 2002).

La tercera fase de planificación, durante los períodos de los rectores licenciado Miguel Asturias (1950 – 1954) y licenciado Vicente Díaz Samayoa (1954 – 1958), se realizó la planificación y construcción de los edificios para cada Facultad y Escuela. También se dividieron los terrenos de la Universidad en dos

partes. La primera, cercana a la avenida Petapa, se destinó al área deportiva; la segunda se destinó a los edificios de las distintas Facultades y Escuelas.

Durante la cuarta fase, durante el segundo período de rectoría del doctor Martínez Durán (1958 – 1962), se definieron los criterios filosóficos y burocráticos que estructurarían el funcionamiento del Campus Central. Barreda (2002, p. 6) establece los criterios delineados en esta fase:

- Necesidades de orden espiritual, cultural y científico, social, técnico y docente.
- Estructura y nueva organización.
- Condiciones de los elementos humanos, docente y estudiantil. Posibilidad de residencia de los estudiantes en el campus. Prevención del crecimiento de la población.
- Unidad arquitectónica del diseño del conjunto. Evitar la duplicidad de funciones o edificios.
- Uso de estructuras modulares, sencillas y livianas, hechas con materiales nacionales.
- Ubicar la Facultad de Medicina en los campos de la Roosevelt.
- Planificación y construcción de las áreas de circulación, vía perimetral e intercomunicaciones.

Finalmente, durante la quinta fase, en la rectoría del licenciado Edmundo Martínez (1966 – 1970) se realizaron los últimos trabajos de infraestructura, con los edificios no esenciales pero relevantes para el Campus. También se trabajó en una planificación a futuro que contemplara el crecimiento poblacional, el crecimiento y desarrollo del sector profesional de Guatemala, así como el crecimiento y urbanización de la ciudad capital. Se diseñó para un uso óptimo de entre 25 000 y 35 000 alumnos.

Se realizaron, las últimas disposiciones administrativas, referentes a la jerarquización y división de los edificios del Campus Central. Se realizó la división por zonas: social humanística, tecnológica, administrativa, entre otros.

Esta fase marca la disposición final del Campus Central. Luego del período del rector Martínez se han realizado cambios menores, principalmente la construcción de algunos otros edificios, como el Centro de Aprendizaje de Lenguas, algunas áreas deportivas nuevas y diversos laboratorios y edificios anexos para actividades experimentales, pero no se ha vuelto a realizar una gran remodelación o construcción que altere la disposición y estructura general del Campus. De modo que es esta última fase de la que se parte para establecer el estado de la red eléctrica actual.

2.2. Distribución de los edificios

De acuerdo con del Cid (2012), administrativamente, los edificios del Campus Central se dividen en las siguientes categorías: administrativos, técnicos, social-humanísticos, ciencias de la salud.

- Edificios administrativos:
 - Rectoría
 - Recursos Educativos
 - Caja y Proveeduría
 - Bienestar Estudiantil
 - Aula Magna
 - Editorial Universitaria.
 - Servicios y mantenimiento
 - Centro de Desarrollo Infantil

- Edificios del área técnica:
 - Facultad de Agronomía: T-9 y T-8.
 - Facultad de Arquitectura: T-2 y T-1, compartido con Ingeniería
 - Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia: T-10, T-11, T-12 y T-13. También utiliza el S-12, en conjunto con otras Facultades.
 - Facultad de Ingeniería: T-3, T-4, T-5, T-6 y T-7. Juntamente con la Facultad de Arquitectura utiliza el T-1. Además, conjunto con otras unidades académicas utiliza en S-11 y el S-12. Administra también los siguientes edificios: Laboratorio de Estructuras, Unidad de Prefabricados, Laboratorio de Madera, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y la Unidad de Ejercicio Profesional Supervisado.

- Edificios del área social-humanística:
 - Facultad de Ciencias Económicas: S-8, S-3, S-9 y S-10. Comparte el uso del S-12.
 - Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales: S-7, S-2 y S5. Comparte el uso del S-12.
 - Facultad de Humanidades: S-4 y uso compartido del S-12.
 - Escuela de Historia y Escuela de Trabajo Social: S-1.
 - Escuela de Ciencias Políticas: M-5
 - Escuela de Ciencias de la Comunicación y Ciencias Lingüísticas: M-1.
 - Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media: A un costado del Campus Central, en la salida hacia la Avenida Petapa. Esta escuela tiene la característica de estar separada del resto de unidades académicas de la universidad por las instalaciones deportivas que se encuentran fuera del periférico universitario.
 - Centro de Aprendizaje de Lenguas (CALUSAC): S-13.

- Edificios del área de ciencias de la salud:
 - Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia: M-6, M-7 y M-8. También administra los edificios de la Granja Experimental, la Granja Avícola y el Área porcina y de reproducción animal.
 - Facultad de Odontología: edificios M-1, M-3 y M-4.

2.3. Estructura del sistema eléctrico del campus central USAC

Físicamente, la distribución de los Edificios del Campus Central es distinta a la distribución administrativa. De modo que los nodos de distribución hipotéticos no corresponderían con la división en unidades académicas de la Universidad. En el siguiente mapa se muestran los diversos puntos de registro ubicados dentro del Campus Central. Cada uno de dichos puntos es un contador o poste. De modo que mediante este mapa se puede ubicar físicamente la distribución del consumo de energía eléctrica.

Figura 10. Sistema eléctrico del campus central



Fuente: EEGSA. *Red eléctrica campus central*. Consultado el 7/3/2021.

2.4. Identificación de nodos hipotéticos

Los nodos hipotéticos que conforman la base del modelo de una microrred de energía sostenible propuesto en esta investigación deben partir de la distribución existente de edificios y de la distribución del consumo de energía eléctrica de dichos edificios. Por ello, se describen, basándose en el mapa anterior, los nodos propuestos. Estos nodos parametrizan los sectores de la red eléctrica actual, dividiéndola. De este modo, cada nodo toma en cuenta únicamente los puntos de control que establece el mapa de la figura 10. A partir de dichos puntos de control, se puede establecer una configuración funcional de nodos de distribución.

2.4.1. Nodo 1: Edificios administrativos

Este nodo comprende los edificios de Rectoría, sus parqueos, DIGA, Recursos Educativos, Bienestar Estudiantil y Caja Central.

Figura 11. **Nodo edificios administrativos**

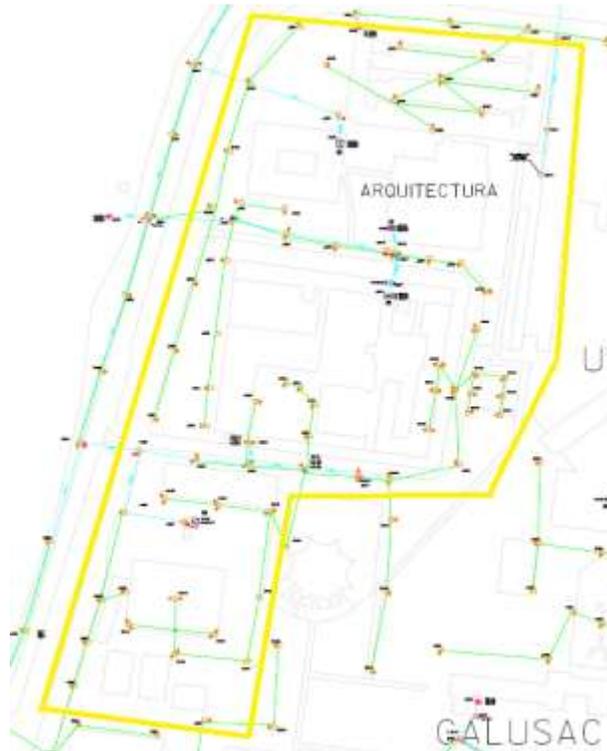


Fuente: elaboración propia, utilizando SIGRE.

2.4.2. Nodo 2: Arquitectura, ingeniería y edificios aledaños

Este nodo comprende los principales edificios de las facultades de Ingeniería y Arquitectura, así como otros edificios cercanos, la mayoría de los cuales están bajo la administración de las mismas Facultades. Principalmente, lo conforman los edificios T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, T-6 y T-7. Además del Centro de Investigaciones de Ingeniería y el Aula Magna.

Figura 12. Nodo de arquitectura e ingeniería



Fuente: elaboración propia utilizando SIGRE.

2.4.3. **Nodo 3: EFPEM y área deportiva**

Este nodo comprende los edificios de la Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media (EFPEM) y el área de las instalaciones deportivas que se encuentran afuera del periférico universitario.

Figura 13. **Nodo EFPEM y área deportiva**

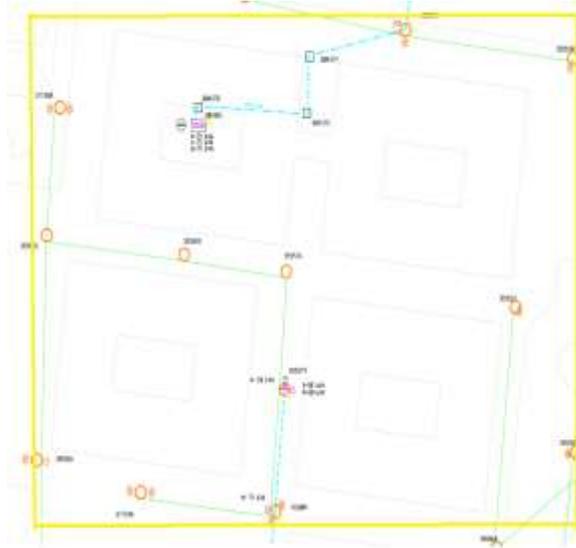


Fuente: elaboración propia utilizando SIGRE.

2.4.4. **Nodo 4: Odontología**

Este nodo comprende los tres edificios de la Facultad de Odontología: M-1, M-3 y M-4, más el edificio de la Facultad de Ciencias de la Comunicación y Ciencias Lingüísticas, que ocupa el M-2.

Figura 14. **Nodo odontología**

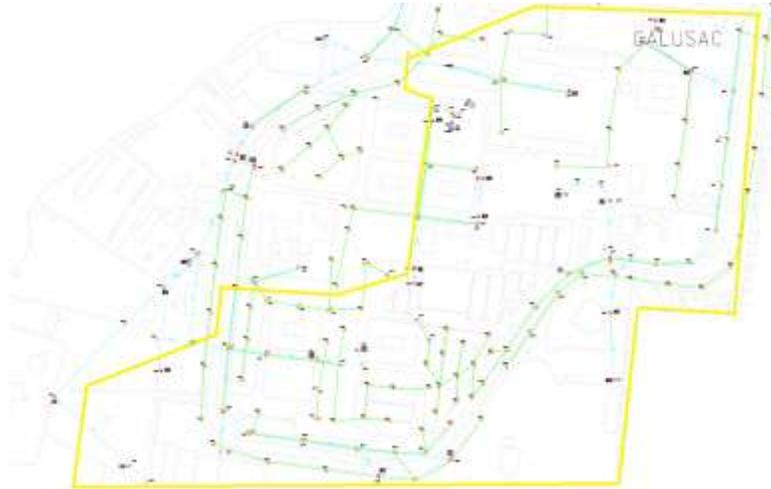


Fuente: elaboración propia utilizando SIGRE.

2.4.5. Nodo 5: Farmacia y Agronomía

Este nodo comprende la Facultad de Agronomía, consistente en los edificios T-9 y T-8, la Facultad de Farmacia, con los edificios T-10, T-11, T-12 y T-13. así como los edificios de Calusac y la Editorial Universitaria y el edificio S-12, utilizado por diversas Facultades.

Figura 15. **Nodo farmacia y agronomía**



Fuente: elaboración propia utilizando SIGRE.

2.4.6. Nodo 6: Veterinaria y Zootecnia y áreas anexas

Este nodo comprende la Facultad de Veterinaria y las áreas anexas a ella que se encuentran más allá del periférico universitario. La Facultad de Veterinaria y Zootecnia comprende los siguientes edificios: M-6, M-7 y M-8. También administra los edificios de la Granja Experimental, la Granja Avícola y el Área porcina y de reproducción animal, y el Centro de Estudios del Mar.

Figura 16. **Nodo veterinaria**

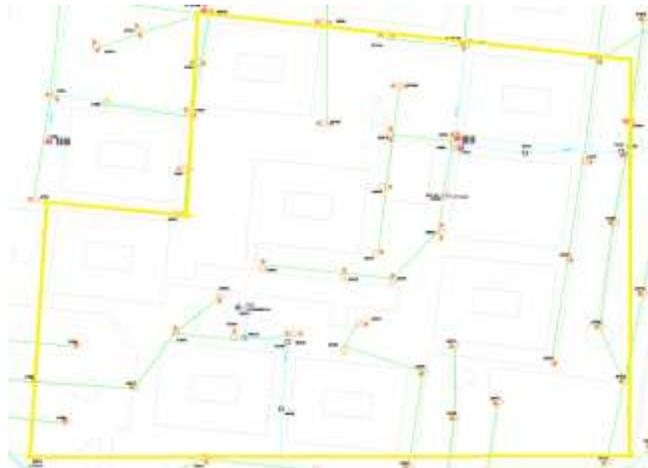


Fuente: elaboración propia utilizando SIGRE.

2.4.7. Nodo 7: Área Social-Humanística

Este nodo comprende las facultades de Humanidades y Derecho, así como las escuelas de Ciencias Políticas e Historias. Abarcando así los edificios S-1, S-2, S-3, S-4, S-5, S-6, S-7, S-8 y M-5.

Figura 17. **Nodo áreas sociales**



Fuente: elaboración propia utilizando SIGRE.

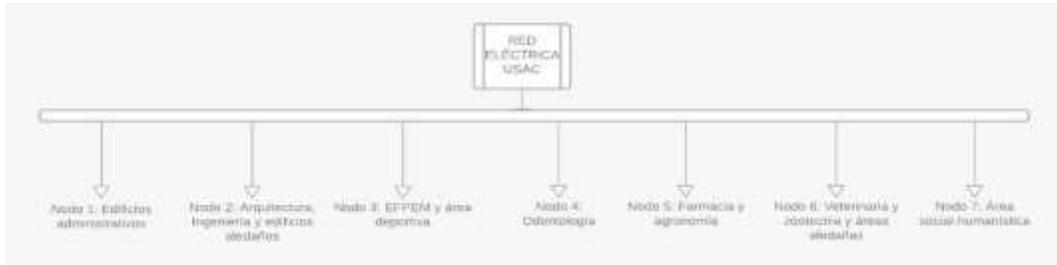
2.4.8. Nodo alumbrado público

Este nodo no se encuentra delimitado espacialmente, sino que está disperso por todo el campus central. Paramétricamente, abarca todos los puntos de alumbrado público existentes en el Campus Central.

2.5. Diagrama unifilar

Con el objetivo de mostrar de forma clara y práctica la estructura de la red eléctrica propuesta se muestra a continuación un diagrama unifilar. Dicho diagrama muestra un modelo de los nodos que constituyen la red eléctrica. Estos nodos parametrizan la complejidad de la red eléctrica real y la muestran de modo sencillo, lo que permite trabajar con ella de forma más eficiente.

Figura 18. **diagrama unifilar**



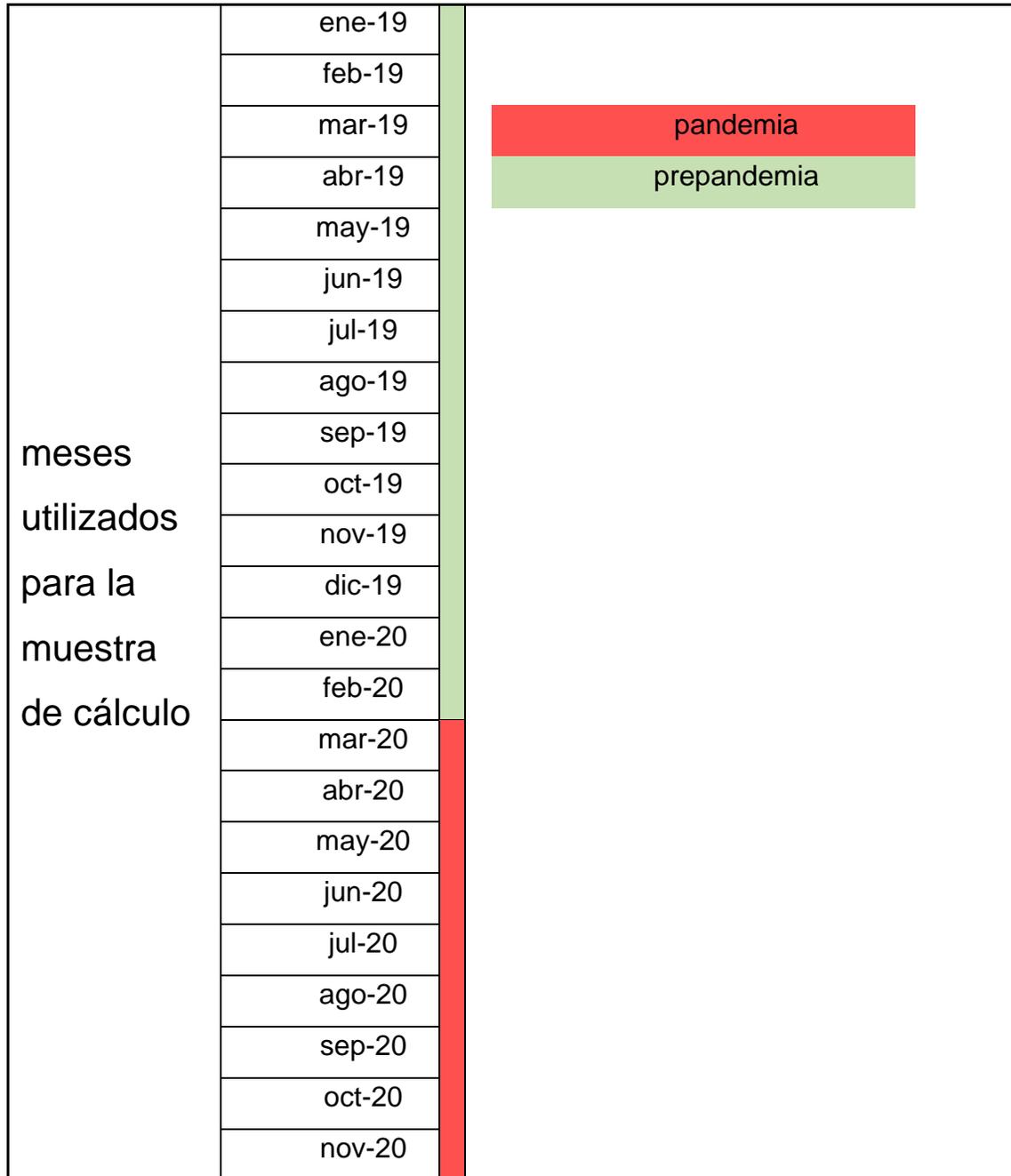
Fuente: elaboración propia utilizando Lucidchart.

2.6. **El gasto mensual total del Campus Central**

Se calculó el gasto energético del Campus Central en el período de enero del año 2019 a noviembre del año 2020. Para calcular el gasto, es necesario realizar el cálculo de cada contador individualmente. Dicho cálculo depende del régimen de cobro en el que cada contador se encuentre.

Hay regímenes normales, que corresponde a la denominación BTS (baja tensión simple) de la EGSSA, el cobro es estándar sin importar la hora del día. Por el contrario, si el régimen es especial, correspondiente a las denominaciones MTHD (Media Tensión Horaria con Demanda) y BTHD (Baja Tensión en Horario con Demanda) de la EGSSA, el cobro de los kWh cambia dependiendo de la hora del día en que se realice la demanda.

Figura 19. **Meses utilizados para la muestra de cálculo**



Fuente: elaboración propia utilizando Excel.

Se utilizaron los datos más recientes al momento de esta investigación, correspondientes a los meses entre enero de 2019 a noviembre 2020. Por esta razón, se tienen datos que contienen meses durante la pandemia del covid-19, y datos de meses anteriores a dicha pandemia. A su vez, el simulador HOMER utilizado para esta investigación únicamente admite 12 meses para simular el caso propuesto. De este modo, se tomaron 10 meses de consumo normal, de mayo 2019 a febrero 2020, y 2 meses de consumo en pandemia, marzo 2020 y abril 2020.

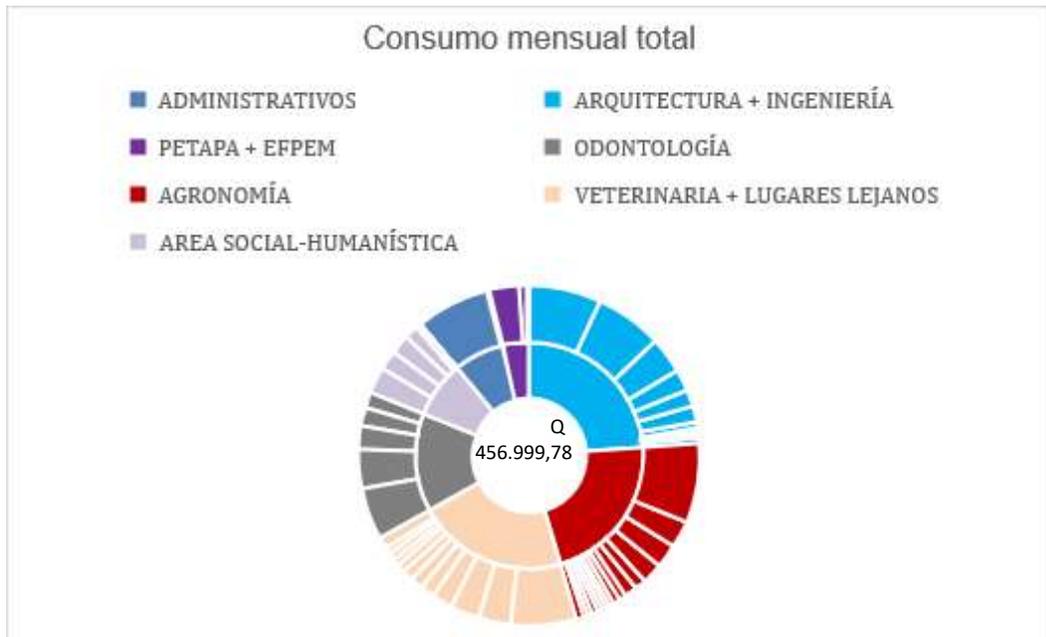
Se realizó una investigación de archivo en el departamento de servicios en la dirección general de administración, DIGA. Los datos proveídos constan de facturas físicas y registros digitales que corresponden a las fechas indicadas con anterioridad.

Dichos registros digitales contienen los datos de energía, potencia, y el gasto realizado por la universidad en las fechas indicadas, así como los diferentes tipos de tarifa de cobro a la que cada contador está asignada. Además, los contadores también proveen información que permite localizarlos e identificarlos.

Debido al crecimiento urbano desordenado de la USAC, coexisten en el Campus Central distintas tarifas de cobro y tensiones de energía eléctrica. Está la BTS (Baja Tensión Simple), la BTHD (Baja Tensión en Horario de Demanda), la MTHD (Media Tensión en Horario de Demanda) y el Alumbrado Público.

A continuación, se muestran los datos del gasto total en energía eléctrica del campo central por mes.

Figura 20. **gasto total en energía del campus central**



Fuente: elaboración propia utilizando Excel.

Este gasto se desglosa de la siguiente manera. Los nodos son divisiones hipotéticas de la red del campus central siguiendo un criterio a la vez de distribución geográfica y distribución administrativa.

Tabla I. **Gasto mensual de cada nodo, promedio de los meses enero 2019 hasta noviembre 2020**

NODO	GASTO TOTAL
ADMINISTRATIVOS	Q 32 571.39
ARQUITECTURA + INGENIERÍA	Q 109 128.00
PETAPA = EFPEM	Q 17 587.42
ODONTOLOGÍA	Q 64 346.39
AGRONOMÍA	Q 98 828.64
VETERINARIA + LUGARES LEJANOS	Q 98 105.22
ÁREA SOCIAL-HUMANÍSTICA	Q 36 32.72
ALUMBRADO P.	Q 84 266.37
TOTAL	Q 541 266.15

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Gasto mensual de cada nodo, promedio prepandemia, de los meses mayo 2019 hasta febrero 2020**

NODO	GASTO TOTAL
ADMINISTRATIVOS	Q 37 148.35
ARQUITECTURA + INGENIERÍA	Q 125 634.39
PETAPA = EFPEM	Q 21 213.16
ODONTOLOGÍA	Q 78 856.38
AGRONOMÍA	Q 114 940.31
VETERINARIA + LUGARES LEJANOS	Q 115 234.48
ÁREA SOCIAL-HUMANÍSTICA	Q 43 939.86
ALUMBRADO P.	Q 85 913.22
TOTAL	Q 622 880.15

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Gasto mensual de cada nodo, promedio en pandemia, de los meses marzo 2020 hasta mayo 2020**

NODO	GASTO TOTAL
ADMINISTRATIVOS	Q 32 112.13
ARQUITECTURA + INGENIERÍA	Q 115 525.65
PETAPA = EFPEM	Q 17 804.58
ODONTOLOGÍA	Q 62 140.86
AGRONOMÍA	Q 102 420.84
VETERINARIA + LUGARES LEJANOS	Q 105 374.08
ÁREA SOCIAL-HUMANÍSTICA	Q 44 042.97
ALUMBRADO P.	Q 85 913.22
TOTAL	Q 565,641.61

Fuente: elaboración propia.

En la muestra de cálculo utilizada en el programa de simulación HOMER, los datos correspondientes a la época anterior a la pandemia representan el 52.41 %, mientras que los datos correspondientes a la época de pandemia representan el 47.59 %.

2.7. Nodos

Los nodos están compuestos de distinta manera, ya que la planificación de la red eléctrica ha sido pobre en los períodos posteriores a la construcción del campus central, como se expuso en los apartados 3.5.3. La siguiente gráfica muestra la cantidad de puntos de registro por cada nodo, que no se corresponde directamente con la gráfica de consumo.

Figura 21. **Puntos de registro por nodo**



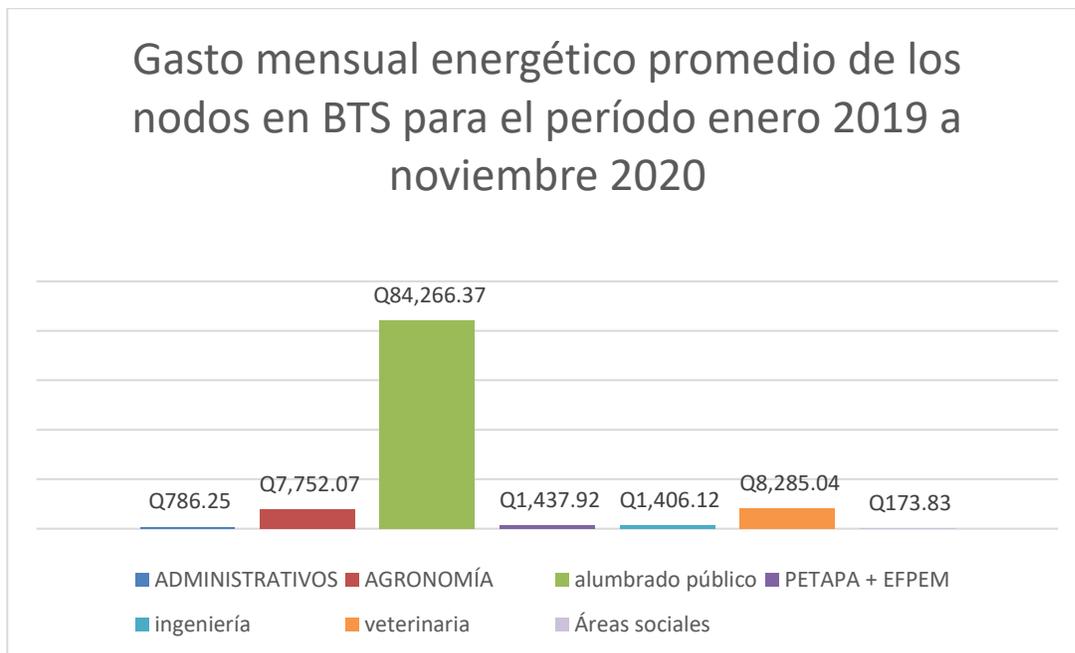
Fuente: elaboración propia utilizando Excel.

2.7.1. **BTS y BTHD**

La diferencia entre BTHD y BT es la forma de cobro. El régimen BTS (Baja Tensión Simple) consiste en un cobro fijo por kWh sin importar la hora del día o la fecha del año. Sin embargo, este precio siempre está sujeto a los ajustes que la Comisión Nacional de Energía Eléctrica realiza en el precio de la energía eléctrica.

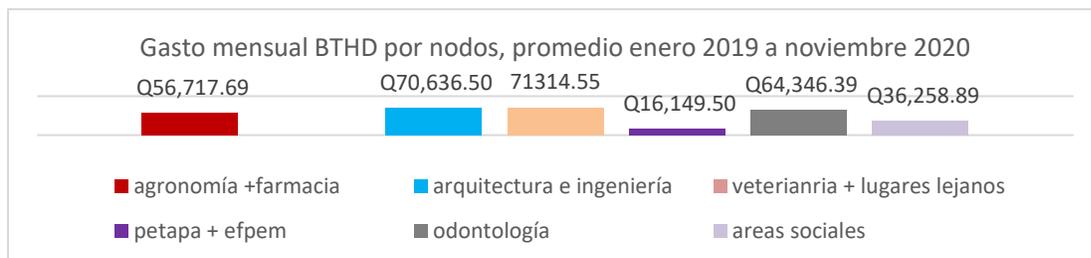
Por otra parte, el régimen BTHD (Baja Tensión en Horario de Demanda) consiste en un cobro variable dependiendo de la hora del día. Hay distintas tarifas que se aplican a lo largo del día: en valle, en punta, intermedia, cargo fijo, por valle adicional. Estas tarifas definen los precios que el consumidor paga por el uso regular de la energía.

Figura 22. **Gasto mensual en energía eléctrica promedio de los nodos, calculado mediante los contadores en régimen de cobro estándar (BTS)**



Fuente: elaboración propia utilizando Excel.

Figura 23. **Gasto mensual en energía eléctrica promedio de los nodos, calculado mediante los contadores en régimen BTHD**

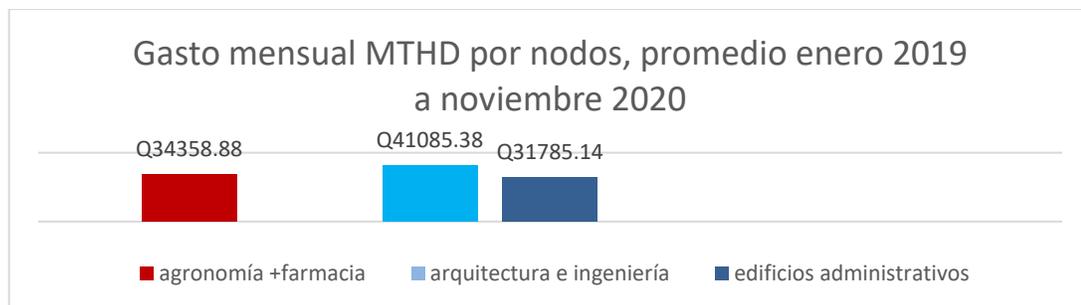


Fuente: elaboración propia utilizando Excel.

