



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELÉCTRICA**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UNA EDIFICACIÓN MEDIANTE LA
HERRAMIENTA DE CÓDIGO ABIERTO OPENSTUDIO**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en
Sistemas Eléctricos de Potencia

Autores:

Chicaiza Rodríguez Jonathan Andrés

Vilcasana Bravo Byron Jefferson

Tutor Académico:

M.Sc. Guamán Cuenca Wilian Patricio

LITACUNGA – ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **CHICAIZA RODRÍGUEZ JONATHAN ANDRÉS** y **VILCASNA BRAVO BYRON JEFFERSON** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UNA EDIFICACIÓN MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE CÓDIGO ABIERTO OPENSTUDIO”, siendo el Ing. **GUAMÁN CUENCA WILIAN PATRICIO** el tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

.....
Chicaiza Rodríguez Jonathan Andrés
C.C. 0302224704

.....
Vilcasana Bravo Byron Jefferson
C.C. 0504452541




AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UNA EDIFICACIÓN MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE CÓDIGO ABIERTO OPENSTUDIO”, de **CHICAIZA RODRÍGUEZ JONATHAN ANDRÉS** y **VILCASANA BRAVO BYRON JEFFERSON**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, marzo 2022

El Tutor



.....
M.Sc. Guamán Cuenca Wilian Patricio
C.C. 0603578956



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

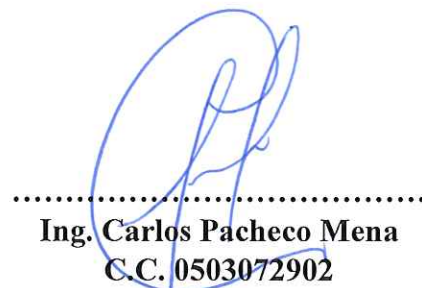
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes **CHICAIZA RODRÍGUEZ JONATHAN ANDRÉS** y **VILCASANA BRAVO BYRON JEFFERSON** con el título de Proyecto de titulación “**ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UNA EDIFICACIÓN MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE CÓDIGO ABIERTO OPENSTUDIO**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

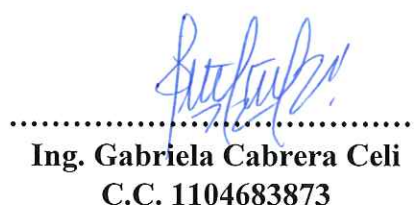
Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, marzo 2022

Para constancia firman:


.....
Ing. Gabriel Pesántez Palacios
C.C. 0301893889


.....
Ing. Carlos Pacheco Mena
C.C. 0503072902


.....
Ing. Gabriela Cabrera Celi
C.C. 1104683873

AGRADECIMIENTO

En el presente trabajo de investigación agradezco a Dios por ser guía y compañero en el camino de mi vida, dándome la paciencia y sabiduría para perseguir con éxito mis metas, a mis abuelitos que desde el cielo me cuidan y me protegen.

Agradezco a mis padres Abel y Piedad, a mi hermano Cristian, quienes han sido mi pilar fundamental, mi ejemplo a seguir, mi fortaleza y me han apoyado incondicionalmente a pesar de las dificultades e inconvenientes. A toda mi familia quienes me han arropado con su cariño y apoyo en todo momento.

Quiero agradecer de manera especial a nuestro tutor del proyecto de investigación M.Sc. Wilian Guamán quien nos guio en las investigaciones utilizando su experiencia, conocimiento, motivación y sobre todo por la exigencia para culminar de la mejor manera nuestro proyecto.

Agradezco a mi compañero de tesis Jefferson Vilcasana por su empeño y dedicación en esta ardua investigación. A todos los docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Carrera de Ingeniería Eléctrica, cuya sabiduría, conocimiento y apoyo me han inspirado a crecer personal y profesionalmente.

Jonathan Chicaiza.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen de Baños por su amor y bondad que no tiene fin, que cuando me caigo me ayudan a levantarme con más fuerza; con su ayuda me permiten sonreír ante todos mis logros.

Agradezco a mis padres José y Elsa por su apoyo moral brindado en los momentos difíciles, las oportunidades brindadas y ser el promotor de este gran sueño. A mis hermanos Jhonatan, Danny y Karina por brindarme ese cariño y esas palabras de aliento para continuar adelante durante esta etapa de vida.

A mis amigos de la facultad gracias por todos esos grandes momentos y experiencias vividas en mi etapa universitaria. A mi compañero de tesis Jonathan Chicaiza por la confianza brindada en mi para la realización del trabajo de titulación, gracias por sus enseñanzas y paciencia.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por acogerme en este largo recorrido, y a los docentes de la carrera de Ingeniería Eléctrica por haber compartido sus conocimientos.

Agradezco de manera especial al Ing. Wilian Guamán tutor de nuestro proyecto de investigación quien nos ha guiado y enseñado de la mejor manera posible, gracias por su paciencia y su rectitud como docente.

Jefferson Vilcasana.

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a mis abuelitos, quienes desde el cielo me guían y me fortalecen. A mi hermano Cristian, quien me ha brindado su apoyo, conocimiento y experiencia. A mis padres Abel y Piedad, quienes con su amor, dedicación y responsabilidad me han inspirado a cumplir mis metas y culminar mi carrera Universitaria.

A mis padres Abel y Piedad.

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a mi familia y hermanos, principalmente a mis padres por ser ese gran pilar fundamental en mi formación profesional. Mamá gracias por tu apoyo moral incondicional que me brindaste para seguir adelante. Papá gracias por brindarme esa confianza y recursos para lograrlo. Finalmente, a mi sobrino Jaden por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome ese cariño y amor.

A mis padres, hermanos y a mi familia.

RESUMEN

En este proyecto de investigación se realiza el análisis de la eficiencia energética en edificaciones mediante la herramienta de código abierto OpenStudio aplicando normativas como: ASHRAE 90.1-2016, Norma Ecuatoriana de Construcción (NEC) y ARCONEL 003/18.

En primera instancia, se realizó una investigación bibliográfica de normativas de eficiencia energética en edificaciones. Posteriormente se buscó información acerca de los planos arquitectónicos del edificio Matriz UTC, planillas de consumo de energía eléctrica mensual del año 2019 y se realizó el levantamiento de cargas eléctricas mediante una visita IN SITU. Luego, se planteó tres casos de estudio que consisten en simular el edificio en el software OpenStudio en condiciones actuales, inclusión de sistemas HVAC como calefacción, ventilación, servicio de agua caliente que ayuda con el confort térmico y la energía fotovoltaica para reducir costos de energía eléctrica. Además, se hace una comparación de la producción de energía fotovoltaica en MWh/año tanto en el software PVsyst y OpenStudio.

Finalmente, se obtienen resultados del caso base donde se compara el consumo de energía eléctrica mensual por planillas con los resultados de OpenStudio, en base a estos datos se valida el modelo mediante los coeficientes NMBE y CV(RMSE), con la inclusión de sistemas HVAC se presenta un incremento del 34,78 % en el consumo de energía eléctrica anual y por último se simula el modelo del sistema fotovoltaico en el software PVsyst generando 341 MWh/año, lo que sirve para satisfacer el incremento de la demanda generada por los sistemas HVAC.

Palabras Clave: Eficiencia energética, consumo eléctrico, sistemas HVAC, sistemas fotovoltaicos.

ABSTRACT

THEME:

“ENERGY ANALYSIS OF A BUILDING USING THE OPEN SOURCE TOOL OPENSTUDIO”

Authors:

Chicaiza Rodríguez Jonathan Andrés

Vilcasana Bravo Byron Jefferson

In this research project, the analysis of energy efficiency in buildings is carried out using the open source tool OpenStudio applying regulations such as: ASHRAE 90.1-2016, Ecuadorian Construction Standard (NEC) and ARCONEL 003/18.

In the first instance, a bibliographic research of energy efficiency regulations in buildings was carried out. Subsequently, information was sought about the architectural plans of the UTC Matriz building, monthly electricity consumption sheets for the year 2019 and a survey of electrical loads was carried out through an on-site visit. Then, three case studies were presented, consisting of simulating the building in OpenStudio software under current conditions, including HVAC systems such as heating, ventilation, hot water service that helps with thermal comfort and photovoltaic energy to reduce electricity costs. In addition, a comparison of photovoltaic energy production in MWh/year is made in both PVsyst and OpenStudio software.

Finally, results are obtained for the base case where the monthly electrical energy consumption is compared with the results of OpenStudio, based on these data the model is validated by NMBE and CV(RMSE) coefficients, with the inclusion of HVAC systems there is an increase of 34.68 % in the annual electrical energy consumption and finally the model of the photovoltaic system is simulated in the PVsyst software generating 341 MWh/year, which serves to meet the increased demand generated by the HVAC systems.

Keywords: Energy efficiency, electricity consumption, HVAC systems, photovoltaic systems.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UNA EDIFICACIÓN MEDIANTE LA HERRAMIENTA DE CÓDIGO ABIERTO OPENSTUDIO”** presentado por: **Chicaiza Rodríguez Jonathan Andrés y Vilcasana Bravo Byron Jefferson**, estudiante de la Carrera de **Ingeniería Eléctrica** perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 23 marzo del 2022

Atentamente,



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Marco Paúl Beltrán Semblantes

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CI: 0502666514

ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	INFORMACIÓN GENERAL	1
2.	INTRODUCCIÓN	2
2.1.	EL PROBLEMA.....	2
2.1.1.	Situación Problémica	2
2.1.2.	Formulación del problema	2
2.2.	OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN.....	2
2.3.	BENEFICIARIOS	3
2.3.1.	Beneficiarios directos	3
2.3.2.	Beneficiarios indirectos	3
2.4.	JUSTIFICACIÓN	3
2.5.	HIPÓTESIS	4
2.6.	OBJETIVOS	4
2.6.1.	General:.....	4
2.6.2.	Específicos:.....	4
2.7.	SISTEMA DE TAREAS	5
3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1.	ANTECEDENTES	6
3.2.	EFICIENCIA ENERGÉTICA	8
3.2.1.	Importancia del uso de la energía eléctrica.....	9
3.2.2.	Indicadores de eficiencia energética en los edificios.....	9
3.2.2.1	Índice de consumo eléctrico	10
3.2.2.2	Índices de Potencia eléctrica.....	10
3.2.2.3	Índices de eficiencia en equipos	10
3.2.3.	Opciones tecnologías para el ahorro energético en edificios públicos	10

3.2.4.	Envolvente de los edificios	10
3.3.	SOFTWARE DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA	11
3.3.1.	Software SketchUp Pro versión 2021	12
3.3.2.	Software OpenStudio versión 1.2.1	12
3.3.3.	Software EnergyPlus versión 9.6.0.....	13
3.3.4.	Software PVsyst versión 7.2.....	13
3.4.	SISTEMAS DE HVAC (VENTILACIÓN, CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO).....	14
3.4.1.	Componentes de los sistemas HVAC	15
3.5.	FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE.....	15
3.5.1.	Energía solar fotovoltaica	16
3.5.1.1	Radiación Solar.....	17
3.5.1.2	Posición del Sol – Tierra.....	19
3.5.1.3	Coordenadas solares	19
3.5.1.4	Hora solar pico.....	20
3.5.1.5	Estimacion de sombras sobre captadores solares	21
3.5.2.	Sistemas Fotovoltaicas.....	22
3.5.2.1	Componentes de un sistema conectado a la red.....	24
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
4.1.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	33
4.2.	MATERIALES E INSTRUMENTOS.....	33
4.2.1.	Normativas para eficiencia energética.....	33
4.2.2.	Validación de datos.....	34
4.2.2.	Caso base: Inclusión de condiciones actuales.....	35
4.2.2.1	Selección de la plantilla	35
4.2.2.2	Creación de espacios y superficies	36

4.2.2.3 Creación de sub superficies (puertas y ventanas)	37
4.2.2.4 Coincidencia de superficie.....	38
4.2.2.5 Transferencia de calor.....	39
4.2.2.6 Establecer atributos a espacios	40
4.2.2.7 Pestaña Sitio.....	42
4.2.2.8 Pestaña Horarios	47
4.2.2.9 Pestaña Construcción.....	49
4.2.2.10 Pestaña cargas	53
4.2.2.11 Pestaña tipos de espacio.....	57
4.2.2.12 Pestaña geometría	59
4.2.2.13 Pestaña espacios.....	59
4.2.2.14 Pestaña zonas termicas	60
4.2.3. Caso 1: Inclusión de sistemas HVAC.....	61
4.2.3.1 Pestaña horarios caso 1	61
4.2.3.2 Pestaña zonas termicas caso 1	62
4.2.3.3 Pestaña sistemas de HVAC	63
4.2.4. Caso 2: Inclusión de energía fotovoltaica.....	67
4.2.4.1 Lugar geográfico.....	67
4.2.4.2 Orientación e inclinación.....	69
4.2.4.3 Elementos de un sistema fotovoltaico	70
4.2.4.4 Sombreados cercanos.....	73
4.2.4.5 Producción de energía eléctrica	75
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	77
5.1. SIMULACIÓN DEL CASO BASE: INCLUSIÓN DE CONDICIONES ACTUALES ..	77
5.1.1. Validación de resultados del caso base.....	81
5.2. SIMULACIÓN DEL CASO 1: INCLUSIÓN DE HVAC	83

5.2.1. Validación de resultados del caso 1	89
5.3. SIMULACIÓN DEL CASO 2: INCLUSIÓN DE ENEGIAS RENOVABLES	91
5.3.1. Validación de resultados del caso 2.....	93
5.4. ANÁLISIS DE COSTOS	93
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1. CONCLUSIONES.....	99
6.2. RECOMENDACIONES.....	101
7. BIBLIOGRAFÍA	102
8. ANEXOS	104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1. Eficiencia energética	9
Figura 3. 2. Diagrama de flujos para la simulación energética de edificios.	12
Figura 3. 3. Componentes de carga HVAC.	14
Figura 3. 4. Elementos de una instalación fotovoltaica cerrada.	16
Figura 3. 5. Radiación extraterrestre o constante solar.	17
Figura 3. 6. Radiación solar, difusa, reflejada y directa hacia el receptor.	18
Figura 3. 7. Tipos de radiaciones solares producidas por el Sol	18
Figura 3. 8. Declinación de la Tierra, solsticio y equinoccio.	19
Figura 3. 9. Ángulos importantes del sol y captadores.	20
Figura 3. 10. Horas solares pico.	21
Figura 3. 11. Estimación de sombra obstaculizada por un objeto.	21
Figura 3. 12. Esquema de instalación de un sistema autónomo.	22
Figura 3. 13. Esquema de instalación de un sistema conectado a la red.	23
Figura 3. 14. Construcción de un panel fotovoltaico.	24
Figura 3. 15. Tipo de célula de silicio monocristalino.	25
Figura 3. 16. Tipo de célula de silicio policristalino.	26
Figura 3. 17. Tipo de célula de silicio amorfo o de capa fina	26
Figura 3. 18. Parámetros eléctricos de módulos fotovoltaicos.	27
Figura 3. 19. Cadena de conexión con un solo inversor.	29
Figura 3. 20. Inversor para cada cadena de conexión.	29
Figura 3. 21. Conexión de inversor para una planta multi-inversor.	30
Figura 3. 22. Parámetros eléctricos de funcionamiento en inversores.	31
Figura 4. 1. Diagrama de bloques de casos de estudio.	32
Figura 4. 2. Selección de la plantilla adecuada en SketchUp.	36
Figura 4. 3. Trazado de líneas para el área de cada espacio y creación del espacio.	36
Figura 4. 4. Herramienta creación de espacios de diagrama.	37
Figura 4. 5. Creación de puertas y ventanas en los espacios.	38
Figura 4. 6. Utilización del modo rayos X para poder saber que sub superficies atravesaron las paredes.	38
Figura 4. 7. Intercepción de superficies en todo el modelo.	39
Figura 4. 8. Aplicando condición de superficie.	40

Figura 4. 9. Resultados de superficie matching en el modelo.....	40
Figura 4. 10. Selección de atributos según el tipo de espacio.	41
Figura 4. 11. Modelado completo del edificio Matriz UTC.....	42
Figura 4. 12. Herramientas del programa OpenStudio.....	42
Figura 4. 13. Mapa de zonas climáticas del Ecuador.	45
Figura 4. 14. Pestaña de conjunto de horarios.....	48
Figura 4. 15. Pestaña de prioridades de creación de horarios.....	49
Figura 4. 16. Pestaña de construcciones asignadas en la plantilla inicial.....	52
Figura 4. 17. Asignación de materiales específicos de construcción.	53
Figura 4. 18. Valores de potencia nominal de luminarias por cada espacio.....	55
Figura 4. 19. Pestaña de cargas eléctricas y cargas térmicas.....	56
Figura 4. 20. Valor de cargas de persona por metro cuadrado.	57
Figura 4. 21. Pestaña General, tipo de construcción.	58
Figura 4. 22. Pestaña de cargas, tipo de construcción.	58
Figura 4. 23. Pestaña de geometría en 3D del edificio.....	59
Figura 4. 24. Pestaña de superficies y sub superficies creadas.....	60
Figura 4. 25. Pestaña de zonas térmicas.	60
Figura 4. 26. Horario del set point de los termostatos.....	61
Figura 4. 27. Horario de agua caliente.	62
Figura 4. 28. Espacios agregados con zonas térmicas.....	63
Figura 4. 29. Creación de un sistema HVAC Packaged Rooftop Heat Pump.....	64
Figura 4. 30. Plantilla de agua caliente.....	65
Figura 4. 31. Subsistemas de agua cliente.....	66
Figura 4. 32. Sistema general de HVAC y agua caliente.	67
Figura 4. 33. Coordenadas geográficas de la instalación fotovoltaica en el edificio Matriz UTC.	68
Figura 4. 34. Orientación e inclinación del sistema fotovoltaico en el edificio Matriz UTC...	69
Figura 4. 35. Modelado de sombreados de los edificios Matriz UTC.....	75
Figura 4. 36. Colocación de paneles solares 3D en el programa SketchUp.....	76
Figura 5. 1. Consumo de energía eléctrica por cada equipamiento.....	78
Figura 5. 2. Demanda pico del consumo de energía eléctrica mensual.....	79
Figura 5. 3. Comparación de ganancias y pérdidas de calor del caso base.	81
Figura 5. 4. Comparación del consumo eléctrico de planillas y simulación en OpenStudio. ..	82

Figura 5. 5. Comparación del costo de energía del caso base con el caso HVAC.	84
Figura 5. 6. Comparación de costos de agua del caso base y caso HVAC.	86
Figura 5. 7. Variación del consumo de energía eléctrica del caso base y caso HVAC.	87
Figura 5. 8. Pérdidas y ganancias de calor de la envolvente.	89
Figura 5. 9. Comparación de ganancias de calor del caso base y caso HVAC.	90
Figura 5. 10. Pérdidas de calor del caso base y caso HVAC.	91
Figura 5. 11. Variación de la producción de energía eléctrica a distintas inclinaciones.	92

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3. 1. Conexión de módulos fotovoltaicos.	24
Tabla 3. 2. Tipos de paneles solares, características y eficiencia.	27
Tabla 4. 1. Zonas climáticas del Ecuador	44
Tabla 4. 2. Referencia para zonificación climática en Ecuador.	44
Tabla 4. 3. Consumo mensual del servicio básico de energía eléctrica del año 2019.	46
Tabla 4. 4. Consumo mensual del servicio básico de agua del año 2019.	46
Tabla 4. 5. Horarios para cada tipo de espacio.	47
Tabla 4. 6. Valores de construcción para superficies exteriores.	50
Tabla 4. 7. Valores de construcción para superficies interiores.	50
Tabla 4. 8. Valores de construcción para superficies exteriores a tierra	51
Tabla 4. 9. Valores de construcción para sub superficies exteriores.	51
Tabla 4. 10. Valores de construcción para sub superficies interiores.	51
Tabla 4. 11. Definición del número de luminarias por cada tipo de espacio.	54
Tabla 4. 12. Definición del número de equipos eléctricos por cada tipo de espacio.	55
Tabla 4. 13. Densidad de ocupación de personas por espacio.	57
Tabla 4. 14. Data climatológica de Meteonorm 8.	68
Tabla 4. 15. Datos de la asociación fotovoltaica del bloque A.	73
Tabla 4. 16. Datos de la asociación fotovoltaica del bloque B.	73
Tabla 4. 17. Producción de energía eléctrica de los edificios Matriz UTC.	75
Tabla 5. 1. Consumo de energía eléctrica real en planillas 2019.	77
Tabla 5. 2. Consumo de energía eléctrica simulado en OpenStudio.	78
Tabla 5. 3. Ganancias de calor del caso base.	80
Tabla 5. 4. Pérdidas de calor del caso base.	80
Tabla 5. 5. Base de datos para la validación de resultados.	81
Tabla 5. 6. Consumo anual de electricidad.	83
Tabla 5. 7. Consumo de agua de OpenStudio.	84
Tabla 5. 8. Detalles del sistema de servicio de agua caliente.	85
Tabla 5. 9. Ganancias de calor en la envolvente.	88
Tabla 5. 10. Pérdidas de calor de la envolvente anualmente.	88
Tabla 5. 11. Horas no satisfechas.	90

Tabla 5. 12. Producción de energía eléctrica para distintas inclinaciones.	92
Tabla 5. 13. Capacidad de generación de la instalación fotovoltaica.....	93
Tabla 5. 14. Generación de energía eléctrica con energía renovable.	93
Tabla 5. 15. Costo de inversión inicial del sistema fotovoltaico.....	94
Tabla 5. 16. Energía producida, consumida, suministrada y valor ahorrado por energía producida.	95
Tabla 5. 17. Costos anuales de mantenimiento y seguro del sistema fotovoltaico.	96
Tabla 5. 18. Rentabilidad del proyecto fotovoltaico.	96
Tabla 5. 19. Costo de energía eléctrica a diferente inclinación.....	97
Tabla 5. 20. Análisis de rentabilidad a diferente inclinación.	98

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

Análisis Energético de una edificación Mediante la Herramienta de Código Abierto OpenStudio.

Fecha de inicio:

Lunes 22 de diciembre del 2021

Fecha de finalización:

Viernes 25 de marzo del 2022

Lugar de ejecución:

Latacunga

Facultad que auspicia:

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Eléctrica

Proyecto de investigación vinculado:

Desarrollo de sistemas para el abastecimiento y uso del servicio de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional.

Equipo de Trabajo:

Tutor: Guamán Cuenca Wilian Patricio,

Estudiantes: Chicaiza Rodríguez Jonathan Andrés,

Vilcasana Bravo Byron Jefferson.

Grupo de investigación: Sistemas Eléctricos de Potencia

Área de Conocimiento:

07 ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

Línea de investigación:

Energías Alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Conversión y uso racional de la energía eléctrica. (Se relaciona con la línea de energías y alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental)

Grupos temáticos

Eficiencia energética y desarrollo sostenible.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. EL PROBLEMA

2.1.1. Situación Problemática

A día de hoy la pobreza energética es una realidad y por tanto es un problema que concierne a todos los agentes energéticos de la sociedad, se ha pasado hace unos años atrás de construir grandes instalaciones fotovoltaicas o grandes parques eólicos a estudiar a pequeña escala las necesidades que se tiene, en definitiva, a hacer un modelo más eficiente energéticamente.

Actualmente en la mayoría de edificaciones no se aplican métodos de simulación energética para evaluar alternativas que permitan aumentar la eficiencia energética de las construcciones, para ello diversos organismos internacionales dedicados a la sustentabilidad tienen como propósito inmediato establecer políticas y programas para mejorar la eficiencia energética de edificios, señalando la posibilidad de que el sector de la edificación alcance en el mediano plazo la generación de la misma cantidad de energía como la que utiliza, lo que significa cero consumo neto de energía.

Por otra parte, los edificios públicos normalmente presentan recursos limitados, lo que ocasiona que se gaste más de lo necesario en el pago mensual o anual del consumo energético, debido a la mala distribución de cargas térmicas, eléctricas, sistemas de ventilación, etc. Cuando la alternativa más viable es la de implementar un estudio que permita identificar y corregir las deficiencias presentadas, de esta manera lograr un edificio totalmente sostenible energéticamente.

2.1.2. Formulación del problema

La determinación del consumo energético del edificio Matriz UTC, la inclusión de sistemas HVAC y energías renovables, que la universidad actualmente no lo dispone.

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

Objeto: Análisis Energético del Edificio Matriz Universidad Técnica de Cotopaxi ubicada en la ciudad de Latacunga.

Campo de Acción: Aplicación de la herramienta de código abierto OpenStudio, con su programa de complemento SketchUp y su motor de cálculo EnergyPlus con la finalidad de mejorar la eficiencia energética.

330000 ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 3306.99 Calidad de Energía

2.3. BENEFICIARIOS

2.3.1. Beneficiarios directos

Los principales beneficiarios de forma directa serían, la Universidad Técnica de Cotopaxi sede La Matriz, como institución superior a analizarse su eficiencia energética que presenta actualmente.

2.3.2. Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos serían los estudiantes, ingenieros, consultores e investigadores.

2.4. JUSTIFICACIÓN

El presente análisis energético se realiza por la necesidad fundamental de mejorar la eficiencia energética en el edificio matriz de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Además, esta investigación ayudara a mejorar el confort térmico, ya que la edificación no dispone de sistemas de calefacción y ventilación.

La investigación beneficiará a la institución y a las personas en general que se encuentren asociados directamente. El software OpenStudio brindará la facilidad de diseñar el edificio, con herramientas didácticas y adecuadas para así conocer cuánto es el consumo energético que demanda dicho edificio. En base al reporte que se genere se podrá realizar una comparación entre la línea base y los cambios que se realicen para favorecer el ahorro energético.

La provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga tiene un gran potencial de energía solar y eólica que se debería aprovechar, de acuerdo al atlas solar se tiene una generación de 6100 Wh/m²/día y de acuerdo al atlas eólico se tiene una generación de energía eléctrica de 30,87 GWh/año. Las energías renovables pueden ser una buena opción para ser aprovechadas para mejorar la eficiencia energética de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Las aplicaciones más comunes

para ahorrar en recursos no renovables podrían ser en los sistemas de calefacción y electricidad. Las soluciones pueden ser la energía solar fotovoltaica para producción de electricidad, por lo que se reduciría la dependencia energética y la contaminación del medio ambiente. Para la producción de energía para calefacción, existen varios tipos de tecnologías de uso renovable, como puede ser la aerotermia, donde se utilizan ciclos de refrigeración para extraer energía del aire y traspasarla al interior. Con el sistema de aerotermia no solo se podría obtener calor o frío en las estancias, sino también se podría obtener agua caliente sanitaria.

Por otro lado, es metodológicamente sólido, pues la propuesta de análisis presentada brindará una referencia para los consultores e ingenieros en el campo de eficiencia energética puesto que se busca mejorar las condiciones del edificio con un consumo mínimo energía.

Este proyecto forma parte del proyecto macro formativo titulado: “Desarrollo de sistemas eficientes para el abastecimiento y uso de energía eléctrica a nivel local, regional o nacional” de la carrera de electricidad de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.5. HIPÓTESIS

La implementación de sistemas HVAC mejorará el confort térmico y el uso de energías renovables reducirá el consumo energético del edificio Matriz UTC.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. General

Analizar la eficiencia energética del edificio matriz UTC mediante la aplicación de código abierto OpenStudio, para mejorar el confort térmico y reducir costos asociados al consumo de energía.

2.6.2. Específicos

- Levantar información constructiva de la situación actual de consumo energético del edificio matriz UTC.
- Modelar el consumo energético del edificio matriz UTC utilizando la herramienta de código abierto OpenStudio.
- Dimensionar un sistema fotovoltaico que sea capaz de satisfacer la demanda generada por el sistema HVAC.

2.7. SISTEMA DE TAREAS

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultados esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Levantar información constructiva de la situación actual de consumo energético del edificio matriz UTC.	Búsqueda información acerca de los planos arquitectónicos de la Universidad Técnica de Cotopaxi. Visita IN SITU para el levantamiento de cargas eléctricas en los diferentes espacios del edificio Matriz UTC.	Plano arquitectónico actualizado del edificio matriz UTC para fines de simulación energética. Base de datos de equipos de consumo energético del edificio Matriz UTC.	Información entregada por Dirección Administrativa de la UTC. Software AutoCAD Microsoft Excel
Modelar el consumo energético del edificio matriz UTC utilizando la herramienta de código abierto OpenStudio.	Interpretación y validación de los resultados del caso base. Modelamiento de cada zona térmica implementando sistemas HVAC y servicio de agua caliente.	Archivo ejecutable. rbz de OpenStudio del modelo del edificio Matriz UTC. Reporte de resultados del análisis energético del sistema HVAC en el edificio Matriz UTC.	OpenStudio SketchUp EnergyPlus Normativas Artículos científicos
Dimensionar un sistema fotovoltaico que sea capaz de satisfacer la demanda generada por el sistema HVAC.	Modelamiento del sistema fotovoltaico en PVsyst, en base a la potencia instalada de la edificación. Comparación de los resultados energéticos y económicos del sistema fotovoltaico y HVAC.	El programa se ejecutó correctamente y detallo su informe de la energía anual generada.	OpenStudio SketchUp EnergyPlus PVsyst Libros Páginas web Artículos científicos

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

En el año 2 010 el Laboratorio Nacional de Energías Renovables lanzo una versión nueva 0.1 de OpenStudio. Esta versión fue rediseñada como un kit de desarrollo de software con el objetivo de reducir tiempo y gastos de las nuevas aplicaciones de la modelización energética de edificios. Las versiones nuevas aumentaron la cobertura de capacidad de EnergyPlus, apoyaron el motor de análisis de iluminación natural, añadieron aplicaciones de ejemplos e introdujeron paradigmas de modelización energética de edificios. OpenStudio fue creado como un código abierto para facilitar el desarrollo de la comunidad, la extensión y la adopción por parte del sector privado [1].

El software SketchUp fue desarrollado por la compañía Last Software para arquitectura, mecánica, video juegos, entre otras aplicaciones. Esta compañía fue adquirida por Google en el año 2 006 para lanzar una versión de descarga gratuita de Google SketchUp. En el año 2 012 es vendida finalmente a Trimble, las dos compañías ayudarían a colaborar y mejorar el software SketchUp con sus complementos [1].