2.7.2. MTHD

El régimen MTHD (Media Tensión en Horario de Demanda) consiste en un cobro variable dependiendo de la hora del día. Hay distintas tarifas que se aplican a lo largo del día: en valle, en punta, intermedia, cargo fijo, por valle adicional. Estas tarifas definen los precios que el consumidor paga por el uso regular de la energía.

Figura 24. **Gasto mensual MTHD Campus Central por nodos**



Fuente: elaboración propia utilizando Excel.

3. ANÁLISIS DE CONSUMOS Y OPTIMIZACIÓN DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Es necesario, para modelar correctamente un sistema de energía autosustentable, establecer el consumo en datos de potencia y energía del campus central. Ya que, a partir del gasto monetario, se puede deducir los datos reales en magnitudes universales, como lo son potencia y energía.

Una vez establecido el consumo en energía eléctrica del Campus Central, se hace necesario establecer el consumo de potencia. Para esto nos apoyamos en el cálculo. Tomando las tarifas de cada puesto de registro de toda la red y su gasto monetario promedio, se calcula el consumo real de energía y potencia. El proceso de cálculo realizado parte del costo monetario de cada tarifa. A partir de este, se retorna a kilowatts/hora, y a partir de estos se puede retornar a kilowatts netos.

Los datos se toman del documento proporcionado por EEGSA que muestra el gasto mensual del nodo de alumbrado público desde enero 2019 hasta octubre de 2020. En el ejemplo mostrado se observa el gasto para el mes de enero de 2019.

3.1. Análisis de consumo de potencia del Campus Central

Debido a que los datos de potencia y energía obtenidos de las facturas proporcionadas por la USAC sólo cubren 4 meses del período estudiado, existen inexactitudes en los cálculos: el error en los valores se estima en 4 % para los

factores de carga, 2 % para el cálculo de energía y 8 % para el cálculo de potencia. Esto se estima utilizando valores máximos en vez de medios.

3.1.1. Análisis del consumo de potencia del alumbrado público, de enero 2019 a octubre 2020

A continuación, se muestran datos del consumo de potencia del alumbrado público de enero 2019 a octubre 2020.

Tabla IV. **cargo mensual de alumbrado público**

Fecha	Total	promedio	sin impuestos	tarifa	kWh	horas	kW
ene-19	Q 73,831.98	Q 84,266.37	Q 59,065.58	Q 1.4272110	41385.320040274	360	114.95922233410
feb-19	Q 76,179.98		Q 60,943.98		42701.453394067		118.61514831685
mar-19	Q 85,079.63		Q 68,063.70		47690.007994613		132.47224442948
abr-19	Q 81,626.72		Q 65,301.38		45754.535243913		127.09593123309
may-19	Q 86,759.18		Q 69,407.34		48631.452532247		135.08736814513
jun-19	Q 83,951.96		Q 67,161.57		47057.910848501		130.71641902361
jul-19	Q 86,751.72		Q 69,401.38		48627.270950126		135.07575263924
ago-19	Q 87,373.65		Q 69,898.92		48975.883734080		136.04412148356
sep-19	Q 84,555.88		Q 67,644.70		47396.428418783		131.65674560773
oct-19	Q 87,373.65		Q 69,898.92		48975.883734080		136.04412148356
nov-19	Q 85,186.24		Q 68,148.99		47749.766502641		132.63824028511
dic-19	Q 88,025.02		Q 70,420.02		49340.998632998		137.05832953611
ene-20	Q 87,373.65		Q 69,898.92		48975.883734080		136.04412148356
feb-20	Q 81,781.26		Q 65,425.01		45841.160136798		127.33655593555
mar-20	Q 88,284.80		Q 70,627.84		49486.614102610		137.46281695169
abr-20	Q 84,609.09		Q 67,687.27		47426.254422086		131.73959561691
may-20	Q 85,767.64		Q 68,614.11		48075.660851829		133.54350236619
jun-20	Q 83,001.65		Q 66,401.32		46525.229976507		129.23674993474
jul-20	Q 85,767.64		Q 68,614.11		48075.660851829		133.54350236619
ago-20	Q 84,433.89		Q 67,547.11		47328.048900968		131.46680250269
sep-20	Q 81,710.92		Q 65,368.74		45801.732189564		127.22703385990
oct-20	Q 84,433.89		Q 67,547.11		47328.048900968		131.46680250269

Fuente: elaboración propia utilizando Excel.

A partir de este dato se obtiene un promedio de gasto mensual. El alumbrado público tiene su propia tarifa. En el caso del nodo de alumbrado público el promedio obtenido es el siguiente.

3.1.1.1. Caracterización del alumbrado público

El alumbrado público se caracteriza por ser una carga eléctrica fija. Esto se debe a que, al ser luminarias que o están encendidas, o están apagadas, su consumo energético es constante en el tiempo en el que está activo. Sumado a esto, el alumbrado público del campus central se enciende en su totalidad, como red, y se apaga en su totalidad, como red, a una hora dada.

Debido a que el alumbrado público como carga eléctrica es de naturaleza fija, y a que su tarifa es única e invariable en un período dado y su se establece de forma exacta, es una carga que se puede administrar de forma sencilla en los proyectos de energía eléctrica renovable.

En dichos proyectos, la utilización de fuentes de energía como paneles solares para potenciar la iluminación requiere de mucho menos trabajo de ingeniería que la potenciación de las redes de consumo variable, como la red utilizada por los usuarios finales de forma impredecible, o la potencia requerida por maquinaria de laboratorio. Por lo tanto, presenta muchas ventajas de tipo financiero y logístico en este proyecto.

Aunque los paneles solares sólo trabajan con la luz diurna, y el alumbrado público sólo se enciende con la ausencia de luz diurna, la energía obtenida mediante paneles solares se puede almacenar en bancos de baterías. La carga energética del alumbrado público es sencilla de suplir, ya que no presenta variaciones ni picos de potencia demandada. Por lo tanto, los bancos de baterías son funcionales para suplir al alumbrado público con la energía obtenida por los paneles solares durante el día.

Finalmente, para llegar a la demanda de potencia se realiza un cálculo que retrocede del gasto monetario a los kW. Para esto se utiliza la tarifa aplicada mensualmente por EEGSA a este nodo particular. Antes de iniciar el cálculo, deben substraerse los impuestos del promedio total.

$$Energia\ consumida = \frac{cargos\ monetario\ [Q]}{cargos\ de\ tarifa\ [Q/kWh]}$$

$$Energia\ consumida = \frac{67,413.09[Q]}{1.427211[Q/kWh]}$$

$$Energia\ consumida = 47,234.14573\ kWh$$

$$Potencia\ total = \frac{Energía\ consumida[kWh]}{horas\ efectivas[h]}$$

$$potencia\ total = \frac{47234.14573\ [kWh]}{360[h]}$$

$$potencia\ total = 131.20596\ kW$$

Las horas efectivas utilizadas en el cálculo anterior se calculan a partir de 12 horas diarias multiplicadas por el mes comercial que es de 30 días. Dando como resultado 360 horas.

La potencia total debe calcularse para cada nodo y cada tarifa.

3.1.2. Cálculo del gasto energético mensual en el régimen BTS

Para el cálculo del gasto de los contadores en el régimen de cobro BTS se despeja la misma ecuación, sin embargo, la tarifa de cobro es distinta. A continuación, se presenta una muestra de cálculo utilizando el nodo de Arquitectura e Ingeniería.

Tabla V. **Consumo promedio mensual del nodo arquitectura e ingeniería, para el período de enero 2019 a mayo 2020**

Contador	Gasto promedio	Total	Total sin impuestos
I-45189	Q60.80	Q1,406.12	Q1,124.90
M-22184	Q752.98		
T-83290	Q456.87		
W-04418	Q14.75		
W-04933	Q120.72		

Fuente: elaboración propia utilizando Excel.

$$Energia consumida = \frac{cargos monetario [Q]}{cargos de tarifa [Q/kWh]}$$

$$Energia consumida = \frac{1,124.90 [Q]}{1.321127[Q/kWh]}$$

$$Energia consumida = 851.46999 kWh$$

$$Potencia total = \frac{Energia consumida[kWh]}{horas efectivas[h]}$$

$$potencia total = \frac{851.46999 [kWh]}{720[h]}$$

$$potencia total = 1.18259 kW$$

La tarifa de la baja tensión simple no varía conforme el horario del día, por lo tanto, este consumo energético no tiene un factor de carga que se deba tomar en cuenta para los cálculos de potencia. De modo que el cálculo anterior muestra la potencia media.

3.2. Cálculos del consumo energético mensual en los regímenes MTHD y BTHD

Para realizar estos cálculos se necesita un proceso distinto. Era necesario obtener las facturas de cobro de cada contador para cada mes, en un período de cuatro meses. En dichas facturas se encuentran los datos de energía consumida y potencia en punta. Estos datos son necesarios para resolver el sistema de ecuaciones con el que se obtiene un factor de carga promedio. Con esta constante se obtienen los valores de energía consumida y potencia en punta de

todos los demás contadores de los distintos nodos, a lo largo de todo el tiempo que toma en cuenta este estudio.

Los datos que se presentan en esta propuesta de modelo teórico no tienen la mayor exactitud posible, debido a que se utilizó un promedio de una muestra mínima de datos reales de potencia y energía. Estos datos reales se encuentran contenidos en las facturas proporcionadas por la USAC para este estudio. Desgraciadamente, estas facturas sólo cubren un período de 4 meses, y únicamente contienen datos de los contadores con mayor gasto por cada nodo. Debido a esto, los factores de carga que se calcularon a partir de estos datos de potencia y energía se extienden para aplicar a toda la red modelada en este estudio.

Por lo tanto, los resultados a partir de este punto de la investigación no tendrán una precisión tan exacta como sí la tendrían si estuviesen disponibles los datos reales de potencia y energía para la totalidad del intervalo de tiempo estudiado. Los resultados obtenidos en la simulación HOMER podrían variar de forma no significativa debido a esto. Por ejemplo, se experimentó con el factor de carga para los nodos con promedio más bajo, utilizando valores máximos en vez de valores promedio, y la variación en los valores de los factores de carga fueron de menos de 4 %.

En los cálculos de energía, al utilizar los valores máximos, la variación en los resultados finales de este valor es del 2 %. Finalmente, en los cálculos de potencia, al utilizar los valores máximos, la variación es de, aproximadamente el 8 %.

Factor de carga promedio:

$$Fc = \frac{E}{P * t}$$

Dónde:

Fc = es factor de carga

E = es la energía consumida

P= es la potencia en punta

T= es el total de horas por mes comercial

Con los datos promediados de los cuatro meses de las facturas se obtiene el promedio de la energía consumida y de la potencia en punta. Con estos datos se resuelve la fórmula anterior. En la siguiente muestra de cálculo se utiliza el contador F-84943, correspondiente a nodo de Ingeniería + arquitectura.

$$Fc = \frac{19\ 668,375}{37,3 * 720}$$

$$Fc = 0.72386$$

Para todos los demás contadores de este nodo se utiliza el mismo factor de carga calculado anteriormente.

A continuación, se establecerá la segunda ecuación, en la que se utiliza el factor de carga calculado.

$$\frac{Q}{1.25} = C_f + P_E * E + P_P * P$$

Dónde:

Q = es el costo mensual

1.25 = constante de impuestos

C_f = es el cargo fijo

P_E = es el promedio de las tres bandas de energía

E = es la energía

P_P = es la suma de las tarifas de potencia máxima y potencia contratada.

P = es la potencia

Para los demás contadores del nodo se desconocen los valores de energía y potencia. Utilizando el sistema de dos ecuaciones y dos variables se encuentra la relación entre la potencia y la energía utilizando el factor de carga.

$$E = F_c * t * P$$

Esta ecuación se introduce en el sistema de dos ecuaciones y dos variables junto a la ecuación anterior. Quedando así:

$$\frac{Q}{1.25} = C_f + P_E * (F_c * t * P) + P_P * P$$

$$\frac{Q}{1.25} = C_f + P_E * (F_c * t * P) + P_P * P$$

$$P = \frac{\frac{Q}{1.25} - C_f}{(P_E * F_c * t) + P_p}$$

Al despejar la ecuación para encontrar el valor de P nos queda la ecuación anterior. Con esta ecuación se procederá a calcular el valor de P para todos los contadores. A continuación, se presenta una muestra de cálculo del contador F-89013, del nodo de ingeniería y arquitectura.

$$P = \frac{\frac{8764.40}{1.25} - 136.868429}{(0.948746 * 0.72386 * 720) + 75.960449}$$

$$P = 12.0518273kW$$

Una vez encontrada la potencia del contador, se retoma la ecuación número uno. Con esta ecuación y el valor de P se encontrará el valor de E, como a continuación se muestra.

$$E = 0.72386 * 720 * 12.0518273$$

$$E = 6281.16171kWh$$

Los datos encontrados en este sistema de ecuaciones corresponden a los mostrados en las facturas.

Siguiendo el mismo procedimiento de cálculo para los demás nodos del estudio, se obtuvieron los factores de carga para cada sección del Campus Central. Se utilizaron cuatro meses para calcular cada contador. Luego, se estandarizan los datos haciendo un promedio de los factores de carga de cada mes. A continuación, se muestra una tabla con los resultados:

Tabla VI. **Factores de carga para los distintos nodos del Campus Central**

nodo	contador	fecha	factor de carga	promedio
áreas sociales	F88975	sep-19	0.267615	0.237339
		oct-19	0.245596	
		nov-19	0.262534	
		mar-20	0.173611	
odontología	F89287	sep-19	0.520833	0.438368
		oct-19	0.520833	
		nov-19	0.555556	
		mar-20	0.15625	
EFPEM	F88976	oct-19	0.325456	0.243083
		nov-19	0.346186	
		dic-19	0.150227	
		mar-20	0.150463	
veterinaria +	F87090	nov-19	0.99161	0.809363
		oct-19	1.057723	
		dic-19	0.98571	
		mar-20	0.202409	
agro farmacia	F89977	oct-19	0.281863	0.217028
		nov-19	0.26348	
		dic-19	0.242165	
		mar-20	0.080605	
INGENIERÍA	F84943	sep-19	0.743038	0.723856
		oct-19	0.977403	
		nov-19	0.916299	
		mar-20	0.258686	

Fuente: EEGSA. *Datos para el campus central de la USAC.* Consultado el 20/02/2020.

Tabla VII. **Factores de carga para el régimen de cobro MTHD**

MTHD	F89836	sep-19	0.397196	0.331756
		oct-19	0.350467	
		nov-19	0.373832	
		mar-20	0.20553	
	F90036	sep-19	0.5	0.416146
		oct-19	0.455556	
		nov-19	0.483333	
		mar-20	0.225694	
	F88323	sep-19	0.430556	0.387828
		oct-19	0.428819	
		nov-19	0.456597	
		mar-20	0.23534	

Fuente: EEGSA. *Datos para el campus central de la USAC.* Consultado el 7/02/2020.

El programa HOMER no trabaja con más de dos cargas. Por lo tanto, se trabajó con dos tipos de carga, basadas en su tensión: baja tensión y media tensión. La baja tensión agrupa el alumbrado público, la baja tensión simple y la baja tensión horario de demanda. La media tensión es solamente la media tensión horario de demanda.

A partir de los cálculos del consumo mensual se calcula la potencia y la energía que requiere toda la red del Campus Central en baja y media tensión. El simulador HOMER requiere que estos datos de potencia y energía se ingresen por hora para crear una curva de carga diaria promedio mensual. Estos cálculos pueden encontrarse en el apéndice 4.

3.3. Simulación HOMER

El software HOMER (Hybrid Optimization of Multiple Energy Resources) es un modelador de microrredes y generación distribuida. Explora y da soluciones a los retos de construir microrredes y sistemas interconectados de redes que

combinan la generación de energía eléctrica tradicional y los nuevos recursos como las energías renovables, el almacenamiento de energía y la gestión de cargas. También se encarga de buscar los modelos óptimos de estas microrredes y sistemas, procurando hallar los más eficientes financieramente y de mayor confiabilidad.

Las principales herramientas con que este software cuenta son: modelaje de cargas, incluso con demanda horaria; modelaje de redes fijas; modelaje de sistemas de generación de energía renovable y no renovable. Los resultados que el software arroja permiten observar distintos parámetros:

- Vida útil del proyecto
- Proyección de costos anuales
- Costos de mantenimiento de los equipos
- Costo de inversión del proyecto
- Comparación entre casos
- Reducción de costos frente a un caso anterior

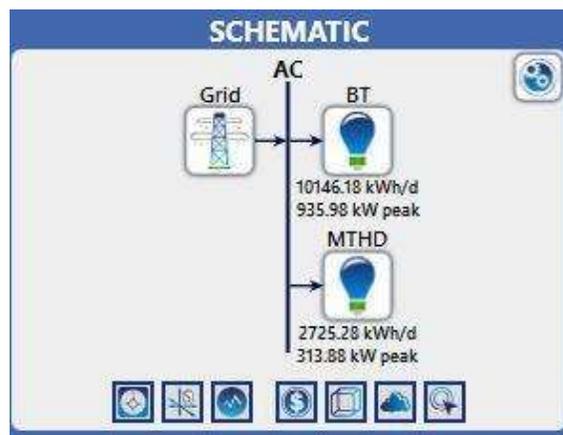
HOMER idealmente se utiliza para diseñar microrredes que se encuentra aisladas de las redes de gran tamaño de los Estados.

Mediante el software HOMER se modeló la red eléctrica del campus central, de modo que la simulación digital muestre tres casos: el estado actual, la red utilizando energía solar, y la red utilizando un generador de distintos combustibles. De modo que se pueda observar los casos en que hay mayor eficiencia financiera y energética.

3.3.1. Situación actual de la red eléctrica

En este modelo se muestra el estado actual de la red eléctrica del campus central. Esta consta de la red eléctrica de EEGSA y las cargas de media y baja tensión que existen en el campus central.

Figura 25. **Esquemático de la red eléctrica actual con datos de promedio mensual**



Fuente: elaboración propia empleando HOMER.

Al modelar el sistema correspondiente a la red existente actualmente, utilizando los datos de las curvas de carga obtenidas mediante los cálculos expuestos anteriormente, se obtienen los siguientes resultados.

Figura 26. Curva de carga para un día modelo de baja tensión utilizando la red



Fuente: elaboración propia empleando HOMER.

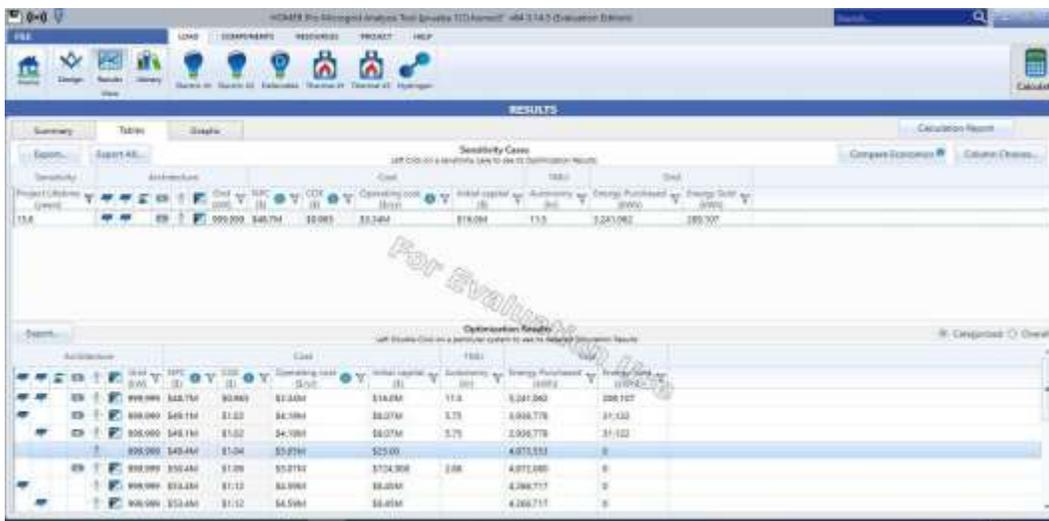
Figura 27. Curva de carga de un día modelo de media tensión utilizando la red



Fuente: elaboración propia empleando HOMER.

En los cálculos realizados con HOMER, se utilizó una muestra de datos mensuales correspondiente al intervalo mayo 2019 — abril 2020. Utilizando estos datos, el software calcula el costo de operación y en cuánto tiempo se recupera la inversión del proyecto.

Figura 28. Costo de operación anual actual con la red existente



Fuente: elaboración propia utilizando HOMER.

Como se mostró anteriormente, el costo de operación por mes de Q456 999, 78. En la simulación se da un costo anual de Q5.05M. Por lo tanto, existe un desfase de 3.04 %, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla VIII. **Costo de operación por mes**

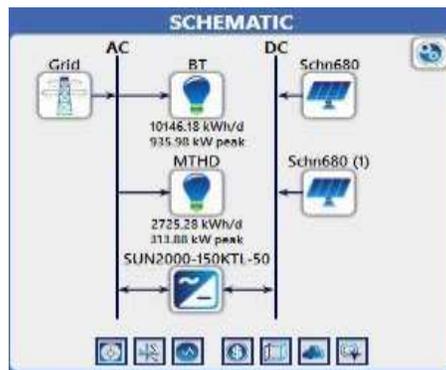
Costo por mes	Q 456 999, 78
Costo por año según el simulador	Q 5.05M
Costo por mes sin IVA	Q 408 035, 52
Costo por mes en el modelo simulado	Q 420 833, 33

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Simulación HOMER utilizando paneles solares

Se muestra el siguiente esquemático que incluye paneles solares.

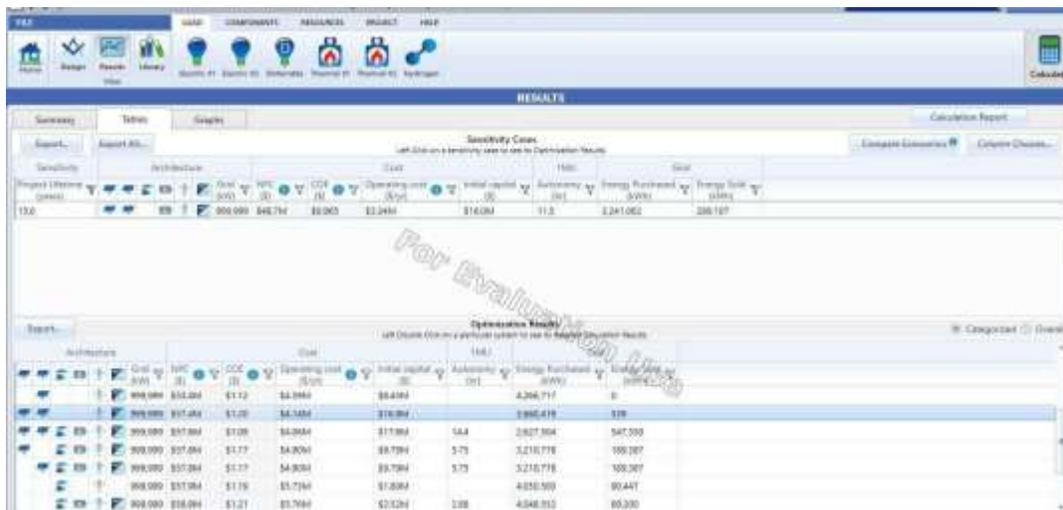
Figura 29. **Simulación HOMER utilizando paneles solares con datos mensuales**



Fuente: elaboración propia utilizando HOMER.

En este primer diseño se utilizaron paneles solares Schneider con capacidad nominal de 680 kW y un inversor de corriente Huawei de 2000 kW de capacidad nominal.

Figura 30. **Resultados para la simulación con paneles solares, datos anuales**



Fuente: elaboración propia utilizando HOMER.

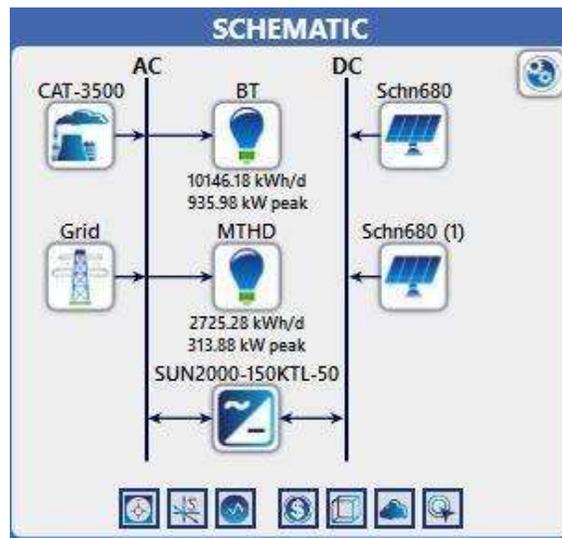
Se puede observar que el costo de operación anual baja de un caso base Q5.05M anuales, a Q4.14 M anuales. Es de notar también que, aunque las cifras manejadas por HOMER se marcan en dólares, el precio está en quetzales siempre.

También debe anotarse que a la red se le sigue comprando 3 241 062 kWh al año, y sólo se venden 539 kWh al año. Esto representa una disminución del 33.5 % anual en compra de kWh a la red.

3.3.3. Simulación HOMER utilizando paneles solares y generador diésel

En el siguiente caso simulado se agregan paneles solares y generador diésel.

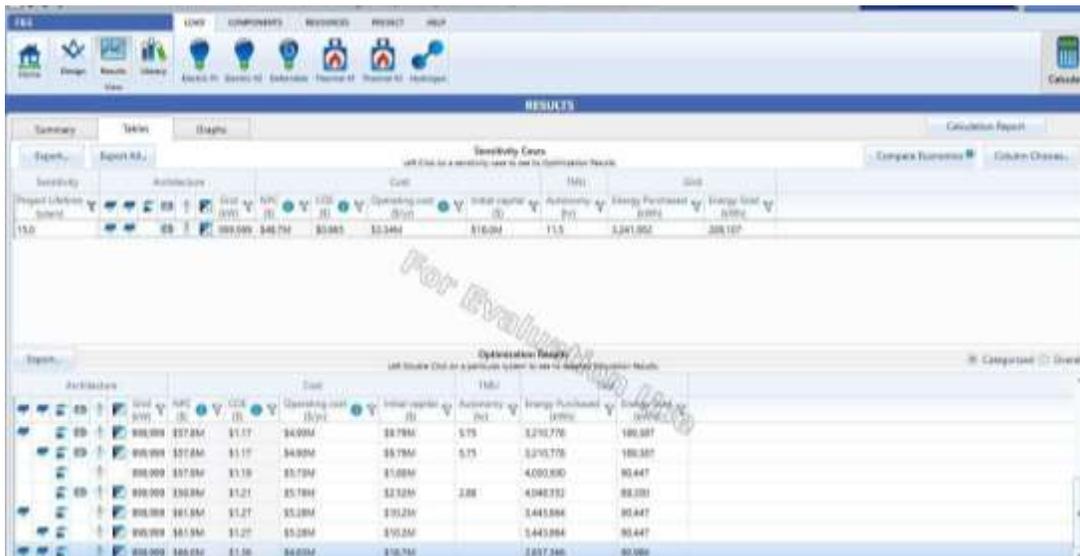
Figura 31. Simulación HOMER con paneles solares y generador diésel, con datos mensuales



Fuente: elaboración propia utilizando HOMER.

En este diseño se utilizaron paneles solares Schneider con capacidad nominal de 680 kW, un inversor de corriente Huawei de 2000 kW de capacidad nominal y un generador diésel Caterpillar de 250 kW.

Figura 32. **Resultados anuales para simulación HOMER con paneles solares y generador diésel**



Fuente: elaboración propia utilizando HOMER.

Al comparar este diseño con el caso base, tenemos un costo de operación anual de Q4.83M, frente a los Q5.05M originales. Este diseño reduce la compra de kWh a la red en 41.81 % anual. Es de notar que el costo de operaciones anual es significativamente mayor al del diseño con paneles solares solos. Al correr simulaciones equivalentes con otros generadores diésel de diferentes capacidades (500 kW, 750kW y 1000kW) y marcas se encontraron resultados que eran igualmente insatisfactorios.

Por lo tanto, se concluyó a partir de esta serie de simulaciones que los generadores diésel no son adecuados para los requerimientos del diseño de la red eléctrica autosustentable que se está estudiando en este trabajo. Estos resultados poco satisfactorios en la evaluación de los costos del generador

se dan incluso cuando se reduce el tiempo de uso del generador a las horas pico de la red, como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 33. **Horario del generador diésel en simulación HOMER**



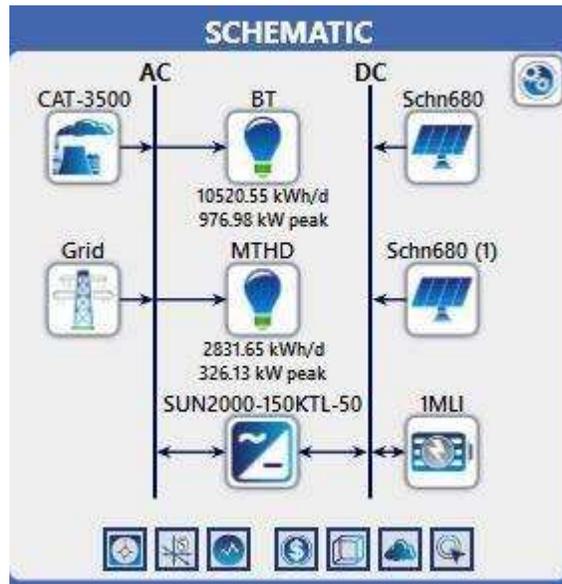
Fuente: elaboración propia utilizando HOMER.

Se simuló basándose en los cálculos de horario pico de la demanda de la red del campus central. Estas horas corresponden al mayor aflujo de estudiantes, entre 6 y 9 de la noche. El precio del diésel se estimó en Q5.065 por litro, que es el precio al por mayor en el mercado. Sin embargo, este varía constantemente, por lo que el precio es un promedio sobre los precios en los meses durante los cuales se realizó esta investigación.

3.3.4. Simulación HOMER con paneles solares, generador diésel y banco de baterías

En este diseño se agregaron paneles solares, generador diésel y banco de baterías.

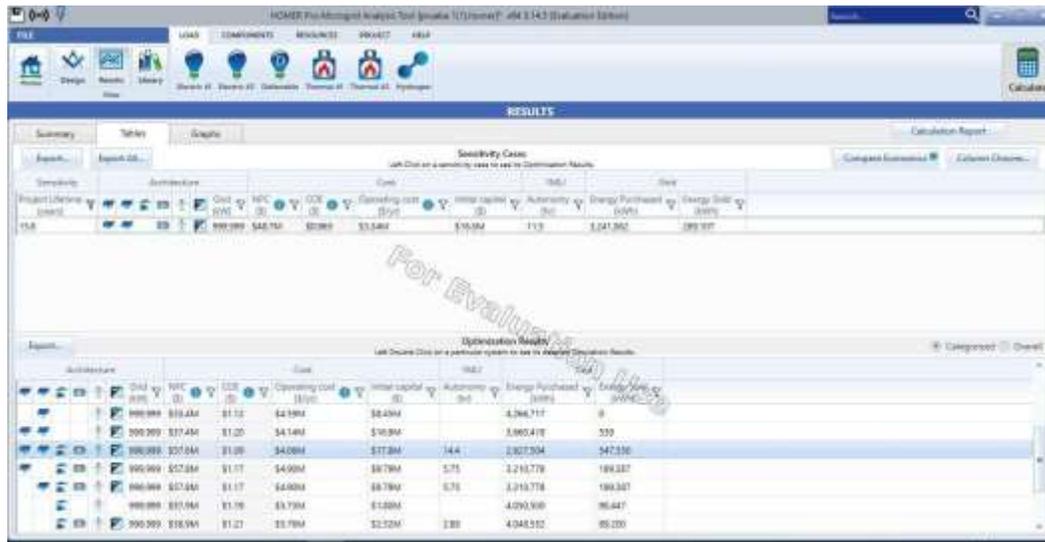
Figura 34. **Esquemático de la simulación utilizando baterías, con datos mensuales**



Fuente: elaboración propia utilizando HOMER.

En este diseño se utilizaron paneles solares Schneider con capacidad nominal de 680 kW, un inversor de corriente Huawei de 2000 kW de capacidad nominal, un generador diésel Caterpillar de 250 kW y un banco de baterías con capacidad de 2000 kW.

Figura 35. **Resultados anuales para la simulación con banco de baterías en HOMER**

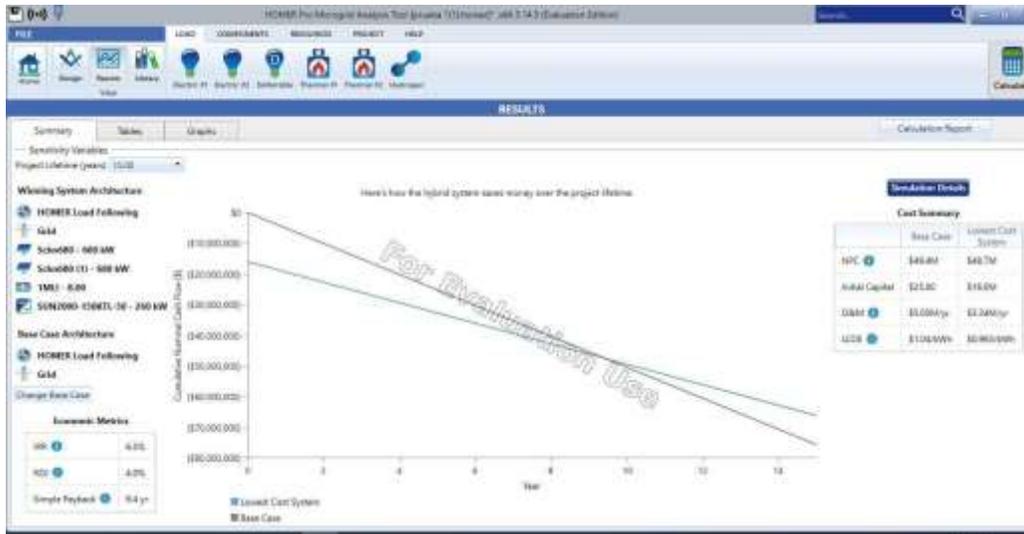


Fuente: elaboración propia utilizando HOMER.

Este tercer diseño contiene las mismas dos formas de generación eléctrica autónoma: paneles solares y generador diésel. La diferencia es que incluye un banco de baterías de 2000kWh. La reducción de la compra de energía a la red es de 46.09 % anual. Este, sin embargo, no es el diseño óptimo.

El simulador HOMER muestra que, en esta simulación, el sistema de arquitectura de la red que ofrece la mayor rentabilidad es uno sin ningún generador diésel de ninguna clase. Por lo tanto, a continuación, se muestra el resumen graficado de la arquitectura ofrecida por el programa como la mejor solución de diseño.

Figura 36. Arquitectura del diseño óptimo de la red



Fuente: elaboración propia realizada con HOMER.

La tabla de resultados para esta misma simulación al no tomar en cuenta el generador diésel muestra que el costo de operación se reduce de Q 5.05M al año a Q 3.34M al año. Esto hace este modelo el de mayor eficiencia en la reducción de costos de operación. Sumado a esto, la compra de energía a la red se reduce en un 33.5 % anual. Esta reducción de un poco más de un tercio de compra de energía a la red se considera significativo en grado sumo y satisfactorio. Por lo tanto, este diseño es el que se da como final luego de haber realizado exhaustivas pruebas simuladas en el programa HOMER.

Figura 37. Resultados anuales para el diseño óptimo

The screenshot displays the HOMER Pro software interface with the following data tables:

Feasibility Cases

Project Name	Architecture	Grid Price (\$/kWh)	NPV (\$)	COE (\$/kWh)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Autonomy (hr)	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)
113		0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127

Optimization Results

Architecture	Grid Price (\$/kWh)	NPV (\$)	COE (\$/kWh)	Operating cost (\$/yr)	Initial capital (\$)	Autonomy (hr)	Energy Purchased (kWh)	Energy Sold (kWh)
0	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
1	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
2	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
3	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
4	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
5	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
6	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
7	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
8	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
9	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127
10	0.09	442.7M	0.085	\$1,249	\$1,650	115	2,241,502	204,127

Fuente: elaboración propia utilizando HOMER.

4. ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA GENERACIÓN LIMPIA Y AUTÓNOMA DEL CAMPUS CENTRAL

En este capítulo se desarrollan los diversos estudios necesarios para presentar este proyecto a un hipotético inversor. Debido a la fuerte inversión que se requiere para llevar a cabo un proyecto como este, y al hecho de que está diseñado para una institución pública, los estudios de este capítulo no solo toman en cuenta beneficios económicos o materiales directos, sino también otras formas de beneficios no materiales o no evidentes inmediatamente, como lo son beneficios académicos o de imagen para la universidad y el país.

Los estudios que se presentan en este capítulo son un estudio de aprovechamiento, que consiste en el ahorro monetario que conllevaría la realización de este proyecto. El estudio tecnológico consiste en la descripción de las tecnologías necesarias para la realización del proyecto, así como de la investigación de los posibles proveedores de dichas tecnologías.

El estudio financiero desglosa los costos de instalación del proyecto. Finalmente, se incluye una encuesta de la opinión de la población objetiva, que consiste en alumnos y docentes del campus central. También se ha realizado una propuesta de una unidad de investigación y mantenimiento de la red eléctrica, de modo que la universidad pueda investigar y generar conocimiento a partir de ella.

4.1. Estudio de aprovechamiento

Según resultados con análisis de datos y la simulación en HOMER los datos que se tienen son reales: la simulación confirma los datos proporcionados por la universidad. Los datos financieros difieren en aproximadamente 3.06 % lo que constituye una variación considerablemente aceptable.

4.1.1. Proyección de costos utilizando el Valor Presente Neto (VPN)

Para calcular el valor presente neto para un período de 15 años se utiliza la siguiente formula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Dónde:

V_t = representa los flujos de caja en cada periodo t

I_0 = es el valor de la inversión inicial

n = es el número de períodos considerados, en este caso 15 años

k = es la tasa de descuento

En el presente caso, se suma la inversión inicial ya que con esta ecuación se busca el costo total de la implementación y mantenimiento del proyecto en el periodo de 15 años y no se busca conocer el tiempo en que genera una ganancia, sino la diferencia de costos que existe entre implementar el modelo óptimo y continuar con el sistema eléctrico actual.

Tabla IX. **Proyección de costos a 15 años**

Parámetro	Sin red autónoma	Con red autónoma
Inversión del proyecto	Q0	Q16M
Costo de operación por año	Q5.05M	Q3.34M
Tiempo en que se recupera la inversión	Q0	9.4 años
Costo de operación en 15 años	Q68,40M	Q50,67M

Fuente: elaboración propia.

Puede observarse que, si se lleva a cabo el proyecto, en un periodo de 15 años los costos totales ascenderían a Q 50,67M, que corresponde a los costos de operación en un periodo de 15 años, sumado a la inversión inicial. Mientras que, si no se invierte en el proyecto y se continúa con la compra actual de energía a la red eléctrica, los costos de operación del campus en 15 años ascenderían a Q 68,40M. Esto demuestra que la inversión en el proyecto es viable, pues a simple vista reduce los costos de operación del campus en más de Q 17M en un periodo de 15 años.

4.2. Estudio tecnológico

Se exponen los recursos disponibles para realizar el proyecto y las razones por los que fueron escogidos por sobre otros similares.

4.2.1. Red de electricidad suministrada por EEGSA

Esta representa el estado actual de la red. Esta red es capaz de suplir la demanda energética del Campus Central de forma total. Suministra baja tensión y media tensión y está sujeta a cualquier eventualidad que sufra el SNI.

4.2.2. Paneles solares

Los modelos propuestos en este estudio son Paneles Schneider ConextCoreXC 680 kW fotovoltaicos. Estos paneles trabajan en DC, y son capaces de operar hasta 45 °C con una eficiencia del 17.3 %. Estos paneles se escogieron tomando en cuenta el índice de radiación media en Guatemala (GHI) que corresponde a 5 kWh/m²/día.

4.2.3. Baterías

Las baterías que el simulador utilizar para el modelo teórico son baterías asimismo teóricas o idealizadas, que no tiene marca específica. Estas son capaces de manejar la demanda de las cargas requeridas por el uso del Campus Central. Este es un banco con capacidad nominal de 2 MWh y soporta 4 horas continuas de descarga.

4.2.4. Inversor

El modelo de inversor propuesto es un Huawei SUN2000-KTL-50, con una eficiencia del 97 % adaptable para poder manejar la carga energética del Campus Central.

4.3. Estudio financiero

Se exponen los costos estimados o reales de los recursos tecnológicos necesarios para llevar a cabo el proyecto. Este estudio permite calcular la inversión y los beneficios.

4.3.1. Paneles solares

Los paneles solares Schneider de 680 kW de capacidad están estimados con los siguientes valores:

Para el capital inicial se estimó que el kilowatt de capacidad del equipo tiene un costo de Q 8000.00. El costo de reemplazar el equipo cuando llegue a su vida útil estimada se estableció también en Q 8000.00 por kilowatt de capacidad del equipo. El costo de O&M anual por kilowatt es de Q 80.

4.3.2. Baterías

En el modelo simulado se utilizaron baterías de la marca INRAIS, suplidas por la compañía Shenzhen Zhengying Innovations, con base en China. A este elemento de la red autosuficiente se le aplicó el 12 % de IVA, el 10 % de aranceles y el 18 % de transporte de instalación sobre el valor total del equipo. El equipo cotizado se estima en Q 80 000.00; por lo tanto, el precio del equipo instalado es de Q 112 000.00. Este es el valor del capital inicial. El valor del reemplazo del equipo al final de su vida útil es el mismo. Por otra parte, el O&M anual es de Q 2 400, correspondiente al 3 % del valor del equipo sin los costos agregados posteriormente.

4.3.3. Inversor

Se calculó el costo por kilowatt instalado en Q 16 400,00. El costo del reemplazo es el mismo. Mientras que el costo del O&M es de Q 820.00 anuales. Es estándar en la industria que el costo de O&M para esta tecnología se estime en un 5 % del costo por kilowatt instalado. Por otra parte, también se estima el costo total del kilowatt instalado basándose en los costos por kilowatt de los paneles y el banco de baterías, a razón de un 20 % de la sumatoria de los costos de dichas tecnologías.

4.3.4. Propuesta técnica y modelo de negocio

Aquí se exponen los datos reales y los resultados del estudio, para exponer, a forma de resumen, la viabilidad del proyecto.

4.3.5. Posición geográfica

El proyecto se localizaría en el Campus Central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tal y como se muestra en la figura siguiente.

Figura 38. **Campus Central USAC**



Fuente: Google maps. Consultado el 20/07/2020. Recuperado de: maps.google.com.

4.3.6. Población objetivo

Este proyecto beneficiaría a todos los estudiantes del campus central de la USAC, así como, en general, a todos los contribuyentes tributarios del Estado de Guatemala, ya que reduce los costos operativos de la única universidad pública del país alrededor de Q 1M anuales.

4.3.7. Costos de inversión y tiempo de retorno

Tomando en cuenta los valores expuestos en el estudio tecnológico, el costo total del proyecto se estima en Q 16 000 000.

Este costo de inversión se calculó tomando en cuenta 12 % de IVA por impuestos regulares, 10 % de aranceles por la importación de los equipos y 18 % de traslado e instalación. A esto se agrega un 5 % extra como factor de

seguridad por gastos inesperados y cualquier imprevisto que conlleve la implementación práctica y real de la instalación del equipo. Por lo tanto, el valor final proyectado es de 15 977 220 quetzales. Este valor concuerda aceptablemente con el valor proporcionado por el simulador HOMER, que es de Q 16M, ya que el software no especifica más decimales.

4.3.8. Fortalezas y debilidades de llevar a cabo el proyecto

Se realizó una encuesta entre estudiantes y trabajadores del campus central del 30 de octubre y a 1 de noviembre de 2021. A continuación, se muestran los resultados de las preguntas incluidas en la encuesta. Estas respuestas reflejan la opinión popular de los usuarios del Campus Central sobre los temas relacionados a la producción de energía eléctrica tratados en esta investigación.

- ¿Cree que la USAC cuenta con la capacidad de generar su propia energía independiente de la red nacional?
 - Un 50 % respondió afirmativamente y un 50 % respondió negativamente.

- ¿Sabe qué es la energía limpia y cómo se genera?
 - Un 81.3 % afirma que sabe qué es y un 18.7 % responde que no sabe.

- ¿Para usted es importante la generación de energía limpia?
 - Un 100 % respondió que sí.

- ¿Considera una inversión inteligente la creación de una red de energía eléctrica autosustentable en el campus central?
 - El 94,1 % respondió que sí y el 5.9 % respondió que no.

- ¿Le parecería molesto que haya proyectos de construcción, instalación o readecuación de equipos de gran tamaño dentro del campus central?
 - El 88.2 % respondió que no y el 11.8 % respondió que sí.

- ¿Considera que sería un beneficio tangible para los estudiantes la creación de una red de energía eléctrica autosustentable en el campus central de la USAC?
 - El 88.2 % respondió que sí y el 11.8 % respondió que no.

- ¿Se ha enfrentado a carencias en el desempeño de sus actividades académicas como estudiante, debidas a la calidad y naturaleza de la red eléctrica existente en el campus central?
 - E 58.8 % responde negativamente, mientras que el 41.2 responde afirmativamente.

- La creación de una red de energía eléctrica autosustentable implicaría la instalación de equipo tecnológico (paneles solares, baterías, entre otros) que alteraría el paisaje arquitectónico del campus central. ¿Le parece que esto sea un factor negativo del proyecto?
 - El 88.2 % respondió que no y el 11.8 % respondió que sí.

- ¿Considera que un proyecto de este tipo pueda significar un punto de partida para la renovación y el avance tecnológico en el campus central?
 - El 94.1 % dijo que sí y el 5.9 % dijo que no.

La opinión reflejada en la encuesta muestra que los usuarios del Campus Central encuentran la realización de este proyecto como algo beneficioso. Además, es manifiesto que los beneficios exceden a los posibles problemas que el proyecto presente. Así mismo, el mayor beneficio es económico y ambiental.

Como se muestra en la tabla IX, en un periodo modelo de 15 años, la USAC y la sociedad guatemalteca se ahorrarían un total de más de Q 17M. Este hecho aislado es suficiente para considerar esta propuesta de una microrred autosustentable de energía limpia como un proyecto viable y económicamente beneficioso, ya que este presupuesto ahorrado puede invertirse en otras áreas donde es necesario.

4.4. Propuesta de estructura administrativa para el manejo y monitoreo de la microrred eléctrica autosustentable del campus central

La creación de una microrred eléctrica autosustentable en el campus central implica establecer una estructura administrativa que se encargue del manejo, monitoreo y mantenimiento de dicha red. Dicha estructura administrativa debe estar, al igual que la red, contenida dentro del campus central y la de la USAC. Debido al tamaño y naturaleza de la red, se propone que esta estructura administrativa forme parte de la escuela de Ingeniería eléctrica. Se propone una misión y visión para este centro de investigación

- **MISIÓN**

Ser el ente administrador de la microrred autosuficiente del campus central. Mantener a la microrred funcionando al máximo de su capacidad y satisfacer la demanda de energía del campus central.

- **VISIÓN**

Ser un centro de generación de conocimiento científico mediante la implementación y administración de la microrred autosuficiente del campus central. Ayudar a la formación de futuros profesionales en el área de la energía eléctrica en Guatemala. Promover las energías limpias, y ser ejemplo para nuevos proyectos de energías limpias, descarbonizadas y descentralizadas.

4.4.1. Puestos profesionales

Para manejar la microrred son necesarios los siguientes puestos profesionales:

- Ingeniero 1.
 - Perfil: catedrático de la USAC en la escuela de ingeniería mecánica eléctrica.
 - Nombre del puesto: encargado del mantenimiento de los equipos y su programación.
 - Descripción del puesto: crear y coordinar cronogramas de mantenimiento de los equipos físicos de la microrred; supervisar las actividades de mantenimiento realizadas por los estudiantes. Coordinar al equipo de trabajo de estudiantes que participan en el Centro. Llevar registros de los distintos tipos de mantenimientos necesarios para los distintos equipos que conforman la microrred y del estado de los equipos a través del tiempo.

- Ingeniero 2.
 - Perfil: catedrático de la USAC en la escuela de ingeniería mecánica eléctrica.
 - Nombre del puesto: coordinador de monitoreo de fallas.
 - Descripción del puesto: coordinar los equipos de trabajo de los estudiantes asignados a su departamento. Coordinar la toma de mediciones científicas de los parámetros del funcionamiento de los equipos. Elaborar informes sobre el correcto o incorrecto funcionamiento de los equipos, y elaborar proyecciones de las fallas y fluctuaciones de desempeño de los equipos. Supervisar

mediciones en tiempo real de la exigencia pedida a los equipos de la microrred y su comportamiento.

- Ingeniero 3.
 - Perfil: catedrático de la USAC en la escuela de ingeniería mecánica eléctrica.
 - Nombre del puesto: jefe de investigación y comunicación.
 - Descripción del puesto: buscar oportunidades de crecimiento de la microrred. Elaborar informes sobre las posibilidades de mejorar y ensanchar los alcances de la microrred. Coordinar la generación de conocimiento científico mediante los aprendizajes de los estudiantes que colaboran en el Centro.

Divulgar los conocimientos generados por el Centro a través del manejo e implementación de la microrred. Desarrollar estrategias tecnológicas para que el suministro de energía eléctrica siempre sea estable. Elaborar informes públicos para que la sociedad conozca el trabajo realizado en el Centro.

Aparte de estos puestos profesionales, es necesaria la colaboración de un cierto número de estudiantes que estarán encargados de llevar a cabo las actividades planificadas por los ingenieros del centro de administración de energía.

Las necesidades de cada departamento del Centro son distintas por eso se propone que haya veinte estudiantes en total, divididos de la siguiente manera: departamento de mantenimiento: 10 estudiantes; departamento de monitoreo: 4 estudiantes; departamento de investigación: 6 estudiantes. El incentivo por completar un semestre como parte del Centro serán créditos extra; además, se

presenta como atractiva la posibilidad de poner en práctica y ver en acción los conceptos y teorías vistos en las clases.

- Perfil de los estudiantes voluntarios. Estudiantes de la escuela de ingeniería mecánica eléctrica que tengan más de 150 créditos. Interesados en las redes de generación y distribución de energía eléctrica. Que cuenten con entre tres y cuatro horas diarias libres entre semana.

CONCLUSIONES

1. Aunque el modelo de red eléctrica autosustentable propuesto en esta investigación no logra suplir el 100 % de la demanda energética del Campus Central de la USAC, el objetivo de proponer un modelo teórico satisfactorio se ha logrado, ya que las simulaciones muestran que, con una inversión relativamente baja, se puede lograr una autonomía de la red eléctrica de más del 33 %. Los estudios realizados consistieron, primero, en la recopilación de datos sobre el consumo eléctrico actual de la red del campus central.

Estos datos se analizaron para generar un perfil del consumo energético en términos científicos. Este perfil consiste en la demanda de potencia y energía según parámetros cronológicos y de distribución espacial. La siguiente fase del estudio fue la simulación computarizada de una red con equipos de generación de energía limpia. Mediante dicha simulación se alcanzó el modelo realista de mayor eficiencia energética y factibilidad financiera.

2. Se alcanzó el objetivo de generar un banco de datos fehacientes que reflejan el estado de la red eléctrica actual del campus central. En primer lugar, se obtuvieron los datos del gasto anual del campus para un periodo de 23 meses. Se procesaron estos datos para obtener el costo anual de operación de la red eléctrica de campus central. Luego, se subdividió el campus central en diversas áreas en función de su distribución espacial. Esta subdivisión se utilizó para calcular los gastos de forma separada, dependiendo de el régimen de cobro utilizado por EEGSA.

De modo que los resultados generados a partir de los datos obtenidos de la administración del campus central muestran no solo los costos de mantenimiento energético del campus, sino también la potencia y la energía requeridas por el campus. También se obtuvieron los datos de los porcentajes de las distintas clases de energía eléctrica demandada y los horarios en que sucede, lo que llevó a obtener curva horaria característica. Estos datos no existían en ninguna base de datos de la USAC ni se conocían a ciencia cierta. Este aporte es muy significativo para el conocimiento de la situación de la red eléctrica del campus central.

3. El estudio de prefactibilidad realizado en el capítulo 4 de esta investigación arrojó resultados satisfactorios. No sólo es factible la realización del proyecto propuesto en esta investigación, sino que los beneficios superan altamente a los posibles contratiempos. Los beneficios inmediatos de mayor alcance son los de carácter económico. Se concluyó que en un período de 15 años el campus central de la USAC ahorraría aproximadamente Q 17M. Sumado a esto, la inversión en energías limpias genera un beneficio ambiental a largo plazo.

A su vez, la USAC, a través de su influencia en la sociedad y la opinión pública, se posicionaría como un ejemplo a seguir en la incertidumbre sobre el futuro del medio ambiente. Las debilidades y amenazas presentadas por el proyecto se reducen a irrupción del espacio destinado a las actividades académicas propias de una universidad. Sin embargo, esta irrupción es de carácter temporal, mientras se construye la microrred, y no conlleva una pérdida permanente de la utilidad del Campus Central.

4. Se generó un modelo que satisfactoriamente puede ser implementado como proyecto real en el campus central. Mediante un proceso de simulaciones se llegó a un modelo óptimo que reduce la compra de

energía a la red en 33.50 %. Este modelo consiste en la utilización de paneles solares, baterías y un inversor de corriente. El uso de generadores diésel queda descartado por el proceso de simulación. Esta tecnología no solo es ineficiente financieramente, sino que también es altamente contaminante. Esta reducción de más de un tercio es sumamente significativa, ya que el gasto anual en energía del Campus Central baja de Q 5.05M anuales a Q 3.34M anuales.

Lo que implica más de Q 1.5M anuales, esto es suficiente para justificar la inversión en un proyecto de esta magnitud. Según el modelo la inversión inicial de Q 16M se recuperaría en 9.4 años. Este tiempo de retorno de inversión es realmente corto para un proyecto de esta magnitud. Por lo tanto, se considera que el modelo teórico no solo es viable, sino que se puede realizar de forma sencilla.

RECOMENDACIONES

1. Habiendo demostrado en el transcurso de esta investigación que la realización de una microrred de energía eléctrica renovables es viable y factible, y que reporta grandes beneficios económicos a la USAC se le recomienda profundizar y considerar llevar a cabo este proyecto.
2. A la facultad de Ingeniería hacer de conocimiento público los resultados de esta investigación para fomentar el estudio y autoconocimiento de la infraestructura del Campus Central. Pues la investigación genera beneficios a largo plazo para la sociedad en general.
3. Ahondar en la investigación específica del estado de la red eléctrica del Campus Central. Para conocer los elementos que la componen y su estado. De este modo se parametriza la red y es posible tomar decisiones más acertadas utilizando los resultados de estas investigaciones específicas.
4. Mejorar el acceso a la información pública de la USAC, pues existe poca documentación de la infraestructura eléctrica del Campus y los registros financieros son confusos y difíciles de obtener. Esto complica grandemente la investigación, pues estos datos son la base para realizar análisis de costos y requerimientos energéticos. Los resultados de las investigaciones de la naturaleza de la presente dependen en gran medida de la fidelidad y exactitud de los registros llevados por la administración universitaria y de su acceso.

REFERENCIAS

1. Alonso, J. J. (s.f.). *El crecimiento de las Energías Renovables en América Latina*. Obtenido de <https://blogs.imf-formacion.com/>: <https://blogs.imf-formacion.com/blog/energias-renovables/articulos/energias-renovables-articulos/crecimiento-energias-renovables-america-latina/>.
2. Argueta, R. (junio, 2020). *Energía eólica en Guatemala*. Obtenido de <https://www.evwind.com/>: <https://www.evwind.com/2020/06/25/energia-eolica-en-guatemala-2/>.
3. Barreda, A. I. (2002). *Propuesta para el crecimiento urbano del campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, zona 12. 2000 - 2020*. Guatemala: USAC.
4. Barrero, A. (diciembre, 2019). *(R)evolución en la energía renovable*. Obtenido de lavanguardia.com: <https://www.lavanguardia.com/natural/20191207/472041300788/cumbre-clima-madrid-transicion-energetica-evolucion-energia-renovable.html>.
5. Barrios, J. (2011). *Redensificación en el uso del suelo de los edificios del EFPEM, Ciudad Universitaria*. Guatemala: USAC.

6. BiodiSol. (s.f.). *La digitalización está marcando el comienzo de una nueva era solar*. Obtenido de <https://www.biodisol.com/>: <https://www.biodisol.com/energia-solar/digitalizacion-nueva-era-solar/>.
7. Calzadilla, E. (junio, 2019). *Energía en América Latina y el Caribe, cuatro años deslizándonos por la canal*. Obtenido de Havana Times: <https://havanatimesenespanol.org/diarios/erasmo-calzadilla/energia-en-america-latina-y-el-caribe-cuatro-anos-deslizandonos-por-la-canal/>.
8. CEPAL. (s.f.). *Objetivos de desarrollo del milenio*. Obtenido de <https://www.cepal.org>: <https://www.cepal.org/es/temas/objetivos-de-desarrollo-del-milenio-odm/objetivos-desarrollo-milenio>.
9. CNEE. (agosto, 2013). *Marco legal del sub sector eléctrico de Guatemala, compendio de leyes y reglamentos*. Obtenido de <http://www.cnee.gob.gt>: <http://www.cnee.gob.gt/pdf/marco-legal/LEY%20GENERAL%20DE%20ELECTRICIDAD%20Y%20REGLAMENTOS.pdf>.
10. CNEE. (2014). *NORMA TÉCNICA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA RENOVABLE Y USUARIOS AUTOPRODUCTORES CON EXCEDENTE DE ENERGÍA*. Obtenido de <https://www.cnee.gob.gt/>: <https://www.cnee.gob.gt/estudioselectricos/normas%20tecnicas/08%20ntgdr.pdf>.
11. Direct Industry. (s.f.). *Modeling the Grid for De-Centralized Energy*. Obtenido de <https://trends.directindustry.es/>:

<https://trends.directindustry.es/bentley-systems-europe-bv/project-28711-179087.html>.

12. *Enel green power*. (abril, 2020). Obtenido de <https://www.enelgreenpower.com>:
<https://www.enelgreenpower.com/es/historias/articulos/2020/04/guatemala-historia-de-sostenibilidad-transicion-energetica>.
13. Energy Democracy. (s.f.). *Principios de la democracia energética*. Obtenido de <https://es.energy-democracy.net/>: <https://es.energy-democracy.net/principals/>.
14. Iberdrola. (s.f.). *Almacenamiento de energía: la clave de un futuro descarbonizado*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com>:
<https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/almacenamiento-de-energia-eficiente>.
15. *Microgrids, 'islas de energía' que garantizan la fiabilidad y eficiencia del suministro*. (septiembre, 2017). Obtenido de <https://mitreyelcampo.cienradios.com>:
<https://mitreyelcampo.cienradios.com/microgrids-islas-de-energia-que-garantizan-la-fiabilidad-y-eficiencia-del-suministro/>.
16. Ministerio de Energía y Minas. (s.f.). *Matriz de Generación Eléctrica 2012-2018*. Obtenido de mem.gob.gt: mem.gob.gt/wp-content/uploads/2019/01/Matriz-de-Generación-Eléctrica-2012-2018.pdf.

17. Ministerio de energía y minas. (2017). *Plan nacional de energía 2017 - 2032*. Obtenido de <https://www.mem.gob.gt:https://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/2017/11/Plan-nacional-de-energia.pdf>.
18. *Nuestro compromiso concreto en Guatemala, país estratégico para la difusión de las energías renovables*. (abril, 2020). Obtenido de <https://www.enelgreenpower.com:https://www.enelgreenpower.com/es/historias/articles/2020/04/guatemala-historia-de-sostenibilidad-transicion-energetica>.
19. Otto, S. d. (marzo, 2013). *La democratización de la energía*. Obtenido de <https://fundacionrenovables.org/:https://fundacionrenovables.org/la-democratizacion-de-la-energia/>.
20. Sáenz, J. (febrero, 2021). *Almacenar energía en baterías, nueva opción para renovables*. Obtenido de <https://www.elespectador.com:https://www.elespectador.com/economia/almacenar-energia-en-baterias-nueva-opcion-para-renovables-article/>.
21. Yablonovsky, E. (agosto, 2020). *Generación distribuida, una puerta y ventana para los profesionales de automatización y control*. Obtenido de https://www.editores.com.ar:https://www.editores.com.ar/revistas/aa/9/yablonovsky_generacion_distribuida.