En el año 2 008 Peter Ellis investigador del Laboratorio de Energías Renovables creó lo que denominó el Plug-In de SketchUp de OpenStudio la cual es una herramienta de modelado en 3D que a los usuarios permita crear rápidamente la geometría necesaria para EnergyPlus [3].

EnergyPlus fue desarrollado por el Departamento de Energías de EE.UU. en el año 2 001, apoyado por la combinación del programa de análisis de cargas de edificios y termodinámica de sistemas [4].

Antiguamente BLAST y DOE-2 eran los softwares secuenciales más utilizados como simuladores de eficiencia energética, debido a la deficiencia de predicciones precisas de temperatura y otros parámetros para el cálculo de las cargas. La predicción de la temperatura es crucial para la evaluación del tamaño de los sistemas, el confort y la salud de los ocupantes; es por eso que fue desarrollado EnergyPlus apoyándose en las carencias que tenía los antiguos softwares [5].

EnergyPlus es un software muy utilizado por ingenieros, arquitectos e investigadores para modelar el consumo de energía eléctrica, consumo de agua, dispositivos de HVAC, iluminación, y cargas de dispositivos eléctricos y electrónicos.

La modelización energética de edificios tiene sus raíces desde el año 1960. La informática digital en esa década era muy evolucionada que era capaz de resolver ecuaciones diferenciales que representan la transferencia de calor exterior e interior de los edificios. El servicio postal de EE.UU. fue uno de los primeros organismos federales en realizar inversiones en programas que permitan evaluar el rendimiento térmico de los edificios. En los años 1997 y 1998 se creó un nuevo software que aprovecharía lo mejor de DOES-2 y BLAST. Este nuevo software se convertiría en el motor de simulación energética y se codificó desde cero dando a conocerse como EnergyPlus [2].

En el año 2010, el proyecto titulado “Estudio y Simulación de un Edificio con EnergyPlus, se realizó un estudio energético y la correspondiente simulación de un edificio mediante la herramienta de simulación Energy Plus. El edificio que se toma como ejemplo corresponde a uno de la facultad de Ingeniería Electrónica, Eléctrica y Automatización que se encuentra ubicada en la ciudad de Lleida. Para esta investigación propone los siguientes casos para dar solución; el primero modelar el edificio con las condiciones actuales, y las tres restantes que proponen es introducir un voladizo en la fachada sur del edificio, modificar los acristalamientos actuales de 4 mm por otros de doble cristal y por último una combinación de las dos mejoras anteriores [5].

El proyecto realizado por Roberto Balmore Galán Parras, realiza un estudio de demanda energética utilizando software y hardware libre en el edificio del campus central de la Universidad de El Salvador. Este campus presenta un gran consumo de energía eléctrica y lo cual se ve reflejado en las facturas mensuales del consumo eléctrico. Para dar posibles soluciones realizan el modelo de línea base y así proponer propuestas de ahorro energético como el cambiar de luminarias y sistemas eléctricos más eficientes, para analizar y ver si es posible la inversión económica y en cuanto tiempo se podría recuperar dicha inversión. Para validar los resultados obtenidos y que sean verídicos proponen la construcción de un medidor de energía prototipo implementando un medidor trifásico (TRM) de demanda usando el IC ADE7758 y la mini PC PCDUINO [1].

El proyecto titulado “Metodología para la Simulación Energética de un Edificio Terciario Empleando la Herramienta EnergyPlus”, realizó un estudio sobre la aplicación de EnergyPlus como herramienta de simulación energética para edificios con el objetivo de conocer las ventajas y desventajas que presenta esta aplicación. Para lograr estos objetivos han tomado como ejemplo el modelo geométrico y térmico de la residencia sanitaria Ronald McDonald’s;

el análisis de resultados del consumo eléctrico, ganancia de calor o caudales servirá para la comparación de dichos resultados con los que se obtiene con otros programas de simulación energética. Este investigador pretende dar a conocer si EnergyPlus presenta beneficios importantes con respecto a programas como LIDER o CALENER, como motor de cálculo de cargas térmicas [6].

En el escrito “Optimización de abastecimiento energético en parques empresariales por redes de distrito con cogeneración”, se basa en dos formas de suministrar energía requerida por un parque empresarial. La primera forma de suministrar energía es la generación distribuida en cada edificio y la otra es distribuyendo la misma a través de una red de distrito. Para esta investigación los autores se ayudarán con programas como SketchUp, OpenStudio y EnergyPlus para la simulación energética, logrando determinar que la mejor solución a este problema sería la generación distribuida por edificios en un parque empresarial [7].

Por otro lado, la investigación “Modelización energética de edificios con herramientas de simulación dinámica”, pretende realizar una caracterización de una parte del edificio mediante el uso de software o programas que permitan predecir el consumo de energía del edificio. Para llevar a cabo esta investigación el autor simulará el edificio con valores reales que se han podido hallar, y comparará con dos simulaciones realizadas a partir de las transmitancias térmicas y por edificios de consumo de energía casi nulo. La posible solución a esta investigación es reducir el consumo en el acristalamiento de las ventanas, en la fachada y en el uso de energías renovables [8].

Finalmente, el escrito “Análisis energético de una vivienda geodésica y autosuficiente ubicada en Jumilla”, analiza el comportamiento energético de una vivienda compuesta por dos domos divididos a través del simulador energético EnergyPlus. Lleva a cabo la metodología de este trabajo mediante la revisión del estado de arte del uso de domos en edificaciones, el uso de ventilación, enfriamiento pasivo y funcionamiento de sistemas de acondicionamiento. Para mejorar la eficiencia energética de la vivienda presenta propuestas como el color de acabado sea blanco, usar elementos de protección solar tipo cortina y sustitución de los vidrios [9].

3.2. EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética significa la cantidad de energía útil que se puede obtener de un equipo o sistema tecnológico. Además, se refiere a equipos tecnológicos que requieren menos cantidad de energía para cumplir su misma tarea sin afectar la comodidad. Para aprovechar al

máximo la energía de los equipos y mejorar la eficiencia energética de cada uno de ellos es adaptar tecnologías, procesos productivos u optar por el uso de energías renovables que ayudan a disminuir costos de consumo energético [1].

En la Figura 3.1 se muestra la eficiencia energética en edificios públicos implica lograr un nivel de producción o servicios, con requisitos establecidos por los usuarios, con gastos y consumos mínimos de energía, y reduciendo la contaminación ambiental del CO₂ [10].

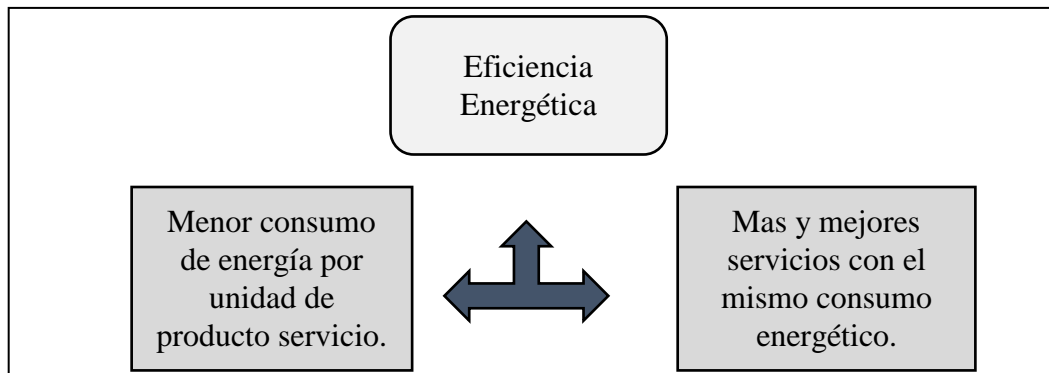


Figura 3. 1. Eficiencia energética [11].

3.2.1. Importancia del uso de la energía eléctrica

En edificios públicos dedicados a actividades educativas el uso de la energía eléctrica es utilizada durante un largo periodo en el transcurso del día como para la iluminación de espacio, acondicionamiento térmico, ascensores y equipos con cargas lineales y no lineales instaladas en diferentes lugares.

El uso de la energía eléctrica en edificios públicos está determinado por las características constructivas del edificio, la ubicación del edificio, los servicios energéticos que se presenten, el comportamiento de los ocupantes y el tipo de equipamiento tecnológico.

3.2.2. Indicadores de eficiencia energética en los edificios

Normalmente la eficiencia energética se evalúa a través de los indicadores de eficiencia energética, los cuales permiten medir que tan bien se utiliza la energía eléctrica para prestar un servicio [10].

Los índices energéticos son parámetros que permiten conocer la forma que se está utilizando la energía eléctrica para brindar servicios energéticos a un edificio. Además, posibilitan evaluar los consumos energéticos ante una base comparable [10]. Los indicadores de eficiencia

energética se utilizan en general como indicadores de eficiencia energética: los índices de consumo, los índices de potencia instalada, los índices de eficiencia y los índices económico-energéticos.

3.2.2.1 Índice de consumo eléctrico

El índice de consumo significa la cantidad de energía por servicio o unidad de producción, los cuales son medidos en términos físicos como productos o servicios prestados. Estos indicadores relacionan la energía con parámetros característicos de actividades que viene expresados en unidades físicas. En instituciones públicas como universidades se pueden determinar otros índices de consumo basados en la unidad de producción o costo de la institución, como puede ser kWh/\$ [10].

3.2.2.2 Índices de Potencia eléctrica

Generalmente los índices de potencia instalada se utilizan en la etapa del diseño de cualquier edificio, en el diagnóstico energético y para realizar análisis comparativos entre diferentes instalaciones. Estos índices vienen expresados en la potencia instalada por unidad de área, que puede ser la potencia total del sistema o separados por sistemas en W/m^2 [10].

3.2.2.3 Índices de eficiencia en equipos

Estos índices de eficiencia permiten conocer el comportamiento de equipos o sistemas integrados a edificaciones. Suelen ser expresadas de forma adimensional en fracción o en porcentaje, o por la relación de dos dimensiones de energía o potencia [10].

3.2.3. Opciones tecnologías para el ahorro energético en edificios públicos

Existe una gran variedad de medidas y oportunidades que se pueden aplicar para el consumo y costos energéticos en las edificaciones, tanto técnico en las que implica realizar remodelaciones y cambios tecnológicos de nuevas instalaciones de equipos y sistemas de alta eficiencia [10].

A continuación, se presenta un conjunto de oportunidades y medidas para los consumos y costos de consumo de energía en los edificios públicos.

3.2.4. Envoltente de los edificios

La envoltente de edificios se refiere a la infraestructura física como paredes, piso, techo, ventanas y puertas que se constituye en un cuerpo cerrado dentro del cual está el edificio y un ambiente de confort favorable para las actividades que desarrollen los ocupantes [10].

La orientación de un edificio es un punto muy importante a tomar en cuenta ya que es relacionada con su entorno natural como el aire, el sol, la topografía, el paisaje y la zona climática de ubicación. Esto ofrece oportunidades para la calefacción solar cuando se requiera, para evitar ganancia de calor solar durante el tiempo de refrigeración, ventilación natural e iluminación natural [12].

Las ventanas brindan fuente de luz natural, aire fresco y puro. En eficiencia energética el tamaño y ubicación de estas no se basan específicamente en las vistas o composición de la fachada del edificio, más bien esto afectaría a la eficiencia energética, el confort y a la calidad de aire interno en la edificación. Como recomendación o regla a tomarse en cuenta es colocar ventanas al máximo en la fachada del norte y sur, ya que pueden ser sombreadas fácilmente y proporcionan luz natural útil al edificio [12].

A continuación, se muestra los ahorros energéticos en edificios:

- Colocar dispositivos de sombra como aleros, prolongaciones de terraza, etc.
- Usar materiales de aislantes térmicos.
- En las cubiertas usar pinturas reflectivas.
- Minimizar la ocurrencia de puentes térmicos.
- En superficies exteriores de vidrio emplear películas épocas.

3.3. SOFTWARE DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA

La simulación o modelado energético de edificios consiste en el uso de software profesional para analizar edificios o instalaciones complejas para obtener los resultados de su consumo energético y el coste de los equipos de acondicionamiento térmico (como aire acondicionado, circuitos de agua caliente). A partir del diseño del edificio, la ubicación de las cargas térmicas y eléctricas y las condiciones climáticas externas como entrada, el programa predice unas salidas resultantes después de un año u otra cantidad de tiempo [13].

El modelado energético tendrá que hacer la modelización energética en cada etapa de la organización, diseño y creación o desempeño del inmueble, tal y como se especifica en los requisitos del plan del dueño usando la información obtenida de las piezas interesadas en el plan, que puede integrar de las piezas interesadas en el plan como la posibilidad de integrar al

equipo de diseño, a los constructores y a los operadores, los equipamientos de diseño, los constructores y los operadores [13].

En la actualidad los proyectos de eficiencia energética realizados en la Unión Europea han sido desarrollados en programas como CALENER O LIDER. También existe el software EnergyPlus con un plug-in adicional para el software de dibujo SketchUp conocido como OpenStudio. Estos softwares son considerados como herramientas potentes de simulación para estimar y modificar el consumo de energía en edificios [14].

En la Figura 3. 2 se muestra los softwares que se usará, el programa SketchUp permite crear, modelar y presentar todo tipo de modelos en tres dimensiones. Además, las herramientas que incluye este programa son suficientes para poder generar la geometría deseada en EnergyPlus. Por otro lado, OpenStudio, es un programa que permite crear el edificio e introduce una barra de herramientas adicional en la interfaz de SketchUp [8].

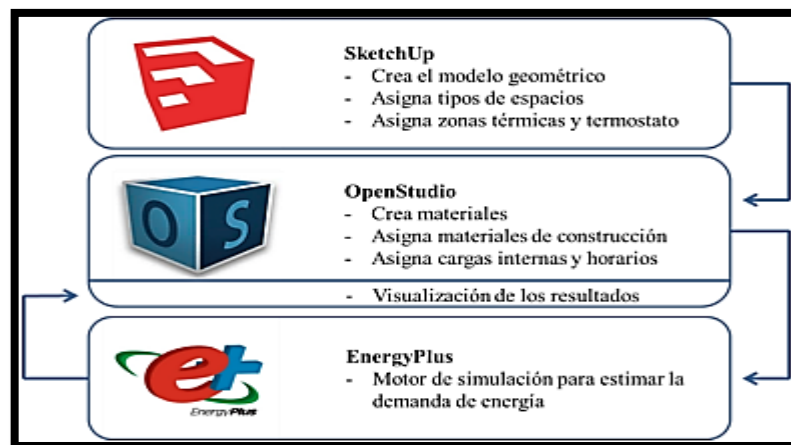


Figura 3. 2. Diagrama de flujos para la simulación energética de edificios [14].

3.3.1. Software SketchUp Pro versión 2021

El software de SketchUp permite el modelado en tres dimensiones con el objetivo de crear, presentar y modelar en tres dimensiones. Esta herramienta es utilizada para conceptualizar volúmenes, áreas y formas arquitectónicas de un espacio y subespacio. Fue diseñado para usarlo de forma intuitiva y flexible, y para que el aprendizaje del diseño tridimensional sea simple [8].

3.3.2. Software OpenStudio versión 1.2.1

OpenStudio es una herramienta que facilita la entrada de proyectos modelados proveniente del SketchUp al Energy Plus para apoyar la modelización energética de todo el edificio [14]. Y

están aptos para plataformas como Windows, Mac y Linux. Fue desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energías Renovables de EE.UU. y son accesibles a código abierto. Además, OpenStudio es un plugin adicional gratuito de SketchUp, ayudando de interfaz entre SketchUp Y EnergyPlus. Con este plugin adicional se aprovecha al máximo la capacidad de generar geometrías en el entorno grafico de SketchUp para así definir un modelo térmico de espacio, mediante la geometría y zonificaciones adecuadas y simplificadas [8].

3.3.3. Software EnergyPlus versión 9.6.0

Es un programa empleado tanto por arquitectos como por ingenieros para definir las necesidades energéticas de un edificio, optimizar el rendimiento de las instalaciones geométricas y, en definitiva, adaptar un edificio ya definido a las condiciones térmicas pedidas, de forma eficiente. Una de las características de trabajar con EnergyPlus, es que este no presenta en sí una interfaz de usuario, sus entradas y salidas son simple texto. Para poder realizar las simulaciones es necesario recurrir a interfaces gráficas secundarias como OpenStudio [6].

3.3.4. Software PVsyst versión 7.2

Es una herramienta que permite el estudio, la simulación y análisis de datos completa de los sistemas fotovoltaicos. Este software permite dimensionar el tamaño de las instalaciones teniendo en cuenta la radiación solar que recibiría en función de su ubicación gracias a su base de datos meteorológica, que permite su diseño en 3D y que tiene en cuenta la proyección de sombras gracias a la simulación del movimiento del sol durante el día.

Abarca dos variantes específicas de instalaciones, bombeo y conectado CC, además de los dos tipos principales conectado a red y aislado. Incluye gran cantidad de opciones y permite modificar e incluir todos los datos necesarios para un estudio en detalle. También proporciona el análisis económico usando costes reales de componentes, costes adicionales y las condiciones de inversión, en cualquier moneda. Es una herramienta de pago, pero que se puede obtener gratis durante un periodo de un mes para poder probarla y después si no se adquiere una licencia funcionará en modo demostración, con algunas limitaciones [15].

3.4. SISTEMAS DE HVAC (VENTILACIÓN, CALEFACCIÓN Y AIRE ACONDICIONADO)

Un sistema HVAC es un proceso de regulación de condiciones ambientales, los cuales permiten impedir que el aire se caliente o se enfríe demasiado, con el único fin de mantener espacios o áreas en un ambiente confortable del clima del sitio [16]. En la Figura 3. 3 se muestra el proceso de un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado.

HVAC significa un sistema de ventilación, calefacción y aire acondicionado (Heating, Ventilating and Air Conditioning). Se trata de un conjunto de métodos y técnicas que estudian y trabajan sobre el tratamiento del aire en cuanto a su enfriamiento, calentamiento, deshumidificación, calidad, movimiento, entre otras variables [17].

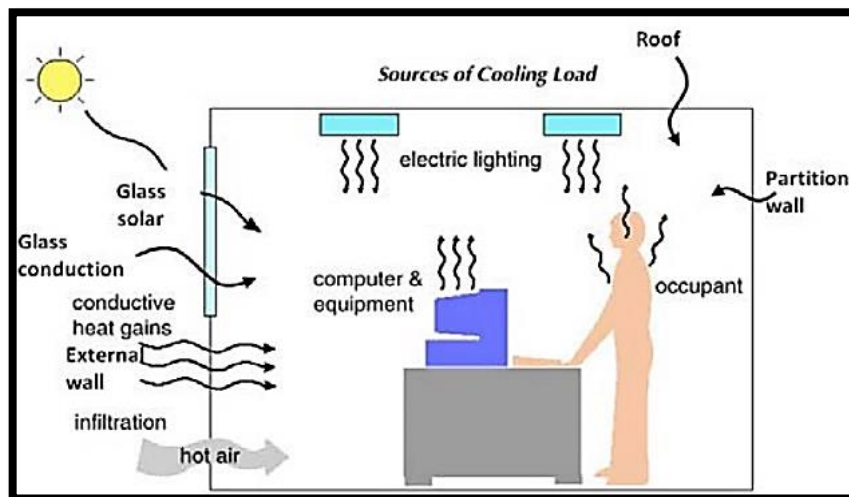


Figura 3. 3. Componentes de carga HVAC [12].

Los sistemas HVAC son usados con el propósito de brindar comodidades de temperatura, humedad de aire y calidad de aire, dependientemente de las condiciones climáticas que existan en zonas exteriores o adyacentes.

Existe dos categorías de cargas HVAC que son las internas y externas. Las cargas internas se dan cuando se libera el calor de las fuentes que producen calor como luces, equipos y ocupantes del edificio. En cambio, las cargas externas se deben a la ganancia de calor en un espacio acondicionado externo como la envoltura del edificio y la infiltración del aire libre [12].

Para reducir costos de consumo de estos equipos se puede disminuir las cargas internas, utilizando equipos de iluminación y sistemas de HVAC energéticamente eficientes sin reducir el confort [12].

Todos los sistemas HVAC necesitan alguna forma de control, así sea manual o automático. El control automático posibilita que los equipamientos o el sistema completo, trabaje de una manera estricta y confiable para dar bienestar, estabilidad, y un eficiente consumo de energía [18].

A continuación, se muestra las tareas de los HVAC:

- Calefacción.
- Enfriamiento.
- Deshumidificación.
- Humidificación.
- Ventilación Filtración de aire.

3.4.1. Componentes de los sistemas HVAC

Los dispositivos de control integran sensores, controladores y actuadores. Los sensores miden la variable controlada o monitoreada. La señal de salida del sensor es la de ingreso del controlador para el procesamiento. El controlador ayuda a verificar o determinar si alguna señal debe ser enviada a una estación de monitoreo o a un actuado. Los que manipulan los equipos con el fin de cumplir con el set-point diseñando una variable controlada son los actuadores.

Una opción son los termostatos, que son dispositivos que censan la temperatura del ambiente, combinando funciones de sensor y controlador, ya que es capaz de censar la temperatura ambiente que se está teniendo y es capaz de controlarlo haciendo de enfriar o calentar el espacio donde este ubicado. La configuración más simple de los termostatos normalmente es que contienen un solo interruptor de selección de modo [18].

3.5. FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE

Las energías renovables son recursos naturales propios de la naturaleza, debido a los problemas que producen las fuentes convencionales como la contaminación ambiental, se ha visto que se está optando por cambiarse de energías no renovables a energías renovables ya que

estas son inagotables debido a las características que tienen para producirse, el costo a largo plazo es más económico y no producen contaminación ambiental.

Las energías renovables poseen una enorme capacidad para regenerarse por medios naturales, a un ritmo bastante veloz y no se agotan por su uso [19]. Se obtiene de los flujos continuos o repetitivos de energía que se producen en el entorno natural y comprende tecnologías de baja emisión de carbono [20].

A continuación, se presentan los tipos de energías renovables:

- Energía solar.
- Energía eólica.
- Energía hidráulica.
- Energía de biomasa.
- Energía mareomotriz.

3.5.1. Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es una energía renovable que aprovecha los recursos propios de la naturaleza. Es una tecnología que genera corriente continua por medio de semiconductores cuando estos son iluminados por un haz de fotones. La potencia eléctrica se genera o se produce cuando la luz solar incide sobre las células solares, estas no necesitan ser cargadas como las baterías [21]. En la Figura 3. 4 se muestra los equipos y dispositivos para una instalación fotovoltaica autónoma para vivienda.

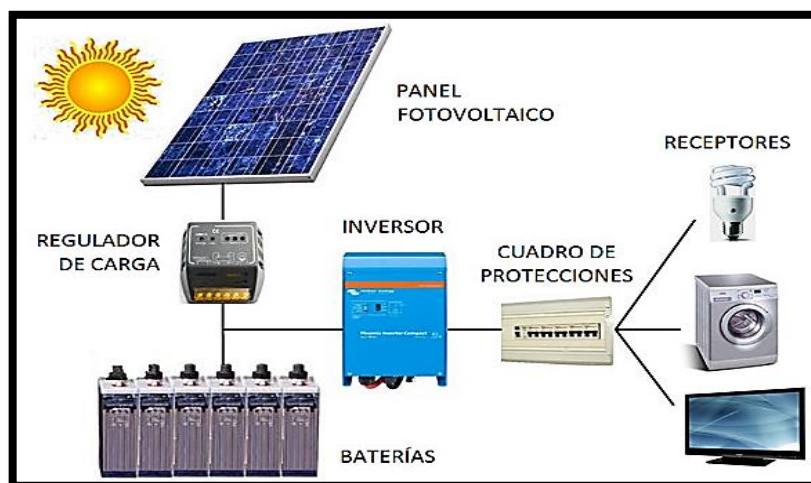


Figura 3. 4. Elementos de una instalación fotovoltaica cerrada [22].

La energía solar fotovoltaica presenta ventajas como desventajas y son opuestas a las fuentes de energía convencionales. La energía solar presenta mayores posibilidades de instalación debido a las condiciones y procedimientos que se requiere.

3.5.1.1 Radiación Solar

La radiación Solar es la energía que es transmitida sobre la superficie de la Tierra y varia con latitud geográfica, época de año y horas del día. Esta radiación solar fuera de la atmosfera puede ser considera como constante solar y su valor es de $\pm 1368 \text{ W/m}^2$ [23] como se muestra en la Figura 3. 5. La energía liberada por el Sol es de aproximadamente 1/3 interceptada por la atmosfera, y lo restante que vendría a ser el 70% cae en el mar [24] .

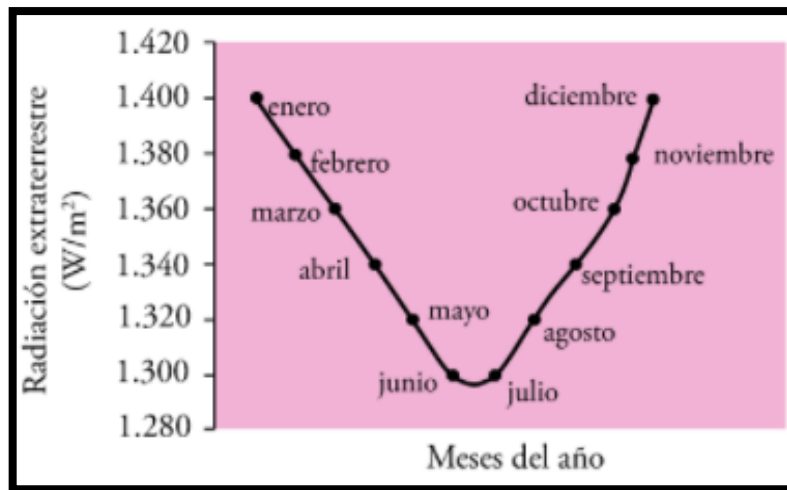


Figura 3. 5. Radiación extraterrestre o constante solar [25].

En función de cómo inciden los rayos solares se presentan tres tipos de componentes de radiaciones solares. En la Figura 3. 6 se observa los tipos de radiaciones incidentes hacia la Tierra provenientes del Sol, y en la Figura 3. 7 se especifica cada una de ellas.

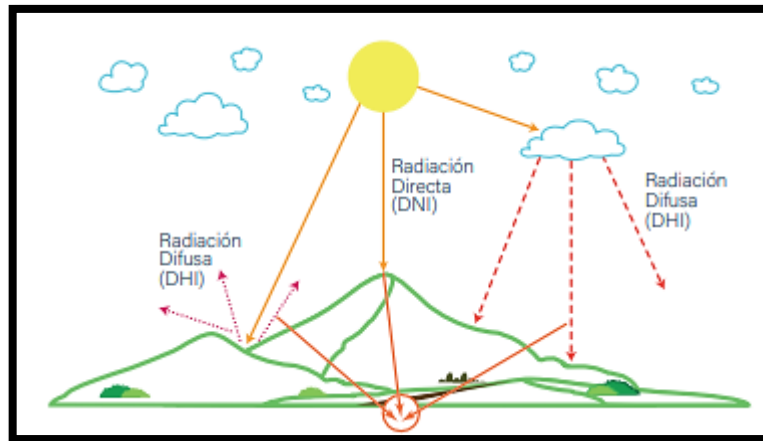


Figura 3. 6. Radiación solar, difusa, reflejada y directa al receptor [23].

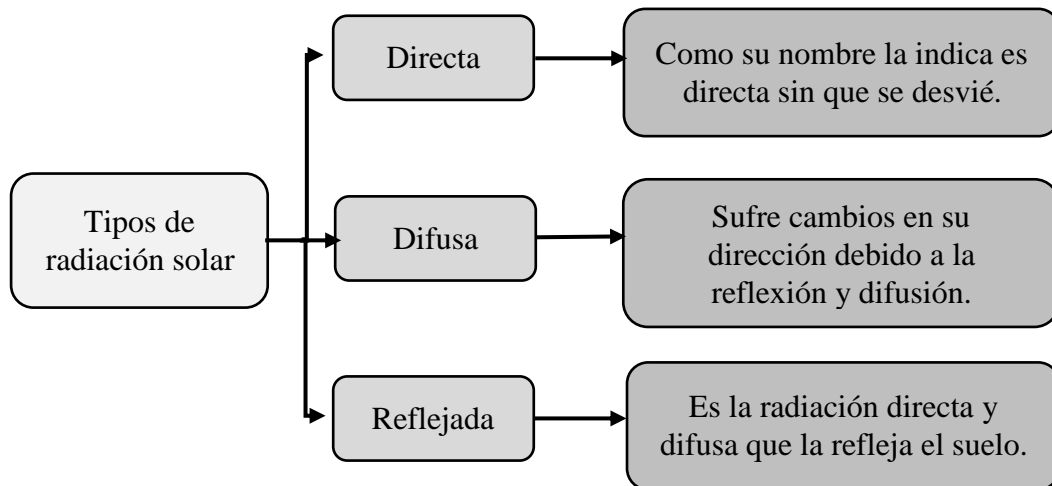


Figura 3. 7. Tipos de radiaciones solares producidas por el Sol [24]

Para cuantificar la cantidad de radiación solar transmitida hacia la Tierra se utilizan dos magnitudes:

a) Irradiancia incidente

Es la potencia o radiación solar incidente en un instante determinado sobre un metro cuadrado, se expresa en unidades de kW/m^2 [26].

b) Irradiancia solar

Cantidad de energía que se obtiene a través de la radiación sobre un periodo de tiempo que generalmente suele ser una hora o un día, se expresa en unidades de kWh/m^2 [26].

3.5.1.2 Posición del Sol – Tierra

La Tierra describe un movimiento de traslación alrededor del Sol que tiene una duración de 365 días como se muestra en la Figura 3. 8. La Tierra tiene un sentido de rotación directo, es decir, al contrario de las manecillas del reloj si se mira desde el polo norte. Además, la Tierra realiza un movimiento de rotación alrededor de un eje que pasa por los polos. El período de rotación es de aproximadamente 24 horas y determina la duración de los días y la alternancia del día y la noche [27]. El eje polar sobre el que gira la Tierra forma un ángulo con la perpendicular al plano de la órbita elíptica conocido como declinación solar y varía de -23,45 en la estación de invierno a 23,45 en la estación de verano [26].