APENDICES

Apéndice 1. Cálculo de energía y potencia para BTS en todos los nodos

Fecha	Total	Tarifa	Energía (kWh)	Tiempo (h)	Potencia (kW)
ene-19	Q 73.831.98	Q1.427211	51,731.65	360	143.6990
feb-19	Q 76.179.98		53,376.82	360	148.2689
mar-19	Q 85.079.63		59,612.51	360	165.5903
abr-19	Q 81.626.72		57,193.17	360	158.8699
may-19	Q 86.759.18		60,789.32	372	163.4121
jun-19	Q 83.951.96		58,822.39	360	163.3955
jul-19	Q 86.751.72		60,784.09	372	163.3981
ago-19	Q 87.373.65		61,219.85	372	164.5695
sep-19	Q 84.555.88		59,245.54	360	164.5709
oct-19	Q 87.373.65		61,219.85	372	164.5695
nov-19	Q 85.186.24		59,687.21	360	165.7978
dic-19	Q 88.025.02		61,676.25	372	165.7964
ene-20	Q 87.373.65		61,219.85	372	164.5695
feb-20	Q 81.781.26		57,301.45	336	170.5400
mar-20	Q 88.284.80		61,858.27	372	166.2857
abr-20	Q 84.609.09		59,282.82	360	164.6745
may-20	Q 85.767.64		60,094.58	360	166.9294
jun-20	Q 83.001.65		58,156.54	360	161.5459
jul-20	Q 85.767.64		60,094.58	360	166.9294
ago-20	Q 84.433.89		59,160.06	360	164.3335
sep-20	Q 81.710.92		57,252.17	360	159.0338
oct-20	Q 84.433.89		59,160.06	360	164.3335

Continuación apéndice 1.

Ingeniería		I-45189	M-22184	T-83290	W-04418	W-04933
may-19	Q	62.38	Q 897.21	Q 421.97	Q -	Q -
jun-19	Q	62.38	Q 853.29	Q 468.36	Q -	Q -
jul-19	Q	69.25	Q 614.72	Q 522.51	Q -	Q -
ago-19	Q	67.20	Q 738.12	Q 503.81	Q -	Q -
sep-19	Q	31.51	Q 720.16	Q 570.44	Q -	Q -
oct-19	Q	91.71	Q 1,401.37	Q 515.04	Q -	Q -
nov-19	Q	83.82	Q 1,475.62	Q 507.56	Q -	Q -
dic-19	Q	79.61	Q 1,383.78	Q 475.94	Q -	Q -
ene-20	Q	51.11	Q 10.51	Q 384.33	Q -	Q -
feb-20	Q	100.68	Q 1,012.60	Q 535.84	Q -	Q -
mar-20	Q	138.48	Q 1,807.53	Q 535.05	Q -	Q -
abr-20	Q	36.28	Q 351.27	Q 417.07	Q -	Q -

Ingeniería		I-45189	M-22184	T-83290	W-04418	W-04933
may-19	Q	49.90	Q 717.77	Q 337.58	Q -	Q -
jun-19	Q	49.90	Q 682.63	Q 374.69	Q -	Q -
jul-19	Q	55.40	Q 491.78	Q 418.01	Q -	Q -
ago-19	Q	53.76	Q 590.50	Q 403.05	Q -	Q -
sep-19	Q	25.21	Q 576.13	Q 456.35	Q -	Q -
oct-19	Q	73.37	Q 1,121.10	Q 412.03	Q -	Q -
nov-19	Q	67.06	Q 1,180.50	Q 406.05	Q -	Q -
dic-19	Q	63.69	Q 1,107.02	Q 380.75	Q -	Q -
ene-20	Q	40.89	Q 8.41	Q 307.46	Q -	Q -
feb-20	Q	80.54	Q 810.08	Q 428.67	Q -	Q -
mar-20	Q	110.78	Q 1,446.02	Q 428.04	Q -	Q -
abr-20	Q	29.02	Q 281.02	Q 333.66	Q -	Q -
may-20	Q	20.94	Q 136.26	Q 277.92	Q -	Q -

Ingeniería	tarifa	I-45189	M-22184	T-83290	W-04418	W-04933
may-19	Q1.321127	37.7738	543.2998	255.5212	0.0000	0.0000
jun-19		37.7738	516.7043	283.6124	0.0000	0.0000
jul-19		41.9339	372.2398	316.4026	0.0000	0.0000
ago-19		40.6925	446.9638	305.0789	0.0000	0.0000
sep-19		19.0807	436.0883	345.4263	0.0000	0.0000
oct-19		55.5344	848.5906	311.8792	0.0000	0.0000
nov-19		50.7567	893.5522	307.3497	0.0000	0.0000
dic-19		48.2073	837.9391	288.2024	0.0000	0.0000
ene-20		30.9493	6.3643	232.7286	0.0000	0.0000
feb-20		60.9661	613.1734	324.4745	0.0000	0.0000
mar-20		83.8557	1094.5382	323.9961	0.0000	0.0000
abr-20		21.9691	212.7093	252.5541	0.0000	0.0000
may-20		15.8471	103.1362	210.3658	0.0000	0.0000

Continuación apéndice 1.

Ingeniería	Energía (kWh) horas		I-45189	M-22184	T-83290	W-04418	W-04933
may-19	836.59	744	0.0508	0.7302	0.3434	0.0000	0.0000
jun-19	838.09	720	0.0525	0.7176	0.3939	0.0000	0.0000
jul-19	730.58	744	0.0564	0.5003	0.4253	0.0000	0.0000
ago-19	792.74	744	0.0547	0.6008	0.4101	0.0000	0.0000
sep-19	800.60	720	0.0265	0.6057	0.4798	0.0000	0.0000
oct-19	1216.00	744	0.0746	1.1406	0.4192	0.0000	0.0000
nov-19	1251.66	720	0.0705	1.2410	0.4269	0.0000	0.0000
dic-19	1174.35	744	0.0648	1.1263	0.3874	0.0000	0.0000
ene-20	270.04	744	0.0416	0.0086	0.3128	0.0000	0.0000
feb-20	998.61	672	0.0907	0.9125	0.4828	0.0000	0.0000
mar-20	1502.39	744	0.1127	1.4712	0.4355	0.0000	0.0000
abr-20	487.23	720	0.0305	0.2954	0.3508	0.0000	0.0000
may-20	329.35	744	0.0213	0.1386	0.2827	0.0000	0.0000

Edificios administrativos		T-55834	K-92903
may-19	Q	124.13	Q 1,222.13
jun-19	Q	213.32	Q 1,091.87
jul-19	Q	136.48	Q 963.07
ago-19	Q	177.08	Q 1,044.19
sep-19	Q	290.52	Q 833.94
oct-19	Q	65.11	Q 971.68
nov-19	Q	110.53	Q 971.68
dic-19	Q	104.91	Q 1,310.01
ene-20	Q	-	Q -
feb-20	Q	160.88	Q 1,067.99
mar-20	Q	155.28	Q 988.65
abr-20	Q	113.28	Q 223.87
may-20	Q	114.04	Q 163.45

Continuación apéndice 1.

Edificios administrativos	T-55834	K-92903
may-19	Q 99.30	Q 977.70
jun-19	Q 170.66	Q 873.50
jul-19	Q 109.18	Q 770.46
ago-19	Q 141.66	Q 835.35
sep-19	Q 232.42	Q 667.15
oct-19	Q 52.09	Q 777.34
nov-19	Q 88.42	Q 777.34
dic-19	Q 83.93	Q 1,048.01
ene-20	Q -	Q -
feb-20	Q 128.70	Q 854.39
mar-20	Q 124.22	Q 790.92
abr-20	Q 90.62	Q 179.10
may-20	Q 91.23	Q 130.76

Edificios administrativos	tarifa	T-55834	K-92903
may-19	Q1.321127	75.1661	740.0530
jun-19		129.1746	661.1749
jul-19		82.6446	583.1809
ago-19		107.2297	632.3026
sep-19		175.9225	504.9870
oct-19		39.4269	588.3946
nov-19		66.9307	588.3946
dic-19		63.5276	793.2682
ene-20		0.0000	0.0000
feb-20		97.4199	646.7145
mar-20		94.0288	598.6707
abr-20		68.5960	135.5630
may-20		69.0562	98.9761

Continuación apéndice 1.

Edificios administrativos	Energía (kWh) horas		T-55834	K-92903
may-19	815.22	744	0.1010	0.9947
jun-19	790.35	720	0.1736	0.8887
jul-19	665.83	744	0.1111	0.7838
agó-19	739.53	744	0.1441	0.8499
sep-19	680.91	720	0.2365	0.6787
oct-19	627.82	744	0.0530	0.7909
nov-19	655.33	720	0.0900	0.7909
dic-19	856.80	744	0.0854	1.0662
ene-20	0.00	744	0.0000	0.0000
feb-20	744.13	672	0.1309	0.8692
mar-20	692.70	744	0.1264	0.8047
abr-20	204.16	720	0.0922	0.1822
may-20	168.03	744	0.0928	0.1330

efpem y área deportiva		P-07258	F-54506	M-65088
may-19	Q	238.01	Q 357.39	Q 1,143.09
jun-19	Q	291.52	Q 317.60	Q 1,315.81
jul-19	Q	227.04	Q 179.02	Q 1,116.75
ago-19	Q	263.39	Q 251.71	Q 1,234.38
sep-19	Q	161.72	Q 70.71	Q 1,251.64
oct-19	Q	170.12	Q 199.52	Q 1,610.96
nov-19	Q	170.98	Q 287.65	Q 1,733.07
dic-19	Q	161.13	Q 270.77	Q 1,626.17
ene-20	Q	-	Q -	Q -
feb-20	Q	229.47	Q 219.67	Q 1,456.15
mar-20	Q	160.88	Q 239.27	Q 1,735.68
abr-20	Q	146.88	Q 88.08	Q 702.71
may-20	Q	112.66	Q 61.87	Q 592.82

Continuación apéndice 1.

efpem y área deportiva		P-07258	F-54506	M-65088
may-19	Q	190.41	Q 285.91	Q 914.47
jun-19	Q	233.22	Q 254.08	Q 1,052.65
jul-19	Q	181.63	Q 143.22	Q 893.40
ago-19	Q	210.71	Q 201.37	Q 987.50
sep-19	Q	129.38	Q 56.57	Q 1,001.31
oct-19	Q	136.10	Q 159.62	Q 1,288.77
nov-19	Q	136.78	Q 230.12	Q 1,386.46
dic-19	Q	128.90	Q 216.62	Q 1,300.94
ene-20	Q	-	Q -	Q -
feb-20	Q	183.58	Q 175.74	Q 1,164.92
mar-20	Q	128.70	Q 191.42	Q 1,388.54
abr-20	Q	117.50	Q 70.46	Q 562.17
may-20	Q	90.13	Q 49.50	Q 474.26

efpem y área deportiva	tarifa	P-07258	F-54506	M-65088
may-19	Q1.321127	144.1254	216.4152	692.1908
jun-19		176.5281	192.3206	796.7803
jul-19		137.4826	108.4044	676.2408
ago-19		159.4941	152.4214	747.4709
sep-19		97.9285	42.8180	757.9226
oct-19		103.0151	120.8181	975.5065
nov-19		103.5358	174.1846	1049.4494
dic-19		97.5712	163.9630	984.7168
ene-20		0.0000	0.0000	0.0000
feb-20		138.9541	133.0198	881.7623
mar-20		97.4199	144.8884	1051.0299
abr-20		88.9422	53.3363	425.5215
may-20		68.2205	37.4650	358.9784

Continuación apéndice 1.

efpem y área deportiva	Energía (kWh) horas		P-07258	F-54506	M-65088
may-19	1052.73	744	0.1937	0.2909	0.9304
jun-19	1165.63	720	0.2373	0.2585	1.0709
jul-19	922.13	744	0.1848	0.1457	0.9089
ago-19	1059.39	744	0.2144	0.2049	1.0047
sep-19	898.67	720	0.1316	0.0576	1.0187
oct-19	1199.34	744	0.1385	0.1624	1.3112
nov-19	1327.17	720	0.1392	0.2341	1.4106
dic-19	1246.25	744	0.1311	0.2204	1.3235
ene-20	0.00	744	0.0000	0.0000	0.0000
feb-20	1153.74	672	0.1868	0.1788	1.1852
mar-20	1293.34	744	0.1309	0.1947	1.4127
abr-20	567.80	720	0.1195	0.0717	0.5719
may-20	464.66	744	0.0917	0.0504	0.4825

farmacia y agronomia	Q-99465	N-74980	F-58506	L-95511	K-14253	L-94971	M-64144	S-18296	T-39699
may-19	Q 1,270.44	Q 2,517.45	Q 664.48	Q 91.20	Q 491.78	Q 1,604.14	Q 944.05	Q 689.37	Q 628.17
jun-19	Q 2,253.52	Q 2,911.16	Q 302.50	Q 28.09	Q 616.19	Q 1,902.72	Q 1,434.36	Q 901.60	Q 25.35
jul-19	Q 1,992.00	Q 2,814.56	Q 339.55	Q 37.69	Q 266.83	Q 1,630.48	Q 1,318.73	Q 859.15	Q 12.99
ago-19	Q 2,148.91	Q 2,908.70	Q 322.72	Q 33.29	Q 424.93	Q 1,793.45	Q 1,398.08	Q 894.94	Q 19.04
sep-19	Q 974.68	Q 2,644.01	Q 304.52	Q 53.91	Q 10.51	Q 806.99	Q 364.73	Q 10.51	Q 10.51
oct-19	Q 2,223.30	Q 2,858.09	Q 595.90	Q 10.51	Q 774.06	Q 1,467.23	Q 1,317.52	Q 10.51	Q 10.51
nov-19	Q 2,384.96	Q 3,106.12	Q 1,234.73	Q 34.63	Q 835.77	Q 1,433.47	Q 1,502.72	Q 169.57	Q 10.73
dic-19	Q 2,235.91	Q 2,913.41	Q 1,157.95	Q 33.22	Q 784.57	Q 1,344.64	Q 1,409.37	Q 159.73	Q 10.73
ene-20	Q -	Q 1,561.56	Q 10.51	Q 79.11	Q 192.52	Q 577.93	Q 10.51	Q -	Q 10.51
feb-20	Q 1,942.27	Q 2,927.32	Q 602.41	Q 117.48	Q 823.97	Q 1,504.86	Q 807.61	Q 963.20	Q 13.98
mar-20	Q 2,847.98	Q 2,839.00	Q 1,392.85	Q 116.08	Q 909.31	Q 1,566.51	Q 1,514.12	Q 1,070.99	Q 19.48
abr-20	Q 2,939.31	Q 1,506.62	Q 286.87	Q 30.68	Q 398.87	Q 843.44	Q 356.87	Q 717.68	Q 11.08
may-20	Q 2,526.08	Q 676.56	Q 181.29	Q 11.08	Q 269.16	Q 666.28	Q 70.10	Q 548.74	Q 11.08

Continuación apéndice 1.

farmacia y agronomia	O-99465	N-74980	E-58506	L-95511	K-14253	L-94971	M-64144	S-18298	T-39699
may-19	Q 1,016.35	Q 2,013.96	Q 531.58	Q 72.96	Q 393.42	Q 1,283.31	Q 755.24	Q 551.50	Q 502.54
jun-19	Q 1,802.82	Q 2,328.93	Q 242.00	Q 22.47	Q 492.95	Q 1,522.18	Q 1,147.49	Q 721.28	Q 20.28
jul-19	Q 1,593.60	Q 2,251.65	Q 271.64	Q 30.15	Q 213.46	Q 1,304.38	Q 1,054.98	Q 687.32	Q 10.39
ago-19	Q 1,719.13	Q 2,326.96	Q 258.18	Q 26.63	Q 339.94	Q 1,434.76	Q 1,118.46	Q 715.95	Q 15.23
sep-19	Q 779.74	Q 2,115.21	Q 243.62	Q 43.13	Q 8.41	Q 645.59	Q 291.78	Q 8.41	Q 8.41
oct-19	Q 1,778.64	Q 2,286.47	Q 476.72	Q 8.41	Q 619.24	Q 1,173.78	Q 1,054.02	Q 8.41	Q 8.41
nov-19	Q 1,907.97	Q 2,484.90	Q 987.78	Q 27.70	Q 668.62	Q 1,146.78	Q 1,202.18	Q 135.66	Q 8.58
dic-19	Q 1,788.73	Q 2,330.73	Q 926.36	Q 26.58	Q 627.66	Q 1,075.71	Q 1,127.50	Q 127.78	Q 8.58
ene-20	Q -	Q 1,249.25	Q 8.41	Q 63.29	Q 154.02	Q 462.34	Q 8.41	Q -	Q 8.41
feb-20	Q 1,553.82	Q 2,341.86	Q 481.93	Q 93.98	Q 659.18	Q 1,203.89	Q 646.09	Q 770.56	Q 11.18
mar-20	Q 2,278.38	Q 2,271.20	Q 1,114.28	Q 92.86	Q 727.45	Q 1,253.21	Q 1,211.30	Q 856.79	Q 15.58
abr-20	Q 2,351.45	Q 1,205.30	Q 229.50	Q 24.54	Q 319.10	Q 674.75	Q 285.50	Q 574.14	Q 8.86
may-20	Q 2,020.86	Q 541.25	Q 145.03	Q 8.86	Q 215.33	Q 533.02	Q 56.08	Q 438.99	Q 8.86

farmacia y agronomia	tarifa	O-99465	N-74980	E-58506	L-95511	K-14253	L-94971	M-64144	S-18298	T-39699
may-19	Q1.321127	769.3068	1524.4257	402.3716	55.2256	297.7942	971.3767	571.8634	417.4436	380.3643
jun-19		1364.6046	1762.8343	183.1769	17.0097	373.1299	1152.1799	868.5675	545.9581	15.3505
jul-19		1206.2429	1704.3386	205.6123	22.8229	161.5772	967.3267	798.5485	520.2528	7.8660
ago-19		1301.2587	1761.3447	195.4210	20.1585	257.3136	1066.0122	846.5664	541.9252	11.5296
sep-19		590.2112	1601.0533	184.4001	32.6449	6.3643	488.6676	220.8599	6.3643	6.3643
oct-19		1346.3051	1730.6961	360.8434	6.3643	468.7210	886.4717	797.8158	6.3643	6.3643
nov-19		1444.1973	1880.8911	747.8628	20.9700	506.0952	868.0266	909.9625	102.6820	6.4975
dic-19		1353.9410	1764.1968	701.1802	20.1162	475.0913	814.2381	853.4350	96.7236	6.4975
ene-20		0.0000	945.5927	6.3643	47.9046	116.5793	349.9618	6.3643	0.0000	6.3643
feb-20		1176.1292	1772.6199	364.7805	71.1399	498.9498	911.2589	489.0431	583.2566	8.4655
mar-20		1724.5761	1719.1383	843.4314	70.2915	550.8289	948.5901	916.8657	648.5311	11.7960
abr-20		1779.8804	912.3241	173.7123	16.5781	241.5332	510.7397	216.1003	434.5865	6.7094
may-20		1529.6516	409.6966	109.7790	6.7094	162.9861	403.4616	42.4486	332.2960	6.7094

farmacia y agronomia	Energía (KWh) horas	O-99465	N-74980	E-58506	L-95511	K-14253	L-94971	M-64144	S-18298	T-39699
may-19	5389.99	744	1.0340	2.0490	0.5408	0.0742	0.4003	1.3056	0.7684	0.5611
jun-19	6282.81	720	1.8341	2.3694	0.2462	0.0229	0.5015	1.5468	1.1674	0.7338
jul-19	5614.59	744	1.6213	2.2508	0.2764	0.0307	0.2172	1.3271	1.0733	0.6993
ago-19	6021.56	744	1.7490	2.3674	0.2627	0.0271	0.3459	1.4597	1.1379	0.7284
sep-19	3136.94	720	0.7993	2.1520	0.2478	0.0439	0.0095	0.8568	0.2969	0.0086
oct-19	5611.95	744	1.8085	2.3262	0.4850	0.0086	0.6300	1.1942	1.0723	0.0086
nov-19	6487.01	720	1.9411	2.5281	1.0050	0.0282	0.6802	1.1667	1.2231	0.1380
dic-19	6085.43	744	1.8188	2.3712	0.9425	0.0270	0.6386	1.0944	1.1471	0.1300
ene-20	1479.13	744	0.0000	1.2710	0.0086	0.0644	0.1567	0.4704	0.0086	0.0000
feb-20	5875.65	672	1.5805	2.3826	0.4903	0.0956	0.6706	1.2248	0.6573	0.7640
mar-20	7433.85	744	2.3180	2.3107	1.1336	0.0945	0.7401	1.2750	1.2323	0.8717
abr-20	4294.16	720	2.3923	1.2262	0.2335	0.0250	0.3246	0.6865	0.2905	0.5841
may-20	3003.72	744	2.0560	0.5507	0.1476	0.0090	0.2191	0.5423	0.0571	0.4466

Continuación apéndice 1.

veterinaria	M-62965	M-64968	E-57805	S-78929	K-29135	K-72965	K-72967	R-75031	L-96053	F-88983
may-19	Q 670.94	Q 916.82	Q 393.42	Q 898.09	Q 313.35	Q 631.11	Q 442.61	Q 16.98	Q 990.14	Q 2,096.74
jun-19	Q 850.08	Q 946.10	Q 33.45	Q 750.55	Q 296.89	Q 884.04	Q 434.41	Q 27.95	Q 992.93	Q 2,096.74
jul-19	Q 819.63	Q 898.82	Q 24.86	Q 807.70	Q 277.14	Q 688.50	Q 295.78	Q 70.77	Q 901.80	Q 2,080.85
ago-19	Q 847.82	Q 921.37	Q 29.89	Q 683.93	Q 291.19	Q 798.60	Q 377.30	Q 50.55	Q 962.42	Q 2,129.35
sep-19	Q 707.87	Q 576.13	Q 8.41	Q 433.80	Q 188.74	Q 394.07	Q 415.62	Q 10.85	Q 544.98	Q 2,020.92
oct-19	Q 962.99	Q 875.55	Q 46.49	Q 804.90	Q 341.06	Q 942.62	Q 553.37	Q 29.69	Q 1,061.21	Q 2,092.45
nov-19	Q 950.08	Q 798.69	Q 127.78	Q 963.70	Q 285.22	Q 1,033.55	Q 569.85	Q 145.78	Q 995.01	Q 2,067.47
dic-19	Q 901.06	Q 749.30	Q 119.91	Q 903.47	Q 268.35	Q 969.72	Q 534.92	Q 136.78	Q 933.58	Q 2,067.47
ene-20	Q -	Q -	Q -	Q 449.17	Q 138.34	Q 8.41	Q 71.13	Q -	Q 318.66	Q 2,092.45
feb-20	Q 848.41	Q 1,331.08	Q 124.22	Q 408.87	Q 302.30	Q 807.68	Q 508.27	Q 148.86	Q 1,164.58	Q 2,430.06
mar-20	Q 919.06	Q 1,061.58	Q 100.70	Q 678.34	Q 233.98	Q 1,186.14	Q 617.26	Q 149.98	Q 1,169.37	Q 2,358.72
abr-20	Q 649.60	Q 895.17	Q 71.58	Q 751.39	Q 233.98	Q 365.02	Q 201.50	Q 121.98	Q 635.23	Q 2,358.72
may-20	Q 529.49	Q 854.43	Q 62.67	Q 368.48	Q 198.85	Q 199.95	Q 128.57	Q 105.50	Q 524.78	Q 2,428.00

veterinaria	M-62965	M-64968	E-57805	S-78929	K-29135	K-72965	K-72967	R-75031	L-96053	F-88983
may-19	Q 838.67	Q 1,146.03	Q 491.78	Q 1,122.61	Q 391.69	Q 788.89	Q 553.26	Q 21.22	Q 1,200.18	Q 2,620.92
jun-19	Q 1,062.60	Q 1,182.62	Q 41.81	Q 938.19	Q 371.11	Q 1,105.05	Q 543.01	Q 34.94	Q 1,241.16	Q 2,620.92
jul-19	Q 1,024.54	Q 1,086.02	Q 30.83	Q 759.63	Q 346.42	Q 860.62	Q 369.73	Q 88.46	Q 1,127.00	Q 2,600.81
ago-19	Q 1,059.78	Q 1,151.71	Q 37.11	Q 854.91	Q 363.99	Q 966.25	Q 471.63	Q 63.19	Q 1,203.03	Q 2,661.69
sep-19	Q 884.84	Q 720.16	Q 10.51	Q 542.00	Q 235.92	Q 492.59	Q 519.53	Q 13.56	Q 681.23	Q 2,526.15
oct-19	Q 1,203.74	Q 1,084.44	Q 58.11	Q 1,006.12	Q 426.33	Q 1,178.28	Q 691.71	Q 37.11	Q 1,326.51	Q 2,615.96
nov-19	Q 1,200.10	Q 966.38	Q 159.73	Q 1,204.62	Q 366.52	Q 1,291.94	Q 712.31	Q 182.22	Q 1,243.76	Q 2,584.34
dic-19	Q 1,128.33	Q 936.63	Q 149.89	Q 1,129.34	Q 335.44	Q 1,212.15	Q 688.65	Q 170.98	Q 1,166.98	Q 2,584.34
ene-20	Q -	Q -	Q -	Q 561.46	Q 172.92	Q 10.51	Q 88.91	Q -	Q 398.33	Q 2,615.96
feb-20	Q 1,080.51	Q 1,663.82	Q 155.28	Q 511.09	Q 377.87	Q 1,009.60	Q 635.34	Q 186.07	Q 1,455.73	Q 3,037.57
mar-20	Q 1,148.83	Q 1,326.98	Q 125.88	Q 847.93	Q 292.47	Q 1,482.68	Q 771.58	Q 187.47	Q 1,461.71	Q 2,948.40
abr-20	Q 812.00	Q 1,081.46	Q 89.48	Q 939.24	Q 292.47	Q 456.27	Q 251.87	Q 152.48	Q 794.04	Q 2,948.40
may-20	Q 681.86	Q 1,080.54	Q 78.34	Q 460.60	Q 248.56	Q 249.94	Q 160.71	Q 131.88	Q 655.98	Q 3,035.00

veterinaria	tarifa	M-62965	M-64968	E-57805	S-78929	K-29135	K-72965	K-72967	R-75031	L-96053	F-88983
may-19	Q1.321127	507.8513	693.9711	297.7942	679.7893	237.1854	477.7073	335.0231	12.8496	726.7813	1587.0813
jun-19		643.4506	716.1280	25.3178	568.1150	224.7233	689.1560	329.8162	21.1577	751.5785	1587.0813
jul-19		620.4036	697.8325	18.6889	459.9891	209.7724	521.1429	223.8876	93.5664	682.4478	1574.9039
ago-19		641.7430	697.4106	22.4717	517.6853	220.4118	604.4839	285.5925	38.2643	728.4571	1611.7893
sep-19		535.8092	436.0883	6.3643	328.2046	142.8598	298.2847	314.5981	8.2112	412.5145	1529.6940
oct-19		728.9171	662.7311	35.1881	808.2495	258.1614	713.4689	418.8606	22.4717	803.2596	1583.8396
nov-19		726.7129	604.5505	96.7235	729.4499	215.6884	782.3260	431.3348	110.3422	753.1508	1584.9305
dic-19		682.0419	567.1703	90.7649	683.8846	203.1235	734.0097	404.8967	103.5358	706.6573	1564.9305
ene-20		0.0000	0.0000	0.0000	338.9885	104.7106	6.3643	53.8389	0.0000	241.2062	1583.8396
feb-20		642.1850	1007.5156	94.0288	309.4873	228.8168	811.3568	384.7261	112.6735	881.5080	1839.3811
mar-20		695.6667	803.5442	76.2258	513.4586	177.1033	897.8274	467.2253	113.5213	885.1291	1785.3848
abr-20		481.7014	654.8712	54.1840	568.7508	177.1033	276.2914	152.5183	92.3333	480.8258	1785.3848
may-20		400.7851	854.3141	47.4383	278.9134	150.5139	151.3496	97.3169	79.8591	397.2345	1837.8248

veterinaria	Energía (kWh) horas	M-62965	M-64968	E-57805	S-78929	K-29135	K-72965	K-72967	R-75031	L-96053	F-88983	
may-19	5556.01	744	0.8626	0.8938	0.4003	0.8137	0.3168	0.6421	0.4503	0.0173	0.9768	2.1332
jun-19	5535.52	720	0.8649	0.9625	0.0340	0.7836	0.3020	0.8894	0.4420	0.0284	1.0102	2.1332
jul-19	5022.41	744	0.8339	0.8839	0.0251	0.8183	0.2820	0.7005	0.3009	0.0720	0.9173	2.1188
ago-19	5388.32	744	0.8626	0.9374	0.0302	0.8856	0.2963	0.8125	0.3839	0.0514	0.9791	2.1684
sep-19	4012.83	720	0.7202	0.5881	0.0086	0.4411	0.1920	0.4009	0.4228	0.0110	0.5545	2.0580
oct-19	5836.17	744	0.8797	0.8908	0.0473	0.8189	0.3470	0.8590	0.5630	0.0302	1.0797	2.1286
nov-19	6015.41	720	0.8788	0.8128	0.1300	0.8804	0.2802	1.0515	0.5786	0.1483	1.0123	2.1034
dic-19	5741.00	744	0.9167	0.7823	0.1320	0.9192	0.2730	0.9886	0.5442	0.1392	0.9468	2.1034
ene-20	2329.94	744	0.0000	0.0000	0.0000	0.4570	0.1407	0.0688	0.0724	0.0000	0.3242	2.1288
feb-20	8111.88	872	0.8832	1.3642	0.1284	0.4180	0.3075	0.8217	0.5171	0.1514	1.1848	2.4723
mar-20	8415.09	744	0.9380	1.0800	0.1025	0.8601	0.2380	1.2088	0.8280	0.1526	1.1897	2.3887
abr-20	4733.95	720	0.8609	0.8802	0.0728	0.7844	0.2360	0.3714	0.2050	0.1241	0.6483	2.3987
may-20	4095.54	744	0.8387	0.8795	0.0638	0.3749	0.3023	0.2034	0.1306	0.1073	0.5339	2.4702

Continuación apéndice 1.

social humanística		O-23860	V-39041	V-39044	V-39038	V-34533
may-19	Q	18.48	Q -		Q -	Q -
jun-19	Q	21.22	Q -		Q -	Q -
jul-19	Q	19.86	Q 100.00	Q 100.00	100	Q -
ago-19	Q	20.51	Q 13.29	13.29	13.29	Q -
sep-19	Q	11.91	Q 11.85	79.04	24.35	Q -
oct-19	Q	21.71	Q 11.73	11.73	22.67	Q -
nov-19	Q	20.57	Q 84.14	11.98	15.11	Q -
dic-19	Q	20.57	Q 146.89	11.98	11.98	Q 300.00
ene-20	Q	16.11	Q -	Q -	Q -	Q 14.78
feb-20	Q	29.44	Q 163.68	12.47	37.47	Q 16.30
mar-20	Q	25.08	Q 190.49	12.37	12.37	Q 18.47
abr-20	Q	65.68	Q 156.12	12.37	57.68	Q 14.65
may-20	Q	41.27	Q 124.20	12.37	12.37	Q 12.37

social humanística		O-23860	V-39041	V-39044	V-39038	V-34533
may-19	Q	14.78	Q -	Q -	Q -	Q -
jun-19	Q	16.98	Q -	Q -	Q -	Q -
jul-19	Q	15.89	Q 80.00	Q 80.00	Q 80.00	Q -
ago-19	Q	16.41	Q 10.63	Q 10.63	Q 10.63	Q -
sep-19	Q	9.53	Q 9.48	Q 63.23	Q 19.48	Q -
oct-19	Q	17.37	Q 9.38	Q 9.38	Q 18.14	Q -
nov-19	Q	16.46	Q 67.31	Q 9.58	Q 12.09	Q -
dic-19	Q	16.46	Q 117.51	Q 9.58	Q 9.58	Q 240.00
ene-20	Q	12.89	Q -	Q -	Q -	Q 11.82
feb-20	Q	23.55	Q 130.94	Q 9.98	Q 29.98	Q 13.04
mar-20	Q	20.06	Q 152.39	Q 9.90	Q 9.90	Q 14.78
abr-20	Q	52.54	Q 124.90	Q 9.90	Q 46.14	Q 11.72
may-20	Q	33.02	Q 99.36	Q 9.90	Q 9.90	Q 9.90

social humanística		tarifa	O-23860	V-39041	V-39044	V-39038	V-34533
may-19		Q1.321127	11.1904	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
jun-19			12.8496	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
jul-19			12.0261	60.5544	60.5544	60.5544	0.0000
ago-19			12.4197	8.0477	8.0477	8.0477	0.0000
sep-19			7.2120	7.1757	47.8622	14.7450	0.0000
oct-19			13.1464	7.1030	7.1030	13.7277	0.0000
nov-19			12.4560	50.9504	7.2544	9.1498	0.0000
dic-19			12.4560	88.9483	7.2544	7.2544	181.6631
ene-20			9.7553	0.0000	0.0000	0.0000	8.9499
feb-20			17.8272	99.1154	7.5511	22.6897	9.8704
mar-20			15.1870	115.3500	7.4906	7.4906	11.1844
abr-20			39.7721	94.5375	7.4906	34.9278	8.8712
may-20			24.9908	75.2085	7.4906	7.4906	7.4906

Continuación apéndice 1

social humanística		Energía (kWh) horas	Q-23860	V-39041	V-39044	V-39038	V-34533
may-19	11.19	744	0.0150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
jun-19	12.85	720	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
jul-19	193.69	744	0.0162	0.0814	0.0814	0.0814	0.0000
ago-19	36.56	744	0.0167	0.0108	0.0108	0.0108	0.0000
sep-19	76.99	720	0.0097	0.0096	0.0643	0.0198	0.0000
oct-19	41.08	744	0.0177	0.0095	0.0095	0.0185	0.0000
nov-19	79.81	720	0.0167	0.0685	0.0098	0.0123	0.0000
dic-19	297.58	744	0.0167	0.1196	0.0098	0.0098	0.2442
ene-20	18.71	744	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120
feb-20	157.05	672	0.0240	0.1332	0.0101	0.0305	0.0133
mar-20	156.70	744	0.0204	0.1550	0.0101	0.0101	0.0150
abr-20	185.60	720	0.0535	0.1271	0.0101	0.0469	0.0119
may-20	122.67	744	0.0336	0.1011	0.0101	0.0101	0.0101

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 2. Resultados totales para potencia y energía en BTS

	Fecha	energía (MWh)									
Ingeniería y arquitectura	may-19	37.7738	543.2566	255.8212							
	jun-19	37.7738	516.7543	383.8124							
	jul-19	41.8538	372.2398	318.4028							
	ago-19	40.8525	446.8638	305.0786							
	sep-19	18.0807	430.0883	343.4283							
	oct-19	55.5344	548.5968	311.8792							
	nov-19	60.7567	683.5522	307.3497							
	dic-19	48.2073	837.8381	386.2604							
	ene-20	30.9490	6.3643	232.7286							
	feb-20	60.5661	613.1734	324.4745							
	mar-20	83.8557	1064.5362	323.8661							
	abr-20	21.8691	212.7083	252.5541							
may-20	15.8471	103.1362	218.3658								
	Fecha	energía (MWh)									
Edificios administrativos	may-19	75.1661	740.0830								
	jun-19	123.1746	661.1748								
	jul-19	82.8446	583.1888								
	ago-19	107.2297	632.3025								
	sep-19	175.5025	504.8879								
	oct-19	39.4260	588.2948								
	nov-19	66.8307	588.2948								
	dic-19	63.5276	783.2662								
	ene-20	0.0000	0.0000								
	feb-20	87.4198	846.7145								
	mar-20	84.0288	586.8767								
	abr-20	88.5960	135.5638								
may-20	69.0562	86.8751									
	Fecha	energía (MWh)									
Oficina y papaya	may-19	144.1254	216.4152	692.1808							
	jun-19	170.5291	182.3008	736.7803							
	jul-19	137.4628	106.4044	676.2466							
	ago-19	159.4541	182.4214	747.4706							
	sep-19	87.5085	42.8180	757.8226							
	oct-19	103.0151	120.8181	675.5085							
	nov-19	103.5358	174.1846	1049.4494							
	dic-19	97.5712	163.9620	984.7168							
	ene-20	0.0000	0.0000	0.0000							
	feb-20	138.9541	133.3196	861.7625							
	mar-20	87.4199	144.8884	1051.0298							
	abr-20	88.8422	53.2383	429.5015							
may-20	69.2205	37.4680	368.9784								
	Fecha	energía (MWh)									
Farmacia y agronomía	may-19	769.3068	1524.4257	402.3716	55.2256	287.7942	971.3767	571.8634	417.4436	390.3843	
	jun-19	1364.8041	1782.8343	183.1769	17.0097	373.1269	1152.1798	668.9675	545.8681	15.2505	
	jul-19	1206.2429	1704.3368	205.8123	22.8229	161.5772	987.3267	739.5485	520.2529	7.8660	
	ago-19	1301.2587	1781.3447	156.4210	20.1586	257.3136	1036.0122	846.9884	541.8282	11.5286	
	sep-19	390.2112	1601.9633	154.4001	32.8448	6.3643	488.8676	220.8558	8.3843	6.3843	
	oct-19	1348.3051	1730.6881	360.8434	6.3843	488.7210	888.4717	797.8158	8.3843	6.3843	
	nov-19	1444.1973	1880.8911	747.8626	20.8700	506.0882	688.0286	906.8625	102.6820	6.4875	
	dic-19	1353.9410	1764.1868	701.1692	20.1162	475.0913	814.2381	853.4550	96.7236	6.4875	
	ene-20	0.0000	845.5827	8.3843	47.9046	116.5790	349.9818	6.3843	0.0000	6.3843	
	feb-20	1176.1262	1772.6136	364.7855	71.1393	488.8488	911.2583	480.0431	583.2586	8.4655	
	mar-20	1724.5781	1718.1383	843.4714	70.2815	590.8288	848.5801	816.8652	648.5311	11.7960	
	abr-20	1779.8804	913.2341	173.7123	18.5781	241.5333	510.7387	218.1660	434.5885	6.7094	
may-20	1529.8518	409.8888	108.7790	8.7094	182.8881	403.4615	42.4448	332.2660	8.7094		
	Fecha	energía (MWh)									
Veterinaria	may-19	507.8513	683.9711	287.7942	679.7893	237.1884	477.7073	335.0231	12.8486	736.7613	1587.8813
	jun-19	843.4506	716.1380	25.3178	588.1150	224.7233	889.1560	328.8162	21.1577	751.5765	1587.8813
	jul-19	630.4036	687.8325	18.6889	479.9891	209.7724	521.1429	223.8076	53.5864	692.4476	1574.9038
	ago-19	641.7430	687.4106	22.4717	617.8853	220.4118	694.4838	285.9625	39.2643	720.4071	1611.7683
	sep-19	535.8062	436.8883	8.3843	328.2646	142.8598	258.2947	314.5881	8.2112	412.5146	1529.8946
	oct-19	738.9171	562.7311	35.1881	605.2685	258.1614	713.4889	418.8606	22.4717	893.2596	1593.8356
	nov-19	736.7129	684.5585	96.7235	729.4469	215.8884	782.3280	431.3048	110.3422	753.1509	1564.8385
	dic-19	682.0418	567.1793	80.7649	683.8646	203.1235	734.0097	404.8957	103.5358	706.8573	1564.8385
	ene-20	0.0000	0.0000	0.0000	339.9898	104.7106	8.3843	53.0388	0.0000	241.2662	1583.8798
	feb-20	842.1950	1087.8138	94.0288	389.4873	228.8188	611.2688	394.7381	112.8725	881.5080	1828.3811
	mar-20	685.8887	802.8442	76.2258	813.4586	177.1023	897.6274	467.2252	113.5213	885.1291	1782.2848
	abr-20	491.7014	684.8712	54.1840	598.7930	177.1023	276.2914	162.9183	62.3033	480.8259	1782.2848
may-20	409.7851	884.2641	47.4383	278.9134	190.8138	151.5498	87.3448	79.8881	397.2245	1837.8248	
	Fecha	energía (MWh)									
Social humanística	may-19	11.1904	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	jun-19	12.8486	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	jul-19	12.0281	60.5544	60.5544	60.5544	60.5544	60.5544	60.5544	60.5544	60.5544	
	ago-19	12.4187	8.8477	8.8477	8.8477	8.8477	8.8477	8.8477	8.8477	8.8477	
	sep-19	7.2120	7.1757	47.8822	14.7450	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	oct-19	13.1484	7.1830	7.1830	13.7277	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	nov-19	12.4560	60.9504	7.2544	8.1488	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	dic-19	12.4560	86.9483	7.2544	7.2544	181.8823	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	ene-20	9.7563	0.0000	0.0000	0.0000	8.9488	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	feb-20	17.8072	99.5154	7.8511	22.8887	9.8704	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	mar-20	15.1670	115.3500	7.4906	7.4906	11.5844	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
	abr-20	39.7721	84.5375	7.4906	34.8278	8.8712	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
may-20	24.9608	75.2885	7.4906	7.4906	7.4906	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000		

Continuación apéndice 2.

	Fecha	potencia (kWh)									
Ingeniería y arquitectura	may-19	0.0508	0.7302	0.3434							
	jun-19	0.0508	0.6945	0.3512							
	jul-19	0.0504	0.5003	0.4252							
	ago-19	0.0547	0.6000	0.4101							
	sep-19	0.0256	0.5981	0.4643							
	oct-19	0.0746	1.1406	0.4192							
	nov-19	0.0652	1.2010	0.4131							
	dic-19	0.0648	1.1263	0.3874							
	ene-20	0.0416	0.0096	0.3126							
	feb-20	0.0019	0.6242	0.4301							
	mar-20	0.1127	1.4712	0.4355							
	abr-20	0.0295	0.2859	0.3395							
may-20	0.0213	0.1386	0.2627								
	Fecha	potencia(kWh)									
Edificios administrativos	may-19	0.1010	0.9941								
	jun-19	0.1736	0.8881								
	jul-19	0.1111	0.7836								
	ago-19	0.1441	0.9409								
	sep-19	0.2305	0.6707								
	oct-19	0.0530	0.7909								
	nov-19	0.0900	0.7959								
	dic-19	0.0854	1.0652								
	ene-20	0.0000	0.0000								
	feb-20	0.1309	0.8692								
	mar-20	0.1264	0.8048								
	abr-20	0.0422	0.1922								
may-20	0.0430	0.1330									
	Fecha	potencia(kWh)									
dijery pelajo	may-19	0.1937	0.2909	0.9304							
	jun-19	0.2373	0.2585	1.0709							
	jul-19	0.1848	0.1452	0.9089							
	ago-19	0.2144	0.2049	1.0047							
	sep-19	0.1316	0.0570	1.0187							
	oct-19	0.1385	0.1624	1.3112							
	nov-19	0.1392	0.2341	1.4106							
	dic-19	0.1311	0.2204	1.3235							
	ene-20	0.0000	0.0000	0.0000							
	feb-20	0.1888	0.1788	1.1852							
	mar-20	0.1309	0.1947	1.4127							
	abr-20	0.1195	0.0717	0.6719							
may-20	0.0917	0.0594	0.4825								
	Fecha	potencia(kWh)									
Farmacia y agronomia	may-19	1.0340	2.0490	0.9400	0.0742	0.4003	1.3056	0.7694	0.5811	0.3113	
	jun-19	1.8341	2.3694	0.2462	0.0229	0.5015	1.5486	1.1674	0.7336	0.0206	
	jul-19	1.6213	2.3990	0.2764	0.0207	0.2172	1.3271	1.0773	0.8993	0.0106	
	ago-19	1.7490	2.3674	0.2627	0.0271	0.3459	1.4597	1.1379	0.7394	0.0107	
	sep-19	0.7933	2.1520	0.3479	0.0459	0.0066	0.6599	0.2969	0.0096	0.0096	
	oct-19	1.4095	2.3262	0.4850	0.0066	0.8300	1.1942	1.0723	0.0066	0.0066	
	nov-19	1.9411	2.5291	1.0050	0.0262	0.6802	1.1967	1.2291	0.1390	0.0087	
	dic-19	1.3198	2.3712	0.9425	0.0270	0.6386	1.0944	1.1471	0.1390	0.0087	
	ene-20	0.0000	1.2710	0.0066	0.0644	0.1967	0.4704	0.0066	0.0000	0.0066	
	feb-20	1.5909	2.3626	0.4903	0.0966	0.6706	1.2246	0.6573	0.7940	0.0114	
	mar-20	2.3180	2.3107	1.1356	0.0945	0.7401	1.2750	1.2323	0.6717	0.0169	
	abr-20	2.3923	1.2262	0.2335	0.0260	0.3248	0.8865	0.2966	0.5841	0.0090	
may-20	2.0590	0.5937	0.1475	0.0090	0.2191	0.5420	0.0521	0.4466	0.0090		
	Fecha	potencia(kWh)									
Veterinaria	may-19	0.8626	0.9326	0.4003	0.9137	0.3186	0.6421	0.4563	0.0173	0.9766	2.1332
	jun-19	0.8048	0.9625	0.0340	0.7636	0.3020	0.6994	0.4420	0.0284	1.0102	2.1302
	jul-19	0.8339	0.8839	0.0251	0.6163	0.2620	0.7006	0.3009	0.0720	0.9173	2.1166
	ago-19	0.8626	0.9374	0.0302	0.6959	0.2963	0.6125	0.3838	0.0514	0.9791	2.1664
	sep-19	0.7202	0.5981	0.0096	0.4411	0.1920	0.4009	0.4228	0.0110	0.5545	2.0950
	oct-19	0.5797	0.8908	0.0473	0.8189	0.3470	0.5630	0.5630	0.0302	1.0797	2.1288
	nov-19	0.5798	0.9126	0.1300	0.9804	0.2902	1.0515	0.5798	0.1483	1.0122	2.1034
	dic-19	0.9167	0.7623	0.1220	0.9190	0.2730	0.5966	0.5442	0.1382	0.9406	2.1034
	ene-20	0.0000	0.0000	0.0000	0.4570	0.1407	0.0096	0.0724	0.0000	0.3242	2.1288
	feb-20	0.3632	1.3542	0.1264	0.4160	0.3075	0.6217	0.5171	0.1514	1.1846	2.4723
	mar-20	0.3350	1.0880	0.1025	0.6501	0.2260	1.2066	0.6260	0.1526	1.1897	2.3969
	abr-20	0.5909	0.6902	0.0739	0.7644	0.2260	0.5714	0.2050	0.1241	0.6463	2.3997
may-20	0.5387	0.8196	0.0636	0.3749	0.2022	0.2094	0.1399	0.1073	0.5339	2.4702	
	Fecha	potencia(kWh)									
Social humanística	may-19	0.0100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000					
	jun-19	0.0173	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000					
	jul-19	0.0162	0.0914	0.0914	0.0914	0.0000					
	ago-19	0.0167	0.0108	0.0108	0.0108	0.0000					
	sep-19	0.0097	0.0096	0.0643	0.0198	0.0000					
	oct-19	0.0177	0.0095	0.0095	0.0195	0.0000					
	nov-19	0.0167	0.0695	0.0098	0.0123	0.0000					
	dic-19	0.0167	0.1196	0.0096	0.0096	0.2442					
	ene-20	0.0131	0.0000	0.0000	0.0000	0.0120					
	feb-20	0.0240	0.1332	0.0101	0.0305	0.0135					
	mar-20	0.0204	0.1850	0.0101	0.0101	0.0150					
	abr-20	0.0535	0.1271	0.0101	0.0469	0.0119					
may-20	0.0336	0.1011	0.0101	0.0101	0.0101						

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 3. **Cálculo de energía y potencia en MTHD para todos los nodos**

ingeniería + arquitectura	mthd	
	F-88338	F-88323
may-19	Q 7,666.49	Q 38,781.18
jun-19	Q 8,101.45	Q 39,361.12
jul-19	Q 7,829.85	Q 40,433.19
ago-19	Q 7,391.00	Q 32,743.30
sep-19	Q 8,506.64	Q 31,936.00
oct-19	Q 8,506.64	Q 42,532.21
nov-19	Q 8,096.44	Q 42,340.74
dic-19	Q 8,393.82	Q 44,719.81
ene-20	Q 6,190.41	Q 21,226.43
feb-20	Q 8,549.64	Q 40,965.55
mar-20	Q 8,568.63	Q 42,547.98
abr-20	Q 7,540.12	Q 21,648.60
may-20	Q 5,183.82	Q 17,801.86

ingeniería + arquitectura	F-88338	F-88323	Total contadores
may-19	Q 6,133.19	Q 31,024.94	Q 37,158.14
jun-19	Q 6,481.16	Q 31,488.90	Q 37,970.06
jul-19	Q 6,263.88	Q 32,346.55	Q 38,610.43
ago-19	Q 5,912.80	Q 26,194.64	Q 32,107.44
sep-19	Q 6,805.31	Q 25,548.80	Q 32,354.11
oct-19	Q 6,805.31	Q 34,025.77	Q 40,831.08
nov-19	Q 6,477.15	Q 33,872.59	Q 40,349.74
dic-19	Q 6,715.06	Q 35,775.85	Q 42,490.90
ene-20	Q 4,952.33	Q 16,981.14	Q 21,933.47
feb-20	Q 6,839.71	Q 32,772.44	Q 39,612.15
mar-20	Q 6,854.90	Q 34,038.38	Q 40,893.29
abr-20	Q 6,032.10	Q 17,318.88	Q 23,350.98
may-20	Q 4,147.06	Q 14,241.49	Q 18,388.54

ingeniería + arquitectura	Fc mthd	HORAS	Fc*T (MTHD)	sum cargos (MTHD)	prom tarifa (MTHD)	carga fija mthc	[Fc*Fc*t]+sum			potencia kW	energía kWh
							Pe*Fc*t (MTHD)	cargas	q-cargo fijo		
may-19	0.3625	744	284.5590	52.662585	0.895799	923.194896	254.9077	307.5703	Q 36,234.94	117.8103	32923.9793
jun-19		720	275.3797				246.6849	299.3474	Q 37,048.89	123.7587	34090.8434
jul-19		744	284.5590				254.9077	307.5703	Q 37,667.24	122.9321	34667.6200
ago-19		744	284.5590				254.9077	307.5703	Q 31,184.25	101.9890	28951.1573
sep-19		720	275.3797				254.9077	307.5703	Q 31,430.82	104.9901	29814.3492
oct-19		744	284.5590				246.6849	299.3474	Q 39,907.89	129.7521	36922.1274
nov-19		720	275.3797				246.6849	299.3474	Q 38,420.55	131.7063	36209.7978
dic-19		744	284.5590				254.9077	307.5703	Q 41,567.71	135.1487	38457.7897
ene-20		744	284.5590				254.9077	307.5703	Q 21,010.28	68.3105	19438.3673
feb-20		672	257.0211				230.2392	282.9018	Q 38,688.98	139.7579	35140.5712
mar-20		744	284.5590				254.9077	307.5703	Q 38,970.09	129.6643	36979.8813
abr-20		720	275.3797				246.6849	299.3474	Q 22,427.78	74.6222	20652.0640
may-20		744	284.5590				254.9077	307.5703	Q 17,465.35	56.7849	16158.8575

Continuación apéndice 3.

agronomía + farmacia		mthd
		F-89836
may-19	Q	51,503.18
jun-19	Q	43,855.63
jul-19	Q	42,540.55
ago-19	Q	45,278.34
sep-19	Q	31,846.08
oct-19	Q	52,676.18
nov-19	Q	47,269.63
dic-19	Q	49,946.09
ene-20	Q	17,250.79
feb-20	Q	44,396.49
mar-20	Q	47,096.07
abr-20	Q	25,179.55
may-20	Q	21,351.42

agronomía + farmacia		
		F-89836
may-19	Q	41,202.54
jun-19	Q	35,084.50
jul-19	Q	34,032.44
ago-19	Q	36,222.67
sep-19	Q	25,476.86
oct-19	Q	42,140.94
nov-19	Q	37,815.70
dic-19	Q	39,956.87
ene-20	Q	13,800.63
feb-20	Q	35,517.19
mar-20	Q	37,676.86
abr-20	Q	20,143.64
may-20	Q	17,081.14

agronomía + farmacia Fc mthd	HORAS	Fc*T (MTHD)				carga fijo mthc		(Pe*Fc*t)+Sure		potencia kW	energía kWh
		sum cargos (MTHD)	prom tarifa (MTHD)	cargo fijo mthc	Pe*Fc*t (MTHD)	cargos	q-cargo fijo				
may-19	0.5275	744	243.4907	52.662585	0.295799	523.194896	218.1187	270.7813	Q 40,279.35	146.7523	36219.8065
jun-19		720	235.6361			211.0626	263.7452	Q 34,161.31	129.6239	30520.6131	
jul-19		744	243.4907			218.1187	270.7813	Q 33,109.25	122.2730	29772.3393	
ago-19		744	243.4907			218.1187	270.7813	Q 35,299.48	130.3616	31741.6294	
sep-19		720	235.6361			211.0626	263.7452	Q 24,553.67	93.0902	21936.6227	
oct-19		744	243.4907			218.1187	270.7813	Q 41,217.75	152.2179	37083.8301	
nov-19		720	235.6361			211.0626	263.7452	Q 36,892.51	139.6794	32960.6312	
dic-19		744	243.4907			218.1187	270.7813	Q 39,033.68	144.1521	35099.6792	
ene-20		744	243.4907			218.1187	270.7813	Q 12,877.44	47.6566	11579.5883	
feb-20		672	219.9271			197.0104	249.6730	Q 34,594.00	136.5572	30472.4791	
mar-20		744	243.4907			218.1187	270.7813	Q 36,753.66	135.7319	33049.4539	
abr-20		720	235.6361			211.0626	263.7452	Q 19,220.45	72.8751	17171.9665	
may-20		744	243.4907			218.1187	270.7813	Q 16,157.94	59.6718	14529.4678	

Continuación apéndice 3.

edificios administrativos		mthd
		F-90036
may-19	Q	38,789.31
jun-19	Q	40,239.17
jul-19	Q	39,948.17
ago-19	Q	34,335.95
sep-19	Q	31,324.72
oct-19	Q	38,316.73
nov-19	Q	35,307.81
dic-19	Q	37,166.46
ene-20	Q	24,399.91
feb-20	Q	33,499.76
mar-20	Q	36,420.79
abr-20	Q	27,871.08
may-20	Q	25,368.12

edificios administrativos		
		F-90036
may-19	Q	31,031.45
jun-19	Q	32,191.34
jul-19	Q	31,958.54
ago-19	Q	27,468.76
sep-19	Q	25,059.78
oct-19	Q	30,653.38
nov-19	Q	28,246.25
dic-19	Q	29,733.17
ene-20	Q	19,519.93
feb-20	Q	26,799.81
mar-20	Q	29,136.63
abr-20	Q	22,296.86
may-20	Q	20,294.50

Continuación apéndice 3.

edificios administrativos	HORAS	Fc*T (MTHD)	sum cargas (MTHD)	prom tarifa (MTHD)	cargo fijo mhd Pe*Fc*t (MTHD)	cargas	q-cargo fijo	potencia kW	energía kWh		
	Fc mthd										
may-19	0.4107	744	305.5250	52.462585	0.895799	923.194896	273.6890	326.3516	Q 30,108.25	82.2571	20190.8525
jun-19		720	295.6694			264.8603	317.5229	Q 31,268.14	98.4752	29116.1084	
jul-19		744	305.5250			273.6890	326.3516	Q 31,035.34	95.0979	29254.7761	
ago-19		744	305.5250			273.6890	326.3516	Q 28,545.57	91.3404	24561.5204	
sep-19		720	295.6694			264.8603	317.5229	Q 24,136.58	78.0152	23475.3787	
oct-19		744	305.5250			273.6890	326.3516	Q 29,730.19	91.0987	27832.9162	
nov-19		720	295.6694			264.8603	317.5229	Q 27,323.05	86.0507	25442.5415	
dic-19		744	305.5250			273.6890	326.3516	Q 28,809.97	88.2789	28971.4251	
ene-20		744	305.5250			273.6890	326.3516	Q 18,096.73	50.9837	17409.9570	
feb-20		672	275.9581			247.2030	299.8655	Q 25,878.61	88.2941	23913.5389	
mar-20		744	305.5250			273.6890	326.3516	Q 28,213.44	88.4511	29412.9578	
abr-20		720	295.6694			264.8603	317.5229	Q 21,373.67	67.3130	19920.8244	
may-20		744	305.5250			273.6890	326.3516	Q 19,371.90	59.3572	18135.0949	

Periodo	total mthd todos los nodos	
	potencia (kW)	energía (kWh)
may-19	358.8197	97930.6393
jun-19	351.7579	93717.2650
jul-19	339.9030	93694.7374
ago-19	313.0910	85444.5101
sep-19	274.1095	73326.5506
oct-19	373.0686	101818.6737
nov-19	357.6383	94672.9704
dic-19	367.5797	100528.8739
ene-20	172.8508	48427.9126
feb-20	361.6088	89435.5902
mar-20	352.1373	96442.0930
abr-20	215.1111	57706.6839

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 4. **Fórmula para calcular potencia y energía en BTHD, nodo ingeniería y arquitectura**

FACTOR DE CARGA BTHD	HORAS	Fc*T	sum cargos	CARGO FIJO	prom tarifa	Pe*Fc*t	(Pe*Fc*t)+Sum cargos
0.713887858	744	531.1325662	75.960449	136.868429	0.948746	Q 503.91	Q 579.87
	720	513.9992576				Q 487.65	Q 563.62
	744	531.1325662				Q 503.91	Q 579.87
	744	531.1325662				Q 503.91	Q 579.87
	720	513.9992576				Q 487.65	Q 563.62
	744	531.1325662				Q 503.91	Q 579.87
	720	513.9992576				Q 487.65	Q 563.62
	744	531.1325662				Q 503.91	Q 579.87
	744	531.1325662				Q 503.91	Q 579.87
	672	479.7326404				Q 455.14	Q 531.10
	744	531.1325662				Q 503.91	Q 579.87
	720	513.9992576				Q 487.65	Q 563.62
	744	531.1325662				Q 503.91	Q 579.87

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 5. **Cálculo de potencia y energía en BTHD, nodo ingeniería y arquitectura**

	q-cf	potencia	energía	
		kW	kW/h	
F-90938	-Q	136.87	-0.236032813	-125.3647136
	-Q	136.87	-0.242840207	-124.819686
	-Q	136.87	-0.236032813	-125.3647136
	-Q	136.87	-0.236032813	-125.3647136
	-Q	136.87	-0.242840207	-124.819686
	Q	1,097.45	1.892580949	1005.211376
	Q	1,446.88	2.567133747	1319.50484
	Q	1,050.30	1.81126622	962.0224756
	-Q	136.87	-0.236032813	-125.3647136
	Q	1,556.09	2.929913942	1405.575352
	Q	1,500.64	2.587895	1374.515313
	Q	2,065.37	3.664506586	1883.553665
	Q	1,333.80	2.300175511	1221.698122
	q-cf	potencia	energía	
		kW	kW/h	
F-89013	Q	8,395.30	14.47789082	7689.679307
	Q	8,309.13	14.74256148	7577.665657
	Q	8,378.72	14.44929133	7674.489183
	Q	8,586.38	14.80741276	7864.699139
	Q	5,371.90	9.531147632	4899.002807
	Q	10,482.58	18.07745409	9601.524582
	Q	10,996.71	19.51102063	10028.65012
	Q	10,497.78	18.10366685	9615.447031
	Q	3,331.52	5.745276664	3051.503538
	Q	9,656.20	18.18133493	8722.179811
	Q	11,758.62	20.27801497	10770.31413
	Q	5,534.64	9.819897835	5047.420197
	Q	3,422.56	5.902291074	3134.899004
	q-cf	potencia	energía	
		kW	kW/h	
F-89982	Q	2,749.70	4.74192134	2518.58885
	Q	2,749.70	4.878682524	2507.639195
	Q	2,316.10	3.99416798	2121.432689
	Q	2,600.07	4.48387745	2381.533336
	Q	1,802.92	3.198855544	1644.209375
	Q	2,845.56	4.907241054	2606.395534
	Q	3,291.13	5.839323775	3001.408085
	Q	3,148.57	5.42978545	2883.93588
	Q	1,039.46	1.792572386	952.0935716
	Q	2,968.32	5.588959401	2681.206251
	Q	4,223.65	7.2837861	3868.656003
	Q	2,092.86	3.713277451	1908.621853
	Q	1,588.33	2.739115011	1454.833185

Continuación apéndice 5.

	q-cf	potencia		energía
			KW	KW/h
F-84960	Q	873.32	1.506066961	799.9212101
	Q	873.32	1.549503258	796.4435242
	Q	873.32	1.506066961	799.9212101
	Q	897.47	1.547703855	822.0359203
	Q	889.38	1.57799078	811.0860893
	Q	887.36	1.53027927	812.7811559
	Q	935.29	1.659450614	852.9563837
	Q	935.29	1.612992229	856.6808341
	Q	891.17	1.536846256	816.2690956
	Q	1,088.71	2.04989189	983.4000488
	Q	1,086.03	1.872879993	994.7475571
	Q	1,086.03	1.9268955	990.4228567
	Q	1,086.03	1.872879993	994.7475571
	q-cf	potencia		energía
			KW	KW/h
F-84943	Q	26,284.39	45.32804225	24075.1994
	Q	26,202.52	46.49008064	23895.86694
	Q	25,593.80	44.13710016	23442.65127
	Q	26,500.31	45.70040135	24272.97144
	Q	26,782.38	47.51891026	24424.6846
	Q	22,559.07	38.90364062	20662.99048
	Q	27,972.16	49.62989666	25509.73004
	Q	26,490.98	45.68431499	24264.42746
	Q	25,866.96	44.60818478	23692.85965
	Q	24,971.36	47.01774895	22555.94885
	Q	24,723.56	42.63636469	22645.56179
	Q	25,713.45	45.62235385	23449.85601
	Q	22,668.37	39.09213793	20763.10754
	q-cf	potencia		energía
			KW	KW/h
F-81543	Q	1,239.07	2.136801059	1134.92463
	Q	1,099.55	1.950883498	1002.75267
	Q	1,123.56	1.937611705	1029.128677
	Q	1,130.14	1.948952171	1035.151968
	Q	1,112.30	1.973508865	1014.382091
	Q	1,127.94	1.945158219	1033.136877
	Q	1,187.63	2.107160337	1083.078849
	Q	1,185.84	2.045015024	1086.174078
	Q	1,112.52	1.91855917	1019.009255
	Q	1,370.63	2.58070984	1238.050746
	Q	1,369.99	2.362575667	1254.840877
	Q	1,360.72	2.414277682	1240.936936
	Q	1,348.80	2.326043363	1235.43738