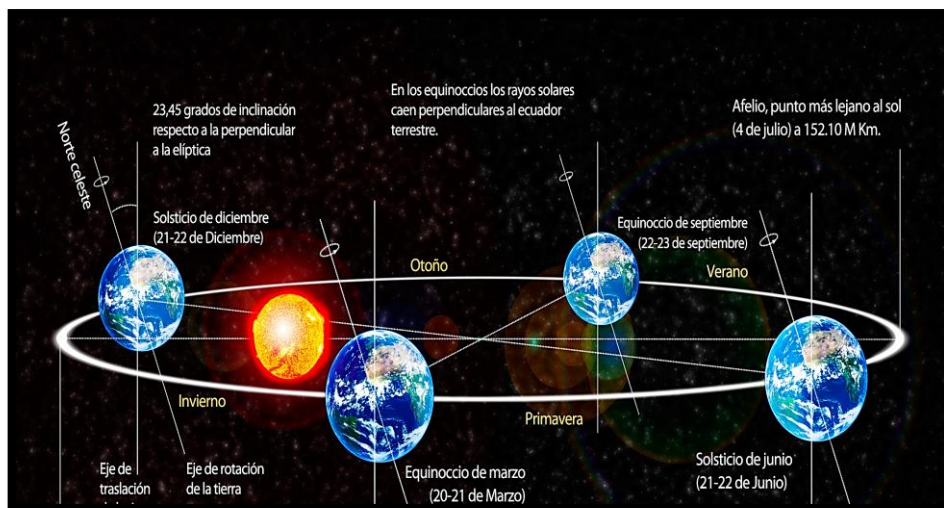


Figura 3. 8. Declinación de la Tierra, solsticio y equinoccio [26].

3.5.1.3 Coordenadas solares

Para una instalación fotovoltaica correcta es necesariamente conocer los ángulos más importantes de posición del sol y los captadores solares. A continuación, se muestra los ángulos más importantes para una instalación solar:

a) Acimut

El acimut es el ángulo que forma la proyección del sol sobre un plano horizontal dado y la dirección Sur. Este ángulo será cero cuando coincida con la orientación hacia el Norte, se consideran ángulos positivos los medidos hacia el Oeste y ángulos negativos los medidos hacia el Este [26].

b) Ángulo cenital

El ángulo cenital es el ángulo que forma la línea Sol-Tierra con la vertical del sitio.

c) Ángulo de inclinación

Es el ángulo formado por la superficie de los captadores y el plano horizontal

d) Altura solar

La recta del Sol-Tierra respecto al plano que contiene a la superficie del lugar forman un ángulo. Por tanto, la altura solar se obtiene al trazar un cuarto de una circunferencia entre el cenit y el punto de salida del Sol y pasando por el mismo [27]. En la Figura 3. 9 se describe la incidencia de cada uno de ellos sobre los captadores solares.

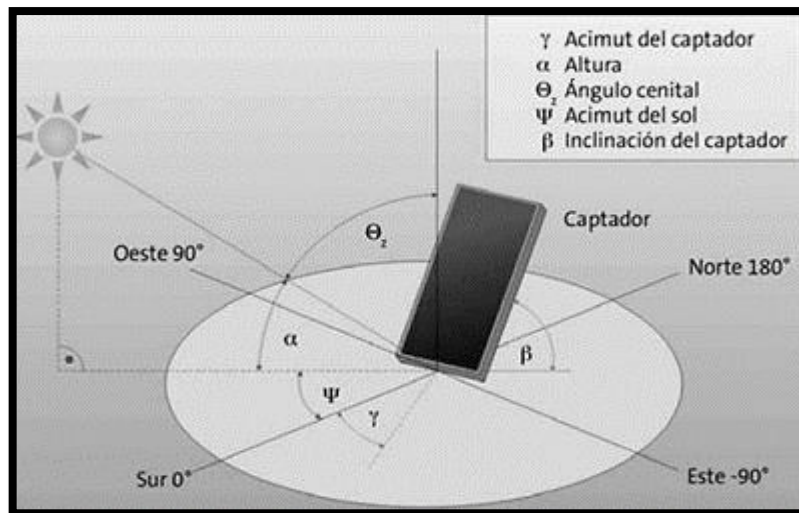


Figura 3. 9. Ángulos importantes del sol y captadores [27].

3.5.1.4 Hora solar pico

También llamada hora perfecta del sol, este término se emplea en aplicaciones de sistemas fotovoltaicos para conocer la cantidad específica de radiación solar aprovechada cuando el sol brilla al máximo, en condiciones que no exista nubes en un periodo determinado de horas. La hora solar pico se obtiene con la sumatoria de energía recibida en un día dividida para $1000\text{W}/\text{m}^2$ como se muestra en la Figura 3. 10 [26].

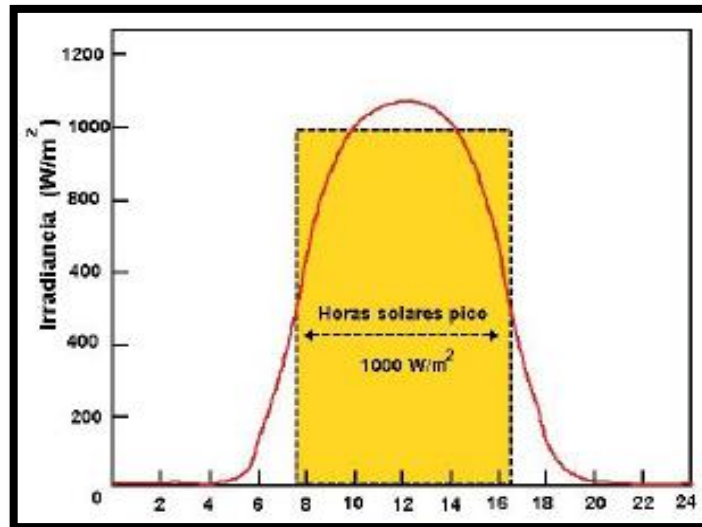


Figura 3. 10. Horas solares pico [26].

3.5.1.5 Estimacion de sombras sobre captadores solares

Para aprovechar al máximo un sistema fotovoltaico, se debe tener en consideración posibles sombras sobre los captadores. Existe inconvenientes cuando se instala varios grupos de módulos solares y una de ellas es la distancia mínima entre filas para que no se produzca sombra entre ellas, el efecto de sombras es muy evidente en condiciones climáticas del invierno ya que el recorrido del Sol es más bajo, por ello el cálculo de sombras se hace para las peores condiciones climáticas que es la de invierno [27]. En la Figura 3. 11 se muestra la incidencia de sombras u objetos sobre módulos fotovoltaicos.

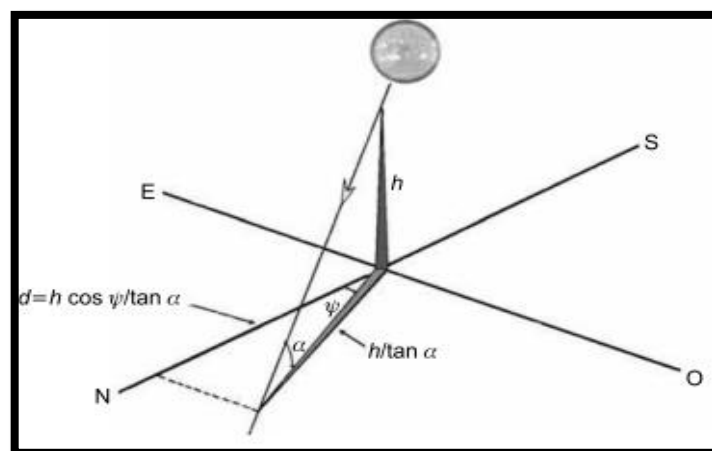


Figura 3. 11. Estimación de sombra obstaculizada por un objeto [27].

3.5.2. Sistemas Fotovoltaicas

Los sistemas fotovoltaicos son un conjunto de componentes eléctricos, electromecánicos y mecánicos construidos con un sistema que pueda captar la radiación del sol y así poderla transformar en energía eléctrica utilizable para cualquier tipo de demanda [26]. Existen distintos tipos de diseño y aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos y por lo general lo clasifican en dos grupos:

- Sistemas aislados.
- Sistemas conectados a la red.

a) Sistemas fotovoltaicos aislados

Los sistemas aislados, por el hecho de no estar conectados a la red eléctrica, comúnmente permanecen equipados con sistemas de acumulación de energía eléctrica producida como se muestra en la Figura 3. 12. La acumulación es elemental ya que los sistemas fotovoltaicos solamente pueden generar energía en las horas de la mañana [28]. Con los sistemas de acumulación se garantiza el consumo de corriente cuando la presencia radiación es insuficiente para generar electricidad como en la noche o días de invierno [29].

Este tipo de instalaciones son recomendables y alternativas en lugares o sitios donde no es viable la energía eléctrica por estar alejadas de la ciudad este tipo de instalaciones necesariamente deben estar compuestas por dispositivos de almacenamiento como las baterías u otros equipos para poder abastecer la demanda. Si dicha instalación no cuenta con dispositivos de almacenamiento no va a ser posible almacenar energía y se vería afectado al no ser posible abastecer la demanda energética que se produzca [29].

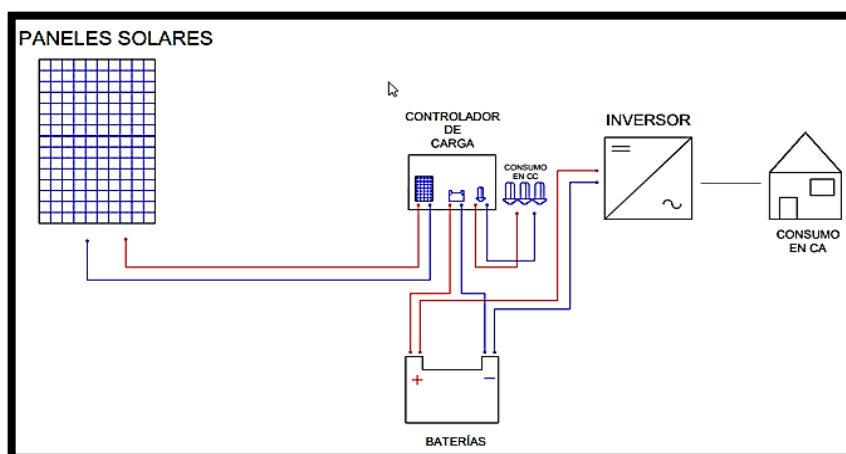


Figura 3. 12. Esquema de instalación de un sistema autónomo [29].

b) Sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Este tipo de sistemas conectados a la red se emplea en sectores donde existe la red pública de distribución eléctrica, en este caso el sistema fotovoltaico es conectado de manera directa a la red eléctrica, y para ello se debe cumplir o adaptar los valores de corriente, tensión y frecuencia de la red eléctrica que suministra el lugar como se muestra en la Figura 3. 13. Es aplicable para pequeñas instalaciones, medianas instalaciones, grandes instalaciones y centrales fotovoltaicas [26].

Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red, comúnmente no poseen sistemas de acumulación de energía, debido a que la energía producida a lo largo de las horas de insolación poca o nula, la carga viene alimentada por la red [28].

En este tipo de instalaciones el inversor cumple funciones importantes ya que es elemento principal de este tipo de instalaciones [29], y debe actuar en situaciones donde se puede dar en el suministro eléctrico como son:

- Diferencia de potencial fuera de rango.
- Corte de la energía.
- Desfase en la red.

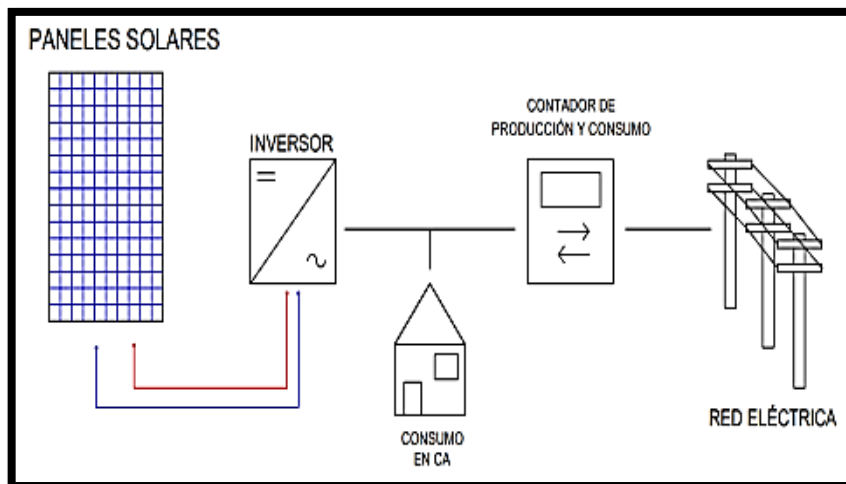


Figura 3. 13. Esquema de instalación de un sistema conectado a la red [29].

3.5.2.1 Componentes de un sistema conectado a la red

Un sistema fotovoltaico conectado a la red dispondrá de captadores solares, inversores C.C./C.A. y medidores de energía eléctrica. Estos sistemas no requieren el uso de acumuladores de energía ya que están conectados directamente a la red pública.

a) Paneles fotovoltaicos

El captador solar es el elemento más principal de una instalación fotovoltaica, está compuesta por un conjunto de células fotovoltaicas conectadas una tras otra con el fin de transformar la energía captada del Sol como se muestra en la Figura 3. 14. La tensión nominal al que puede estar suministrado un panel solar es de 12V, 24V y 48V [26].

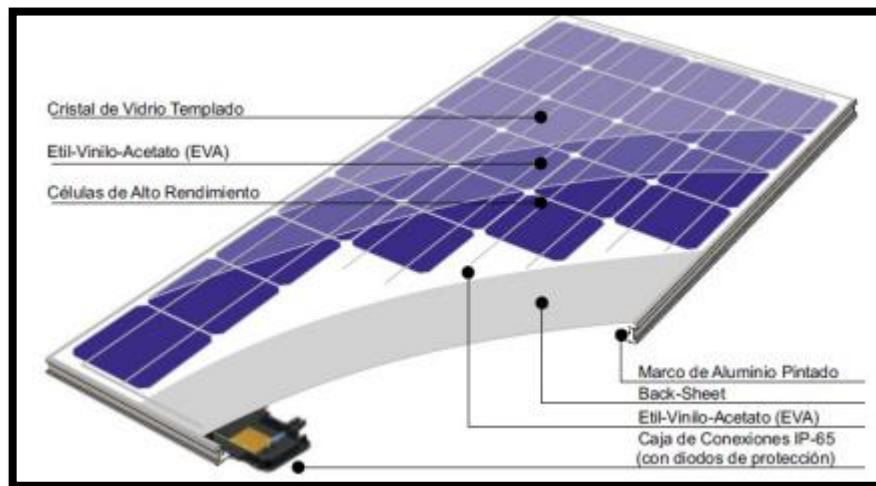


Figura 3. 14. Construcción de un panel fotovoltaico [30].

En la Tabla 3. 1 se presenta lo que sucede con la tensión y la intensidad al conectar paneles solares en serie y paralelo. Para determinar el número de módulos que hay que conectar en serie, se debe conocer la tensión nominal y la tensión de funcionamiento de los módulos.

Tabla 3. 1. Conexión de módulos fotovoltaicos.

Conexión	Voltaje	Corriente
Serie	Aumenta	Se mantiene
Paralelo	Se mantiene	Aumenta

A continuación, se muestra los tipos de células fotovoltaicas en paneles solares:

- **Silicio monocristalino**

Este tipo de paneles fueron los primeros en fabricarse desde el año 1954. Sus células de silicio monocristalino son células que están compuestas de silicio puro. Como indica su nombre, todo el volumen de la célula es único de cristal de silicio [31]. Posteriormente, se les someten a procesos de dopado con boro y fósforo y adquieren una forma cilíndrica una vez tratados. Finalmente, se les da forma cuadrada y se recortan o redondean sus esquinas como se muestra en la Figura 3. 15 [32].



Figura 3. 15. Tipo de célula de silicio monocristalino [32].

Los módulos solares con células de silicio monocristalino se utilizan en zonas climáticas frías, como puede ser en lugares que exista niebla o tormentas, este tipo de paneles absorben de mejor manera la radiación y soportan menos al sobrecalentamiento [29].

- **Silicio policristalino**

Su utilización empezó a darse en el siglo pasado de la década de los ochenta. El silicio policristalino no es más que silicio constituido por granos de silicio cristalino. Su fabricación es mediante las células de silicio que son sometidas a menos fases de cristalización que las monocristalinas por lo cual dan como resultante múltiples tipos de cristales. El proceso de dopado es como el del silicio monocristalino, y cambian en la sodificación en un molde perfectamente cuadrado y se los puede reconocer porque los distinguen en color azul o a veces en color grises metálico como se muestra en la Figura 3. 16 [32].

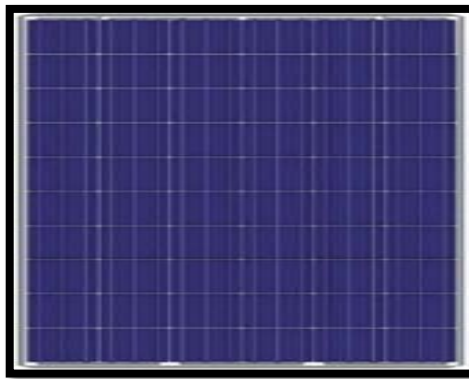


Figura 3. 16. Tipo de célula de silicio policristalino [32].

Los módulos solares con células de silicio policristalino se utilizan en ambientes húmedos calurosos, debido a que el calor capta con más facilidad y se ven afectados en menor cantidad el sobrecalentamiento [29].

- **Silicio amorfo o de capa fina**

Son los paneles solares más actuales y se fabrican con silicio sin cristalizar. Con la ayuda de este tipo de célula es posible fabricar paneles solares flexibles debido a la tecnología de capa delgada que ofrece, por su bajo costo de adquisición es muy utilizado en dispositivos de baja eficiencia como calculadoras o relojes solares. Se los puede reconocer por el color marrón que lo distingue y su rendimiento está por debajo del 10% con respecto a la radiación incidente sobre su superficie como se muestra en la Figura 3. 17 [32].

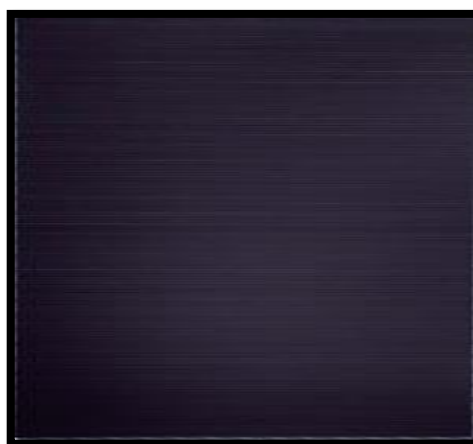


Figura 3. 17. Tipo de célula de silicio amorfo o de capa fina [32]

En la Tabla 3. 2 se diferencia características de los tipos de células solares:

Tabla 3. 2.Tipos de paneles solares, características y eficiencia [32] [29].

Tipos de células de paneles fotovoltaicos		
Tipo de célula	Características	Eficiencia
Monocrystalino	<ul style="list-style-type: none"> • Células de forma cuadrada con las esquinas recortadas y color azul homogéneo. • Larga vida útil. 	15% -18%
Policristalino	<ul style="list-style-type: none"> • Células de forma cuadrada y color azul en distintos tonos. • Menos vida útil que los de silicio monocrystalino 	12 % - 14%
Amorfo	<ul style="list-style-type: none"> • Células de forma cuadrada no definidas a simple vista y color marrón o gris oscuro homogéneo. • Vida útil más corta que las dos anteriores. 	6% - 9%

En la Figura 3. 18 se presenta los parámetros eléctricos de funcionamiento de un módulo fotovoltaico.

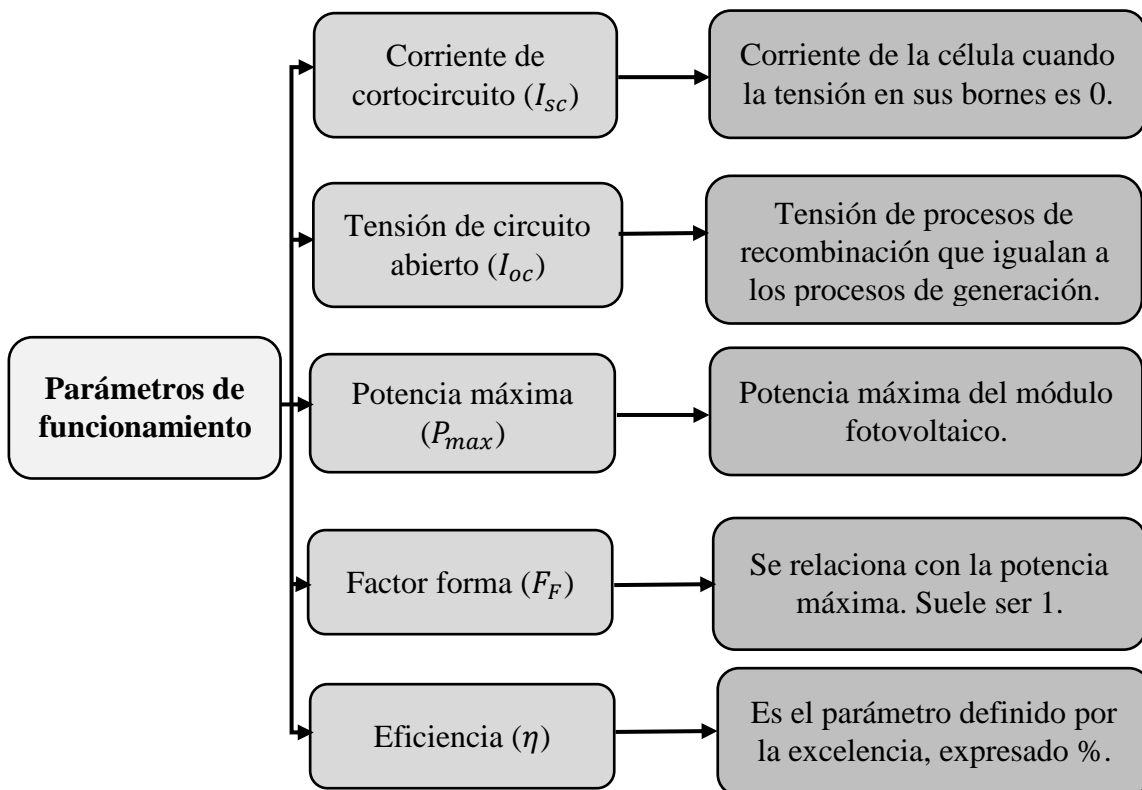


Figura 3. 18. Parámetros eléctricos de módulos fotovoltaicos [27].

b) Inversores conectados a la red

El inversor es el objeto esencial que es encargado de convertir la corriente continua (C.C.) a corriente alterna (C.A.) con valores de tensión y frecuencia requeridas, normalmente se convierte valores en corriente continua de 12, 24 y 48 Voltios a valores de corriente alterna de 110 o 220 V con frecuencias de 50 Hz o 60 Hz [26]. El inversor no tiene solo la capacidad de transformar la energía de C.C a C.A. sino que también manipula el voltaje y corriente de C.C. del sistema fotovoltaico con el fin de maximizar la energía generada por los paneles solares [29]. Al momento de seleccionar un inversor se debe tener en cuenta las siguientes especificaciones técnicas:

- ✓ Tensión nominal de entrada y salida.
- ✓ Frecuencia.
- ✓ Alta eficiencia.
- ✓ Auto consumo.
- ✓ Excelente regulación de valores.

Existe tres formas de conexión de cadenas de inversores que forman el campo solar de la planta fotovoltaica que son las siguientes:

- **Planta fotovoltaica con un solo inversor**

Esta conexión suele usarse para plantas pequeñas y con un módulo de las mismas características como se muestra en la Figura 3. 19. El usar un solo inversor presenta ventajas económicas como la reducción del costo inicial de instalación y los costes de mantenimiento. La desventaja que tiene el usar un solo inversor es provocar la parada de producción de todo el sistema. También esta conexión de cadenas no es una solución para aumentar el tamaño de la planta fotovoltaica, ya que esto conllevaría al aumento de problemas contra las sobre corrientes y los problemas de sombreados [33].

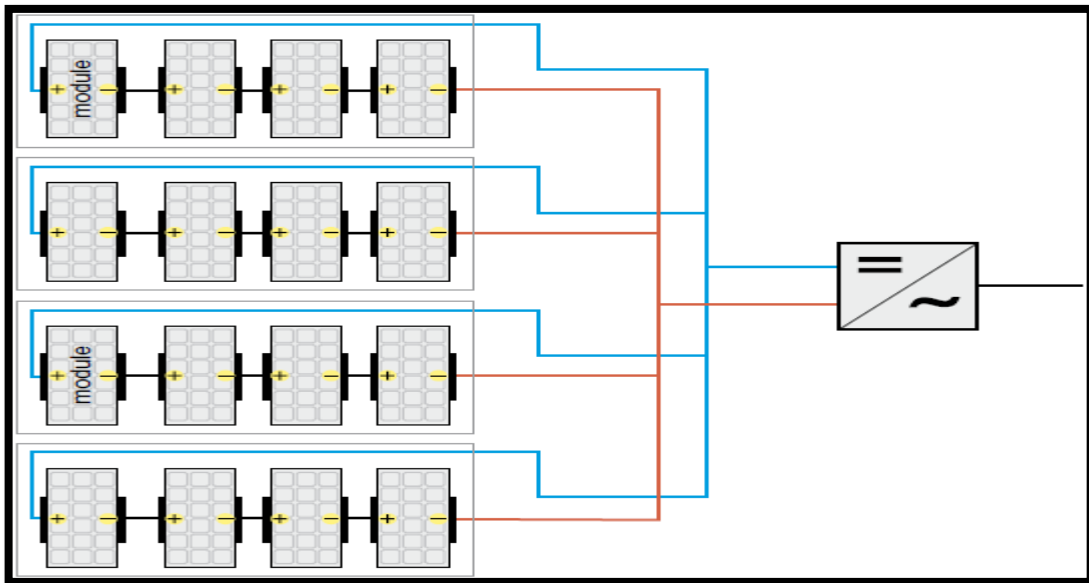


Figura 3. 19. Cadena de conexión con un solo inversor [33].

- **Planta fotovoltaica con un inversor para cada cadena**

Para esta conexión cada cadena está asociada directamente a su propio inversor, y funcionan de acuerdo a su propio punto de máxima potencia como se muestra en la Figura 3. 20. Limita problemas el hecho de tener un inversor para cada cadena como el acoplamiento entre módulos e inversores y disminuye el rendimiento producto de los sombreados. la ventaja que presenta esta conexión es el poder usar módulos con diferentes características técnicas, lo que ayuda a mejorar la eficiencia y la fiabilidad de la planta generadora [33].

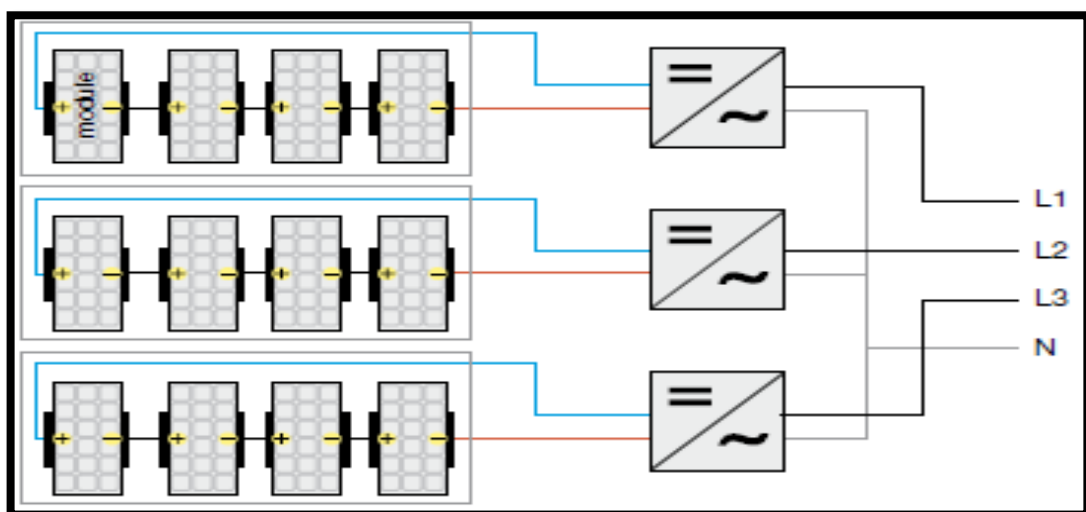


Figura 3. 20. Inversor para cada cadena de conexión [33].

- **Planta multi-inversor**

En sistemas de generación de gran tamaño, el sistema fotovoltaico suele estar dividido en subcampos y cada una de ellas son atendidas por un inversor propio como se muestra en la Figura 3. 21. La ventaja de esta conexión es la reducción de costos de inversión y mantenimiento. También se mantiene la reducción de problemas de sombreado, a la exposición diferente entre cadenas y también a los módulos entre sí. En caso de fallar un inversor no implica la pérdida de producción de toda la planta, sino que solo se perderá un solo subcampo [33].

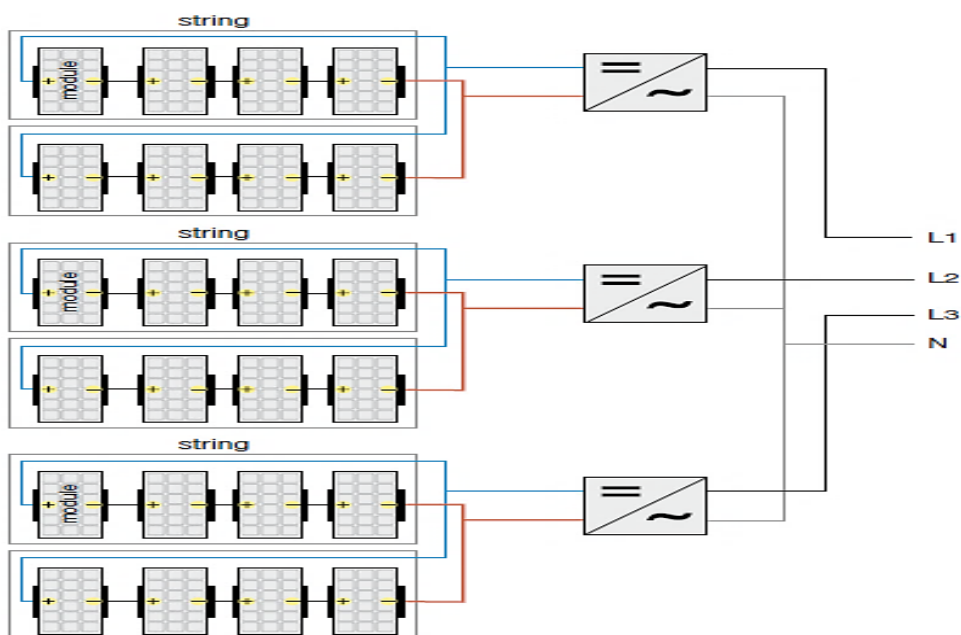


Figura 3. 21. Conexión de inversor para una planta multi-inversor [33].

En la Figura 3. 22 se muestra las características técnicas y eléctricas de funcionamiento de los inversores. Los parámetros de inversores son necesarios conocer al momento de adquirir para poder seleccionar el dispositivo de un buen rendimiento.

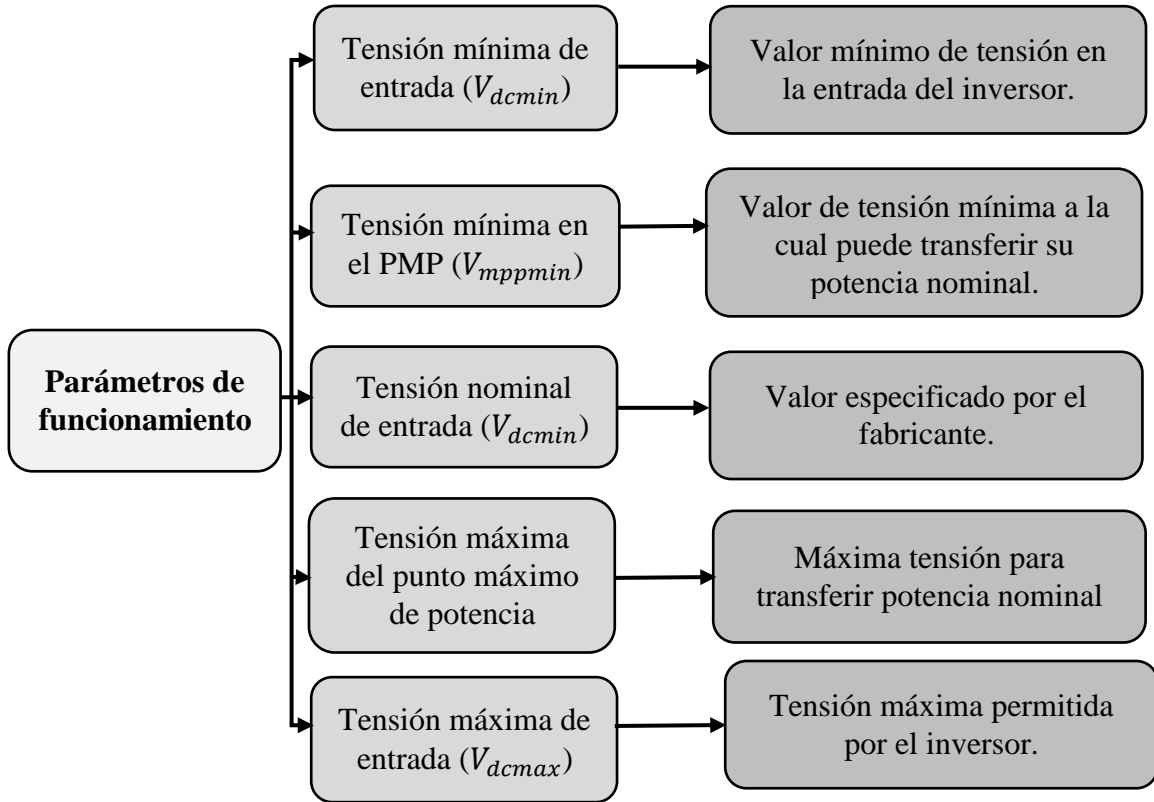


Figura 3. 22. Parámetros eléctricos de funcionamiento en inversores [34].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se revisa los métodos de investigación existentes para recabar información acerca de eficiencia energética en edificaciones. En primera instancia, en la sección 4.1. se describe las normativas utilizadas para eficiencia energética, introducción de fuentes de energías renovables y sistemas HVAC.

En la Figura 4. 1 se muestra el diagrama de bloques de la metodología a seguir para el desarrollo del proyecto de investigación. En la sección 4.2. se establece los materiales e instrumentos para los tres casos de estudio: el primero es el caso base en donde se modela el edificio Matriz UTC con las condiciones actuales presentes como son: materiales con el que fue construido, cargas eléctricas y horarios de ocupamiento de personas por día. En el siguiente caso 1 de estudio se añade sistemas HVAC para mejorar el confort térmico de las instalaciones del edificio. Por último, el caso 2 se dimensiona una central de generación fotovoltaica con una demanda de potencia pico que presenta las instalaciones de estudio, una vez dimensionada se cuantifica el número de módulos necesarios a insertar en el software SketchUp.

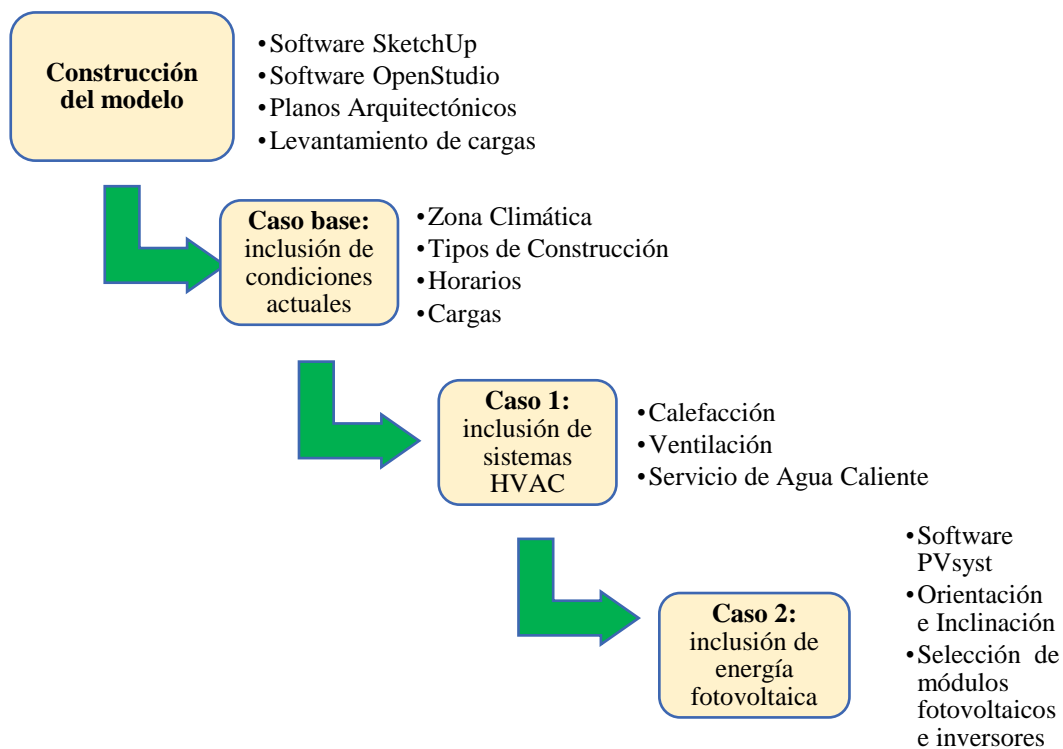


Figura 4. 1. Diagrama de bloques de casos de estudio.

4.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo de la investigación se basará en el método descriptivo que ayuda a la recolección de información de fuentes de bibliografía como libros, tesis, papers, artículos y normativas existentes y vigentes actualmente que se emplean para mejorar la eficiencia energética en edificaciones.

El método de investigación es imprescindible en este proyecto de investigación siendo fundamental su revisión bibliográfica con apoyo de documentación existente acerca del tema. Además, el método deductivo permite un estudio general global de las metodologías y procedimientos adecuados a llevar a cabo para obtener un informe completo acerca del consumo térmico, eléctrico y del agua en edificaciones.

4.2. MATERIALES E INSTRUMENTOS

En este apartado se detalla una explicación simplificada de la metodología a utilizar con las herramientas que se usaron para la simulación energética y el dimensionamiento del sistema de energía fotovoltaica. Los instrumentos que ayudaran a simular la eficiencia energética que tienen los edificios son el software SketchUp que permite dibujar y modelar la geometría de los edificios en 3D; el simulador OpenStudio servirá para el ingreso de variables como cargas eléctricas, térmicas, horarios y materiales de construcción; el software EnergyPlus ayudara a estimar la demanda de energía eléctrica que requiera las edificaciones; y por último el software PVsyst permitirá dimensionar un sistema fotovoltaico conectado a la red con módulos e inversores adecuados para la capacidad de generación requerida en los edificios de ambos bloques.

4.2.1. Normativas para eficiencia energética

Para el desarrollo del proyecto se utilizó diferentes normas técnicas las cuales han sido desarrolladas por organismos competentes aplicados a la eficiencia energética, energías renovables y sistemas HVAC. Además, las normativas ayudaran a la validación de datos e información investigada para la simulación.

a) Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC)

Esta normativa se desarrolló basándose en la metodología utilizada por ASHRAE, pero con datos nacionales proporcionados por el INAMHI. Tiene como propósito adaptar parámetros a la realidad ecuatoriana en cuanto a terminología, simbología, dimensionamiento y materiales,

con el fin de establecer parámetros referentes a Eficiencia Energética. La norma establece parámetros de zonas climáticas de Ecuador, tipos de construcción en edificaciones, envolvente de edificios y aislamiento térmico para superficies [35].

b) ANSI/ASHRAE/IES 90.1

La norma ASHRAE: Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado establece los requisitos mínimos para el diseño de edificios y sistemas de construcción energéticamente eficientes. Se aplica a todos los edificios, excepto a los edificios residenciales de baja altura (baja altura significa tres plantas habitables o menos). La norma está redactada en lenguaje de código de construcción y está destinada a ser adoptada por las jurisdicciones nacionales, estatales/provinciales y locales de código. La norma especifica las prácticas de diseño y las tecnologías razonables que minimizan el consumo de energía al tiempo que proporcionan un entorno cómodo y productivo para los ocupantes del edificio [36].

c) ASHRAE 14 - 2002

La norma ASHRAE 14 - 2002 ayuda a proporcionar la orientación sobre los niveles mínimos aceptables de rendimiento para determinar el ahorro de energía y la demanda. Tiene como objetivo proporcionar un conjunto detallado de datos de validación empírica de los resultados y este proyecto tendrá una validación duración de tres años [37].

d) Resolución Nro. ARCONEL - 003/18

La Regulación Nro. ARCONEL - 003/18: Marco normativo que establece la generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica tiene como establecer condiciones para el desarrollo, implementación de consumidores que cuenten con sistemas de micro generación fotovoltaica hasta aproximadamente 100kW de capacidad nominal instalada, ubicados en techos, superficies de viviendas o en edificaciones para la parte residencial y es aplicable para usuarios regulados. Su operación será en sincronismo con la red y su nivel de producción de energía eléctrica será auto consumida en sus propias instalaciones [38].

4.2.2. Validación de datos

Para la validación de resultados de error medio de sesgo (NMBE) se establece un error del 5% y para el coeficiente de variación del error cuadrático medio CV(RMSE) se establece un error del 15% para poder cuantificar cuanto es la desviación entre la medición de planillas y la simulación energética. A partir de la ecuación (4.1) y (4.2) se podrá calcular dicho error.

$$NMBE = \frac{1}{\bar{M}} * \frac{\sum_{i=1}^n (M_i - S_i)}{n} * 100 \quad (4.1)$$

$$CV(RMSE) = \frac{1}{\bar{M}} * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M_i - S_i)^2}{n}} * 100 \quad (4.2)$$

donde M , S , n y \bar{M} representan la medición, simulación, el número de datos y el promedio respectivamente.

4.2.2. Caso base: Inclusión de condiciones actuales

En el caso base se tomará información acerca de las condiciones actuales en las que se encuentran los edificios, como son: materiales de construcción para superficies (techos, suelos, paredes) y sub superficies (ventanas y puertas), cargas eléctricas (luminarias y equipos eléctricos), facturas del consumo mensual de energía eléctrica y facturas del consumo mensual de agua.

Para modelar una edificación es necesario contar con planos arquitectónicos, donde se especifique las dimensiones de cada espacio, los materiales de construcción de techos, puertas, ventanas y paredes.

A continuación, se muestra las herramientas necesarias de SketchUp utilizadas para modelar el edificio de la Matriz UTC en 3D.

4.2.2.1 Selección de la plantilla

En el caso del edificio Matriz UTC por la actividad de las personas, la construcción de paredes exteriores e interiores, equipos o dispositivos electrónicos y luminarias se puede utilizar la plantilla Secondary School (Escuela Secundaria). Esta plantilla ayudara a disminuir el trabajo debido a que ya vendrá incluido algunos parámetros que se relacionan directamente a la realidad, pero no significa que el edificio se comporte como tal. El modelo del edificio podrá ser debidamente editado en OpenStudio, creando nuevos horarios, tipo de construcciones, HVAC, etc.

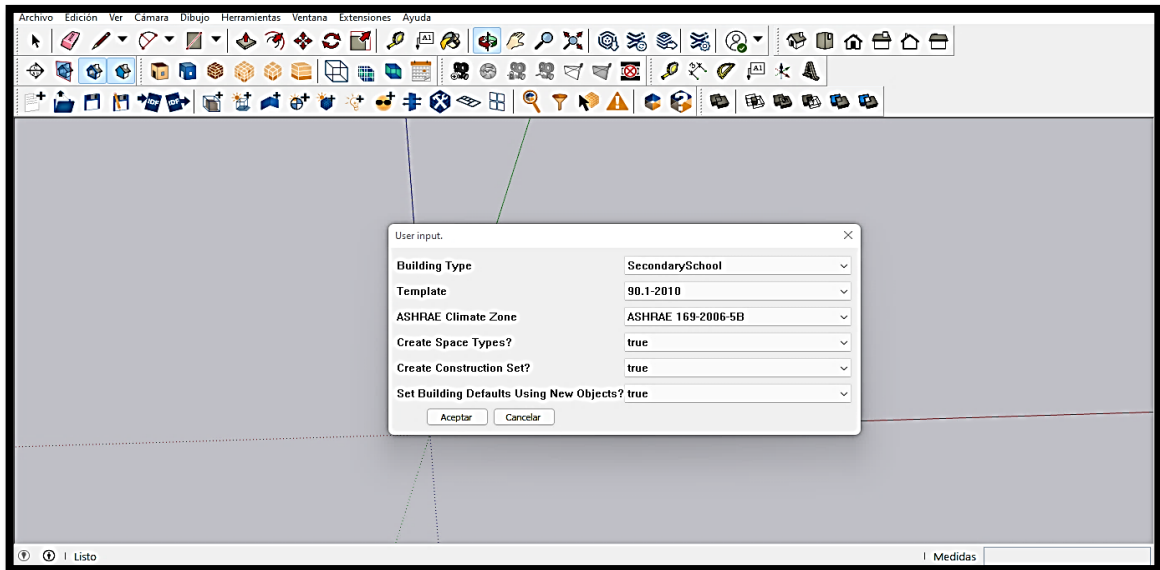


Figura 4. 2. Selección de la plantilla adecuada en SketchUp.

Para seleccionar la plantilla se debe dar clic sobre el icono new OpenStudio, lo que hará es abrir una plantilla nueva en este caso Secondary School, pero no creará ningún modelado en 3D, ver la Figura 4. 2.

4.2.2.2 Creación de espacios y superficies

Como primer paso a modelar el edificio es identificar las medidas correctas de la geometría de las edificaciones, luego con la ayuda del software SketchUp se dibujará cada uno de los espacios requeridos, ver Figura 4. 3.

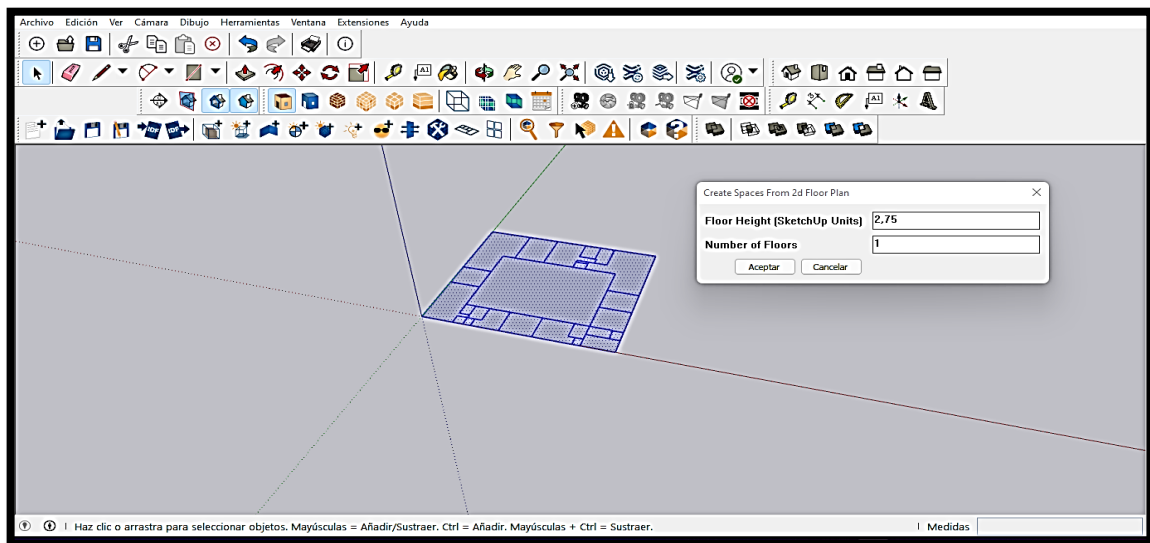


Figura 4. 3. Trazado de líneas para el área de cada espacio y creación del espacio.

Una vez dibujado todos los espacios necesarios se selecciona la herramienta crear espacios del diagrama y se introduce la altura y el número de pisos requeridos. En el caso del ejemplo se seleccionó una altura de 2.75 m y 0.50 m para insertar el plenum, ver Figura 4. 4.

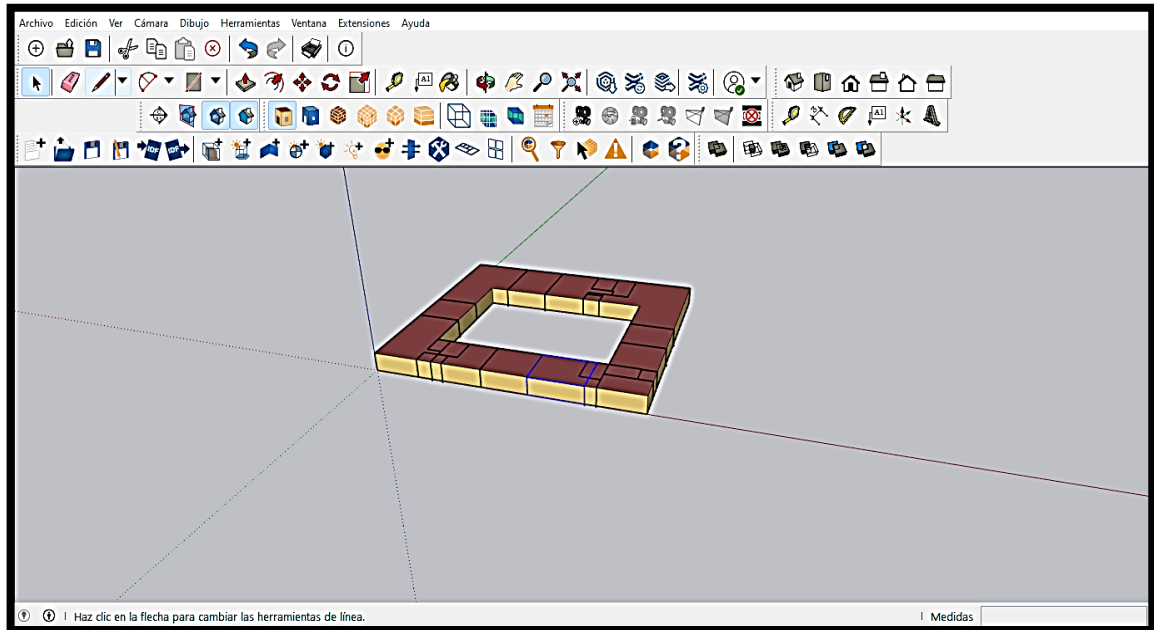


Figura 4. 4. Herramienta creación de espacios de diagrama.

4.2.2.3 Creación de sub superficies (puertas y ventanas)

Para el caso de la creación de puertas y ventanas es necesario seleccionar el espacio donde se requiere insertar, para facilidad y exactitud en medidas se deberá tomar la herramienta medir este ayudará a tener una referencia sobre el espacio. Para la creación de sub superficies como puertas, solo con tomar un rectángulo desde el piso ya el software lo leerá y para las ventanas basta con seleccionar el rectángulo y no topar la parte inferior del suelo se creará automáticamente, ver Figura 4. 5.

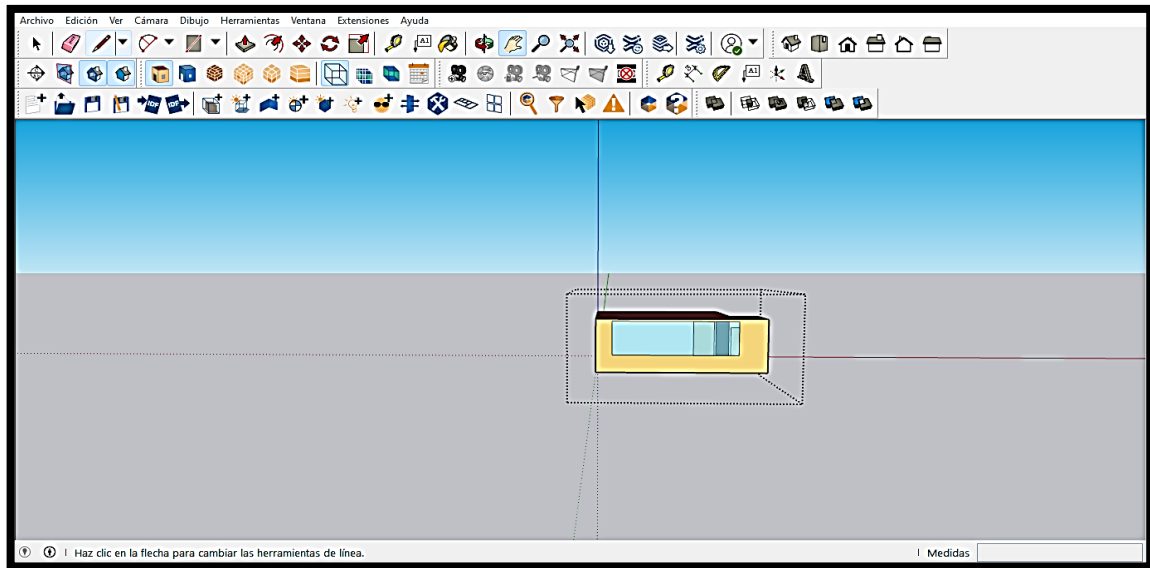


Figura 4. 5. Creación de puertas y ventanas en los espacios.

4.2.2.4 Coincidencia de superficie

La herramienta de Coincidencia de superficie se usa para establecer automáticamente las condiciones de contorno exterior para las superficies del espacio y conceder el objeto de contorno exterior apropiado en los espacios adyacentes, una vez que la superficie es la condición de contorno exterior. Como se muestra en la Figura 4. 6. La herramienta de coincidencia de superficies puede hacer encajar o no las superficies en su selección o para todo el modelo.

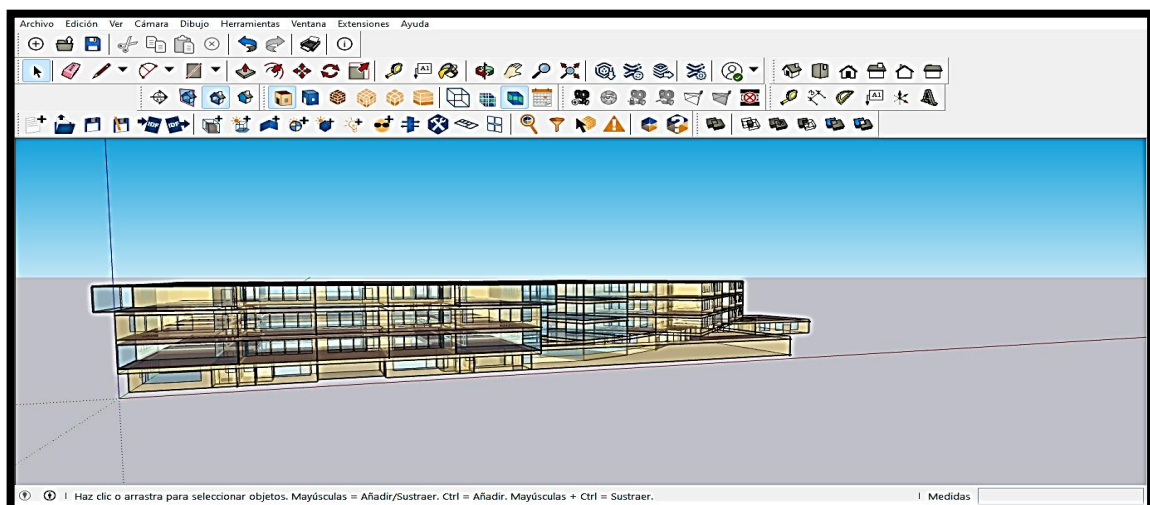


Figura 4. 6. Utilización del modo rayos X para poder saber que sub superficies atravesaron las paredes.

Para interceptar las superficies solo basta con dar clic sobre la herramienta coincidencia de superficie y nos despegará un cuadro en donde se deberá seleccionar una de las dos opciones que son Intersect in Entire Model o Intersect in selection como se muestra en la Figura 4. 7 a continuación, se detalla cada una de ellas para que ayuden:

- **Intersect in Entire Model:** Esta opción lo que hace es interceptar todas las superficies del modelo.
- **Intersect in selection:** Esta opción lo que hace es interceptar solo el espacio seleccionado, es necesario cuando se agrega un nuevo espacio y no se requiere interceptar todo el modelo y con ello reduciendo el tiempo de ejecución de intercepción de superficies.

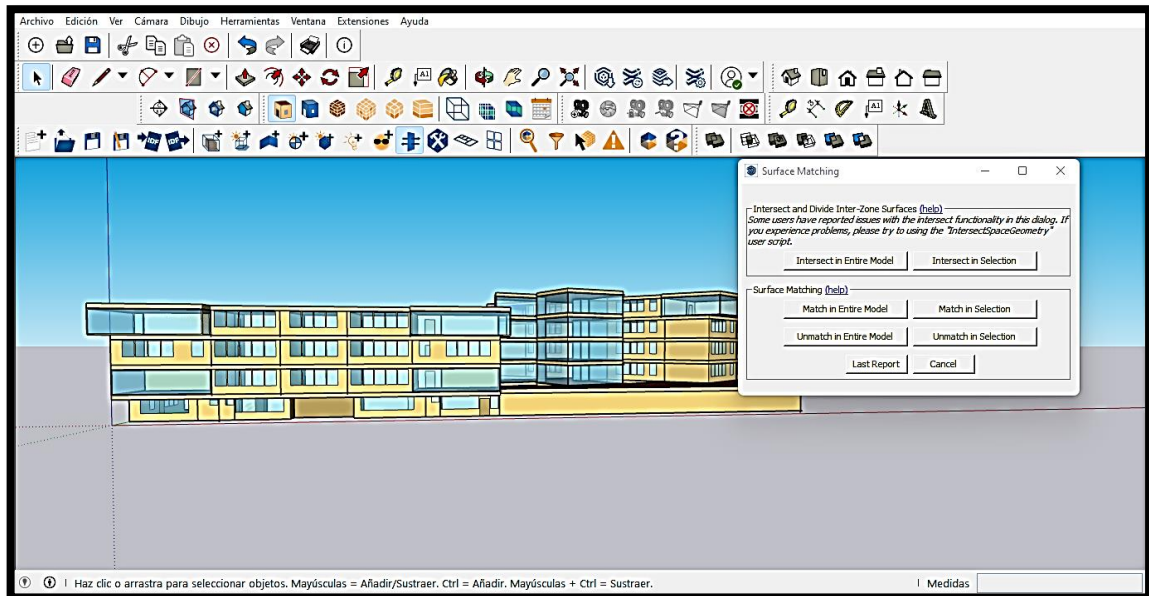


Figura 4. 7. Intercepción de superficies en todo el modelo.

4.2.2.5 Transferencia de calor

Después de haber interceptado las superficies del modelo es necesario verificar si existe comunicación entre las superficies de las dos zonas térmicas continuas, ver Figura 4.8 y para esto se selecciona en la misma herramienta de coincidencia de superficie que en este caso igual se tendrá dos opciones matching in entire model y matching in the selection.