Continuación apéndice 5.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 16,499.40	28.44326092	15107.14216
	Q 16,225.47	28.78820141	14797.11415
	Q 14,752.86	25.44165201	13512.88992
	Q 15,682.54	27.04490695	14264.43083
	Q 8,198.46	14.54620056	7476.736287
	Q 18,310.74	31.57729944	16771.73208
	Q 17,501.61	31.05241293	15960.91719
	Q 16,646.28	28.70690606	15247.17269
	Q 6,404.84	11.0450281	5866.520027
	Q 17,046.16	32.09566405	15397.33766
	Q 20,912.24	36.06365404	19154.58112
	Q 9,539.07	16.92478798	8699.328457
	Q 6,496.83	11.20393138	5950.772823
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 1,109.84	1.913951243	1016.561836
	Q 1,005.28	1.783634634	916.786878
	Q 1,029.08	1.774678731	942.5896886
	Q 1,056.84	1.822551502	968.0164561
	Q 1,438.59	2.552428678	1311.946446
	Q 1,333.98	2.300479027	1221.859329
	Q 1,189.60	2.110666275	1084.880899
	Q 1,160.21	2.00081204	1062.696433
	Q 626.96	1.081213369	574.2676312
	Q 1,069.44	2.013605271	965.9921734
	Q 1,161.83	2.003598869	1064.176609
	Q 978.56	1.736226402	892.4190816
	Q 882.94	1.522649979	808.7289906
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 5,967.42	10.29095488	5465.861272
	Q 6,037.00	10.71121519	5505.556657
	Q 5,513.17	9.507593556	5049.792564
	Q 5,790.83	9.986417834	5304.111731
	Q 5,388.53	9.560657128	4914.170666
	Q 7,521.20	12.97047799	6889.043262
	Q 8,362.22	14.83675341	7626.080237
	Q 7,984.46	13.76998762	7313.37018
	Q 5,261.81	9.074117346	4819.559232
	Q 7,555.35	14.22571692	6824.540738
	Q 8,762.76	15.11157731	8026.250834
	Q 4,833.22	8.575389145	4407.743654
	Q 3,611.80	6.228639888	3308.233488

Continuación apéndice 5.

potencia bthd total kW	energía bthd total kW/h
108.6029	57682.5140
110.6519	56875.0060
102.5121	54447.5305
107.1062	56887.5861
90.2169	46371.3987
114.1046	60604.6747
129.3138	66467.2066
119.1641	63291.9271
76.5660	40666.7173
126.6835	60774.2316
130.2003	69153.6442
94.3976	48520.3027
73.1879	38872.4581

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 6. **Cálculo de energía en BTHD para el nodo de agronomía**

FACTOR DE CARGA BTHD	HORAS	Fc*T	sum cargo	CARGO FI	prom tarifa	Pe*Fc*t	(Pe*Fc*t)+Sum cargos
0.214253501	744	159.4046	75.96045	136.868	0.948746	Q 151.23	Q 227.19
	720	154.2625				Q 146.36	Q 222.32
	744	159.4046				Q 151.23	Q 227.19
	744	159.4046				Q 151.23	Q 227.19
	720	154.2625				Q 146.36	Q 222.32
	744	159.4046				Q 151.23	Q 227.19
	720	154.2625				Q 146.36	Q 222.32
	744	159.4046				Q 151.23	Q 227.19
	744	159.4046				Q 151.23	Q 227.19
	672	143.9784				Q 136.60	Q 212.56
	744	159.4046				Q 151.23	Q 227.19
	720	154.2625				Q 146.36	Q 222.32
	744	159.4046				Q 151.23	Q 227.19

Continuación apéndice 6.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q	7,841.59	34.5148 5501.818
F-89873	Q	8,864.03	39.87123 6150.636
	Q	8,783.55	38.66084 6162.716
	Q	6,794.85	29.90758 4767.407
	Q	6,689.55	30.09021 4641.792
	Q	9,328.92	41.06132 6545.363
	Q	8,742.29	39.32365 6066.165
	Q	9,169.96	40.36162 6433.828
	-Q	136.87	-0.60243 -96.0297
	Q	8,133.08	38.26265 5508.993
	Q	9,040.39	39.79133 6342.921
	Q	5,216.68	23.4651 3619.785
	Q	4,476.92	19.70517 3141.095
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q	10,887.80	47.9227 7639.1
F-89977	Q	11,995.42	53.95652 8323.469
	Q	10,983.87	48.34557 7706.506
	Q	11,713.21	51.55578 8218.229
	Q	7,607.20	34.21791 5278.542
	Q	13,139.89	57.83532 9219.216
	Q	12,950.28	58.25155 8986.031
	Q	12,308.80	54.17725 8636.102
	Q	7,412.25	32.62507 5200.587
	Q	11,742.30	55.24246 7953.718
	Q	14,122.67	62.16102 9908.752
	Q	7,653.40	34.42569 5310.594
Q	5,982.42	26.33166 4197.388	
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q	2,176.68	9.580687 1527.206
F-87942	Q	1,460.39	6.56896 1013.344
	Q	1,013.68	4.461735 711.2211
	Q	1,201.02	5.286296 842.6599
	Q	863.40	3.883634 599.0992
	Q	1,170.75	5.153053 821.4204
	Q	1,351.54	6.079352 937.8161
	Q	1,325.70	5.835076 930.1379
	Q	1,751.25	7.708145 1228.714
	Q	2,064.80	9.71401 1398.607
	Q	1,988.52	8.752465 1395.183
	Q	1,474.40	6.631969 1023.064
Q	1,009.05	4.441347 707.9712	

Continuación apéndice 6.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
F-87917	Q	7,595.03	33.42956
	Q	2,996.81	13.47994
	Q	2,809.27	12.36501
	Q	2,955.04	13.00664
	Q	2,907.47	13.07806
	Q	2,884.44	12.6959
	Q	3,407.29	15.32632
	Q	3,371.56	14.83996
	Q	5,238.08	23.05542
Q	5,910.00	27.80398	
Q	5,953.66	26.20507	
Q	3,309.21	14.88514	
Q	2,612.63	11.4995	
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
F-84986	Q	9,258.35	40.75068
	Q	10,525.16	47.34314
	Q	9,569.93	42.12212
	Q	10,282.19	45.25712
	Q	6,665.72	29.98305
	Q	11,636.24	51.217
	Q	11,133.15	50.07794
	Q	10,581.65	46.57521
	Q	6,931.25	30.50795
	Q	10,838.32	50.98964
	Q	12,610.43	55.50488
	Q	6,475.83	29.12888
	Q	5,199.24	22.88447
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
F-81342	Q	1,809.11	7.962799
	Q	1,716.96	7.723027
	Q	1,657.01	7.293347
	Q	1,754.14	7.720857
	Q	1,321.34	5.943509
	Q	1,754.08	7.720575
	Q	1,611.64	7.249324
	Q	1,547.48	6.811259
	Q	627.06	2.760007
	Q	1,549.76	7.290969
	Q	1,690.10	7.438985
	Q	1,191.60	5.359945
	Q	1,141.69	5.025163

Continuación apéndice 6.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
F-89002	Q	4,414.47	19.43031 3097.281
	Q	4,360.99	19.61613 3026.034
	Q	4,762.38	20.96165 3341.383
	Q	3,969.28	17.47079 2784.925
	Q	3,761.13	16.91792 2609.801
	Q	4,730.33	20.82059 3318.897
	Q	4,764.94	21.43314 3306.331
	Q	4,978.77	21.9141 3493.208
	Q	2,831.20	12.46153 1986.425
	Q	4,261.51	20.04856 2886.558
Q	4,709.97	20.73097 3304.612	
Q	3,636.06	16.35534 2523.015	
Q	3,098.20	13.63676 2173.763	
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
F-85748	Q	2,183.49	9.610653 1531.982
	Q	2,007.83	9.031397 1393.206
	Q	1,728.51	7.608038 1212.756
	Q	1,899.29	8.359745 1332.582
	Q	714.08	3.211979 495.488
	Q	2,077.80	9.145431 1457.824
	Q	1,848.41	8.314329 1282.589
	Q	1,769.12	7.786809 1241.253
	Q	764.12	3.363295 536.1247
	Q	1,694.65	7.972605 1147.883
Q	2,014.96	8.868876 1413.74	
Q	1,122.32	5.048281 778.7605	
Q	847.56	3.730557 594.6679	
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
F-81563	Q	1,904.65	8.383337 1336.342
	Q	1,938.17	8.718077 1344.873
	Q	1,921.75	8.458585 1348.337
	Q	1,980.20	8.715844 1389.346
	Q	1,733.83	7.798919 1203.081
	Q	1,882.01	8.283686 1320.458
	Q	1,925.16	8.65953 1335.841
	Q	1,837.77	8.088964 1289.418
	Q	1,630.00	7.174436 1143.638
	Q	1,835.85	8.63689 1243.525
Q	2,019.07	8.886939 1416.619	
Q	2,100.40	9.447776 1457.438	
Q	1,951.16	8.588059 1368.976	

Continuación apéndice 6.

	q-cf	potencia	energia
		KW	KW/h
F-85749	Q	1,910.76	8.410239 1340.631
	Q	2,033.52	9.146944 1411.031
	Q	1,698.91	7.477753 1191.988
	Q	1,890.67	8.321786 1326.531
	Q	1,465.35	6.591271 1016.786
	Q	1,949.64	8.581334 1367.904
	Q	1,932.88	8.694291 1341.203
	Q	1,846.45	8.127169 1295.508
	Q	1,218.05	5.361262 854.6099
	Q	1,957.87	9.210923 1326.173
Q	2,076.01	9.137579 1456.572	
Q	1,264.60	5.688269 877.4868	
Q	722.12	3.178432 506.6567	
	q-cf	potencia	energia
		KW	KW/h
F-89760	Q	7,281.15	32.04802 5108.602
	Q	2,615.09	11.76293 1814.579
	Q	2,438.29	10.73216 1710.755
	Q	2,499.71	11.00248 1753.846
	Q	2,259.38	10.1629 1567.755
	Q	2,785.12	12.2587 1954.094
	Q	2,774.85	12.46154 1925.434
	Q	2,774.85	12.21353 1946.893
	Q	2,439.08	10.73564 1711.311
	Q	3,179.18	14.95667 2153.437
Q	3,674.05	16.17136 2577.79	
Q	2,667.58	11.99902 1851	
Q	2,764.92	12.16979 1939.921	
	q-cf	potencia	energia
		KW	KW/h
F-81544	Q	1,327.96	5.845005 931.7208
	Q	1,381.02	6.211955 958.2719
	Q	1,339.54	5.895992 939.8483
	Q	1,393.61	6.133991 977.7864
	Q	1,341.52	6.034263 930.8606
	Q	1,438.07	6.320861 1007.574
	Q	1,552.40	6.982821 1077.188
	Q	1,490.92	6.562275 1046.057
	Q	1,162.24	5.115623 815.4538
	Q	1,504.58	7.078398 1019.136
Q	1,573.25	6.924677 1103.825	
Q	1,459.41	6.56457 1012.667	
Q	1,285.84	5.659649 902.1741	

Continuación apéndice 6.

energía total kW	potencia total kW/h
41108.6615	257.8887953
36009.53765	233.4302426
34173.60381	214.3827893
33911.56261	212.7389146
25902.78078	167.9136361
38431.45755	241.0937727
37466.32346	242.8737925
37188.01215	233.2932113
22359.03982	140.2659594
37032.34713	257.2077429
43130.76526	270.5741488
26070.36289	168.9999798
21814.61043	136.8505663

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 7. **Cálculo de energía y potencia en BTHD para el nodo de veterinaria**

FACTOR DE CARGA BTHD	HORAS	Fc*T	sum cargc	CARGO Fl.	prom tarif	Pe*Fc*t	(Pe*Fc*t)+Sum cargos
0.799200726	744	594.605	75.9604	136.868	0.94875	Q 564.13	Q 640.09
	720	575.425				Q 545.93	Q 621.89
	744	594.605				Q 564.13	Q 640.09
	744	594.605				Q 564.13	Q 640.09
	720	575.425				Q 545.93	Q 621.89
	744	594.605				Q 564.13	Q 640.09
	720	575.425				Q 545.93	Q 621.89
	744	594.605				Q 564.13	Q 640.09
	744	594.605				Q 564.13	Q 640.09
	672	537.063				Q 509.54	Q 585.50
	744	594.605				Q 564.13	Q 640.09
	720	575.425				Q 545.93	Q 621.89
	744	594.605				Q 564.13	Q 640.09

Continuación apéndice 7.

	q-cf	potencia kW	energía kW/h
F-84959	Q	1,975.10	3.08566 1834.75
	Q	2,022.35	3.25193 1871.24
	Q	1,963.14	3.06697 1823.64
	Q	2,025.40	3.16424 1881.47
	Q	2,202.66	3.54187 2038.08
	Q	2,372.77	3.70693 2204.16
	Q	2,762.53	4.44214 2556.12
	Q	2,676.11	4.18083 2485.94
	Q	1,357.96	2.12151 1261.46
	Q	2,353.80	4.02017 2159.08
	Q	2,498.74	3.90373 2321.18
	Q	1,947.48	3.13155 1801.97
	Q	1,783.99	2.78709 1657.22
	q-cf	potencia kW	energía kW/h
F-87920	Q	8,817.82	13.7759 8191.23
	Q	8,817.82	14.179 8158.95
	Q	8,207.16	12.8219 7623.96
	Q	8,643.74	13.5039 8029.52
	Q	5,920.92	9.52082 5478.51
	Q	8,435.59	13.1788 7836.16
	Q	9,225.16	14.834 8535.85
	Q	8,726.22	13.6328 8106.14
	Q	5,762.64	9.00287 5353.15
	Q	8,333.50	14.2332 7644.13
	Q	9,115.50	14.241 8467.76
	Q	7,865.96	12.6484 7278.22
	Q	6,837.03	10.6814 6351.19
	q-cf	potencia kW	energía kW/h
F-87090	Q	26,177.66	40.8968 24317.5
	Q	24,763.20	39.8191 22912.9
	Q	25,440.89	39.7458 23633.1
	Q	25,634.04	40.0476 23812.5
	Q	27,505.55	44.2288 25450.3
	Q	25,854.43	40.3919 24017.2
	Q	27,628.83	44.427 25564.4
	Q	26,161.88	40.8722 24302.8
	Q	25,967.81	40.569 24122.5
	Q	24,750.04	42.2719 22702.6
	Q	22,835.96	35.6762 21213.2
	Q	20,850.14	33.5269 19292.2
	Q	15,471.16	24.1703 14371.8

Continuación apéndice 7.

	q-cf	potencia	energía
		kw	kw/h
	Q 13,873.36	21.6741	12887.5
F-84546	Q 17,393.51	27.9687	16093.9
	Q 15,373.53	24.0178	14281.1
	Q 16,318.61	25.4942	15159
	Q 6,551.27	10.5344	6061.76
	Q 15,762.05	24.6247	14642
	Q 15,188.19	24.4225	14053.3
	Q 14,381.87	22.4685	13359.9
	Q 7,887.68	12.3228	7327.19
	Q 14,586.10	24.9124	13379.5
	Q 15,556.28	24.3033	14450.9
Q 9,494.68	15.2674	8785.24	
Q 8,205.12	12.8187	7622.06	
	q-cf	potencia	energía
		kw	kw/h
	Q 11,030.16	17.2322	10246.4
F-89950	Q 11,052.53	17.7724	10226.7
	Q 10,174.99	15.8962	9451.96
	Q 10,635.18	16.6151	9879.45
	Q 8,776.54	14.1126	8120.76
	Q 13,638.91	21.3078	12669.7
	Q 14,413.96	23.1776	13336.9
	Q 13,772.67	21.5168	12794
	Q 9,586.43	14.9767	8905.22
	Q 12,821.02	21.8977	11760.4
	Q 14,891.00	23.2639	13832.8
Q 7,386.91	11.8781	6834.96	
Q 5,189.54	8.10752	4820.77	
	q-cf	potencia	energía
		kw	kw/h
	Q 1,959.87	3.06186	1820.6
F-88983	Q 1,959.87	3.15146	1813.43
	Q 1,943.78	3.03673	1805.66
	Q 1,992.48	3.11282	1850.9
	Q 1,884.05	3.02955	1743.28
	Q 1,955.58	3.05516	1816.62
	Q 1,930.60	3.1044	1786.35
	Q 1,930.60	3.01614	1793.42
	Q 1,955.58	3.05516	1816.62
	Q 2,293.19	3.91665	2103.49
	Q 2,221.85	3.47116	2063.97
Q 2,221.85	3.57273	2055.84	
Q 2,291.13	3.57939	2128.32	

Continuación apéndice 7.

	q-cf	potencia	energia
		kw	kW/h
F-81871	Q	3,417.19	5.33861 3174.36
	Q	3,897.40	6.267 3606.18
	Q	3,637.33	5.68253 3378.86
	Q	3,845.88	6.00834 3572.59
	Q	2,180.87	3.50683 2017.91
	Q	3,993.21	6.23852 3709.46
	Q	3,843.24	6.17992 3556.08
	Q	3,672.18	5.73697 3411.24
	Q	2,092.58	3.2692 1943.88
Q	3,856.97	6.58752 3537.91	
Q	4,112.80	6.42535 3820.55	
Q	2,131.96	3.42819 1972.66	
Q	1,675.01	2.61684 1555.99	
	q-cf	potencia	energia
		kw	kW/h
F-84962	Q	5,623.52	8.78551 5223.91
	Q	3,834.48	6.16582 3547.96
	Q	3,407.59	5.32361 3165.45
	Q	3,582.56	5.59696 3327.98
	Q	3,455.30	5.55611 3197.12
	Q	3,140.80	4.9068 2917.61
	Q	2,999.27	4.82281 2775.16
	Q	2,909.01	4.54469 2702.3
	Q	7,553.72	11.801 7016.95
	Q	5,927.50	10.1239 5437.16
Q	6,513.84	10.1764 6050.96	
Q	6,694.84	10.7653 6194.61	
Q	6,408.48	10.0118 5953.09	
	q-cf	potencia	energia
		kw	kW/h
F-81560	Q	3,664.20	5.72451 3403.83
	Q	3,664.20	5.89202 3390.42
	Q	2,521.60	3.93944 2342.41
	Q	3,085.70	4.82073 2866.43
	Q	2,768.10	4.45109 2561.27
	Q	3,595.80	5.61765 3340.29
	Q	3,493.33	5.61726 3232.31
	Q	3,357.91	5.24599 3119.3
	Q	1,066.37	1.66597 990.596
	Q	3,100.70	5.29584 2844.2
	Q	3,702.15	5.78379 3439.07
	Q	2,104.10	3.38338 1946.88
	Q	1,951.62	3.04898 1812.94

Continuación apéndice 7.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 5,972.15	9.33017	5547.77
F-84934	Q 5,972.15	9.60319	5525.91
	Q 5,832.98	9.11275	5418.49
	Q 6,019.05	9.40345	5591.34
	Q 5,816.30	9.35259	5381.71
	Q 6,261.56	9.78231	5816.61
	Q 6,117.61	9.83709	5660.51
	Q 5,903.79	9.22337	5484.27
	Q 4,178.30	6.52768	3881.39
	Q 7,384.92	12.6131	6774.02
	Q 6,789.85	10.6077	6307.37
	Q 3,503.04	5.63287	3241.29
	Q 2,699.20	4.21691	2507.4
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 2,873.67	4.48948	2669.47
F-87087	Q 2,974.65	4.78323	2752.39
	Q 3,955.45	6.17953	3674.38
	Q 3,561.76	5.56446	3308.66
	Q 3,129.45	5.03215	2895.62
	Q 4,348.11	6.79296	4039.13
	Q 4,540.76	7.30152	4201.47
	Q 4,383.06	6.84757	4071.6
	Q 1,943.19	3.0358	1805.11
	Q 4,875.63	8.32734	4472.3
	Q 4,758.32	7.43384	4420.2
	Q 2,605.04	4.1889	2410.4
	Q 1,723.53	2.69264	1601.06

Continuación apéndice 7.

potencia total kW	energía total kW/h
133.394826	79317.27605
138.853898	79899.93825
128.823206	76598.96614
133.331885	79279.8509
112.866846	64946.35124
139.603517	83008.99658
148.166317	85258.53214
137.285867	81630.90981
108.347682	64424.11008
154.199586	82814.87509
145.286294	86388.00605
107.423793	61814.28507
84.7315359	50381.82376

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 8. **Cálculo de potencia y energía para el nodo de EFPEM en BTHD**

FACTOR DE CARGA BTHD	HORAS	Fc*T	sum cargos	CARGO FIJO	prom tarifa	Pe*Fc*t	(Pe*Fc*t)+Sum cargos
0.239077646	744	177.873769	75.960449	136.868429	0.948746	Q 168.76	Q 244.72
	720	172.135905				Q 163.31	Q 239.27
	744	177.873769				Q 168.76	Q 244.72
	744	177.873769				Q 168.76	Q 244.72
	720	172.135905				Q 163.31	Q 239.27
	744	177.873769				Q 168.76	Q 244.72
	720	172.135905				Q 163.31	Q 239.27
	744	177.873769				Q 168.76	Q 244.72
	744	177.873769				Q 168.76	Q 244.72
	672	160.660178				Q 152.43	Q 228.39
	744	177.873769				Q 168.76	Q 244.72
	720	172.135905				Q 163.31	Q 239.27
	744	177.873769				Q 168.76	Q 244.72

Continuación apéndice 8.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 12,848.22	52.502256	9338.77416
F-88976	Q 13,822.37	57.7680352	9943.95305
	Q 14,298.56	58.4288291	10392.956
	Q 11,944.61	48.8098021	8681.98347
	Q 10,997.36	45.9614389	7911.6139
	Q 15,328.37	62.6370124	11141.4815
	Q 14,016.03	58.5773845	10083.2711
	Q 14,728.79	60.1869054	10705.6717
	Q 6,240.72	25.501716	4536.08634
Q 15,000.83	65.6818618	10552.4596	
Q 14,796.53	60.4637308	10754.9117	
Q 6,878.32	28.7466427	4948.32936	
Q 6,219.29	25.4141702	4520.51423	
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 2,671.85	10.9181069	1942.04483
F-84961	Q 2,175.24	9.09102657	1564.89209
	Q 2,171.17	8.8721558	1578.12379
	Q 2,222.92	9.08363232	1615.73992
	Q 3,330.65	13.9198398	2396.10422
	Q 3,044.09	12.439208	2212.6088
	Q 2,358.48	9.85684412	1696.71679
	Q 2,273.84	9.29167631	1652.74548
	Q 2,023.25	8.26770366	1470.60761
	Q 2,226.20	9.74750687	1566.03619
	Q 2,831.52	11.5705491	2058.09718
Q 1,255.51	5.24716075	903.224767	
Q 2,574.60	10.5207181	1871.35978	

Continuación apéndice 8.

potencia total	energía total
kW	kW/h
63.42036299	11280.81899
66.8590618	11508.84514
67.3009849	11971.07984
57.89343445	10297.72338
59.88127864	10307.71811
75.07622038	13354.09028
68.43422864	11779.98791
69.47858174	12358.41719
33.76941968	6006.693952
75.42936863	12118.49582
72.03427989	12813.00885
33.99380341	5851.554127
35.93488824	6391.874007

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 9. **Muestra de cálculo para el nodo de odontología en BTHD**

FACTOR DE CARGA BTHD	HORAS	Fc*T	sum cargo:	CARGO FIJ	prom tarifa:	Pe*Fc*t	(Pe*Fc*t)+Sum cargos
0.432907706	744	322.0833	75.96045	136.8684	0.948746	Q 305.58	Q 381.54
	720	311.6935				Q 295.72	Q 371.68
	744	322.0833				Q 305.58	Q 381.54
	744	322.0833				Q 305.58	Q 381.54
	720	311.6935				Q 295.72	Q 371.68
	744	322.0833				Q 305.58	Q 381.54
	720	311.6935				Q 295.72	Q 371.68
	744	322.0833				Q 305.58	Q 381.54
	744	322.0833				Q 305.58	Q 381.54
	672	290.914				Q 276.00	Q 351.96
	744	322.0833				Q 305.58	Q 381.54
	720	311.6935				Q 295.72	Q 371.68
	744	322.0833				Q 305.58	Q 381.54

Continuación apéndice 9.

	q-cf	potencia kW	energía kW/h
	Q 8,800.25	23.06534	7428.962
F-89952	Q 11,101.67	29.86901	9309.978
	Q 9,731.32	25.50565	8214.944
	Q 10,628.45	27.85703	8972.285
	Q 5,124.03	13.78618	4297.065
	Q 10,626.34	27.85149	8970.502
	Q 9,429.73	25.37067	7907.874
	Q 9,002.08	23.59432	7599.337
	Q 1,828.34	4.792053	1543.441
	Q 6,772.67	19.24251	5597.914
	Q 9,287.56	24.34256	7840.332
	Q 4,482.80	12.06097	3759.327
	Q 2,964.73	7.770522	2502.755
	q-cf	potencia kW	energía kW/h
	Q 21,705.34	56.8894	18323.13
F-89287	Q 21,705.34	58.39816	18202.33
	Q 21,705.34	56.8894	18323.13
	Q 22,463.25	58.87588	18962.94
	Q 14,734.40	39.64286	12356.42
	Q 21,963.15	57.56511	18540.76
	Q 22,003.04	59.19911	18451.98
	Q 23,250.36	60.93889	19627.4
	Q 10,697.51	28.03802	9030.58
	Q 21,344.75	60.6447	17642.39
	Q 22,473.62	58.90305	18971.69
	Q 14,485.37	38.97286	12147.59
	Q 14,081.26	36.90679	11887.06

Continuación apéndice 9.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 6,436.67	16.87042	5433.681
F-86033	Q 7,299.98	19.64058	6121.841
	Q 6,184.17	16.20863	5220.53
	Q 6,805.99	17.8384	5745.452
	Q 4,035.01	10.85619	3383.804
	Q 7,974.43	20.90087	6731.821
	Q 7,691.41	20.69372	6450.1
	Q 7,310.08	19.15963	6170.998
	Q 1,612.44	4.226172	1361.18
	Q 6,551.85	18.61512	5415.399
	Q 8,259.88	21.64902	6972.789
Q 4,027.71	10.83654	3377.679	
Q 2,638.46	6.915367	2227.324	
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 20,299.64	53.20509	17136.47
F-88925	Q 24,492.80	65.89781	20539.92
	Q 21,744.54	56.99215	18356.22
	Q 22,257.69	58.33711	18789.41
	Q 12,408.55	33.38517	10405.94
	Q 23,886.98	62.60745	20164.82
	Q 22,004.57	59.20325	18453.27
	Q 20,935.43	54.87147	17673.19
	Q 4,641.47	12.16522	3918.216
	Q 15,445.75	43.88446	12766.6
	Q 19,268.17	50.50162	16265.73
Q 7,472.40	20.10448	6266.438	
Q 5,675.21	14.87465	4790.878	

Continuación apéndice 9.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 9,430.96	24.71843	7961.394
F-89612	Q 11,379.27	30.61589	9542.776
	Q 9,848.45	25.81266	8313.827
	Q 10,817.66	28.35294	9132.01
	Q 5,573.13	14.9945	4673.688
	Q 9,864.80	25.85552	8327.631
	Q 9,495.20	25.54682	7962.78
	Q 9,067.54	23.7659	7654.6
	Q 4,012.00	10.51541	3386.837
Q 9,881.79	28.07614	8167.741	
Q 10,595.90	27.77171	8944.805	
Q 5,584.18	15.02422	4682.953	
Q 4,819.33	12.6314	4068.364	

potencia total	energía total
kW	kW/h
174.7486849	56283.63892
204.4214524	63716.84787
181.4084859	58428.64983
191.2613615	61602.09683
112.6648939	35116.92057
194.7804448	62735.53492
190.0135794	59226.0068
182.3302135	58725.52292
59.73688038	19240.25356
170.4629311	49590.04947
183.1679647	58995.34862
96.99907339	30233.98537
79.09873708	25476.3849

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 10. **Muestra de cálculo para BTHD el nodo de áreas sociales**

FACTOR DE CARGA BTHD	HORAS	Fc*T	sum cargos	CARGO FIJO	prom tarifa	Pe*Fc*t	(Pe*Fc*t)+S um cargos
0.23395839	744	174.065041	75.960449	136.868429	0.948746	Q 165.14	Q 241.10
	720	168.450039				Q 159.82	Q 235.78
	744	174.065041				Q 165.14	Q 241.10
	744	174.065041				Q 165.14	Q 241.10
	720	168.450039				Q 159.82	Q 235.78
	744	174.065041				Q 165.14	Q 241.10
	720	168.450039				Q 159.82	Q 235.78
	744	174.065041				Q 165.14	Q 241.10
	744	174.065041				Q 165.14	Q 241.10
	672	157.220037				Q 149.16	Q 225.12
	744	174.065041				Q 165.14	Q 241.10
	720	168.450039				Q 159.82	Q 235.78
	744	174.065041				Q 165.14	Q 241.10

Continuación apéndice 10.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 8,026.88	33.2922096	5795.00982
F-88675	Q 8,200.59	34.7811545	5858.88684
	Q 7,218.15	29.9379055	5211.14274
	Q 7,815.34	32.4148121	5642.28559
	Q 7,012.22	29.740929	5009.86065
	Q 9,627.46	39.9307401	6950.5459
	Q 8,783.88	37.2550541	6275.61532
	Q 8,356.22	34.6581598	6032.77399
	Q 2,853.71	11.8360046	2060.23462
Q 8,819.61	39.1769736	6159.40522	
Q 9,985.57	41.4160413	7209.08492	
Q 5,344.77	22.6687813	3818.55709	
Q 3,984.23	16.5249363	2876.4137	
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 12,384.09	51.3641152	8940.69679
F-88975	Q 12,207.54	51.7758412	8721.64249
	Q 11,404.24	47.3000757	8233.28961
	Q 8,682.08	36.0097095	6268.03156
	Q 8,924.32	37.8507023	6375.95229
	Q 14,457.01	59.9617342	10437.2417
	Q 13,585.50	57.6201834	9706.12216
	Q 14,298.26	59.3032963	10322.6307
	Q 3,550.77	14.7271392	2563.48008
Q 14,674.07	65.182639	10248.0169	
Q 14,486.88	60.0855978	10458.802	
Q 5,212.10	22.1060795	3723.76995	
Q 5,018.44	20.8144386	3623.0661	