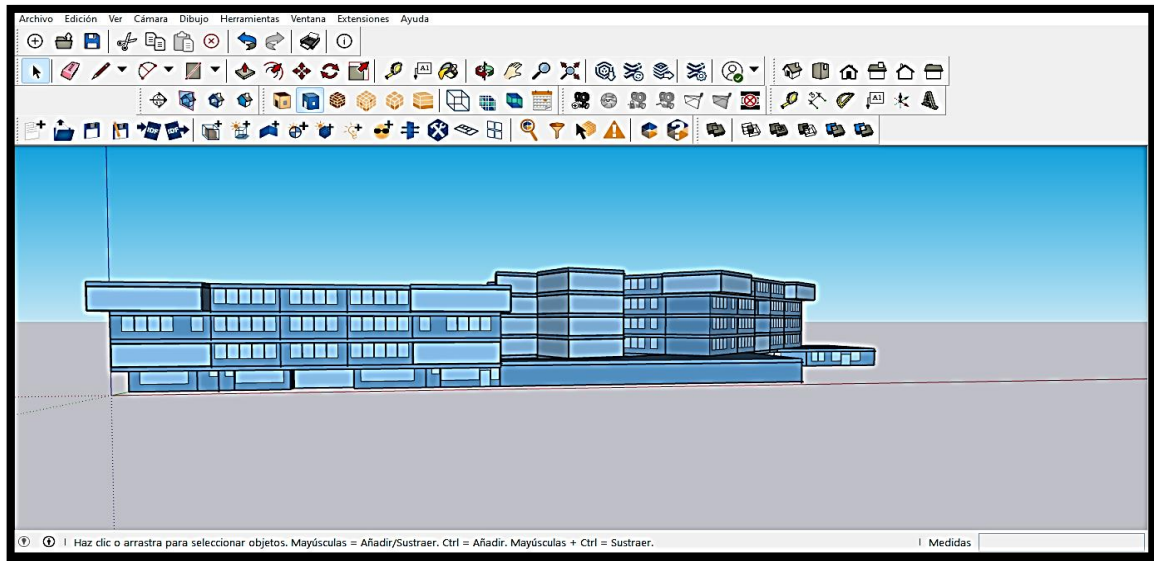


Figura 4. 8. Aplicando condición de superficie.

Al utilizarse la herramienta Surface Matching cambiará de color para las superficies exteriores que estarán expuestas al sol y viento se pintaran de azul y para las superficies interiores se pintan de color verde indicando que hay comunicación entre superficies adyacentes y que existe transferencia de calor entre superficie adyacentes, ver Figura 4. 9.

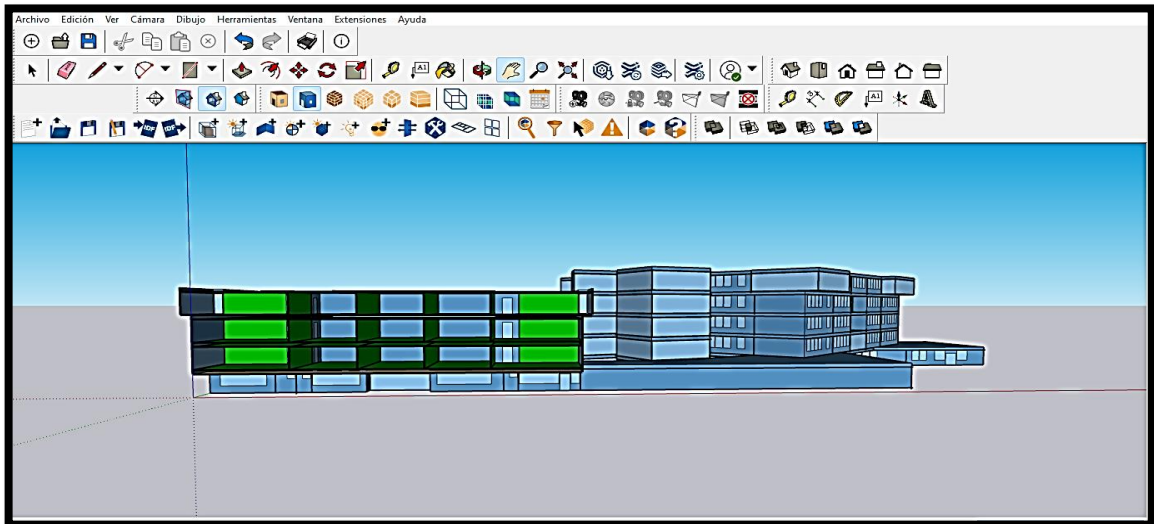


Figura 4. 9. Resultados de surface matching en el modelo.

4.2.2.6 Establecer atributos a espacios

La herramienta de establecer atributos a espacios se utiliza para dar atributos a uno o más espacios que se seleccionen en su modelo. Entre los más principales que aparecen en el cuadro

desplegable son el tipo de espacio, tipo de construcción, número de piso y zona térmica, ver Figura 4. 10. Los dos últimos ayudan a complementar datos a las zonas térmicas asociadas al espacio.

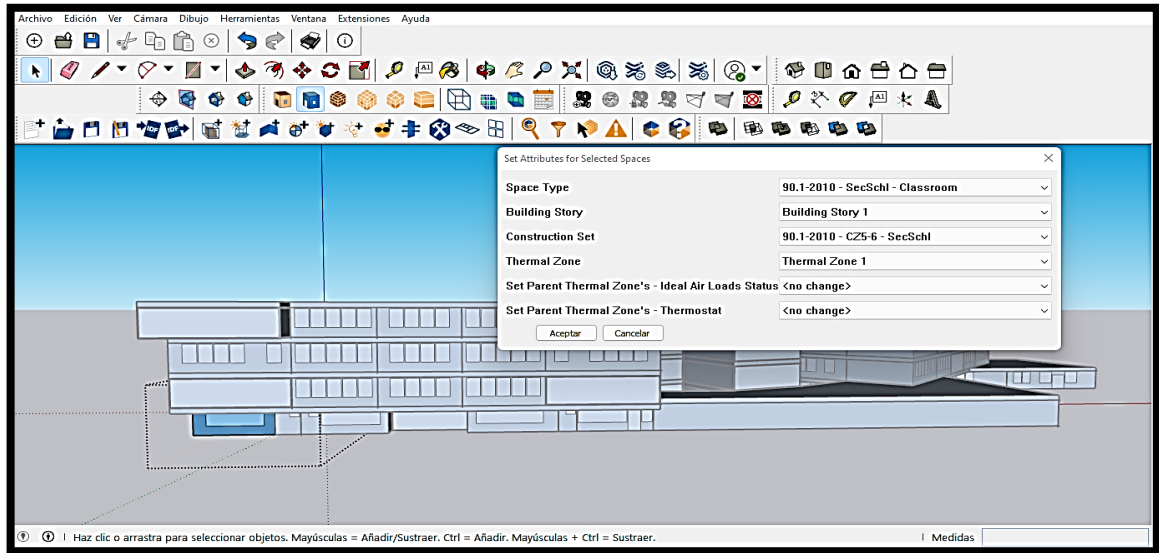


Figura 4. 10. Selección de atributos según el tipo de espacio.

A continuación, se muestra las pestañas existentes en el software OpenStudio; estas pestañas necesariamente deberán ser modificadas acorde a las condiciones que contenga la edificación como son la zona climática donde se encuentra ubicada, horarios, materiales de construcción y los sistemas HVAC.

Antes de poder simular la demanda energética del edificio se debe tener correctamente modelo el edificio en 3D en el software SketchUp mediante el Plugin adicional de OpenStudio. Después de haber modelado correctamente la geometría del edificio y asegurando que todas las particiones internas tengan transferencia de calor, se puede proceder al programa energético OpenStudio para definir todos los tipos de variables. Para ello solo se debe dar clic sobre la herramienta Launch OpenStudio, ver Figura 4. 11.

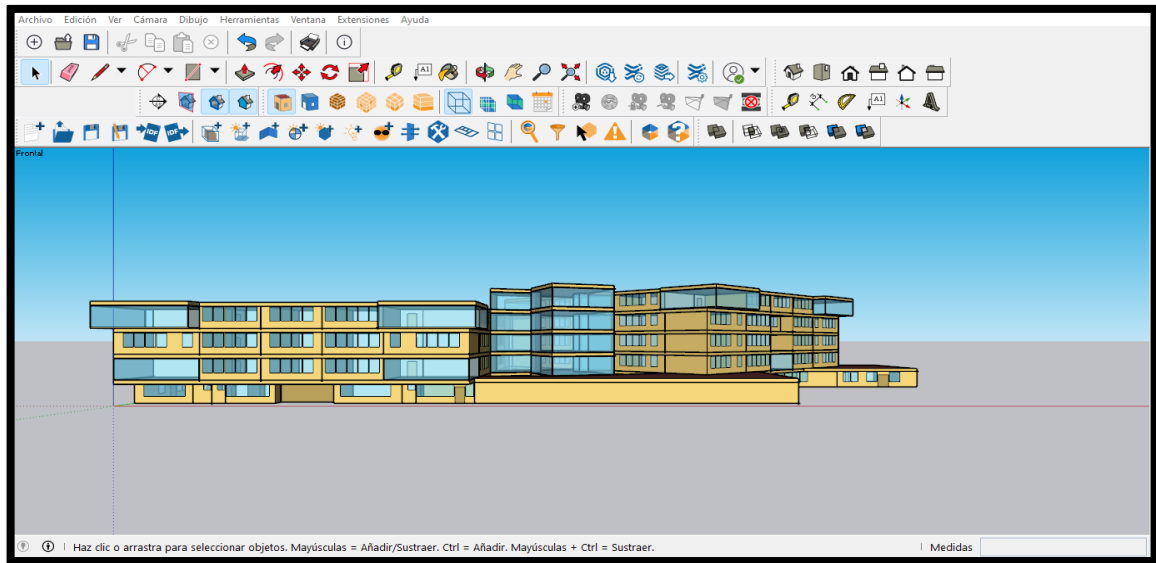


Figura 4. 11. Modelado completo del edificio Matriz UTC.

A continuación, en la Figura 4. 12 se detalla la utilización de cada pestaña del programa OpenStudio para los casos de estudio propuesto para este proyecto de investigación.

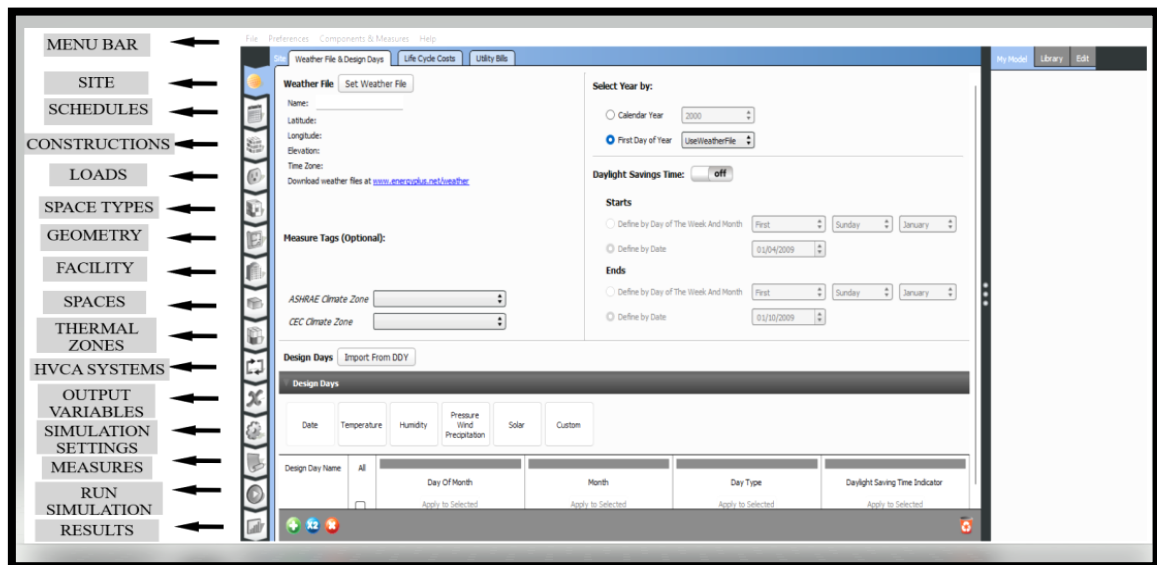


Figura 4. 12. Herramientas del programa OpenStudio.

4.2.2.7 Pestaña Sitio

En la pestaña sitio existe tres opciones para el ingreso de variables que permite especificar la zona climática donde está ubicada la edificación. Además, cuenta con otras pestañas que

permiten ingresar facturas del consumo eléctrico, consumo de agua y otros servicios básicos lo que hace que sea un software completo.

a) Weather File y DesignDays

En este recuadro se debe cargar el archivo data meteorológico (.epw) bajado de la página de Climate OneBuilding. Los archivos EPW son de gran importancia ya que brindan información relevante de las condiciones ambientales que están expuestas los edificios en el transcurso de los días, meses y años.

La Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Viento Acondicionado (ASHRAE) califica el clima de un espacio en una de numerosas regiones climáticas basándose en los datos del TMY de aquel sitio. Las regiones climáticas de la ASHRAE se codifican con un número de región climática que va a partir del 0 para el calor extremo hasta el 8 para el sub-ártico, junto con una letra de subtipo [3].

Para este proyecto de investigación se tomó como referencia la Tabla 4. 1. de la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga en donde establece que la zona climática es Continental templada. A partir de este dato se acude a la Tabla 4. 2. para establecer la zona climática según lo establezca la norma ASHRAE 90.1 con la que OpenStudio y EnergyPlus manejan la entrada de datos de zona de climatización. En el caso de la zona de climatización de Latacunga establece 4C para la zona climática y $2000 < \text{HDD}_{18^{\circ}\text{C}} \leq 3000$ para el criterio térmico.

A continuación, en la Tabla 4. 1 se presenta un extracto simplificado de las zonas climáticas de del Ecuador. En la Tabla C. 1 se muestra un cuadro completo de las zonas climáticas del Ecuador.

Tabla 4. 1. Zonas climáticas del Ecuador [35].

Provincia	Ciudad	Zona climática
REGION COSTA		
Guayas	Guayaquil	Húmeda muy calurosa
	Balzar	Húmeda muy calurosa
Manabí	Puerto López	Húmeda muy calurosa
	Portoviejo	Húmeda muy calurosa
	Manta Chone	Húmeda muy calurosa
REGION SIERRA		
Cotopaxi	La Maná	Húmeda muy calurosa
	Latacunga	Continental templada
	Zumbagua	Fría
Pichincha	Cayambe	Continental lluviosa
	Machachi	Fría
	Quito	Continental lluviosa
Tungurahua	Ambato	Continental templada
	Baños	Continental lluviosa
REGIÓN ORIENTE		
Napo	Tena	Húmeda calurosa
	Papallacta	Fría
	El Chaco	Húmeda calurosa
Orellana	Francisco de Orellana	Húmeda muy calurosa
Pastaza	Puyo	Húmeda calurosa

Tabla 4. 2. Referencia para zonificación climática en Ecuador [35].

ASHRAE 90.1	ZONA CLIMATICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TERMICO
1	1A	Húmeda muy calurosa	$5000 < CDD_{10^{\circ}C}$
2	2A	Húmeda calurosa	$3500 < CDD_{10^{\circ}C} \leq 5000$
3	3C	Continental lluviosa	$CDD_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $HDD_{18^{\circ}C} \leq 2000$
4	4C	Continental templado	$2000 < HDD_{18^{\circ}C} \leq 3000$
5	5C	Fría	$CDD_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $HDD_{18^{\circ}C} \leq 2000$ $2000 < HDD_{18^{\circ}C} \leq 3000$ $3000 \text{ m} < \text{Altura (m)} \leq 5000 \text{ m}$
6	6B	Muy Fría	$CDD_{10^{\circ}C} \leq 2500$ y $HDD_{18^{\circ}C} \leq 2000$ $2000 < HDD_{18^{\circ}C} \leq 3000$ $5000 \text{ m} < \text{Altura (m)}$

También en la Figura 4. 13 se presenta el mapa nacional de Ecuador en donde se establece colores distinguidos para diferencia e identificar la condición climatiza.

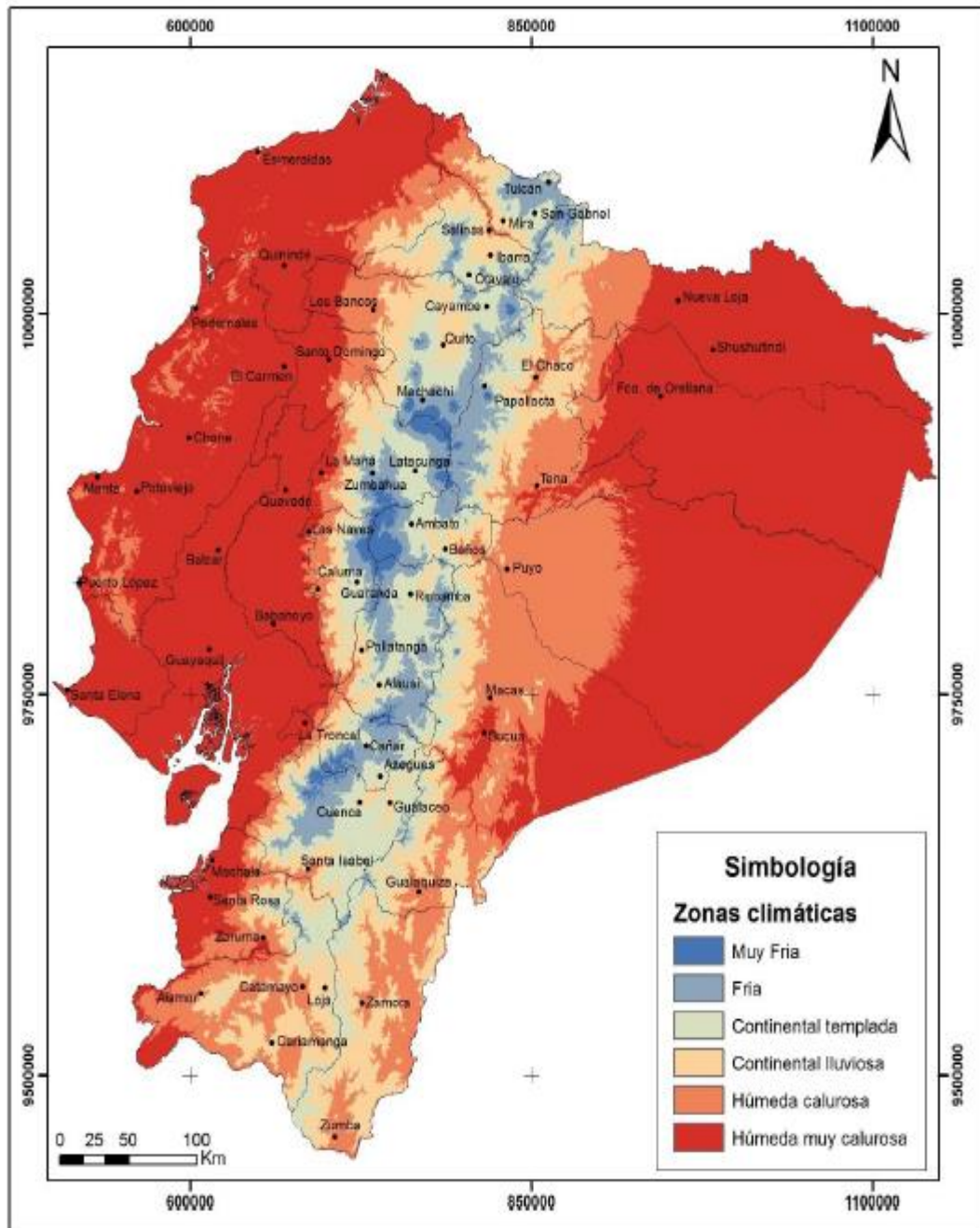


Figura 4. 13. Mapa de zonas climáticas del Ecuador [35].

b) Design Day

Este campo permite ingresar la data climática bajado del sitio web, esa data meteorológica proporciona información de relevancia como es la latitud, longitud, zona de elevación y ubicación del edificio.

c) Utility Bills

Esta opción permite ingresar facturas o planillas de servicios básicos, en este caso para el proyecto se ingresó facturas de consumo mensual de energía eléctrica y el consumo de agua del edificio, ver en la Tabla 4. 3 y Tabla 4. 4.

Tabla 4. 3. Consumo mensual del servicio básico de energía eléctrica del año 2019.

Planilla Consumo mensual eléctrico UTC la Matriz 2019				
Fecha Inicial	Fecha final	Consumo de Energía (kWh)	Demanda Pico (kW)	Costo (\$)
01/01/2019	31/01/2019	53,265	147,000	3805,020
01/02/2019	28/02/2019	43,371	138,000	3614,940
01/03/2019	31/03/2019	38,620	123,000	3226,130
01/04/2019	30/04/2019	51,289	153,000	3746,090
01/05/2019	31/05/2019	52,773	155,000	4299,010
01/06/2019	30/06/2019	52,097	138,000	3718,110
01/07/2019	31/07/2019	53,617	134,000	4278,340
01/08/2019	31/08/2019	33,126	98,000	2684,620
01/09/2019	30/09/2019	39,806	134,000	3286,820
01/10/2019	31/10/2019	47,975	147,000	3917,380
01/11/2019	30/11/2019	48,133	150,000	3943,940
01/12/2019	31/12/2019	44,604	159,000	3715,000

Tabla 4. 4. Consumo mensual del servicio básico de agua del año 2019.

Planilla Consumo mensual de agua UTC la Matriz 2019			
Fecha Inicial	Fecha final	Consumo de agua (Gal)	Costo (\$)
01/01/2019	31/01/2019	999,000	520,180
01/02/2019	28/02/2019	1332,000	753,020
01/03/2019	31/03/2019	647,000	496,540
01/04/2019	30/04/2019	983,000	511,780
01/05/2019	31/05/2019	1388,000	784,920
01/06/2019	30/06/2019	1423,000	804,840
01/07/2019	31/07/2019	1618,000	915,890
01/08/2019	31/08/2019	1882,000	1066,240
01/09/2019	30/09/2019	1423,000	804,840
01/10/2019	31/10/2019	837,000	435,070
01/11/2019	30/11/2019	615,000	318,430
01/12/2019	31/12/2019	594,000	278,190

4.2.2.8 Pestaña Horarios

En este acampo se encontrará dos pestañas Schedule Sets y Schedules. Esta opción se ajustará los niveles de ocupamiento de iluminación, equipos eléctricos, termostatos, y el uso del agua caliente sanitario; todo ello de acuerdo al uso de las instalaciones. Para disminuir el número de horarios se optará por estandarizar los tipos de espacio con el fin de mantener un nivel acorde a cada espacio como se muestra en la Tabla 4. 5.

Tabla 4. 5. Horarios para cada tipo de espacio.

Tipos de espacio	Demanda	Horario
Aula de clases	Luminarias	07H00-22H00
	Equipamiento eléctrico	07H00-22H00
	Ocupación de personas	07H00-22H00
Librería	Luminarias	08H00-13H00 y de 14H00-16H00
	Equipamiento eléctrico	08H00-13H00 y de 14H00-16H00
	Ocupación de personas	08H00-13H00 y de 14H00-16H00
Oficina	Luminarias	08H00-13H00 y de 14H00-16H00
	Equipamiento eléctrico	08H00-13H00 y de 14H00-16H00
	Ocupación de personas	08H00-13H00 y de 14H00-16H00
Baño	Luminarias	07H00-22H00
	Equipamiento eléctrico	07H00-22H00
	Ocupación de personas	07H00-22H00
Oficina	Luminarias	07H00-22H00
	Equipamiento eléctrico	07H00-22H00
	Ocupación de personas	07H00-22H00

a) Schedule Sets

En este campo se puede crear o definir un conjunto nuevo de horarios, de personas luminarias, equipo eléctrico siempre y cuando estos pertenezcan a un mismo destino.

Para poder crear un conjunto de horario nuevo hay que dar clic sobre el botón verde, cuando se pulsa dicho botón automáticamente se crea un conjunto de horarios vacíos. También se puede seleccionar horarios desde la parte superior derecha ya sea de My Model o Library, estos

horarios para poderlos añadirlos solo basta con arrastrar el seleccionado sobre el campo vacío, ver Figura 4. 14.

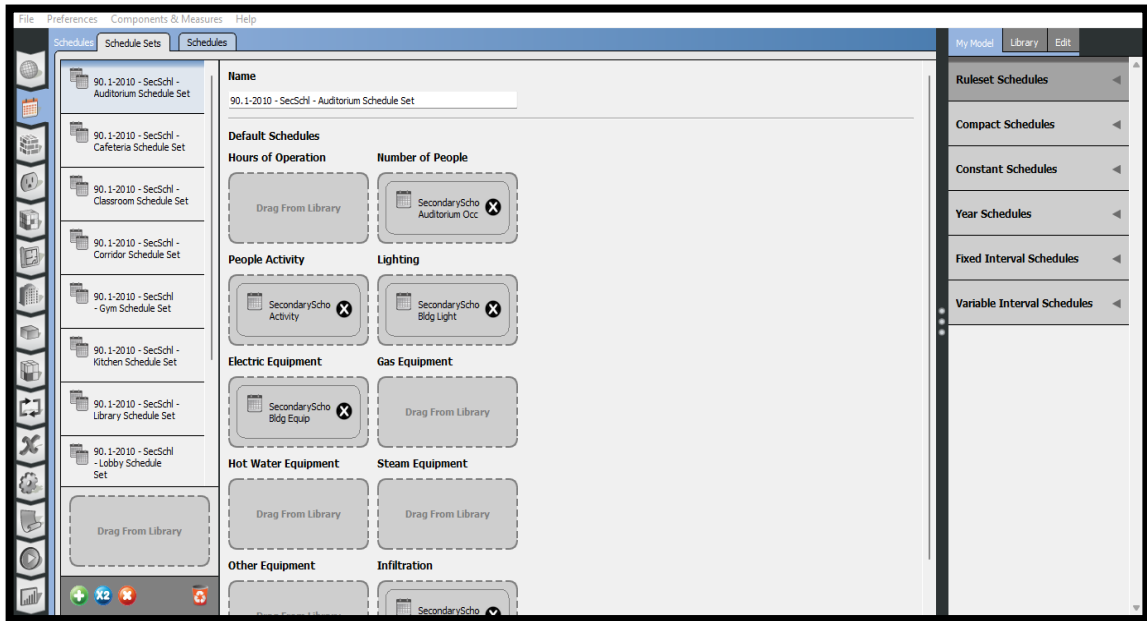


Figura 4. 14. Pestaña de conjunto de horarios.

b) Schedules

En cambio, en esta pestaña se puede configurar detalladamente las horas y días que pueden estar encendidos u ocupados los espacios. Por ejemplo, el uso de los termostatos para la calefacción y enfriamiento del edificio.

Para poder editar el horario se debe dar clic sobre un segmento de la recta en la gráfica, para poder editar fácilmente y preciso se debe seleccionar el horario por horas o minutos con esto se podrá verificar cómo será el comportamiento del horario en el transcurso de los días. También se puede crear prioridades como es el caso de secretaria, se creará un horario de lunes a viernes en los que existe personal administrativo laborando, mientras que los sábados y domingos estos espacios pasan apagados, ver Figura 4. 15.

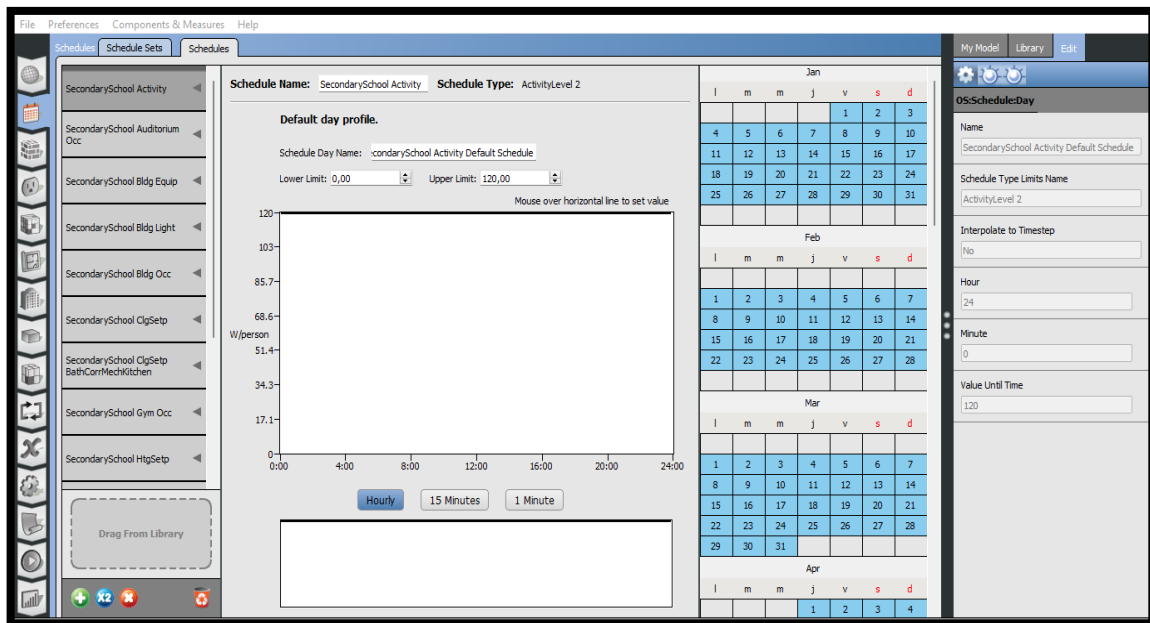


Figura 4. 15. Pestaña de prioridades de creación de horarios.

4.2.2.9 Pestaña Construcción

En esta pestaña se presentará el tipo de construcción para cada uno de los espacios o superficies creadas, en este caso se puede realizar la modificación del tipo de construcción como paredes, techos, pisos, ventanas y puertas. Además, se encontrará con dos opciones adicionales que ayudaran a especificar claramente el tipo de construcción del edificio.

Los materiales de construcción de edificios que se utilizan por lo general son: infraestructura metálica, ladrillo con revestimiento, bloque armado, piedra y hormigón armado. Por lo que se ha seleccionado los siguientes materiales con las características de espesor, conductividad, densidad y calor específico de cada uno de ellos.

En la Tabla 4. 6 se presenta una lista detallada de materiales de construcción para superficies exteriores referenciados en la Norma Eléctrica Ecuatoriana. La conductividad de materiales expuestos a condiciones exteriores deberá ser altas debido a que exponen a condiciones extremas.

Tabla 4. 6. Valores de construcción para superficies exteriores [35].

Construcción de superficie exterior					
	Materiales	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Densidad (Kg/m3)	Calor específico (J/Kg*K)
Paredes	Pared con marco de acero	0,110	0,049	265,000	436,000
	Ladrillo con revestimientos	0,150	0,500	1500,000	840,000
	Piedra	0,010	1,830	2200,000	712,000
Piso	Hormigón con piedra	0,200	3,490	2880,000	1050,000
Techo	Estructura metálica	0,110	0,040	265,000	836,800
	Claraboyas	0,006	0,220	1200,000	1200,000

En la Tabla 4. 7 se presenta los materiales de construcción para superficies interiores que fueron utilizadas en la construcción de los edificios.

Tabla 4. 7. Valores de construcción para superficies interiores [35].

Construcción de superficie interior					
	Materiales	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Densidad (Kg/m3)	Calor específico (J/Kg*K)
Paredes	Bloque de concreto	0,200	0,490	1760,000	840,000
	Empastado	0,025	0,690	1858,000	837,000
Piso	Hormigón	0,200	1,350	1800,000	837,000
	Baldosa	0,019	0,060	368,000	590,000
Techo	Losa hormigón	0,100	2,300	2400,000	837,000
	Gypsum	0,002	0,250	900,000	1000,000

En la Tabla 4. 8 se presenta la lista de materiales de construcción de superficies exteriores. Por lo general en las superficies exteriores se utiliza hormigón y piedra por las condiciones extremas que presenta la zona climática.

Tabla 4. 8. Valores de construcción para superficies exteriores a tierra [35].

Construcción de superficie exteriores a tierra					
	Materiales	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Densidad (Kg/m ³)	Calor específico (J/Kg*K)
Piso	Hormigón	0,200	1,400	2220,000	837,000
	Piedra	0,100	1,830	2200,000	712,000

En la Tabla 4. 9 se presenta los materiales de construcción para sub superficies exteriores como ventanas y puertas. Por las condiciones climáticas exteriores que se presentan es necesario utilizar materiales de mayor conductividad.

Tabla 4. 9. Valores de construcción para sub superficies exteriores [35].

Construcción de sub superficie exteriores							
	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Transmitancia Solar	Transmitancia visible	Densidad (Kg/m ³)	Calor específico (J/Kg*K)
Ventanas	Vidrio laminado	0,006	2,100	0,230	0,250	-	-
Puertas	Puertas de madera	0,042	0,190	-	-	700,000	2390,000
	Puertas de metal	0,008	50,000	-	-	7800,000	500,000
	Puertas de vidrio templado	0,010	0,900	0,830	0,890	-	-

En la Tabla 4. 10 se presenta la lista de materiales para sub superficies interiores como puertas. En este caso para las puertas el material será de madera ya que no están expuestas a las condiciones climáticas exteriores.

Tabla 4. 10. Valores de construcción para sub superficies interiores [35].

Construcción de sub superficie interiores					
	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/mK)	Transmitancia Solar	Densidad
Puertas	Puertas de madera	0,420	0,160	2,560	650,000

Luego de recolectar datos del catálogo de elementos constructivos de la norma NEC se ira detallando cada uno de los valores constructivos para pisos, suelos, paredes, puertas y ventanas.

a) Construction Sets

En esta pestaña se muestra el tipo de construcción asignada a paredes, techos, pisos, puertas y ventanas; pero pueden ser modificadas para ello se debe ir a My library y arrastrar cualquier tipo de construcción a convenir para ser remplazado, ver Figura 4. 16.

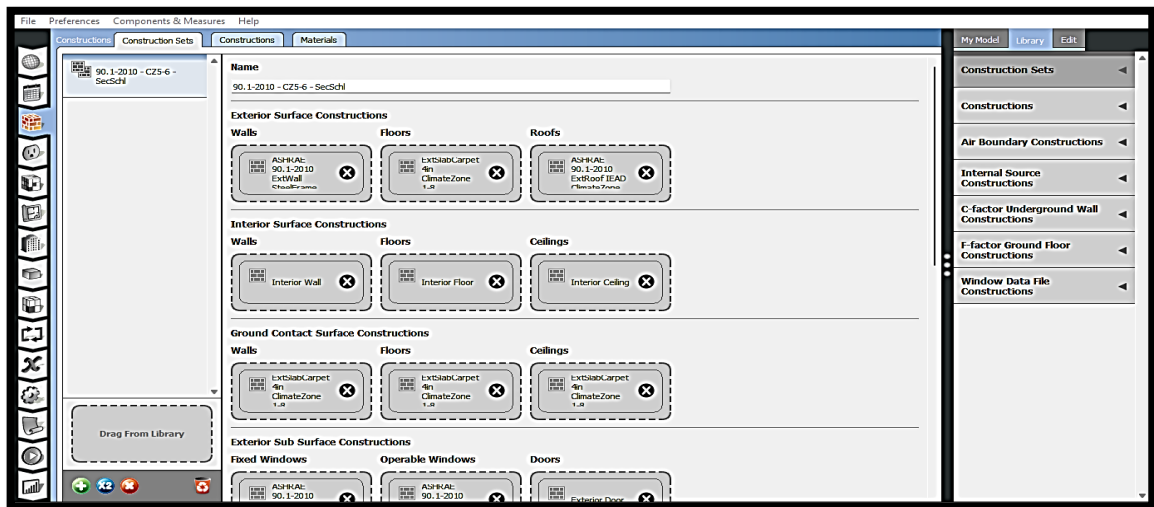


Figura 4. 16. Pestaña de construcciones asignadas en la plantilla inicial.

b) Construction

En esta pestaña se muestra de forma específica los materiales de construcción asignados a cada tipo de construcción. En la Figura 4. 17 se muestra el tipo de material de construcción de Metal Decking. Estos tipos de materiales pueden ser modificados o cambiados sus valores de construcción como la densidad, conductividad, etc.

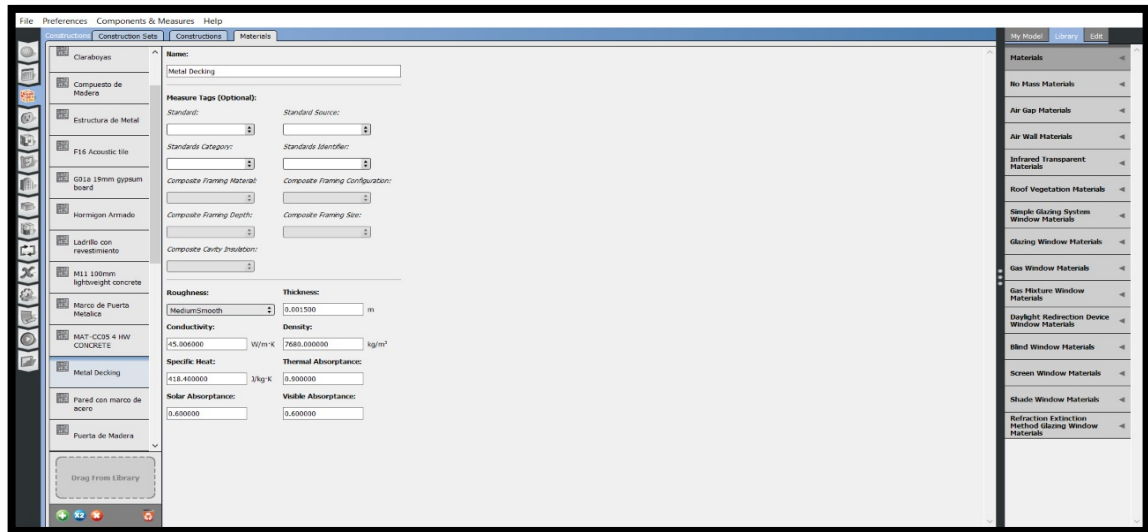


Figura 4. 17. Asignación de materiales específicos de construcción.

4.2.2.10 Pestaña cargas

La pestaña de cargas se divide en distintas categorías que incluyen gas, iluminación, personas, electricidad, agua caliente, vapor y entre otros. Para las cargas de iluminación se pueden incluir todo tipo de lámparas como un conjunto fluorescente, lámparas de descarga de alta intensidad, luces de emergencia en áreas de gran altura. En el caso del edificio posee equipos eléctricos como computadores de escritorio, fotocopiadoras, computadores portátiles, y proyectores audio y video.

En OpenStudio se suele introducir la potencia de consumo de las cargas de tres maneras distintas que son las siguientes:

- ✓ Potencia nominal consumida por una unidad individual dentro de un espacio.
- ✓ Potencia nominal consumida por unidad de superficie en un espacio,
- ✓ Potencia nominal consumida por ocupante dentro de un espacio.

a) Definición de cargas de luces y luminarias

EnergyPlus no simula el reparto de luces eléctricas, ni se puede usar para revisar que un diseño de iluminación definido. En cambio, si tiene en cuenta el uso de controles de iluminación para compensar la energía utilizada por la iluminación eléctrica [3].

El edificio cuenta con espacios específicos con un número casi exacto de equipos de iluminación, por ende, se optará por especificar sus valores de carga en términos de potencia nominal consumida por una unidad individual.

En la Tabla 4. 11 se presenta los espacios con el número de luces o luminarias que están instaladas en la edificación. Para ello se contabilizo el número de luminarias que existen en cada espacio acorde con la potencia que consumen estas.

Tabla 4. 11. Definición del número de luminarias por cada tipo de espacio.

Iluminación			
Tipo de espacio	Potencia (W)	N° Salidas	Potencia Total (W)
Aula	100	9	900
Oficina	100	6	600
Baño	100	4	400
Sala de instalaciones eléctricas y mecánicas	100	1	100
Corredor	100	6	600
Librería	100	8	800
Laboratorio	100	18	1800
Biblioteca	100	71	7100

Por simplicidad se estandarizo el número de luminarias que tienen cada tipo de espacio como se muestra en la Tabla 4. 11. En OpenStudio se insertará la potencia nominal en (vatios) que consume la sumatoria del número de puntos de iluminación que posee cada tipo de espacios, ver Figura 4. 18.

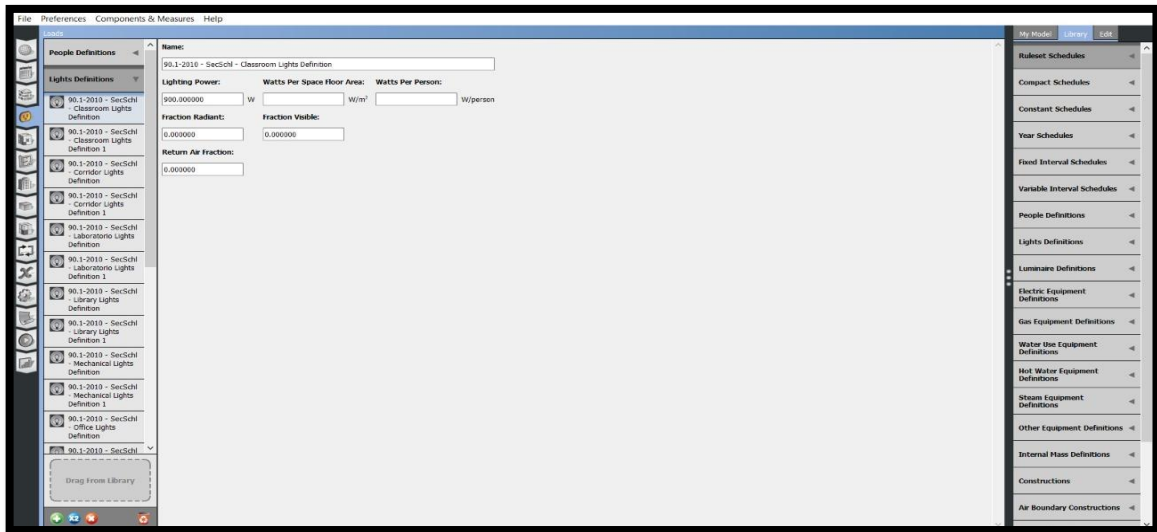


Figura 4. 18. Valores de potencia nominal de luminarias por cada espacio.

b) Definición de cargas de equipos eléctricos

En la Tabla 4. 12 se representa el número de equipos eléctricos que existe en cada espacio. La potencia de los equipos eléctricos se les puede cuantificar en potencia por unidad, superficie o persona. Estos equipos a diferencia de las luminarias si consumen cualquier tipo de combustible como sería el caso de la energía eléctrica para su accionamiento [3].

Tabla 4. 12. Definición del número de equipos eléctricos por cada tipo de espacio.

Equipos Eléctrico				
Tipo de espacio	Equipo	Potencia (W)	Nº de Salidas	Potencia Total (W)
Aula	Computador portátil	1	250	250
	Proyector de Pantalla	1	70	70
Laboratorio	Computador de escritorio	30	300	9000
	Proyector de Pantalla	1	70	70
Oficinas	Computador de escritorio	8	300	2400
	Impresora	8	600	4800
Sala de equipos eléctricos y mecánicos	Ascensor	2	1500	3000
Baño	Secador de manos	2	300	600

Para el caso del edificio que cuenta con una variedad de equipos eléctricos como computadoras de mesa, computadores portátiles, proyectores de pantalla y otros equipos. Por ejemplo, se ha creado una definición de valores de potencia en vatios que consume un computador de escritorio, ver Figura 4. 19.

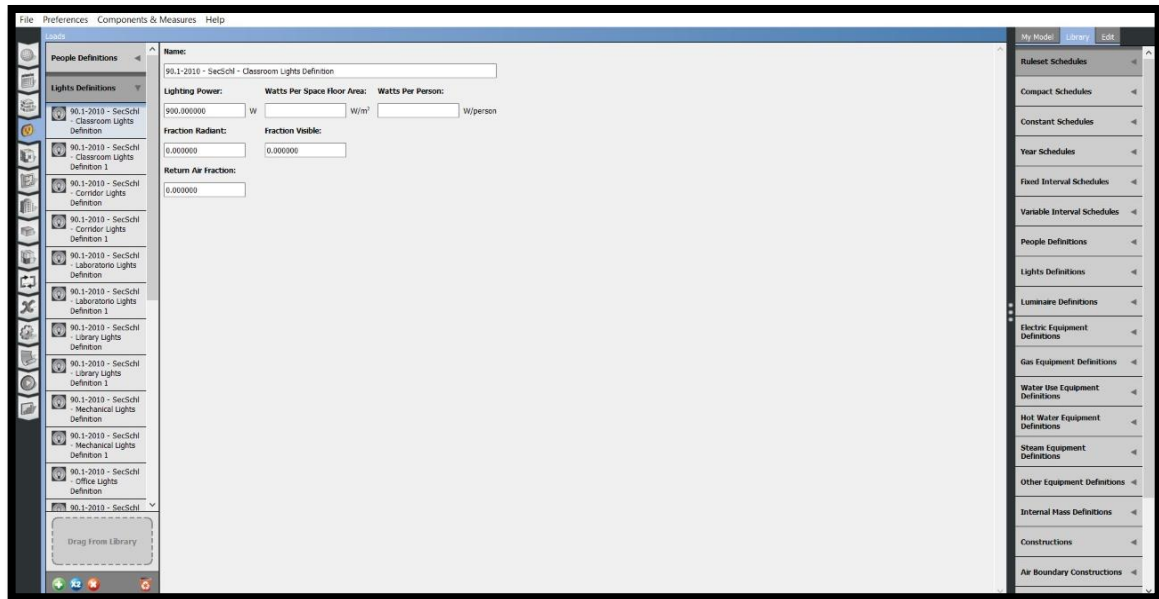


Figura 4. 19. Pestaña de cargas eléctricas y cargas térmicas.

c) Personas

Las personas dentro de un espacio también representan cargas térmicas muy significativas. Además, se describen las personas como una fracción de energía radiante que aportan a un espacio [3]. En esta pestaña de cargas en personas se insertará la cantidad de personas por metro cuadrado. Por ejemplo, en un salón de clase se suele tener un valor de 0,1499 personas por metro cuadrado, ver Figura 4. 20.

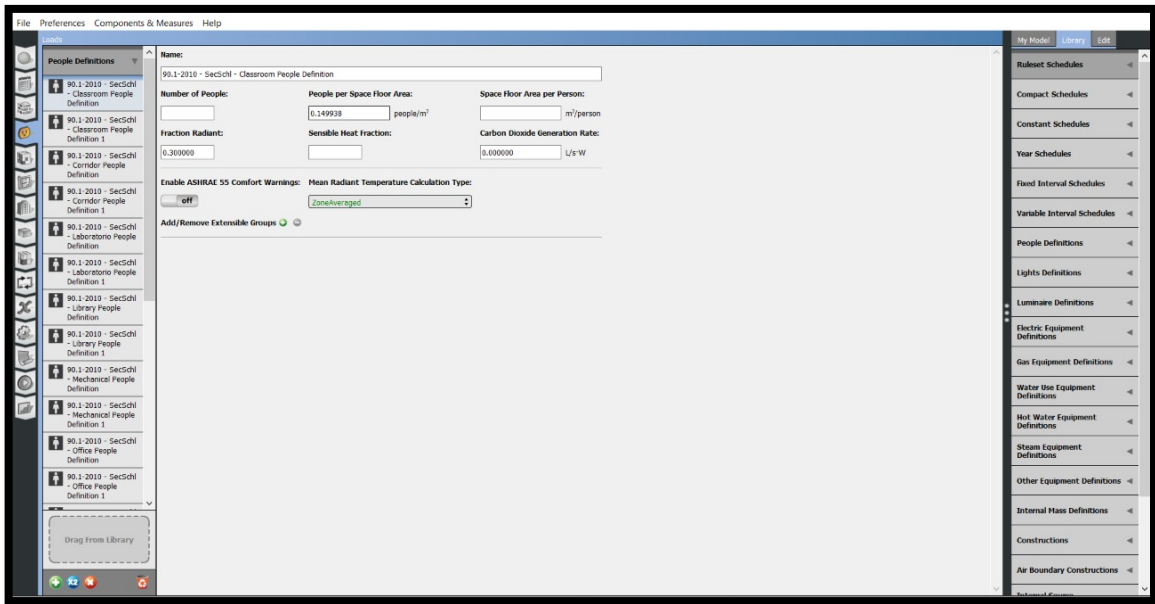


Figura 4. 20. Valor de cargas de persona por metro cuadrado.

En la Tabla 4. 13 se muestra un extracto del apéndice B de COMMET reflejado en la norma ASHRAE 90.1-2016 en donde establece la densidad de ocupación por m² sobre persona para cada tipo de espacio.

Tabla 4. 13. Densidad de ocupación de personas por espacio [36].

Tipo de espacio	Densidad de ocupación por defecto (ft ² /persona)	Densidad de ocupación por defecto (m ² /persona)
Aula de clases	40.000	3,710
Laboratorio	40.000	3,710
Oficina	200,000	18,580
Baños	250,000	23,220
Corredor	143,000	13,280
Librería	100,000	9,290

4.2.2.11 Pestaña tipos de espacio

En la pestaña general permite asignar colores personalizados, conjuntos de construcción, conjuntos de horarios y objetos de infiltración que se utilizarán siempre que el tipo de espacio se asigne a un espacio, ver Figura 4. 21.

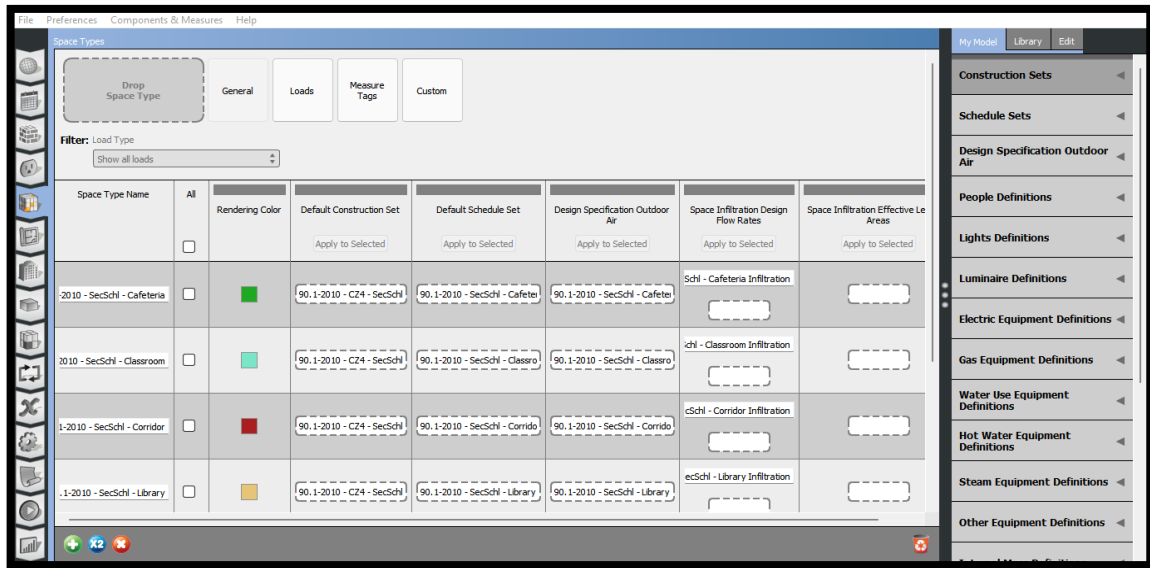


Figura 4. 21. Pestaña General, tipo de construcción.

La pestaña vista cargas permite acceder a una variedad de cargas que se crean dentro de cada tipo de espacio como cargas eléctricas, cargas térmicas y horarios pertenecientes a cada uno de ellos. El tipo de espacio y los nombres de las cargas pueden personalizarse según sean las necesidades y prioridades que requiera el modelo 3D, ver Figura 4. 22.

En el edificio cuenta con diferentes tipos de espacios y cada uno de ellos presentan distintas cargas eléctricas, cargas térmicas y horarios es necesario crear nuevos espacios para así asignar un número específico de cargas y horarios en que están en funcionamiento cada uno de ellos.

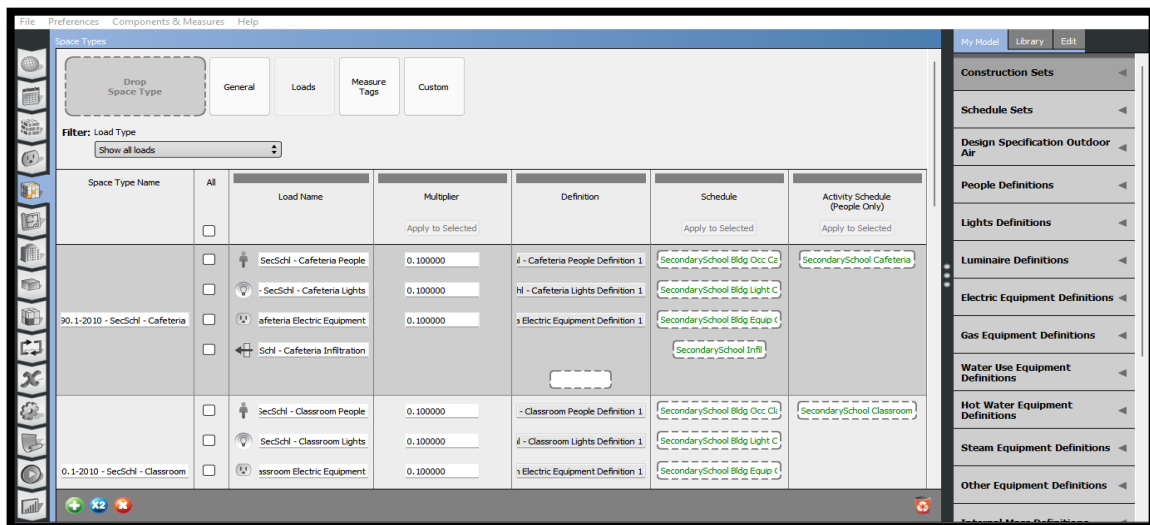


Figura 4. 22. Pestaña de cargas, tipo de construcción.

4.2.2.12 Pestaña geometría

Esta pestaña muestra la geometría del edificio modelado en 3D, para este caso se debe abrir el programa SketchUp y abrir el archivo (.osm) para poder editar la geometría en caso de necesitar. También en esta pestaña permite seleccionar por pisos, por zonas térmicas, por tipo de construcción y otras funciones adicionales para así poder revisar la geometría que tiene el edificio como se muestra en la Figura 4. 23.

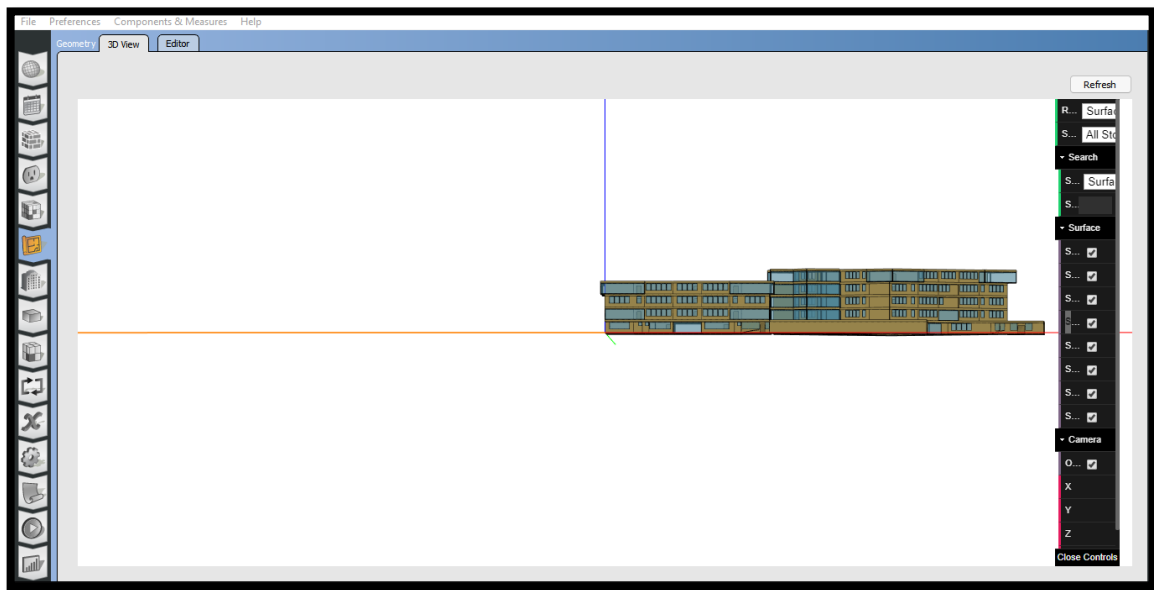


Figura 4. 23. Pestaña de geometría en 3D del edificio.

4.2.2.13 Pestaña espacios

Esta pestaña muestra de forma específica el edificio, por ejemplo, si seleccionamos el número de piso primero mostrara el número de espacios de ese piso; si seleccionamos las superficies nos mostrara superficies como paredes, techo y piso; y sub superficies creadas como puertas y ventanas como se muestra en la Figura 4. 24. Cualquier objeto podrá ser editado desde esta pestaña en caso de ser necesario.

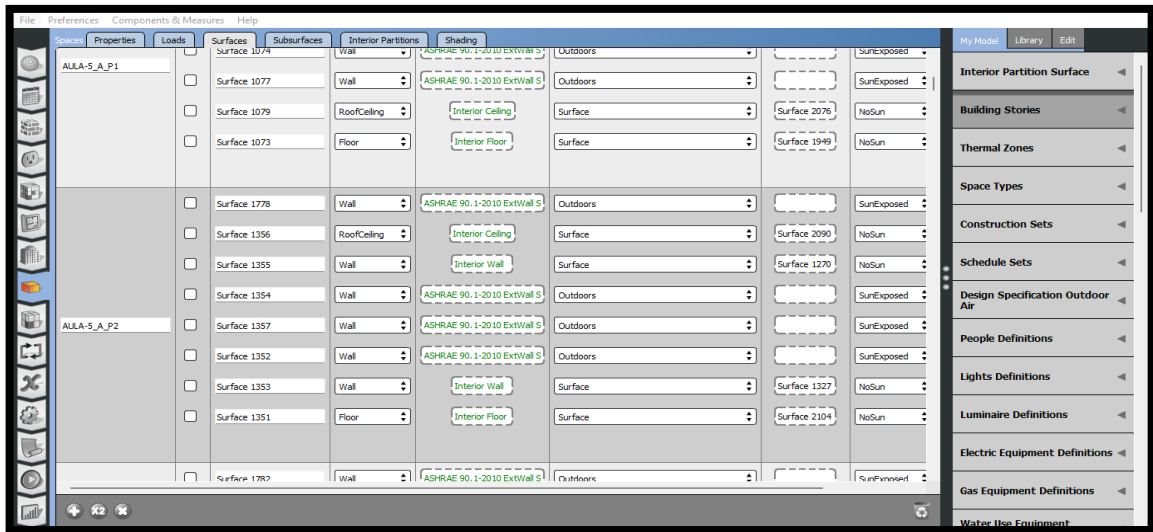


Figura 4. 24. Pestaña de superficies y sub superficies creadas.

4.2.2.14 Pestaña zonas termicas

Las zonas o espacios térmicos son elementales para el cálculo de cargas térmicas del modelo del edificio. Cada una de ellas son zonificadas independientemente con sus fronteras y condiciones definidas de cada espacio. Las cargas internas que existan dentro de dicho espacio se calcularán una vez por zona, al igual que el fluido de aire.

Esta pestaña por defecto se encuentra vacía, ya que OpenStudio no sabe cuántos sistemas de HVAC existen en el edificio, para el caso base no se agregarán un sistema de HVAC como se muestra en la Figura 4. 25.