Continuación apéndice 10.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 5,587.33	23.1739519	4033.77488
F-89613	Q 4,505.71	19.1100589	3219.09017
	Q 3,986.94	16.5361845	2878.37163
	Q 4,453.83	18.4726438	3215.44149
	Q 6,463.66	27.4143213	4617.94349
	Q 7,575.92	31.4217799	5469.4334
	Q 7,855.84	33.3189917	5612.58546
	Q 7,499.47	31.1047051	5414.24175
	Q 1,821.42	7.55449878	1314.97414
Q 8,255.32	36.6703897	5765.32002	
Q 8,042.44	33.3567129	5806.23758	
Q 4,165.63	17.6676775	2976.12096	
Q 2,871.16	11.9084049	2072.83698	
	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 1,971.57	8.17726748	1423.3764
F-84939	Q 2,200.70	9.33382775	1572.28365
	Q 1,698.66	7.04534082	1226.34754
	Q 1,950.32	8.08913952	1408.0364
	Q 968.35	4.10705284	691.833213
	Q 1,677.83	6.95893825	1211.30787
	Q 1,730.00	7.33746466	1235.99621
	Q 1,672.98	6.93883075	1207.80786
	Q 865.96	3.59166051	625.182532
	Q 1,598.56	7.10086632	1116.39846
	Q 1,779.28	7.37973599	1284.55404
Q 1,199.08	5.08567351	856.681902	
Q 840.43	3.48574769	606.746813	

Continuación apéndice 10.

	q-cf	potencia	energía
		kW	kW/h
	Q 8,358.33	34.6669195	6034.29875
F-84944	Q 8,715.41	36.9646777	6226.70141
	Q 7,976.58	33.0835693	5758.69284
	Q 8,505.11	35.2756859	6140.26371
	Q 5,787.26	24.5455057	4134.69141
	Q 9,881.36	40.9837962	7133.84616
	Q 9,099.24	38.5926245	6500.92911
	Q 8,651.09	35.8811675	6245.65688
	Q 2,325.95	9.64707328	1679.2182
Q 8,930.12	39.6678356	6236.57857	
Q 10,674.18	44.2721039	7706.22557	
Q 5,504.80	23.3474911	3932.88579	
Q 3,733.04	15.4831284	2695.07137	

potencia total	energía total
kW	kW//h
150.6744636	26227.15663
151.96556	25598.60456
133.9030759	23307.84434
130.2619909	22674.05874
123.6585111	20830.28106
179.2569887	31202.37503
174.1243182	29331.24826
167.8861593	29223.11115
47.35637628	8243.089562
187.7987042	29525.71917
186.5101919	32464.90413
90.87570277	15308.01571
68.2166558	11874.13496

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 11. **Resumen de datos de potencia y energía en BTHD**
totales

potencia total kW	energía total kW/h	potencia total kW	energía total kW/h	potencia total kW	energía total kW/h
133.3948	79317.2761	63.4204	11280.8190	174.7487	56283.6389
138.8539	79899.9382	66.8591	11508.8451	204.4215	63716.8479
128.8232	76598.9661	67.3010	11971.0798	181.4085	58428.6498
133.3319	79279.8509	57.8934	10297.7234	191.2614	61602.0968
112.8668	64946.3512	59.8813	10307.7181	112.6649	35116.9206
139.6035	83008.9966	75.0762	13354.0903	194.7804	62735.5349
148.1663	85258.5321	68.4342	11779.9879	190.0136	59226.0068
137.2859	81630.9098	69.4786	12358.4172	182.3302	58725.5229
108.3477	64424.1101	33.7694	6006.6940	59.7369	19240.2536
154.1996	82814.8751	75.4294	12118.4958	170.4629	49590.0495
145.2863	86388.0060	72.0343	12813.0089	183.1680	58995.3486
107.4238	61814.2851	33.9938	5851.5541	96.9991	30233.9854
84.7315	50381.8238	35.9349	6391.8740	79.0987	25476.3849
veterinaria		efpem		odontología	

bthd					
potencia bthd total kW	energía bthd total kW/h	energía total kW	potencia total kW/h	potencia total kW	energía total kW/h
108.6029	57682.5140	41108.6615	257.8888	150.6745	26227.1566
110.6519	56875.0060	36009.5377	233.4302	151.9656	25598.6046
102.5121	54447.5305	34173.6038	214.3828	133.9031	23307.8443
107.1062	56887.5861	33911.5626	212.7389	130.2620	22674.0587
90.2169	46371.3987	25902.7808	167.9136	123.6585	20830.2811
114.1046	60604.6747	38431.4576	241.0938	179.2570	31202.3750
129.3138	66467.2066	37466.3235	242.8738	174.1243	29331.2483
119.1641	63291.9271	37188.0121	233.2932	167.8862	29223.1111
76.5660	40666.7173	22359.0398	140.2660	47.3564	8243.0896
126.6835	60774.2316	37032.3471	257.2077	187.7987	29525.7192
130.2003	69153.6442	43130.7653	270.5741	186.5102	32464.9041
94.3976	48520.3027	26070.3629	169.0000	90.8757	15308.0157
73.1879	38872.4581	21814.6104	136.8506	68.2167	11874.1350
ingeniería		agronomía		sociales	

Continuación apéndice 11.

total bthd todos los nodos	
potencia	energía
kW	kW/h
888.7300	271900.0661
906.1821	273608.7794
828.3307	258927.6744
832.5938	264652.8786
667.2020	203475.4504
943.9156	289337.1290
952.9261	289529.3052
909.4381	282417.9003
466.0424	160939.9043
971.7819	271855.7183
987.7732	302945.6771
592.6900	187798.5059
478.0202	154811.2862

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 12. Cálculo de los datos ingresados en el simulador HOMER

	total por día		Porcentaje que representa el tipo de BT			Valores de potencia (kW) por día			
			AP	BTHD	BTS	AP T	BTHD T	BTS T	
baja tensión totales	11172.6169	34.5324	13.07	85.15	1.78	4.5148	29.4039	0.6137	
	11568.5474	36.3078	12.48	85.64	1.88	4.5310	31.0955	0.6814	
	10737.4511	32.5614	13.89	84.30	1.82	4.5217	27.4480	0.5916	
	10964.2204	32.7743	13.90	84.18	1.92	4.5542	27.5894	0.6307	
	9077.5908	28.1562	16.35	82.04	1.60	4.6047	23.0998	0.4516	
	11777.0759	36.3877	12.48	85.73	1.79	4.5418	31.1938	0.6521	
	12167.7631	37.9994	12.09	85.97	1.94	4.5935	32.6697	0.7362	
	11596.6305	35.3528	12.95	85.09	1.96	4.5798	30.0812	0.6917	
	7298.6317	20.5200	22.57	76.52	0.91	4.6309	15.7016	0.1875	
	12292.7870	41.5192	11.47	86.70	1.82	4.7641	35.9987	0.7564	
	12332.1938	37.9862	12.07	85.86	2.06	4.5853	32.6166	0.7843	
	8585.1414	25.7147	17.98	80.09	1.92	4.6246	20.5960	0.4941	
	7196.4464	21.1597							
	media tensión totales	total por día		factor de carga promedio			Prom Ener	Prom Pot	
				potencia media	mínimo		320,115.5832	984.4145	
11.5748		3159.0529	0.3735						
11.7253		3123.9088		4.3232	1.1575				
10.9646		3022.4109		4.3794	1.1725				
10.0997		2756.2745		4.0953	1.0965				
9.1370		2444.2184		3.7722	1.0100				
12.0345		3284.4733		3.4127	0.9137				
11.9213		3155.7657		4.4949	1.2034				
11.8574		3242.8669		4.4526	1.1921				
5.5758		1562.1907		4.4287	1.1857				
12.9146		3194.1282		2.0826	0.5576				
11.3593		3111.0353		4.8236	1.2915				
7.1704		1923.5561		4.2427	1.1359				
0.0000		0.0000		2.6781	0.7170				
			0.0000	0.0000					
					BT	Fc	0.4516		
						Prom Ener	Prom Pot		
						86095.5417	319.80		
					MT	Fc	0.3739		

Fuente: elaboración propia empleando Excel.

Apéndice 13. Encuesta realizada al cuerpo estudiantil para conocer la opinión popular acerca del proyecto estudiado

Campus Autónomo en Energía Eléctrica

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfGYZWq7F0VJK7QX1R...>

Campus Autónomo en Energía Eléctrica

Esta encuesta tiene como objetivo conocer la opinión popular acerca de una propuesta de proyecto para el campus central de la USAC.

 **am122895@gmail.com** (no compartidos) [Cambiar de cuenta](#) 

***Obligatorio**

1. ¿cree que la USAC cuenta con la capacidad de generar su propia energía independiente de la red nacional? *

Sí

No

2. ¿sabe qué es la energía limpia y cómo se genera? *

Sí

No

3. ¿para usted es importante la generación de energía limpia? *

Sí

No



Continuación apéndice 13.

Campus Autónomo en Energía Eléctrica

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSRGYZWq7F0VJK7QX1R...>

4. ¿piensa que crear una red de energía autosustentable en el campus central de la USAC es un tema de importancia? *

- Sí
- No

6. ¿considera un inversión inteligente la creación de una red de energía eléctrica autosustentable en el campus central? *

- Sí
- No

¿Le parecería molesto que haya proyectos de construcción, instalación o readecuación de equipos de gran tamaño dentro del campus central? *

- Sí
- No

7. ¿considera que sería un beneficio tangible para los estudiantes la creación de una red de energía eléctrica autosustentable en el campus central de la USAC? *

- Sí
- No



Continuación apéndice 13.

Campus Autónomo en Energía Eléctrica

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQL5fGYZWq7F0VJK7QX1R...>

8. ¿se ha enfrentado a carencias en el desempeño de sus actividades académicas como estudiante debidas a la calidad y naturaleza de la red eléctrica existente en el Campus Central? *

- Sí
- No

9. La creación de una red de energía eléctrica autosustentable implicaría la instalación de equipo tecnológico (paneles solares, baterías, etc.) que alteraría el paisaje arquitectónico del Campus Central. ¿Le parece que esto sea un factor negativo del proyecto? *

- Sí
- No

¿Considera que un proyecto de este tipo pueda significar un punto de partida para la renovación y el avance tecnológico en el campus central? *

- Sí
- No

Enviar

Borrar formulario

Este contenido no ha sido creado ni aprobado por Google. [Notificar uso inadecuado](#) - [Términos del Servicio](#) - [Política de Privacidad](#)

Google Formularios



3 de 3

1/03/2022 13:10

Fuente: elaboración propia utilizando Google forms.

ANEXOS

Anexo 1. Datos de facturación en Excel para el campus central en BTS, BTHD, MTHD, AP en el período enero 2019 – noviembre 2020

dirección		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / M-9 EDIF AVENIDA PETAPA, CAMPUS CEN / 0		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / EDIF. T-2 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS / 32 CALLE CAMPUS CENTRAL / 01012 CIUDAD		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / CTRO UNIV. AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDA		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / EDIFICIO AVENIDA PETAPA, T-13 / 01012 C		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / BIOTERIO AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD									
mes	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	GBTHD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD								
ene-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,355.01	Q	-	Q	5,893.41	Q	1,572.91	Q	-	Q	-	Q	3,829.18	
feb-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,615.49	Q	-	Q	7,272.55	Q	1,913.73	Q	-	Q	-	Q	5,120.42	
mar-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,715.81	Q	-	Q	8,001.28	Q	2,288.14	Q	-	Q	-	Q	7,636.50	
abr-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,695.36	Q	-	Q	7,469.80	Q	2,351.34	Q	-	Q	-	Q	7,646.12	
may-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,620.92	Q	-	Q	7,666.49	Q	2,559.54	Q	-	Q	-	Q	8,210.59	
jun-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,620.92	Q	-	Q	8,101.45	Q	2,712.98	Q	-	Q	-	Q	9,916.89	
jul-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,600.81	Q	-	Q	7,829.85	Q	2,294.72	Q	-	Q	-	Q	9,230.74	
ago-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,661.69	Q	-	Q	7,391.00	Q	2,534.42	Q	-	Q	-	Q	9,821.51	
sep-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,526.15	Q	-	Q	8,506.64	Q	2,002.77	Q	-	Q	-	Q	10,605.48	
oct-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,615.56	Q	-	Q	8,506.64	Q	2,608.13	Q	-	Q	-	Q	8,095.84	
nov-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,584.34	Q	-	Q	8,096.44	Q	2,587.19	Q	-	Q	-	Q	8,679.54	
dic-19	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,584.34	Q	-	Q	8,393.82	Q	2,479.15	Q	-	Q	-	Q	9,121.16	
ene-20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Q	2,615.56	-----	-----	Q	6,190.41	Q	1,693.65	-----	-----	-----	-----	Q	5,800.29
feb-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	3,037.57	Q	-	Q	8,549.64	Q	2,618.42	Q	-	Q	-	Q	7,228.66	
mar-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,948.40	Q	-	Q	8,568.63	Q	2,766.10	Q	-	Q	-	Q	8,813.07	
abr-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,948.40	Q	-	Q	7,540.12	Q	1,751.83	Q	-	Q	-	Q	10,373.64	
may-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	3,035.00	Q	-	Q	5,183.82	Q	1,073.74	Q	-	Q	-	Q	9,218.00	
jun-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	3,055.57	Q	-	Q	5,333.75	Q	1,065.10	Q	-	Q	-	Q	7,795.07	
jul-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,948.40	Q	-	Q	5,785.70	Q	1,079.77	Q	-	Q	-	Q	8,436.05	
ago-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	3,034.12	Q	-	Q	5,780.69	Q	1,089.93	Q	-	Q	-	Q	8,096.27	
sep-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	3,083.66	Q	-	Q	4,933.42	Q	1,057.02	Q	-	Q	-	Q	7,189.03	
oct-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,999.48	Q	-	Q	5,195.18	Q	1,092.60	Q	-	Q	-	Q	7,460.59	
nov-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	2,999.48	Q	-	Q	5,225.49	Q	1,219.46	Q	-	Q	-	Q	7,898.03	
dic-20	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	

dirección		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / POLI DEP AVENIDA PETAPA, AGRO / 01012 C		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / GARITA		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / ANEXO A AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / ANEXO B AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / ANEXO C AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / BIOTERIO AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD								
mes	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD							
ene-19	Q	-	Q	-	Q	11.12	Q	12.47	Q	144.17	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-
feb-19	Q	-	Q	-	Q	27.38	Q	28.43	Q	828.96	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-
mar-19	Q	-	Q	-	Q	18.68	Q	24.53	Q	980.57	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-
abr-19	Q	-	Q	-	Q	11.44	Q	23.23	Q	882.72	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-
may-19	Q	-	Q	-	Q	628.17	Q	21.22	Q	689.37	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-
jun-19	Q	-	Q	-	Q	25.35	Q	34.94	Q	901.60	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-	Q	-
jul-19	Q	-	Q	-	Q	12.99	Q	88.46	Q	859.15	Q	100.00	Q	100.00	Q	100.00	Q	-	Q	-
ago-19	Q	-	Q	-	Q	19.04	Q	63.19	Q	894.94	Q	13.29	Q	13.29	Q	13.29	Q	-	Q	-
sep-19	Q	-	Q	-	Q	10.51	Q	13.56	Q	10.51	Q	11.85	Q	79.04	Q	24.35	Q	-	Q	-
oct-19	Q	-	Q	-	Q	10.51	Q	37.11	Q	10.51	Q	11.73	Q	11.73	Q	22.67	Q	-	Q	-
nov-19	Q	-	Q	-	Q	10.73	Q	182.22	Q	169.57	Q	84.14	Q	11.98	Q	15.11	Q	-	Q	-
dic-19	Q	-	Q	-	Q	10.73	Q	170.98	Q	159.73	Q	146.89	Q	11.98	Q	11.98	Q	-	Q	-
ene-20	Q	-	Q	-	Q	10.51	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
feb-20	Q	-	Q	-	Q	13.98	Q	186.07	Q	963.20	Q	163.68	Q	12.47	Q	37.47	Q	-	Q	-
mar-20	Q	-	Q	-	Q	19.48	Q	187.47	Q	1,070.99	Q	190.49	Q	12.37	Q	12.37	Q	-	Q	-
abr-20	Q	-	Q	-	Q	11.08	Q	152.48	Q	717.68	Q	156.12	Q	12.37	Q	57.68	Q	-	Q	-
may-20	Q	-	Q	-	Q	11.08	Q	131.88	Q	548.74	Q	124.20	Q	12.37	Q	12.37	Q	-	Q	-
jun-20	Q	-	Q	-	Q	11.08	Q	141.49	Q	722.10	Q	131.86	Q	12.37	Q	30.75	Q	-	Q	-
jul-20	Q	-	Q	-	Q	11.08	Q	141.49	Q	622.20	Q	138.00	Q	12.37	Q	12.37	Q	-	Q	-
ago-20	Q	-	Q	-	Q	11.27	Q	147.32	Q	686.72	Q	137.37	Q	12.58	Q	12.58	Q	-	Q	100.00
sep-20	Q	-	Q	-	Q	11.27	Q	135.20	Q	685.27	Q	129.85	Q	15.59	Q	12.58	Q	-	Q	43.60
oct-20	Q	-	Q	-	Q	11.38	Q	139.24	Q	731.46	Q	156.27	Q	14.32	Q	12.80	Q	-	Q	93.44
nov-20	Q	-	Q	-	Q	11.38	Q	11.27	Q	764.68	Q	179.33	Q	12.58	Q	138.40	Q	-	Q	102.28

Continuación anexo 1.

dirección		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / FRENTE T-1 CIUDAD UNIVERSITARIA, POZO 2		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / 2DO NIVEL AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		UNIVERSIDAD DE USAC AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD		GARITA SANTA ROSA / GARITA STA AVENIDA		IGLU / T-11 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA		CENTRO DE INVS. FAC. ING. / M-9		GRANJA EXPERIMENTAL FAC. VET. / M-9 AVENIDA PETAPA / 01012		FAC. DE AGRONOMIA / T-9 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona			
mes	ORD	C11	C11	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD		
ene-19	Q	-	Q	6,288.55	Q	-	Q	1,348.14	Q	9.96	Q	157.96	Q	107.80	Q	218.18	Q	995.13	Q	664.12	
feb-19	Q	-	Q	7,793.24	Q	-	Q	1,108.01	Q	298.50	Q	136.20	Q	622.22	Q	758.67	Q	740.75	Q	1,633.89	
mar-19	Q	-	Q	9,550.37	Q	-	Q	1,142.08	Q	136.20	Q	133.60	Q	678.72	Q	888.23	Q	1,061.89	Q	2,245.86	
abr-19	Q	-	Q	8,653.30	Q	-	Q	260.70	Q	101.14	Q	98.55	Q	966.80	Q	882.72	Q	1,053.62	Q	1,876.47	
may-19	Q	-	Q	9,973.07	Q	-	Q	13.78	Q	110.41	Q	124.13	Q	1,222.13	Q	838.67	Q	1,146.03	Q	1,270.44	
jun-19	Q	-	Q	11,251.12	Q	-	Q	13.88	Q	89.82	Q	213.32	Q	1,091.87	#####	Q	1,182.62	Q	1,182.62	Q	2,253.52
jul-19	Q	-	Q	11,150.52	Q	-	Q	111.89	Q	81.59	Q	136.48	Q	963.07	#####	Q	1,086.02	Q	1,086.02	Q	1,992.00
ago-19	Q	-	Q	8,664.65	Q	-	Q	235.32	Q	37.11	Q	177.08	Q	1,044.19	#####	Q	1,151.71	Q	1,151.71	Q	2,148.91
sep-19	Q	-	Q	8,533.02	Q	-	Q	15.25	Q	25.91	Q	290.52	Q	833.94	Q	884.84	Q	720.16	Q	974.68	
oct-19	Q	-	Q	11,832.24	Q	1,542.90	Q	-	Q	70.71	Q	65.11	Q	971.68	#####	Q	1,094.44	Q	1,094.44	Q	2,223.30
nov-19	Q	-	Q	11,098.95	Q	1,979.68	Q	211.68	Q	96.48	Q	110.53	Q	971.68	#####	Q	998.36	Q	998.36	Q	2,384.96
dic-19	Q	-	Q	11,633.53	Q	1,483.96	Q	165.73	Q	102.10	Q	104.91	Q	1,310.01	#####	Q	936.63	Q	936.63	Q	2,235.91
ene-20	Q	-	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
feb-20	Q	-	Q	10,337.44	Q	2,116.20	Q	12.37	Q	87.57	Q	160.88	Q	1,067.99	#####	Q	1,663.82	Q	1,663.82	Q	1,942.27
mar-20	Q	-	Q	11,471.57	Q	2,046.89	Q	12.37	Q	99.28	Q	155.28	Q	988.65	#####	Q	1,326.98	Q	1,326.98	Q	2,847.98
abr-20	Q	-	Q	6,691.93	Q	2,752.80	Q	12.37	Q	114.68	Q	113.28	Q	223.87	Q	812.00	Q	1,081.46	Q	2,939.31	
may-20	Q	-	Q	5,767.23	Q	1,838.34	Q	12.37	Q	96.19	Q	114.04	Q	163.45	Q	661.86	Q	1,080.54	Q	2,526.08	
jun-20	Q	-	Q	5,119.58	Q	1,402.81	Q	18.48	Q	83.83	Q	126.39	Q	168.94	Q	839.62	Q	916.01	Q	2,705.30	
jul-20	Q	-	Q	5,732.59	Q	1,350.58	Q	39.93	Q	81.09	Q	130.50	Q	177.18	Q	720.63	Q	1,094.44	Q	2,705.30	
ago-20	Q	100	Q	5,093.10	Q	1,460.08	Q	751.92	Q	82.67	Q	135.20	Q	158.10	Q	806.51	Q	1,542.58	Q	2,834.29	
sep-20	Q	11.27	Q	5,495.92	Q	1,306.98	Q	644.00	Q	77.28	Q	102.87	Q	155.41	Q	669.40	Q	1,225.06	Q	2,570.18	
oct-20	Q	1,330.41	Q	5,741.46	Q	1,329.28	Q	90.75	Q	81.31	Q	129.81	Q	159.44	Q	654.96	Q	1,294.33	Q	2,658.22	
nov-20	Q	1,334.84	Q	6,022.24	Q	1,773.10	Q	14.09	Q	76.46	Q	156.61	Q	183.77	Q	681.78	Q	1,699.90	Q	11.27	

dirección		GARITA PETAPA / GARITA AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12		BODEGA VEHICULAR / T-2 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12		PARTE. SUPERIOR DELEDF. / T-13 AVENIDA		BOTANICA Y ZOOLOGIA / T-2 AVENIDA PETAPA /		DESARROLLO INFANTIL UNIV. / S-9 Y S-10 AVENIDA PETAPA /		LAB. DE BOTANICA Y ZOOLOGIA ESC. E / T-13 AVENIDA		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS GUATEMALA / ED. T-1		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS / SAN CARLOS /		UNIDAD DE INDUSTRIA GRANJA EXPERIMENTAL / GRANJA EXP		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS / COORD. DE CAMPUS CENTRAL, PARQUEOS / 01012 CIUDAD UN	
mes	CBTHD	CBTHD	CBTHD	CBTHD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD
ene-19	Q	198.11	Q	247.03	Q	63.90	Q	523.57	Q	2,417.73	Q	326.05	Q	41.32	Q	41.32	Q	979.37	Q	297.20	
feb-19	Q	181.64	Q	314.09	Q	97.25	Q	1,414.74	Q	2,551.84	Q	338.76	Q	90.75	Q	129.71	Q	910.28	Q	484.39	
mar-19	Q	216.71	Q	384.20	Q	110.23	Q	1,735.89	Q	2,731.02	Q	1,275.53	Q	111.53	Q	119.31	Q	1,287.93	Q	569.83	
abr-19	Q	214.11	Q	354.35	Q	88.16	Q	1,392.69	Q	2,564.24	Q	395.89	Q	94.65	Q	72.58	Q	1,002.62	Q	503.68	
may-19	Q	238.01	Q	357.39	Q	491.78	Q	1,143.09	Q	2,517.45	Q	664.48	Q	62.38	Q	91.20	Q	1,122.61	Q	491.78	
jun-19	Q	291.52	Q	317.60	Q	41.81	Q	1,315.81	Q	2,911.16	Q	302.50	Q	62.38	Q	28.09	Q	938.19	Q	616.19	
jul-19	Q	227.04	Q	179.02	Q	30.83	Q	1,116.75	Q	2,814.56	Q	339.55	Q	69.25	Q	37.69	Q	759.63	Q	266.83	
ago-19	Q	263.39	Q	251.71	Q	37.11	Q	1,234.38	Q	2,908.70	Q	322.72	Q	67.20	Q	33.29	Q	854.91	Q	424.93	
sep-19	Q	161.72	Q	70.71	Q	10.51	Q	1,251.64	Q	2,644.01	Q	304.52	Q	31.51	Q	53.91	Q	542.00	Q	10.51	
oct-19	Q	170.12	Q	199.52	Q	58.11	Q	1,610.96	Q	2,858.09	Q	595.90	Q	91.71	Q	10.51	Q	1,006.12	Q	774.05	
nov-19	Q	170.98	Q	287.65	Q	159.73	Q	1,733.07	Q	3,106.12	Q	1,234.73	Q	83.82	Q	34.63	Q	1,204.62	Q	835.77	
dic-19	Q	161.13	Q	270.77	Q	149.89	Q	1,626.17	Q	2,913.41	Q	1,157.95	Q	79.61	Q	33.22	Q	1,129.34	Q	784.57	
ene-20	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	Q	1,561.56	Q	10.51	Q	51.11	Q	79.11	Q	561.46	Q	192.52	
feb-20	Q	229.47	Q	219.67	Q	155.28	Q	1,456.15	Q	2,927.32	Q	602.41	Q	100.68	Q	117.48	Q	511.09	Q	823.97	
mar-20	Q	160.88	Q	239.27	Q	125.88	Q	1,735.68	Q	2,839.00	Q	1,392.85	Q	138.48	Q	116.08	Q	847.93	Q	909.31	
abr-20	Q	146.88	Q	88.08	Q	89.48	Q	702.71	Q	1,506.62	Q	286.87	Q	36.28	Q	30.68	Q	939.24	Q	398.87	
may-20	Q	112.66	Q	61.87	Q	78.34	Q	592.82	Q	676.56	Q	181.29	Q	26.17	Q	11.08	Q	460.60	Q	269.16	
jun-20	Q	133.26	Q	67.36	Q	79.71	Q	380.35	Q	1,249.48	Q	240.33	Q	27.55	Q	11.08	Q	576.65	Q	274.65	
jul-20	Q	133.26	Q	61.87	Q	78.34	Q	299.35	Q	1,073.20	Q	238.95	Q	28.92	Q	11.08	Q	569.32	Q	260.92	
ago-20	Q	114.99	Q	51.68	Q	85.36	Q	365.56	Q	933.52	Q	257.78	Q	23.39	Q	11.27	Q	477.44	Q	263.18	
sep-20	Q	125.76	Q	54.38	Q	84.01	Q	533.72	Q	812.28	Q	228.14	Q	22.04	Q	11.27	Q	529.40	Q	245.66	
oct-20	Q	147.32	Q	57.06	Q	61.11	Q	651.59	Q	862.79	Q	241.62	Q	28.78	Q	11.27	Q	548.16	Q	357.47	
nov-20	Q	130.79	Q	83.26	Q	11.27	Q	669.20	Q	1,004.67	Q	266.63	Q	28.93	Q	11.27	Q	584.33	Q	501.42	

Continuación anexo 1.