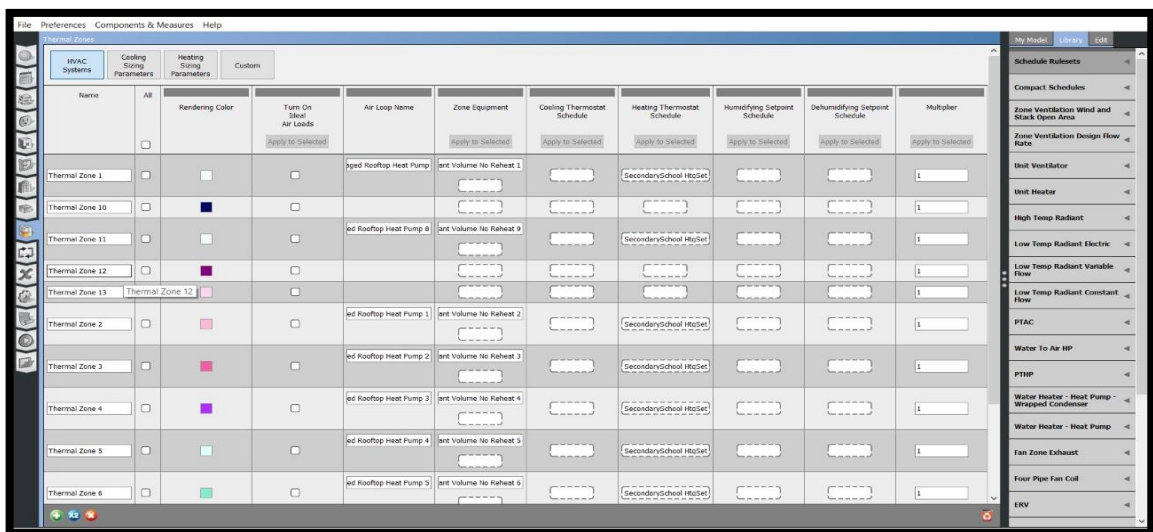


Figura 4. 25. Pestaña de zonas térmicas.

4.2.3. Caso 1: Inclusión de sistemas HVAC

En la sección 4.2.3 se añade sistemas HVAC en donde se tendrá calefacción, ventilación y agua caliente sanitario para los edificios. Para ello se mantiene los datos iniciales del caso base, lo que es el tipo de construcción, las cargas de iluminación, personas, equipos eléctricos y los horarios de uso de todos los tipos de espacio. En la pestaña de horarios se creará un horario nuevo para los termostatos, y por último la pestaña de sistemas HVAC se creará un modelo óptimo para el uso correcto de la calefacción y ventilación.

4.2.3.1 Pestaña horarios caso 1

En esta pestaña de horarios se creará un nuevo horario para el uso de los termostatos hasta una temperatura máxima de 22 °C. En el horario de 6 a 9 de la mañana y de 7 a 10 de la noche actuarán estos termostatos a la temperatura máxima configurada y en el transcurso del día estarán actuando en un porcentaje bajo ya que por las condiciones climáticas que se dan en el lugar permitirán mantener el edificio en condiciones de confort como se muestra en la Figura 4. 26.

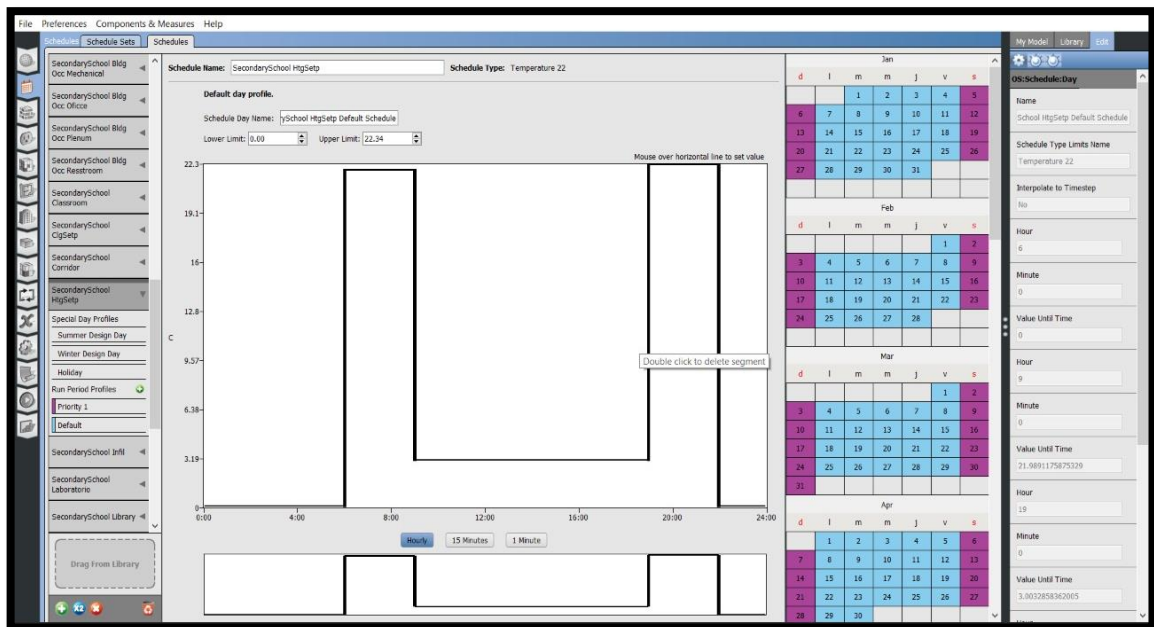


Figura 4. 26. Horario del set point de los termostatos.

En la pestaña de horarios se adicionará el horario para el uso del agua caliente, este será creado con prioridades, teniendo en cuenta los días que no son laborables y cuando los estudiantes están de vacaciones como se muestra en la Figura 4. 27.

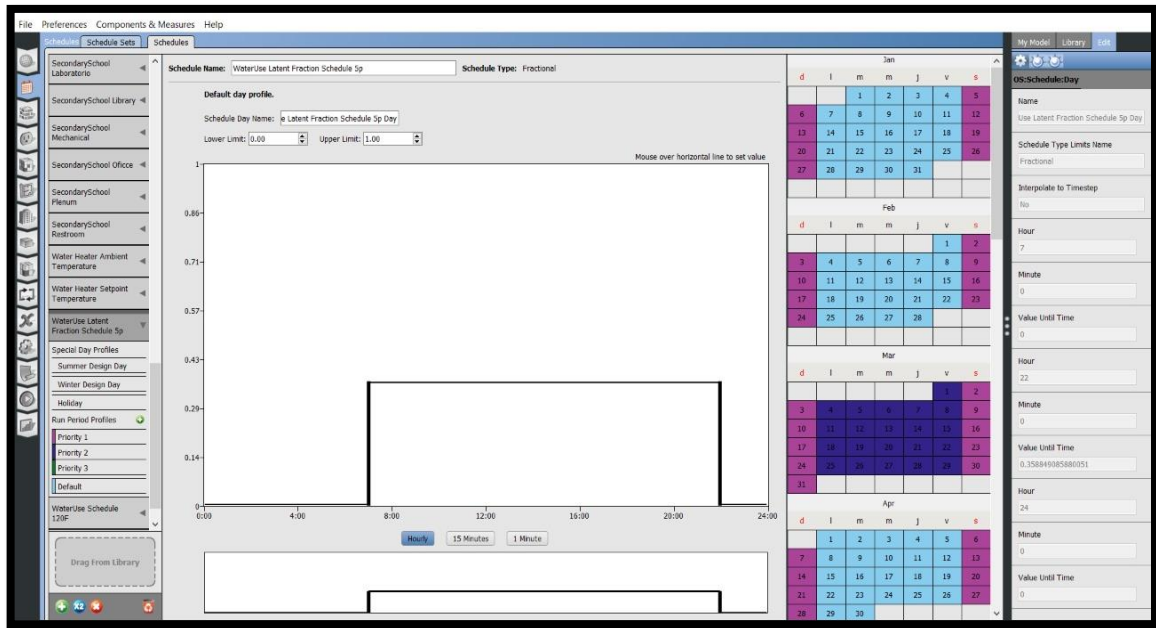


Figura 4. 27. Horario de agua caliente.

4.2.3.2 Pestaña zonas termicas caso 1

Es razonable definir adecuadamente las zonas térmicas agrupando espacios geométricos que comparten las mismas características en cuanto al posible uso de equipos de climatización, presencia de cargas internas, condiciones de contorno o tipo de construcción. Mientras mayor sea el número de zonas térmicas mayores cálculos tendrá que realizar EnergyPlus. Por eso es conveniente tratar de agrupar espacios para disminuir la complejidad de simulación de EnergyPlus y con ello modele cómodamente el software. Las zonas que tiene el edificio son las siguientes:

Aula: Zona climatizada.

Oficina: Zona climatizada.

Corredor: Zona no climatizada expuesta a ambientes exteriores.

Baño: Zona climatizada.

Biblioteca: Zona climatizada para el confort de estudiantes.

Sala de equipos mecánicos: Zona climatizada.

Una vez que se defina el número de zonas térmicas que pueden ser acondicionadas se procederá a agregar los termostatos y sistemas de HVAC en los espacios que fueron considerados como acondicionados. Los horarios y temperatura para estos ya fueron

establecidos anteriormente, en esta pestaña solo se arrastra el sistema creado ya que en la librería de mi modelo estará creado estos sistemas como se muestra en la Figura 4. 28.

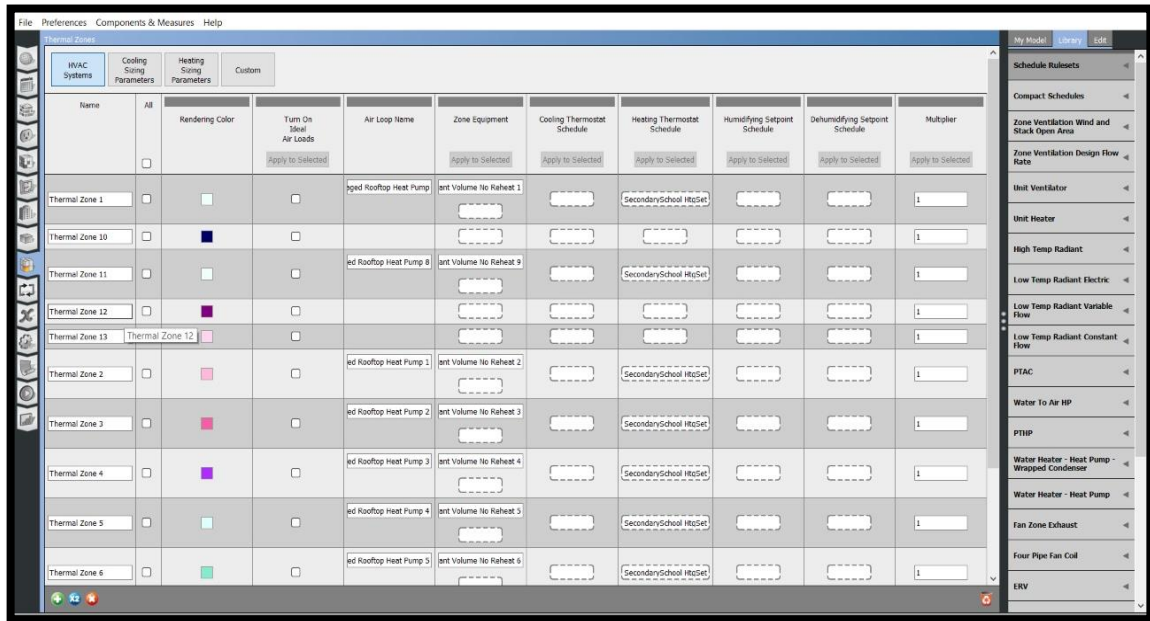


Figura 4. 28. Espacios agregados con zonas térmicas.

4.2.3.3 Pestaña sistemas de HVAC

Esta pestaña ayudara a crear y editar una plantilla de HVAC de forma amigable. Como no existe un sistema de HVAC en las edificaciones se procederá crear una plantilla nueva basándose en la norma ASHRAE 90.1-2016 en donde establecerá parámetros para dimensionar sistemas de calefacción, ventilación y servicio de agua caliente.

a) Crear un modelo HVAC

Para crear una plantilla de HVAC se debe pulsar sobre el botón verde y seleccionar la plantilla que sea la más adecuada y que se parezca a un sistema real.

Debido a que las edificaciones no cuentan con un sistema HVAC se optara por seleccionar Packaged Rooftop Heat Pump (bomba de calor de techo empaquetada). La plantilla que se seleccionara contara con calefacción, ventilación y un set point para termostatos puedan actuar en el horario que se haya establecido para el confort como se muestra en la Figura 4. 29.

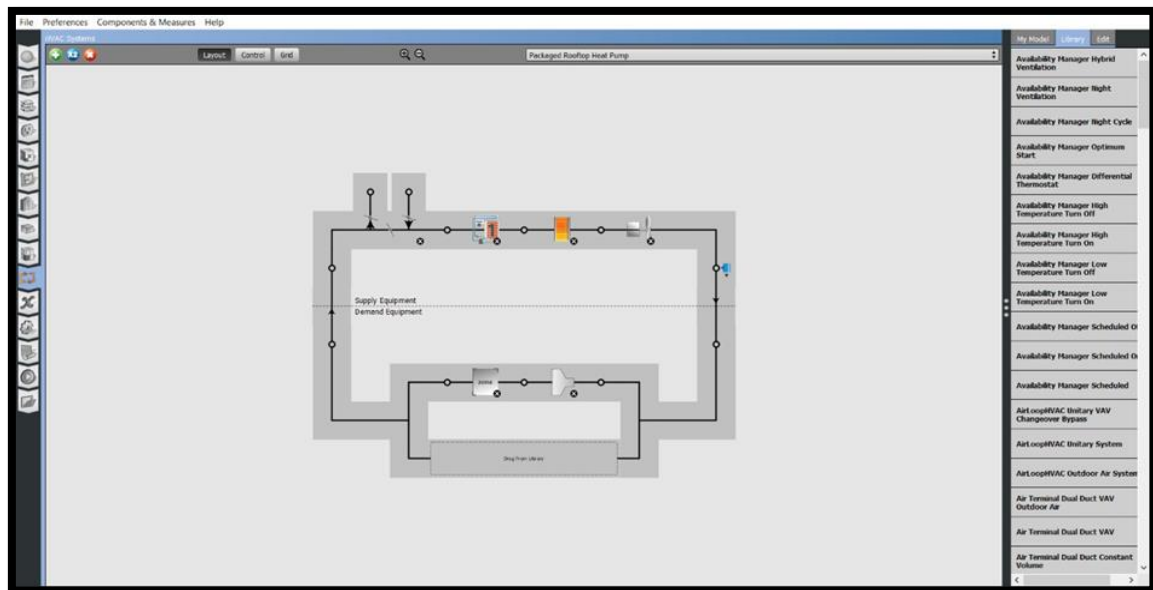


Figura 4. 29. Creación de un sistema HVAC Packaged Rooftop Heat Pump.

b) Editar un sistema HVAC

En cuanto al horario de operación de HVAC, se lo realiza por medio de un horario de “siempre encendido en discreto” que se basa en ciertos criterios como son:

- ✓ De acuerdo a la temperatura censada entraran en operación tanto el sistema de calentamiento como el sistema de ventilación.
- ✓ El sistema de ventilación entra en funcionamiento automático a una temperatura mayor de 22 °C.
- ✓ El sistema de calefacción entrara en funcionamiento automático a una temperatura menor de 22°C.
- ✓ En la Configuración del ciclo nocturno se implementa un sistema de censado, el cual consiste en mantenerse alejado para que los sistemas no entren en funcionamiento, es decir, si no hay presencia de personas o movimiento físico el sistema permanecerá apagado.

Los elementos básicos para editar un sistema HVAC se presentarán a continuación:

- **Coil Heating DX Single Speed**

Este es la unidad condensadora de la calefacción, en este caso se modifica los parámetros del elemento en base a la normativa ASHRAE.90.1-2016, donde se estiman valores de eficiencia, rangos de temperatura, sistemas de control, etc.

- **Setpoint Manager Single Zone Reheat**

Este es la pestaña del termostato en donde indica la temperatura mínima y máxima en que deberán actuar. Además, indica a que espacio de zona térmica pertenece.

La temperatura mínima que se desea es de 18 °C y la temperatura máxima de 22 °C, con ello el espacio que sea asignado este termostato deberá estar monitoreando constantemente los rangos de temperatura que se han establecido.

- c) **Crear una plantilla para servicios de agua caliente**

Se escogerá una plantilla para el servicio de agua caliente para los baños de los dos bloques considerando el número de baños que existen por cada bloque. Por facilidad y comprensión se creará dos sistemas de servicios de agua caliente tanto para el bloque A y bloque B como se muestra en la Figura 4. 30.

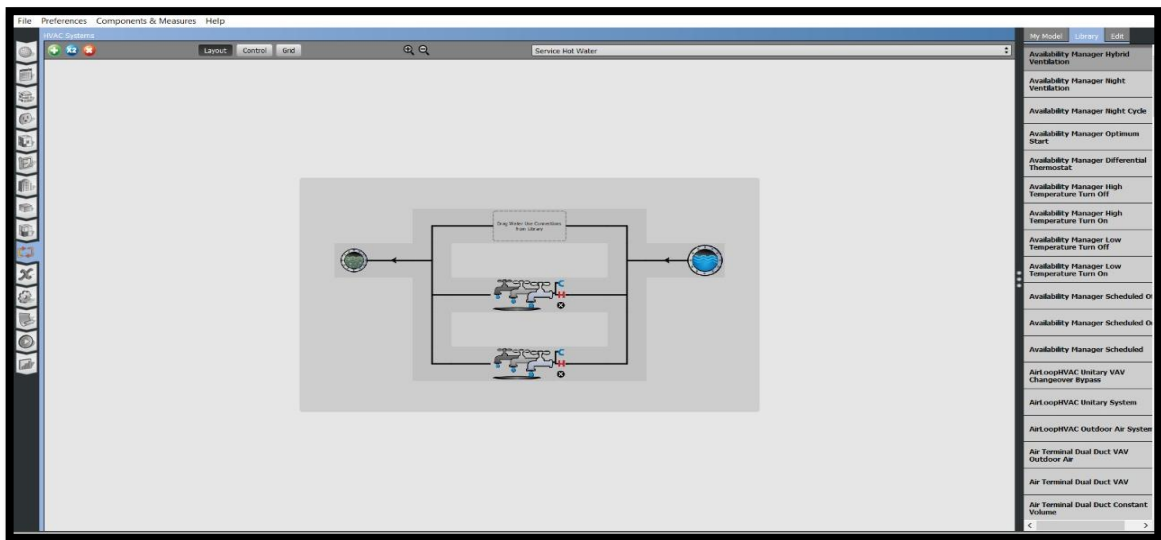


Figura 4. 30. Plantilla de agua caliente.

- d) **Editar el sistema de agua caliente**

Este proceso se basa en la normativa ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016. Sección 7. Servicio de Calentamiento de Agua, donde se recomienda tener en cuenta ciertos aspectos que mejoran la eficiencia energética como:

- ✓ Los calentadores de agua de resistencia eléctrica están disponibles con pérdidas en espera tan bajas como 0,06% por hora.
- ✓ Eficiencia térmica mínima admisible es del 80 %.

- ✓ El control debe poder ajustar la temperatura a 49 °C (120 °F) o menos, a menos que el fabricante del equipo especifique un mínimo más alto para evitar la condensación y la corrosión resultante.
- ✓ La norma requiere que se incluyan en el sistema algunos medios para controlar la temperatura máxima suministrada por los grifos de los lavabos en los baños públicos a no más de 43 °C (110 °F).
- ✓ La norma exige que estos controles de bomba de circulación proporcionen un máximo de cinco minutos entre el final del ciclo de calefacción y el apagado de la bomba de circulación.

- **Water Fixture**

En esta pestaña se debe asignar el espacio a cuál pertenecerá este sistema de agua caliente como se muestra en la Figura 4. 31.

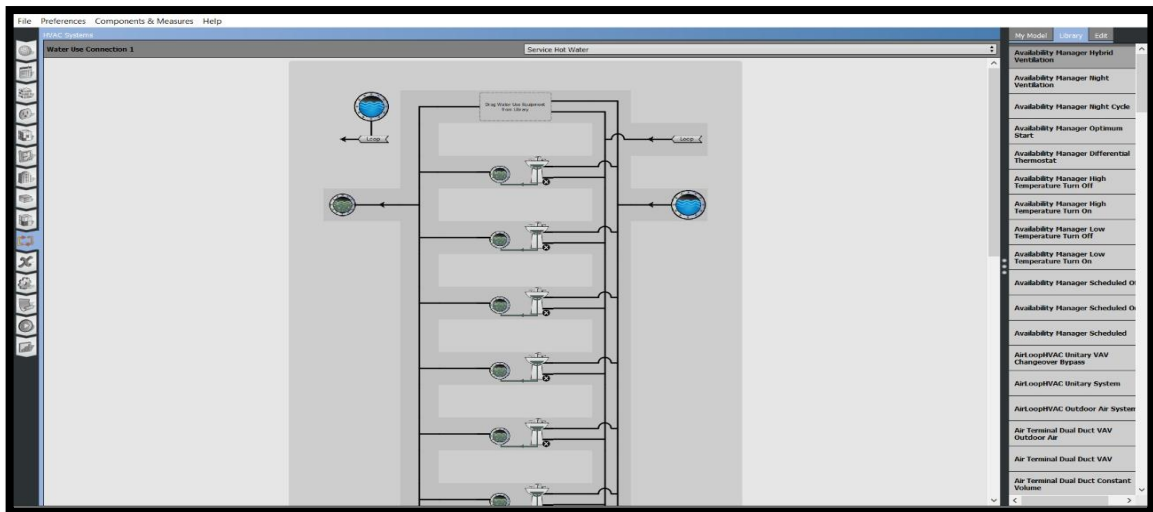


Figura 4. 31. Subsistemas de agua caliente.

Una vez configurado los sistemas de HVAC y agua caliente el sistema en general nos quedara de la siguiente manera como se muestra en la Figura 4. 32.

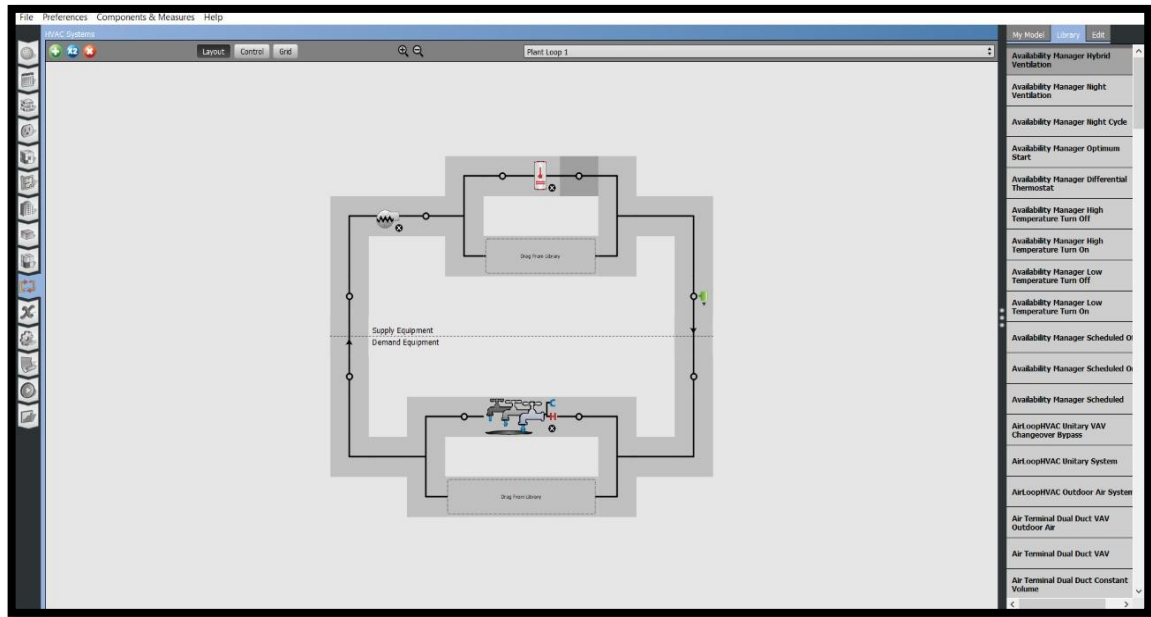


Figura 4. 32. Sistema general de HVAC y agua caliente.

4.2.4. Caso 2: Inclusión de energía fotovoltaica

En esta sección 4.2.4 se simulará un sistema conectado a la red de una instalación fotovoltaica en PVsyst. En primera instancia se debe tratar de ajustar los parámetros de simulación lo más exacto a una instalación real, teniendo en cuenta la capacidad de generación que tendrá el sistema. PVsyst es un software completo que brinda facilidades de simular sistemas conectados a la red, sistema aislados y sistemas de bombeo mediante una librería y herramientas completas que permiten establecer cada uno de los componentes que contiene una instalación fotovoltaica.

4.2.4.1 Lugar geográfico

La instalación fotovoltaica propuesta este situado en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, Parroquia San Felipe. El edificio está situado en la calle Simón Rodríguez y calle Jamaica. Las coordenadas de ubicación del edificio Matriz UTC son $0^{\circ}55'N$ y $78^{\circ}35'E$, con esta base de datos de las coordenadas geográficas el programa puede ajustar las horas solares durante el año. Después se importa dicha base de datos mediante la importación de datos de Meteonorm 8.0 que se utilizara para la simulación como se muestra en la Figura 4. 33.

Figura 4. 33. Coordenadas geográficas de la instalación fotovoltaica en el edificio Matriz UTC.

La Tabla 4. 14 muestra la data climática importada de Meteonorm 8. con valores mensuales de la irradiación difusa, irradiación horizontal, temperatura, velocidad del viento y humedad relativa. Con estos parámetros se podrá determinar qué tan factible es implementación de la instalación fotovoltaica en el lugar.

Tabla 4. 14. Data climatológica de Meteonorm 8.

Meses	Irradiación horizontal global W/m ²	Irradiación difusa horizontal W/m ²	Temperatura °C	Velocidad del viento m/s	Humedad relativa %
Enero	240,600	96,6	14,100	3,900	75,500
Febrero	208,8	107,4	14,000	3,700	77,200
Marzo	226,9	87,2	13,900	3,400	78,500
Abril	226,9	105,4	13,600	3,200	78,900
Mayo	235,6	87,6	13,700	3,800	77,700
Junio	225,4	85,6	12,800	4,800	78,800
Julio	225,4	87,6	12,600	5,300	75,900
Agosto	243,5	78,9	12,700	5,190	73,200
Septiembre	228,2	86,7	12,900	4,590	73,900
Octubre	188,8	105,8	14,000	3,700	73,200
Noviembre	199,7	92,9	13,900	3,190	75,600
Diciembre	221,8	87,5	14,100	3,600	75,500
Total	222,8	92,3	13,530	4,030	76,200

4.2.4.2 Orientación e inclinación

Se desarrollará la simulación del edificio A y B de la Matriz UTC considerando las siguientes orientaciones. Cuando la orientación coincide hacia el Norte se considera un ángulo de 0° y si están referenciados hacia el Oeste se considera ángulos. La inclinación óptima de los paneles fotovoltaicos para aprovechar al máximo la radiación será de 4°.

Para determinar la inclinación adecuada y óptima se aplicará la siguiente ecuación (4.3):

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69 * |\phi|$$

$$\beta = 3.7 + 069 * (0.923)$$

$$\beta = 4,33$$

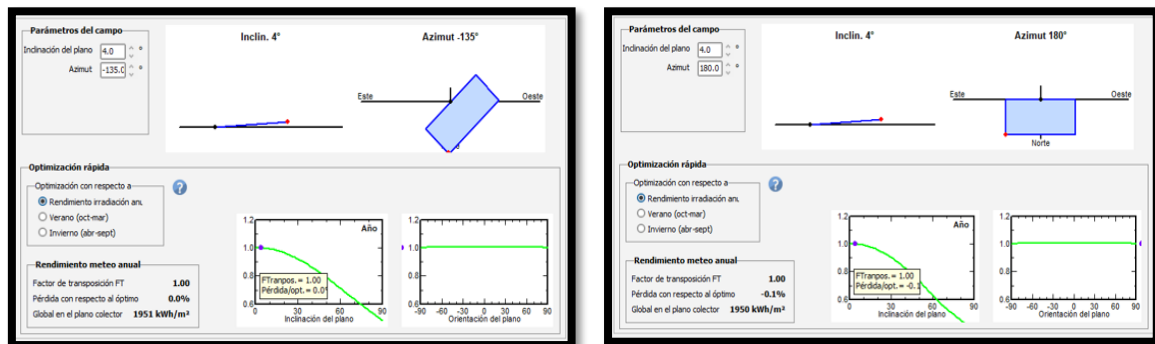
$$\beta \approx 4^\circ$$
(4.3)

Donde:

β_{opt} : inclinación óptima.

$|\phi|$: Latitud en grados.

El ángulo de inclinación óptima es de 4 grados y la orientación de los módulos fotovoltaicos es hacia el Norte debido a que Ecuador está ubicado en el centro de la línea ecuatorial; pero la ciudad de Latacunga está ubicado por debajo de la mitad del mundo, por ende, el edificio se encuentra en el hemisferio Sur y es recomendable orientarlos hacia el lado contrario como se muestra en la Figura 4. 34.



a) Inclinación y azimut edificio A.

b) Inclinación y azimut edificio B.

Figura 4. 34. Orientación e inclinación del sistema fotovoltaico en el edificio Matriz UTC.

4.2.4.3 Elementos de un sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico conectado a la red está compuesto por módulos fotovoltaicos, inversores y medidores, no requiere de almacenadores de energía puesto que la energía que genera estará conectada directamente a la red.

a) Módulos fotovoltaicos

Los criterios para la selección de módulos fotovoltaicos son los siguientes:

- ✓ Capacidad de generación de la instalación fotovoltaica.
- ✓ Tipo de célula fotovoltaica (silicio monocristalino, silicio monocristalino y amorfo).
- ✓ Eficiencia de los paneles solares.
- ✓ Costo.

a) Inversor

Los inversores realizan la conversión de C.C. a C.A. cumpliendo con distintos criterios para su selección adecuada. El inversor generalmente funciona como fuente de corriente auto conmutada y sincronizada con la red de distribución de energía eléctrica [37].

Para la selección correcta del inversor para un sistema conectado a la red son los siguientes:

- ✓ Tensión máxima, mínima y nominal de la red.
- ✓ Frecuencia.
- ✓ Eficiencia y rendimiento.
- ✓ Numero de fases.
- ✓ Factor de potencia.