dirección		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / ALBERGUE AVENIDA PETAPA, UNIVERSITA / O		FACULTAD DE / LOCAL A AREA DE PREFABRICADOS / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12		/ LOCAL B AREA DE PREFABRICADOS / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12		DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / EDIF. M-6 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA . / EDIF. T-5 AVENIDA PETAPA, USAC / 0101		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE / CALUSAC AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITAR		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE / ESTADIO AVENIDA PETAPA, REVOLUCION / 01012 CIUDAD		UNIVERSIDAD DE SAN / NVA. INST. CAMPUS CENTRAL, EDITORIAL / 01012 CIUDAD UNIVERS	
mes	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD
ene-19	Q	85.22	Q	622.08	Q	210.65	Q	535.38	Q	332.33	Q	605.00	Q	13.72	Q	124.11	
feb-19	Q	268.64	Q	885.47	Q	600.16	Q	1,227.28	Q	941.98	Q	1,075.67	Q	20.63	Q	1,529.14	
mar-19	Q	375.12	Q	1,289.31	Q	674.59	Q	1,544.30	Q	1,767.58	Q	1,434.04	Q	16.74	Q	1,434.04	
abr-19	Q	327.07	Q	1,187.32	Q	655.29	Q	1,253.48	Q	1,593.92	Q	1,311.36	Q	24.53	Q	1,582.90	
may-19	Q	391.69	Q	788.89	Q	553.26	Q	1,200.18	Q	897.21	Q	1,604.14	Q	18.48	Q	944.05	
jun-19	Q	371.11	Q	1,105.05	Q	543.01	Q	1,241.16	Q	853.29	Q	1,902.72	Q	21.22	Q	1,434.36	
jul-19	Q	346.42	Q	860.62	Q	369.73	Q	1,127.00	Q	614.72	Q	1,630.48	Q	19.86	Q	1,318.73	
ago-19	Q	363.99	Q	998.25	Q	471.63	Q	1,203.03	Q	738.12	Q	1,793.45	Q	20.51	Q	1,398.08	
sep-19	Q	235.92	Q	492.59	Q	519.53	Q	681.23	Q	720.16	Q	806.99	Q	11.91	Q	364.73	
oct-19	Q	426.33	Q	1,178.28	Q	691.71	Q	1,326.51	Q	1,401.37	Q	1,467.23	Q	21.71	Q	1,317.52	
nov-19	Q	356.52	Q	1,291.94	Q	712.31	Q	1,243.76	Q	1,475.62	Q	1,433.47	Q	20.57	Q	1,502.72	
dic-19	Q	335.44	Q	1,212.15	Q	668.65	Q	1,166.98	Q	1,383.78	Q	1,344.64	Q	20.57	Q	1,409.37	
ene-20	Q	172.92	Q	10.51	Q	88.91	Q	398.33	Q	10.51	Q	577.93	Q	16.11	Q	10.51	
feb-20	Q	377.87	Q	1,009.60	Q	635.34	Q	1,455.73	Q	1,012.60	Q	1,504.86	Q	29.44	Q	807.61	
mar-20	Q	292.47	Q	1,482.68	Q	771.58	Q	1,461.71	Q	1,807.53	Q	1,566.51	Q	25.08	Q	1,514.12	
abr-20	Q	292.47	Q	456.27	Q	251.87	Q	794.04	Q	351.27	Q	843.44	Q	65.68	Q	356.87	
may-20	Q	248.56	Q	249.94	Q	160.71	Q	655.98	Q	170.32	Q	666.28	Q	41.27	Q	70.10	
jun-20	Q	260.92	Q	203.26	Q	173.06	Q	727.97	Q	178.55	Q	701.52	Q	15.20	Q	59.12	
jul-20	Q	278.77	Q	189.54	Q	170.32	Q	745.60	Q	192.28	Q	729.44	Q	19.31	Q	11.08	
ago-20	Q	253.75	Q	494.76	Q	178.30	Q	780.53	Q	225.46	Q	768.99	Q	19.35	Q	84.01	
sep-20	Q	199.86	Q	577.02	Q	163.49	Q	813.72	Q	202.55	Q	736.11	Q	20.70	Q	112.30	
oct-20	Q	217.37	Q	526.51	Q	170.23	Q	763.21	Q	211.98	Q	709.80	Q	18.20	Q	136.31	
nov-20	Q	225.88	Q	352.20	Q	191.92	Q	905.77	Q	235.39	Q	784.66	Q	19.60	Q	189.17	

dirección		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / EDIF. DE CIUDAD UNIVERSITARIA, VIGILANC		EDIF. T-1 (ARQUITECTURA- ING) / T-1 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Z		FACULTAD DE ARQUITECTURA / T-2 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona		CENTRO CULTURAL FAC. ING. / T-11 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zon		CENTRO DE INVESTIGACION / T-7 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona		EDITORIAL AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona		GARAGE BODEGA DE MANTENIMIENTO / M-9 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA	
mes	ORD	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11
ene-19	Q	383.50	Q	6,622.09	Q	11,468.71	Q	1,184.10	Q	6,388.33	Q	2,031.77	Q	3,062.83	
feb-19	Q	506.76	Q	9,877.60	Q	18,155.30	Q	1,330.03	Q	7,596.72	Q	2,524.87	Q	4,607.28	
mar-19	Q	545.22	Q	13,323.72	Q	22,087.43	Q	1,395.92	Q	9,698.72	Q	2,640.79	Q	5,020.60	
abr-19	Q	517.53	Q	11,595.77	Q	21,171.85	Q	1,466.81	Q	8,461.81	Q	2,592.55	Q	4,724.09	
may-19	Q	421.97	Q	10,665.21	Q	20,787.84	Q	1,558.39	Q	7,630.36	Q	2,639.96	Q	4,442.57	
jun-19	Q	468.36	Q	10,557.50	Q	20,452.92	Q	1,427.69	Q	7,717.34	Q	2,699.02	Q	5,042.83	
jul-19	Q	522.51	Q	10,644.48	Q	18,612.16	Q	1,457.44	Q	7,062.55	Q	2,625.01	Q	4,717.75	
ago-19	Q	503.81	Q	10,904.06	Q	19,774.26	Q	1,492.14	Q	7,409.62	Q	2,702.83	Q	4,978.43	
sep-19	Q	570.44	Q	6,885.96	Q	10,419.16	Q	1,969.32	Q	6,906.75	Q	2,924.41	Q	2,897.17	
oct-19	Q	515.04	Q	13,274.31	Q	23,059.51	Q	1,838.56	Q	9,572.58	Q	3,137.05	Q	5,162.60	
nov-19	Q	507.56	Q	13,916.97	Q	22,048.10	Q	1,658.09	Q	10,623.86	Q	3,624.25	Q	4,975.14	
dic-19	Q	475.94	Q	13,293.31	Q	20,978.94	Q	1,621.35	Q	10,151.66	Q	3,516.22	Q	4,761.31	
ene-20	Q	384.33	Q	4,335.48	Q	8,177.14	Q	954.79	Q	6,748.35	Q	1,868.53	Q	2,786.81	
feb-20	Q	535.84	Q	12,241.33	Q	21,478.79	Q	1,507.88	Q	9,615.27	Q	3,113.33	Q	4,992.30	
mar-20	Q	535.05	Q	14,869.36	Q	26,311.39	Q	1,623.37	Q	11,124.53	Q	3,294.51	Q	5,312.09	
abr-20	Q	417.07	Q	7,089.39	Q	12,094.92	Q	1,394.29	Q	6,212.61	Q	2,605.44	Q	2,836.04	
may-20	Q	347.40	Q	4,449.29	Q	8,292.12	Q	1,274.76	Q	4,685.84	Q	2,401.07	Q	2,264.85	
jun-20	Q	400.94	Q	4,358.86	Q	8,219.59	Q	1,091.05	Q	4,666.51	Q	2,397.62	Q	2,616.06	
jul-20	Q	370.74	Q	4,736.69	Q	8,669.64	Q	1,210.68	Q	4,415.30	Q	2,261.52	Q	2,675.48	
ago-20	Q	405.97	Q	4,635.72	Q	8,829.92	Q	1,056.62	Q	4,234.98	Q	2,271.57	Q	2,539.03	
sep-20	Q	353.43	Q	3,793.76	Q	8,443.86	Q	1,674.37	Q	3,939.14	Q	2,585.88	Q	2,703.36	
oct-20	Q	402.72	Q	4,439.93	Q	8,899.74	Q	1,086.95	Q	5,083.70	Q	2,205.13	Q	2,718.27	
nov-20	Q	415.88	Q	5,070.35	Q	9,517.75	Q	1,063.50	Q	5,086.27	Q	2,349.03	Q	2,665.01	

Continuación anexo 1.

		dirección												
		POZO FAC. DE VETERINARIA / M-9 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona	FAC. DE VETERINARIA / B AVENIDA PETAPA, EDIF. M-8 / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Z	EDIF. M-5 CC. PSICOLOGICAS / M-5 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zon	EDIF. S-6 FAC. CC. / S-6 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12	EDIF. S-1 ESC. HIST. TRAB. S / S-1 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Z	E.F.P.E.M USAC / 32-00 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12	EDIF. S-3 MEDI. CC / S-1 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12						
mes	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11						
ene-19	Q	4,744.91	Q	2,135.52	Q	4,193.80	Q	3,145.55	Q	4,314.21	Q	6,690.23	Q	3,343.86
feb-19	Q	4,160.46	Q	3,642.08	Q	8,613.54	Q	9,048.50	Q	14,831.78	Q	15,828.79	Q	7,762.29
mar-19	Q	6,960.64	Q	4,513.07	Q	9,854.10	Q	10,749.16	Q	16,748.66	Q	19,324.56	Q	9,400.61
abr-19	Q	6,267.14	Q	4,257.49	Q	9,142.25	Q	10,266.55	Q	13,914.26	Q	15,990.48	Q	8,282.42
may-19	Q	7,200.48	Q	4,751.34	Q	8,216.92	Q	10,204.69	Q	15,651.20	Q	16,231.36	Q	7,155.25
jun-19	Q	4,964.18	Q	4,751.34	Q	9,296.06	Q	10,421.82	Q	15,430.51	Q	17,449.05	Q	5,803.22
jul-19	Q	4,430.57	Q	3,323.08	Q	7,901.30	Q	9,193.77	Q	14,426.38	Q	18,044.28	Q	5,154.76
ago-19	Q	4,649.28	Q	4,028.21	Q	8,678.57	Q	9,940.26	Q	11,023.69	Q	15,101.85	Q	5,738.37
sep-19	Q	4,490.21	Q	3,631.21	Q	5,214.85	Q	8,936.36	Q	11,326.48	Q	13,917.79	Q	8,250.66
oct-19	Q	4,097.08	Q	4,665.84	Q	10,139.12	Q	12,205.41	Q	18,242.35	Q	19,331.55	Q	9,640.98
nov-19	Q	3,920.17	Q	4,537.75	Q	9,785.35	Q	11,150.93	Q	17,152.96	Q	17,691.12	Q	9,990.89
dic-19	Q	3,807.35	Q	4,368.47	Q	9,308.69	Q	10,616.36	Q	18,043.91	Q	18,582.07	Q	9,545.42
ene-20	Q	9,613.23	Q	1,504.05	Q	2,186.63	Q	3,738.22	Q	4,609.55	Q	7,971.98	Q	2,447.86
feb-20	Q	7,580.46	Q	4,046.96	Q	8,360.90	Q	11,195.60	Q	18,513.67	Q	18,922.12	Q	10,490.24
mar-20	Q	8,313.38	Q	4,798.77	Q	10,495.93	Q	12,653.05	Q	18,279.68	Q	18,666.75	Q	10,224.13
abr-20	Q	8,539.64	Q	2,801.21	Q	5,205.72	Q	6,852.05	Q	6,686.21	Q	8,768.98	Q	5,378.12
may-20	Q	8,181.68	Q	2,610.61	Q	3,469.16	Q	5,151.37	Q	6,444.14	Q	7,945.20	Q	3,760.04
jun-20	Q	4,732.07	Q	2,538.60	Q	3,594.34	Q	5,168.70	Q	6,925.60	Q	7,945.20	Q	3,472.32
jul-20	Q	4,873.67	Q	2,498.72	Q	4,283.62	Q	5,160.16	Q	7,285.85	Q	8,235.85	Q	3,420.09
ago-20	Q	3,349.83	Q	2,603.70	Q	4,000.05	Q	5,221.12	Q	7,082.71	Q	7,922.22	Q	3,898.98
sep-20	Q	3,057.95	Q	2,484.00	Q	4,139.78	Q	4,844.15	Q	7,135.25	Q	7,939.58	Q	3,443.91
oct-20	Q	3,184.97	Q	2,499.74	Q	4,138.37	Q	5,072.08	Q	7,502.62	Q	8,737.20	Q	3,461.51
nov-20	Q	2,538.96	Q	2,421.34	Q	3,896.13	Q	5,445.87	Q	7,685.93	Q	9,446.52	Q	3,575.23

		dirección												
		PISCINA UNIVERSITARIA USAC / T-2 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zon	EDIF. M-4 MEDICINA / M-4 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12	EDIF. LAB. AGRONOMIA / T.8 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12	EDIF. S-8 FAC. CC. / T-9 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12	EDIF. S-9 CC. ECONOMICAS / S-9 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona	EDIF. S-10 FAC. CC. / S-10 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zona 12	ASOCIACION DE EST. UNIVER. / T-11 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA-Zo						
mes	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11	G11						
ene-19	Q	1,343.97	Q	7,114.82	Q	8,832.97	Q	1,605.84	Q	5,267.01	Q	3,864.06	Q	1,890.48
feb-19	Q	2,078.68	Q	10,758.40	Q	13,929.35	Q	2,160.88	Q	6,599.30	Q	4,598.20	Q	1,900.96
mar-19	Q	2,814.73	Q	18,392.81	Q	16,567.01	Q	2,891.63	Q	7,676.56	Q	5,007.11	Q	1,999.80
abr-19	Q	2,698.92	Q	7,211.02	Q	16,173.52	Q	2,637.33	Q	6,777.55	Q	4,523.09	Q	1,690.30
may-19	Q	3,510.90	Q	11,959.79	Q	13,780.83	Q	2,635.55	Q	7,636.27	Q	3,763.17	Q	1,831.03
jun-19	Q	2,890.14	Q	14,395.17	Q	15,165.36	Q	2,921.96	Q	7,636.27	Q	3,889.40	Q	1,897.36
jul-19	Q	2,885.05	Q	12,481.65	Q	13,900.92	Q	2,294.41	Q	7,462.31	Q	5,115.40	Q	1,845.51
ago-19	Q	2,949.74	Q	13,693.16	Q	14,812.60	Q	2,608.99	Q	7,694.90	Q	4,623.28	Q	1,913.10
sep-19	Q	4,334.40	Q	7,137.50	Q	9,680.09	Q	1,381.52	Q	7,441.46	Q	4,082.90	Q	1,847.98
oct-19	Q	3,976.20	Q	12,502.09	Q	16,595.95	Q	2,268.37	Q	7,998.03	Q	5,606.22	Q	1,966.17
nov-19	Q	3,119.19	Q	12,040.09	Q	16,358.93	Q	2,333.59	Q	7,818.10	Q	5,847.03	Q	2,111.58
dic-19	Q	3,013.38	Q	11,505.51	Q	15,557.08	Q	2,262.31	Q	7,550.82	Q	5,649.91	Q	2,034.73
ene-20	Q	2,700.15	Q	5,186.09	Q	9,436.40	Q	1,253.54	Q	5,393.96	Q	2,600.07	Q	1,623.89
feb-20	Q	2,953.83	Q	12,523.32	Q	14,848.96	Q	2,169.29	Q	9,402.23	Q	6,265.62	Q	2,051.81
mar-20	Q	3,710.48	Q	13,415.96	Q	17,824.42	Q	2,395.19	Q	8,658.40	Q	6,118.99	Q	2,137.65
abr-20	Q	1,740.47	Q	7,151.31	Q	9,737.83	Q	1,669.94	Q	4,549.88	Q	3,427.39	Q	1,995.35
may-20	Q	3,389.34	Q	6,195.25	Q	7,649.11	Q	1,221.62	Q	3,545.09	Q	2,325.50	Q	1,778.39
jun-20	Q	2,722.14	Q	6,157.68	Q	7,486.16	Q	1,828.09	Q	4,242.03	Q	2,318.96	Q	1,706.53
jul-20	Q	1,671.53	Q	6,212.83	Q	7,631.22	Q	2,035.84	Q	3,887.96	Q	2,322.12	Q	1,662.47
ago-20	Q	2,647.24	Q	6,161.89	Q	7,843.56	Q	1,767.63	Q	3,812.33	Q	2,361.23	Q	1,745.80
sep-20	Q	2,590.62	Q	6,108.82	Q	7,282.92	Q	1,300.61	Q	4,198.10	Q	2,358.37	Q	1,623.93
oct-20	Q	2,882.67	Q	6,179.48	Q	7,248.28	Q	1,334.82	Q	4,074.92	Q	2,360.36	Q	1,462.69
nov-20	Q	2,129.92	Q	6,638.48	Q	7,694.18	Q	1,413.54	Q	4,426.69	Q	2,358.34	Q	1,519.11

Continuación anexo 1.

dirección		FACULTAD DE AGRONOMIA / M-9		CAMPUS DE CEDA / M-9 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA- Zona 12		EDIF. T-14 CEMA / M-9 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA- Zona 12		EDIFICIO 5-11 / B AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA- Zona 12		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUAT. / M-9 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA- Zona 12				
mes	G11	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD			
ene-19	Q	4,509.28	Q	1,915.93	Q	1,831.56	Q	4,951.76	Q	6,802.73	Q	28,563.06	Q	1,222.32
feb-19	Q	8,163.85	Q	2,837.15	Q	3,000.59	Q	9,012.06	Q	8,208.14	Q	28,232.51	Q	1,262.74
mar-19	Q	10,520.07	Q	4,399.51	Q	3,220.00	Q	9,515.43	Q	10,122.81	Q	31,708.66	Q	1,262.74
abr-19	Q	10,208.78	Q	3,838.45	Q	3,641.09	Q	9,664.87	Q	9,955.93	Q	29,208.77	Q	1,262.74
may-19	Q	10,619.00	Q	3,608.21	Q	2,891.94	Q	9,664.87	Q	11,193.36	Q	32,893.16	Q	1,262.74
jun-19	Q	11,065.35	Q	3,608.21	Q	1,996.57	Q	3,917.10	Q	11,193.36	Q	31,125.09	Q	1,262.74
jul-19	Q	10,141.81	Q	3,066.21	Q	1,438.19	Q	3,682.67	Q	10,430.03	Q	31,972.20	Q	1,262.74
ago-19	Q	10,802.47	Q	3,421.17	Q	1,672.36	Q	3,864.89	Q	10,975.76	Q	32,213.64	Q	1,292.92
sep-19	Q	7,405.16	Q	2,424.74	Q	1,250.33	Q	3,805.42	Q	7,572.24	Q	34,553.02	Q	1,282.81
oct-19	Q	12,522.78	Q	3,728.04	Q	1,634.52	Q	3,776.64	Q	10,715.57	Q	32,489.12	Q	1,280.29
nov-19	Q	11,545.14	Q	4,285.00	Q	1,860.51	Q	4,430.20	Q	11,702.53	Q	34,707.12	Q	1,340.20
ene-20	Q	10,984.95	Q	4,106.80	Q	1,828.21	Q	4,385.54	Q	11,078.86	Q	32,873.44	Q	1,340.20
ene-20	Q	3,078.52	Q	1,470.41	Q	2,360.15	Q	6,718.68	Q	7,374.39	Q	32,630.85	Q	1,285.05
feb-20	Q	11,333.73	Q	3,881.49	Q	2,752.09	Q	7,558.58	Q	10,587.96	Q	31,108.63	Q	1,531.97
mar-20	Q	13,513.81	Q	5,450.65	Q	2,656.73	Q	7,613.16	Q	11,565.46	Q	28,716.04	Q	1,528.62
abr-20	Q	7,052.08	Q	2,787.16	Q	2,014.08	Q	4,307.60	Q	10,003.54	Q	26,233.76	Q	1,528.62
may-20	Q	4,837.39	Q	2,156.50	Q	1,432.40	Q	3,436.87	Q	8,717.37	Q	19,510.03	Q	1,528.62
jun-20	Q	4,895.43	Q	2,596.61	Q	1,189.16	Q	2,384.22	Q	8,418.74	Q	22,585.81	Q	1,528.62
jul-20	Q	4,835.80	Q	2,031.74	Q	1,190.46	Q	2,384.22	Q	8,186.39	Q	16,763.20	Q	1,528.62
ago-20	Q	5,074.31	Q	2,287.81	Q	1,215.54	Q	2,425.54	Q	8,601.32	Q	22,164.80	Q	1,555.12
sep-20	Q	4,844.93	Q	2,077.78	Q	1,338.13	Q	2,550.76	Q	8,131.22	Q	22,908.16	Q	1,555.12
oct-20	Q	5,046.87	Q	2,234.76	Q	1,272.90	Q	2,425.54	Q	8,460.18	Q	18,085.05	Q	1,555.12
nov-20	Q	5,280.20	Q	2,171.75	Q	1,529.93	Q	2,609.52	Q	8,910.33	Q	23,166.51	Q	1,555.12

dirección		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS / M-3 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA- Zona 12		CARLOS DE GUAT.UNIV.DE SN. / S-9 Y S-10 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA- Zona 12		USAC. / T-9 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA- Zona 12		DIVISION DE DESARROLLO ACADEMICO- CALUSAC / CALUSAC AVENIDA PETAPA, 2 NIV. / 0101		UNIVERSIDAD SAN CARLOS / AULAS CAMPUS CENTRAL, PURAS / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA- Zona 12		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / POZO NORTE AVENIDA PETAPA, N.1 / 01012		
mes	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	
ene-19	Q	6,280.67	Q	4,025.15	Q	9,248.64	Q	7,687.95	Q	1,372.18	Q	11,825.62	Q	28,931.09
feb-19	Q	19,538.32	Q	10,759.45	Q	14,382.85	Q	10,874.54	Q	1,869.59	Q	14,878.81	Q	28,575.58
mar-19	Q	30,844.79	Q	13,499.38	Q	18,680.68	Q	14,055.89	Q	2,250.56	Q	18,296.77	Q	31,770.00
abr-19	Q	25,133.11	Q	11,781.20	Q	17,108.64	Q	12,602.52	Q	2,048.17	Q	16,121.16	Q	29,193.67
may-19	Q	25,545.64	Q	11,171.40	Q	17,512.78	Q	11,744.02	Q	2,432.47	Q	13,958.78	Q	33,026.57
jun-19	Q	30,787.08	Q	14,048.17	Q	21,912.97	Q	13,327.53	Q	2,317.28	Q	13,986.75	Q	32,924.23
jul-19	Q	27,351.76	Q	12,335.23	Q	19,388.00	Q	12,133.50	Q	2,242.35	Q	12,889.82	Q	32,163.33
ago-19	Q	27,993.20	Q	13,456.65	Q	20,569.35	Q	13,023.82	Q	2,363.76	Q	13,465.06	Q	33,296.47
sep-19	Q	15,681.77	Q	6,576.12	Q	8,360.17	Q	8,503.24	Q	1,822.76	Q	11,141.76	Q	33,649.06
oct-19	Q	30,029.81	Q	13,454.01	Q	19,873.65	Q	14,716.39	Q	2,363.68	Q	17,219.72	Q	28,369.92
nov-19	Q	27,676.80	Q	11,958.25	Q	19,156.32	Q	14,087.52	Q	2,185.64	Q	18,188.53	Q	35,136.29
ene-20	Q	26,340.37	Q	11,423.68	Q	18,148.42	Q	13,398.15	Q	2,105.44	Q	17,386.92	Q	33,284.81
ene-20	Q	5,972.92	Q	2,456.51	Q	10,030.69	Q	8,835.15	Q	954.91	Q	12,154.12	Q	32,504.79
feb-20	Q	19,478.27	Q	8,636.92	Q	18,403.71	Q	13,718.99	Q	2,108.29	Q	16,197.36	Q	31,385.28
mar-20	Q	24,256.30	Q	11,780.53	Q	19,616.43	Q	15,934.12	Q	2,283.71	Q	18,784.83	Q	31,075.54
abr-20	Q	9,511.59	Q	5,774.59	Q	12,039.44	Q	8,265.87	Q	1,660.59	Q	9,404.72	Q	32,312.90
may-20	Q	7,265.10	Q	3,877.00	Q	10,427.48	Q	6,670.13	Q	1,598.20	Q	6,658.01	Q	28,506.55
jun-20	Q	6,942.32	Q	3,842.68	Q	10,442.14	Q	6,635.15	Q	1,556.21	Q	6,103.71	Q	28,602.81
jul-20	Q	6,671.49	Q	3,769.84	Q	10,525.88	Q	6,602.80	Q	1,468.84	Q	6,176.24	Q	28,446.13
ago-20	Q	7,270.41	Q	3,837.75	Q	10,252.54	Q	6,846.86	Q	1,480.65	Q	6,297.82	Q	30,407.79
sep-20	Q	6,981.71	Q	3,836.92	Q	9,239.08	Q	6,702.63	Q	1,342.75	Q	5,753.31	Q	23,219.99
oct-20	Q	7,270.41	Q	3,977.68	Q	9,370.40	Q	6,994.70	Q	1,346.54	Q	6,210.34	Q	27,888.90
nov-20	Q	7,615.07	Q	4,543.69	Q	9,790.10	Q	7,096.66	Q	1,342.12	Q	7,240.25	Q	30,665.68

Continuación anexo 1.

dirección		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / FAUSAC CIUDAD UNIVERSITARIA / 01012 GUA		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / EDIF. T-12 AVENIDA PETAPA / 01012 CIUDAD		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / EDIFICIO DE RECTORIA / 01012 CIUDAD UNIVERSITARIA		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / AREA LECHE AVENIDA PETAPA, FMVZ / 01012		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / 31-8011 AVENIDA, USAC / 01012 GUATEMALA-12-Zona 12		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / 31-8011 AVENIDA / 01012 GUATEMALA-12-Zona 12		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / Y 31 CALLE 11 AVENIDA, 31-80 / 01012 CI	
mes	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD	ORD
ene-19	Q	3,601.68	Q	1,343.71	Q	20,061.85	Q	1,889.51	Q	11,964.65	Q	1,553.27	Q	2,888.53	Q
feb-19	Q	4,956.64	Q	1,973.61	Q	22,108.51	Q	2,027.40	Q	22,670.86	Q	4,214.90	Q	3,466.32	Q
mar-19	Q	5,636.51	Q	2,589.88	Q	24,318.32	Q	2,222.60	Q	26,864.03	Q	4,963.13	Q	3,833.20	Q
abr-19	Q	4,997.55	Q	2,739.44	Q	23,368.35	Q	2,117.06	Q	20,915.16	Q	5,322.69	Q	3,531.54	Q
may-19	Q	5,689.17	Q	2,900.45	Q	24,128.75	Q	2,551.90	Q	27,302.76	Q	3,932.35	Q	9,272.52	Q
jun-19	Q	5,622.32	Q	2,680.87	Q	23,596.74	Q	2,593.80	Q	27,302.76	Q	5,488.78	Q	3,439.95	Q
jul-19	Q	6,124.06	Q	2,331.72	Q	22,509.12	Q	2,573.27	Q	27,302.76	Q	4,379.00	Q	3,218.95	Q
ago-19	Q	5,132.68	Q	2,545.20	Q	23,158.70	Q	2,646.33	Q	28,250.15	Q	5,034.41	Q	3,295.72	Q
sep-19	Q	4,872.50	Q	1,063.68	Q	20,119.30	Q	2,338.37	Q	18,589.08	Q	1,418.16	Q	2,995.31	Q
oct-19	Q	6,084.00	Q	2,768.33	Q	24,657.29	Q	2,523.60	Q	27,625.02	Q	4,986.72	Q	3,652.48	Q
nov-19	Q	6,127.26	Q	2,481.60	Q	25,696.72	Q	2,577.53	Q	27,674.88	Q	5,148.38	Q	3,639.65	Q
dic-19	Q	6,394.55	Q	2,382.49	Q	26,445.48	Q	2,468.30	Q	29,234.04	Q	4,911.17	Q	3,639.65	Q
ene-20	Q	3,710.08	Q	1,126.24	Q	17,154.77	Q	2,208.58	Q	13,542.97	Q	1,813.50	Q	3,219.94	Q
feb-20	Q	5,497.97	Q	2,289.40	Q	24,000.63	Q	2,465.90	Q	26,852.02	Q	5,681.02	Q	4,145.06	Q
mar-20	Q	6,058.55	Q	2,689.79	Q	26,341.40	Q	2,694.92	Q	28,263.11	Q	6,516.13	Q	4,763.65	Q
abr-20	Q	4,716.16	Q	1,573.98	Q	21,921.57	Q	2,796.58	Q	18,277.80	Q	1,975.30	Q	3,505.56	Q
may-20	Q	4,043.84	Q	1,230.54	Q	19,803.03	Q	2,610.04	Q	17,772.66	Q	1,179.29	Q	3,627.23	Q
jun-20	Q	4,376.53	Q	1,255.79	Q	20,815.82	Q	2,742.68	Q	17,778.17	Q	2,016.44	Q	3,356.42	Q
jul-20	Q	4,837.93	Q	1,337.20	Q	22,938.56	Q	2,695.43	Q	17,772.66	Q	2,218.34	Q	3,492.06	Q
ago-20	Q	4,391.04	Q	1,435.75	Q	21,635.68	Q	3,053.52	Q	18,990.06	Q	1,981.00	Q	3,418.50	Q
sep-20	Q	4,356.39	Q	1,167.86	Q	21,877.60	Q	2,828.78	Q	20,217.08	Q	2,125.64	Q	3,402.20	Q
oct-20	Q	5,179.13	Q	1,095.98	Q	20,603.36	Q	2,734.75	Q	15,914.88	Q	1,955.47	Q	3,665.80	Q
nov-20	Q	4,738.36	Q	1,116.95	Q	20,267.79	Q	2,716.77	Q	20,389.58	Q	1,992.18	Q	3,404.89	Q

dirección		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / GARITA CAMPUS CENTRAL, RECTORIA / 01012		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / EDIF. T-10 CIUDAD UNIVERSITARIA / 01012		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / EDIFI. T-3 CIUDAD UNIVERSITARIA / 01012		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / EDIFICIO CIUDAD UNIVERSITARIA, RECTORIA		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA / KIOSKO AVENIDA PETAPA, ANEXO M-5 / 0101	
mes	ORD	GBTHD	GBTHD	GBTHD	GBTHD	GBTHD	GBTHD	GBTHD	GBTHD	GMTHD	GMTHD
ene-19	Q	-	Q	14,421.90	Q	16,206.12	Q	21,933.95	Q	-	Q
feb-19	Q	-	Q	41,170.21	Q	33,205.24	Q	31,638.42	Q	-	Q
mar-19	Q	1,684.36	Q	49,727.80	Q	41,945.55	Q	36,953.17	Q	-	Q
abr-19	Q	1,699.75	Q	39,511.42	Q	33,707.68	Q	32,302.76	Q	-	Q
may-19	Q	1,719.92	Q	51,503.18	Q	38,781.18	Q	38,789.31	Q	-	Q
jun-19	Q	1,545.52	Q	43,855.63	Q	39,361.12	Q	40,239.17	Q	-	Q
jul-19	Q	1,575.54	Q	42,540.55	Q	40,433.19	Q	39,948.17	Q	-	Q
ago-19	Q	1,583.76	Q	45,278.34	Q	32,743.30	Q	34,335.95	Q	-	Q
sep-19	Q	1,561.46	Q	31,846.08	Q	31,936.00	Q	31,324.72	Q	-	Q
oct-19	Q	1,581.01	Q	52,676.18	Q	42,532.21	Q	38,316.73	Q	-	Q
nov-19	Q	1,655.62	Q	47,269.63	Q	42,340.74	Q	35,307.81	Q	-	Q
dic-19	Q	1,653.39	Q	49,946.09	Q	44,719.81	Q	37,166.46	Q	300.00	Q
ene-20	Q	1,561.73	Q	17,250.79	Q	21,226.43	Q	24,399.91	Q	14.78	Q
feb-20	Q	1,884.37	Q	44,396.49	Q	40,965.55	Q	33,499.76	Q	16.30	Q
mar-20	Q	1,883.57	Q	47,096.07	Q	42,547.98	Q	36,420.79	Q	18.47	Q
abr-20	Q	1,871.99	Q	25,179.55	Q	21,648.60	Q	27,871.08	Q	14.65	Q
may-20	Q	1,857.09	Q	21,351.42	Q	17,801.86	Q	25,368.12	Q	12.37	Q
jun-20	Q	1,856.87	Q	20,444.27	Q	17,650.99	Q	25,666.40	Q	12.37	Q
jul-20	Q	1,858.23	Q	21,796.32	Q	19,304.92	Q	27,094.13	Q	12.37	Q
ago-20	Q	1,890.80	Q	21,139.22	Q	18,064.58	Q	27,649.09	Q	13.74	Q
sep-20	Q	1,892.27	Q	20,043.61	Q	17,686.86	Q	27,723.25	Q	12.58	Q
oct-20	Q	1,889.92	Q	20,656.56	Q	18,270.21	Q	28,233.23	Q	12.58	Q
nov-20	Q	1,889.14	Q	21,152.92	Q	18,467.23	Q	28,875.87	Q	12.58	Q

Fuente: Dirección general de administración (2021). *Contabilidad 2020-2021 de energía eléctrica del campus central.*