Se proyecta un sistema fotovoltaico con capacidad de generación de 108,5kWp para el bloque A y para el bloque B 93,9 kWp, que se requiere para satisfacer el consumo eléctrico que requiere los edificios Matriz UTC. El sistema ayudará a la compensación de energía que demandará la inclusión de los sistemas de HVAC.

La Tabla E. 1 presenta el datasheet proporcionado por PVSyst de las características técnicas del modelo de módulo solar seleccionados para el dimensionamiento de la planta generadora. Las características de este modelo de módulo fotovoltaico servirán para el dimensionamiento de los dos edificios de la Matriz UTC.

El edificio A de la Matriz UTC presenta un aproximado de consumo de 93.9 kW. Para establecer el número de módulos totales necesarios a ser instalados para la capacidad de generación requerida se utilizará la ecuación (4.4):

$$N_T = \frac{P_{FV \max INV}}{P_M} \quad (4.4)$$

Donde:

$P_{FV \max INV}$: Potencia fotovoltaica máxima que admite el inversor.

P_M : Potencia del módulo fotovoltaico.

$$N_{TA} = \frac{108000}{400}$$

$$N_{TA} = 270 \text{ módulos}$$

$$N_{TB} = \frac{96000}{400}$$

$$N_{TB} = 240 \text{ módulos}$$

En la instalación fotovoltaica del edificio bloque A se seleccionará tres inversores centrales y en el edificio B se seleccionará dos inversores para el previo cálculo se detalla las siguientes especificaciones en la Tabla E. 2 y Tabla E. 3 A continuación, con el datasheet de los inversores seleccionados en PVsyst se puede realizar el cálculo de asociación serie – paralelo, primero se calculará el número de ramas en paralelo mediante la ecuación (4.5).

$$N_p \leq \frac{I_{dc \max}}{1,25 * I_{sc M}} \quad (4.5)$$

Donde:

N_p : número de módulos en paralelo que admite el inversor.

$I_{dc\ max}$: intensidad de corriente continua que admite el inversor.

$I_{sc\ M}$: intensidad de cortocircuito del módulo fotovoltaico.

Para saber el número de asociaciones en serie se deberá partir desde el cálculo de tensiones máximas y mínimas de un módulo fotovoltaico mediante las ecuaciones (4.6), (4.7), (4.8) y (4.9):

$$V_{ocm\ max} = V_{ocm} + \beta_{oc}(T_{c_{min}} - 25) \quad (4.6)$$

$$V_{mp\ max\ M} = V_{ocm} + \beta_{oc}(T_{c_{min}} - 25) \quad (4.7)$$

$$V_{mp\ min\ M} = V_{ocm} + \beta_{oc}(T_{c_{max}} - 25) \quad (4.8)$$

$$V_{mp\ min\ M} = V_{ocm} + \beta_{oc}(T_{c_{max}} - 25) \quad (4.9)$$

donde; $V_{ocm\ max\ M}$, $V_{mp\ max\ M}$, $V_{mp\ min\ M}$, $V_{ocm\ min\ M}$, V_{ocm} , β_{oc} , $T_{c_{min}}$, $T_{c_{min}}$; es la tensión de circuito abierto, tensión del punto máximo de potencia, tensión del punto mínimo de potencia, tensión de circuito abierto mínimo, tensión de circuito abierto, coeficiente de temperatura de voltaje, temperatura mínima diurna anual y temperatura de célula máxima respectivamente.

Obteniendo el valor de la tensión de circuito abierto máximo, tensión del punto máximo de potencia, tensión de circuito abierto mínimo y tensión del punto mínimo de potencia se calcula el número de módulos en serie mediante las ecuaciones (4.10), (4.11), (4.12) y (4.13):

$$N_s < \frac{V_{dc\ max\ inv}}{V_{oc\ max\ M}} \quad (4.10)$$

$$N_s < \frac{V_{mp\ max\ inv}}{V_{mp\ max\ M}} \quad (4.11)$$

$$N_s > \frac{V_{dc\ min\ inv}}{V_{oc\ min\ M}} \quad (4.12)$$

$$N_s > \frac{V_{mp\ min\ inv}}{V_{mp\ min\ M}} \quad (4.13)$$

Previamente hecho el cálculo a partir de los criterios de diseño de módulos fotovoltaicos e inversores descritos en la sección 4.2.4.3 se obtiene los datos de la asociación fotovoltaica en la Tabla 4. 15 y Tabla 4. 16.

Tabla 4. 15. Datos de la asociación fotovoltaica del bloque A.

Potencia pico	109,00 kW _p
Área total	493 m ²
Tensión de circuito abierto	700,80 V
Tensión en el punto máximo de potencia	595,20 V
Intensidad en el punto máximo de potencia	182,92 A
Intensidad de cortocircuito	192,44 A
Asociación fotovoltaica N _p y N _s	17 x 16

Tabla 4. 16. Datos de la asociación fotovoltaica del bloque B.

Potencia pico	95,20 kW _p
Área total	493 m ²
Tensión de circuito abierto	613,20 V
Tensión en el punto máximo de potencia	520,80 V
Intensidad en el punto máximo de potencia	182,92 A
Intensidad de cortocircuito	192,44 A
Asociación fotovoltaica N _p y N _s	17 x 14

Esto coincide con la memoria de cálculo de la Figura F. 1 y Figura G. 1 de PVsyst basado en los criterios de diseño descritos en la sección 4.2.4.3.

4.2.4.4 Sombreados cercanos

En este apartado se determinará objetos y edificios que posiblemente pueden producir sombreados a los paneles fotovoltaicos. Además, las separaciones entre las filas que componen el generador arrojan sombras una sobre otra en determinados momentos de días y año. para que no exista obstaculización o sombra entre celdas [37].

Primero se identificará las sombras cercanas o lejanas posibles las cuales pueden producir pérdidas sobre los módulos; para ello se realizará simulaciones en 3D de los edificios que pueden producir sombras. Se ha tomado medidas de anchura, longitud y altura de los edificios A y B; y se ha procedido a modelarlos en el software PVsyst.

A continuación, se muestra el cálculo de la distancia mínimas de separaciones entre módulos mediante las ecuaciones (4.14) y (4.15):

$$h = l * \sin(\theta) \quad (4.14)$$

donde; l es la longitud del módulo fotovoltaico y θ es el ángulo de inclinación óptimo.

$$h = 1.740 * \sin(4^\circ)$$

$$h = 0.12 \text{ m}$$

Una vez se haya determinado la altura del módulo fotovoltaico debido a la inclinación óptima se determinará la distancia mínima entre filas para que no se pueda producir sombra entre ellos.

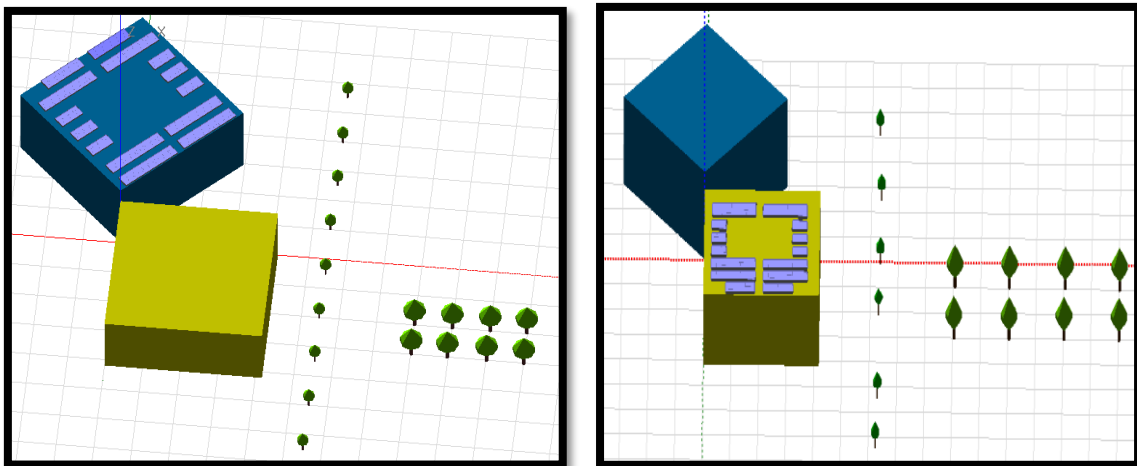
$$d_{\min} = \frac{h}{\text{tg}(61^\circ - \theta)} \quad (4.15)$$

donde h es la altura de la fila adyacente y θ es la latitud del lugar en grados.

$$d_{\min} = \frac{0.12}{\text{tg}(61^\circ + 0.923)}$$

$$d_{\min} = 0.06 \text{ m}$$

La distancia mínima entre módulos será de 0.06 m considerando un 20% adicional en caso de que se tenga un poco de espacio. Con esta distancia se procederá a insertar los módulos fotovoltaicos sobre ambos edificios considerando la inclinación y orientación óptima para su ubicación. Además, se considera que existe un adecuado espacio para realizar el mantenimiento y limpieza preventivo del sistema fotovoltaico.



a) Sombreados cercanos del edificio A.

b) Sombreados cercanos del edificio B.

Figura 4. 35. Modelado de sombreados de los edificios Matriz UTC.

No existirán sombras cercanas ni lejanas que afecten debido a que los edificios están situados en el horizonte bastante libre de obstáculos no se verá afectado por sombras de objetos o edificios como se muestra en la Figura 4. 35. La célula fotovoltaica se verá afectada por las radiaciones solares que se dan en el mes de febrero que es más baja la trayectoria del sol y en agosto que es el mes con mayor trayectoria solar.

4.2.4.5 Producción de energía eléctrica

Después de haber determinado la orientación, el sistema fotovoltaico, los sombreados y diseños del módulo podremos ejecutar la simulación para poder conocer cuanto será la producción del sistema. En la Tabla 4. 17 se muestra la producción de energía eléctrica para el edificio A y B de la Matriz UTC.

Tabla 4. 17. Producción de energía eléctrica de los edificios Matriz UTC.

Producción	Producción de energía (MWh/año)
Sistema fotovoltaico bloque A	182,000
Sistema fotovoltaico bloque B	159,000

Una vez determinado la producción de energía eléctrica que es capaz producirse se procederá a insertar módulos fotovoltaicos en el software SketchUp, ver Figura 4. 36.

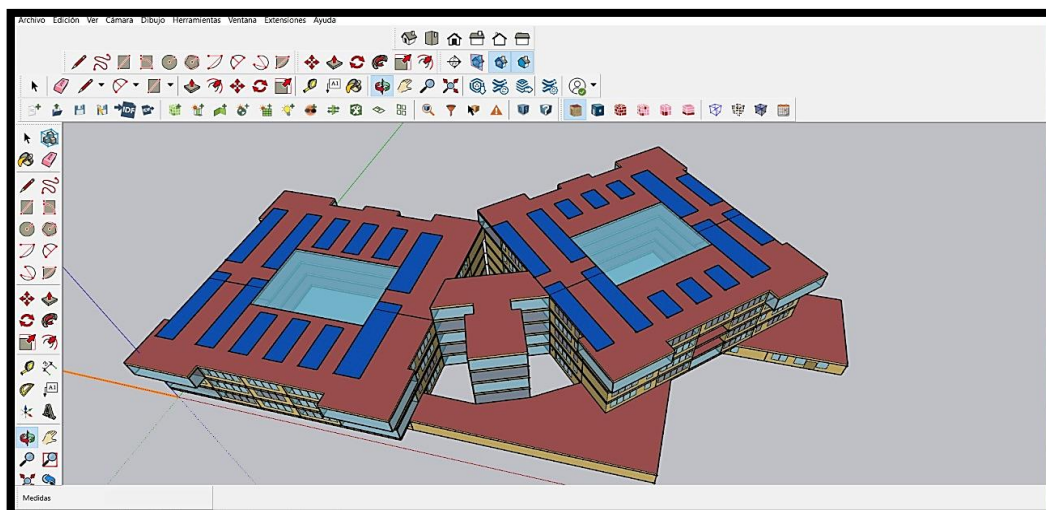


Figura 4. 36. Colocación de paneles solares 3D en el programa SketchUp.

Según lo que establece ARCONEL 003/18, el proyecto debe conectarse con las redes de baja o media tensión de la empresa de distribución, el diseño del sistema fotovoltaico debe tener como objeto reducir el consumo de energía de la red y debe estar condicionado a la emisión de factibilidad de conexión de la empresa distribuidora. En este caso el proyecto planteado del sistema fotovoltaico para el edificio Matriz UTC cumple con las características generales que establece ARCONEL.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se detallan los resultados obtenidos en la simulación de OpenStudio de los casos de estudio propuestos, estos datos serán validados con la información del levantamiento de cargas, tipo de construcción, facturas de consumo de energía eléctrica y consumo de agua potable, administrada por la Universidad Técnica de Cotopaxi.

En primera instancia en la sección 5.1 se realiza la simulación del caso base de estudio previamente en donde se tomó como referencia las condiciones actuales que presenta los edificios como es las cargas eléctricas, el material de tipo de construcción, planillas de consumo eléctrico y de consumo de agua. Una vez hecho la simulación se procede a la validación del modelo con el consumo de las planillas mensuales, para ello se ayudará de las ecuaciones (4.1) y (4.2). En la sección 5.2. se simula el caso 1 que se incluye los sistemas de HVAC, para validar este caso se realizara la comparación de resultados de consumo eléctrico, ganancias y pérdidas de calor con los resultados del caso base. Por último, en la sección 5.3. se añade sistemas fotovoltaicos al caso 2 de estudio, para validar la simulación de hace la comparación de la capacidad de generación en PVsyst y OpenStudio en MWh/año.

5.1. SIMULACIÓN DEL CASO BASE: INCLUSIÓN DE CONDICIONES ACTUALES

En la Tabla 5. 1 se representa los valores del consumo mensual en kWh de la edificación Bloque A y B de la Matriz UTC, además se detalla la demanda pico por mes y finalmente el costo mensual del consumo de energía eléctrica basado en las planillas del consumo real.

Tabla 5. 1. Consumo de energía eléctrica real en planillas 2019.

Mes	Consumo de Energía (kWh)	Demanda Pico (kW)	Costo (\$)
1	53,265	147,000	3805,020
2	43,371	138,000	3614,940
3	38,620	123,000	3226,130
4	51,289	153,000	3746,090
5	52,773	155,000	4299,010
6	52,097	138,000	3718,110
7	53,617	134,000	4278,340
8	33,126	98,000	2684,620
9	39,806	134,000	3286,820
10	47,975	147,000	3917,380
11	48,133	150,000	3943,940
12	44,604	159,000	3715,000
Total	558,676	1676,000	44235,400

La Tabla 5. 2 muestra los datos de la simulación en OpenStudio del consumo de energía eléctrica y la demanda pico de consumos mensuales, diferenciadas por tipos de consumo que en este caso se especifica como iluminación y equipos eléctricos instalados en cada espacio, ya que en el caso base se analiza las condiciones actuales en las que se encuentra la edificación.

Tabla 5. 2. Consumo de energía eléctrica simulado en OpenStudio.

Mes	Consumo de Energía (kWh)	Demanda Pico (kW)	Costo (\$)
1	54,893	177,580	3898,95
2	48,146	177,580	3638,67
3	38,773	127,750	2774,27
4	52,978	177,430	3820,75
5	55,225	177,430	5346,84
6	49,374	177,430	5063,24
7	55,225	177,430	5346,84
8	35,318	113,830	3423,67
9	33,861	113,830	2445,31
10	49,736	154,440	3456,71
11	46,070	154,440	3316,69
12	48,098	154,440	3394,44
Total	567,697	1883,610	45926,38

En la Figura 5. 1 se representa gráficamente el consumo de energía eléctrica que se da por el equipamiento interior y la iluminación interior. Mientras que en la simulación de OpenStudio se observa que solo son dos tipos de equipamiento que producen el consumo en la edificación.

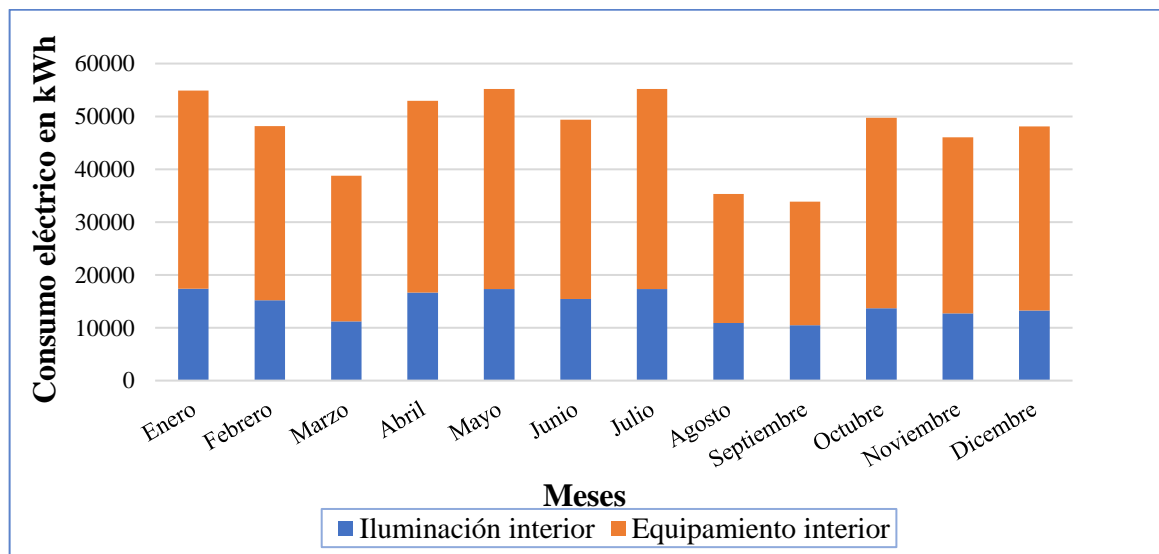


Figura 5. 1. Consumo de energía eléctrica por cada equipamiento.

De igual forma en la Figura 5. 2 se representa gráficamente el comportamiento de la demanda pico del caso base. Las demandas picos son producidas por el equipamiento interior y por iluminación interior. El equipamiento interior es el que consume mayor energía debido a las cargas eléctricas que posee el edificio Matriz UTC.

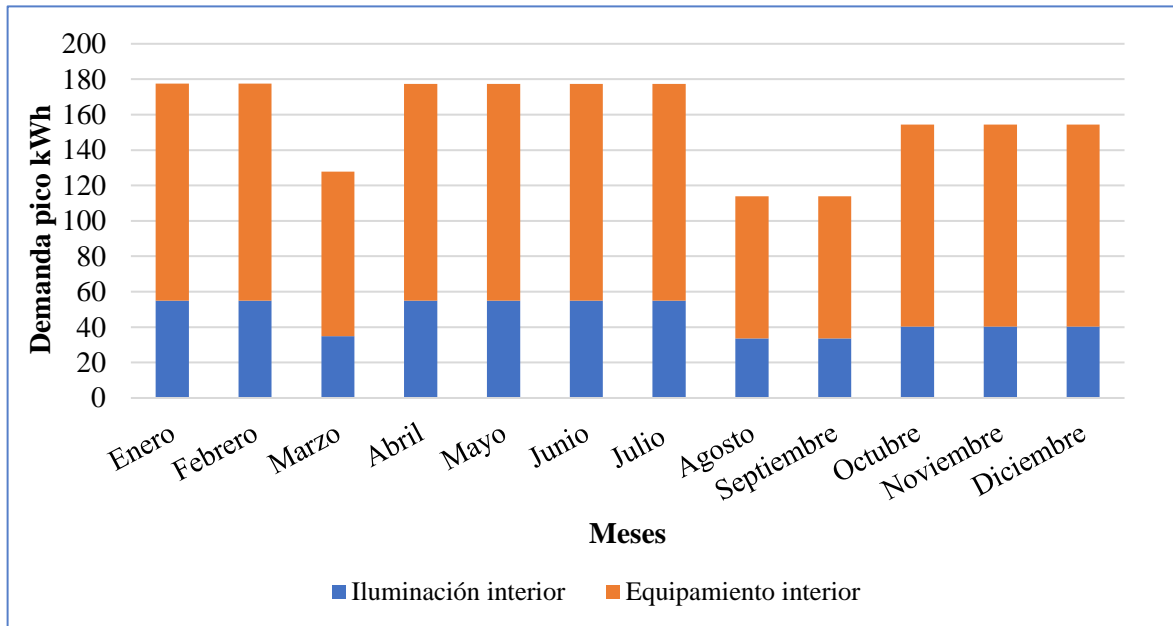


Figura 5. 2. Demanda pico del consumo de energía eléctrica mensual.

La validación de resultados estará basada en normas de la ASHRAE que establece valores para la validación de los casos propuestos en la sección 5.1.1.

- **Ganancias y Pérdidas de Calor**

En la Tabla 5.3 expresa los resultados de ganancias anuales de calor de la envolvente de la edificación, estas ganancias vienen definidas por el conjunto de construcción que dependen de las propiedades constructivas de los materiales, se observa que los equipos eléctricos producen mayor cantidad de ganancia de calor (396,010 kW), mientras que las superficies expuestas al suelo son las que menos ganancias de calor producen (1,370 kW).

Tabla 5. 3. Ganancias de calor del caso base

Tipo	Cantidad (kBtu)	Cantidad (kW)
Equipo eléctrico Energía total de calefacción	1351231,700	396,010
Equipos de gas Energía de calefacción total	-	-
Luces de zona Energía de calefacción total	585831,100	171,690
Zona Personas Calentamiento Sensible Energía	536.931,000	157,360
Zona Infiltración Energía de ganancia de calor sensible	186,200	0,050
Energía de ganancia de calor de ventana de superficie	3076801,100	901,720
Ganancia de calor en las superficies de las paredes exteriores	75330,800	22,080
Ganancia de calor de las superficies del techo	119252,900	34,950
Superficies expuestas al suelo Ganancia de calor	4659,700	1,370
Total	5750224,500	1685,220

La Tabla 5. 4 muestra resultados de pérdidas de calor de la envolvente de la edificación, estas pérdidas se pueden disminuir realizando cambios en la envolvente, ya sea mejorando su conductividad, densidad y calor específico de los diferentes materiales presentes en los conjuntos de construcciones, las mayores pérdidas de calor están presentes en las ventanas (533,190 kW) y la menor se registra en la superficie del techo (136,420 kW).

Tabla 5. 4. Pérdidas de calor del caso base.

Tipo	Cantidad (kBtu)	Cantidad (kW)
Zona Infiltración Pérdida de calor sensible Energía	480.847,000	140,920
Energía de pérdida de calor de ventana de superficie	1819317,800	533,190
Pérdida de calor en las superficies de las paredes exteriores	500858,100	146,790
Pérdida de calor en las superficies del techo	465482,600	136,420
Superficies expuestas al suelo Pérdida de calor	2155484,700	631,710
Total	5421990,200	1589,030

En la Figura 5. 3 se analiza el calor presente en la envolvente de la edificación, se observa que la pérdida total de calor representa un 49%, mientras que la ganancia total de calor es del 51 %.

Por lo tanto, se deduce que la envolvente de la edificación esta correctamente diseñada, al presentar un alto porcentaje de ganancias de calor lo que hace que mejore la eficiencia energética en toda la edificación y principalmente se valide el modelo energético en OpenStudio.

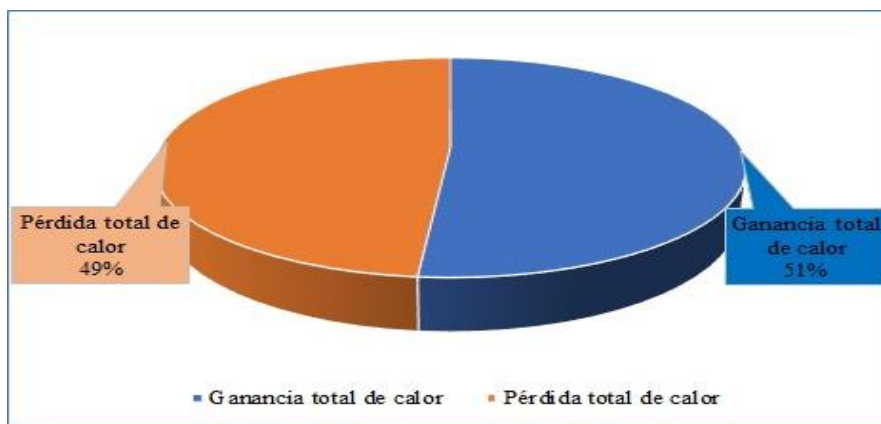


Figura 5. 3. Comparación de ganancias y pérdidas de calor del caso base.

5.1.1. Validación de resultados del caso base

Para la validación de resultados del caso base se utilizó el coeficiente de variación del error cuadrático medio CV(RMSE) y el error medio de sesgo NMBE para cuantificar la desviación entre la medición y simulación.

En la Tabla 5. 5 se establece una base de datos que servirá para la calibración del modelo energético y determinar si se cumple de acuerdo a los rangos permitidos por el NMBE y CV(RMSE) mediante la ecuación (4.1) y (4.2).

Tabla 5. 5. Base de datos para la validación de resultados.

Datos para la calibración del modelo energético	
M	55,676
S	567,697
\bar{M}	46,556
n	12,000

$$NMBE = \frac{1}{46.556} * \frac{(558.676 - 567.697)}{12} * 100$$

$$NMBE = -1,61$$

El límite que se establece para el error medio de sesgo NMBE es de 5%, por lo tanto, si cumple con lo establecido para validar el modelo energético simulado.

$$CV(RMSE) = \frac{1}{46,556} * \sqrt{\frac{(558.676 - 567.697)^2}{12}} * 100$$

$$CV(RMSE) = 5,59$$

El coeficiente de variación del error cuadrático medio CV(RMSE) establece el límite de 15%, por lo tanto, se cumple con la validación del modelo debido a que se tiene un 5,59% en la simulación del modelo energético.

En la Figura 5. 4 se compara los resultados del consumo de energía eléctrica entre los datos de planillas reales y la simulación en OpenStudio, las curvas de ambos casos presentan una similitud del consumo eléctrico, por lo tanto, el modelo energético esta apto para realizar el siguiente caso de estudio.

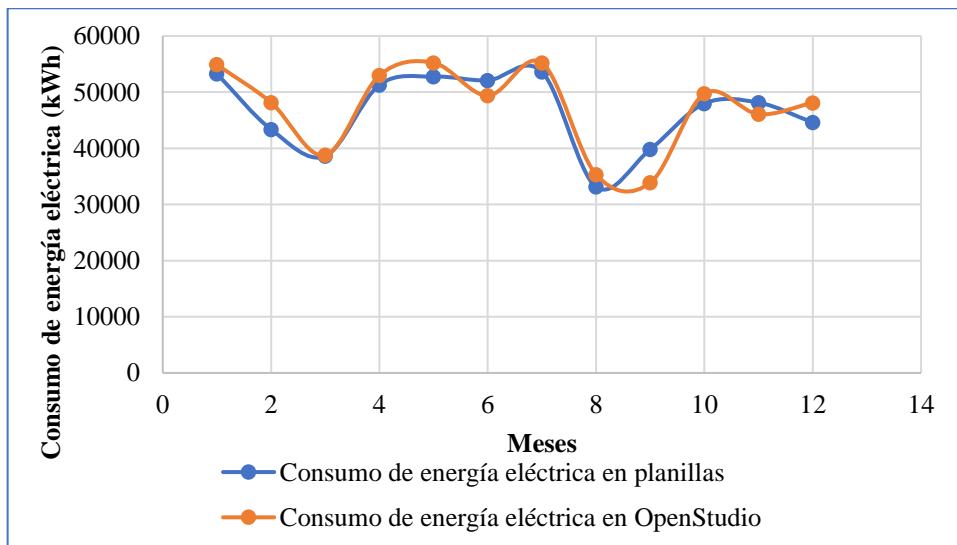


Figura 5. 4. Comparación del consumo eléctrico de planillas y simulación en OpenStudio.

5.2. SIMULACIÓN DEL CASO 1: INCLUSIÓN DE HVAC

En la Tabla 5. 6 se muestra los resultados del consumo de electricidad en kWh por mes, una vez añadido al programa sistemas HVAC como calefacción, ventilación y servicio de agua caliente.

Se observa que se incrementa el consumo de electricidad, teniendo en cuenta que en el caso base tenemos 567697 kWh, en el caso 1 se obtiene 869042 kWh de consumo anual de electricidad, esto representa un incremento del 34,68 % de la energía consumida anualmente.

Entonces, se puede deducir que el diseño realizado del sistema HVAC está en el rango de eficiencia energética, ya que la norma ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016. Capítulo 7, especifica que estos sistemas deben representar entre un 30% y 50 % del consumo total de electricidad en la edificación.

Tabla 5. 6. Consumo anual de electricidad.

Mes	Consumo de Energía (kWh)	Demanda Pico (kW)	Costo (\$)
1	81522,880	256,870	5653,370
2	71905,170	277,160	5489,970
3	59313,020	246,080	4678,610
4	79215,290	310,910	6098,590
5	81957,300	309,070	8553,400
6	74737,110	306,680	8162,170
7	82855,270	317,320	8713,110
8	71540,950	341,250	8495,680
9	63263,050	314,840	5503,240
10	69594,650	240,220	5016,620
11	65443,600	324,260	5695,040
12	67694,030	314,230	5683,600
Total	869042,000	3559,000	88034,520

El diseño de sistemas HVAC en el código abierto OpenStudio, facilita el dimensionamiento de cada uno de los elementos que forman parte del sistema, estos cálculos lo realizan el modelo en base a la normativa ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016.

Con respecto al costo de la energía consumida tanto del caso base como del caso HVAC, se observa en la Figura 5. 5. La evolución de ambos costos mes a mes, presentando un claro incremento del 34,68 % en la planilla eléctrica lo que representa el consumo tanto del sistema de calefacción, ventilación y servicio de agua caliente. el consumo máximo se presenta en el

mes de Julio que asciende a un valor de \$ 8713.11 mientras que, el consumo más bajo se presenta en el mes de marzo con un valor de \$ 4678.11 debido a que, en el edificio se presenta una baja afluencia de estudiantes por el periodo de vacaciones y deriva en un bajo consumo de energía eléctrica.

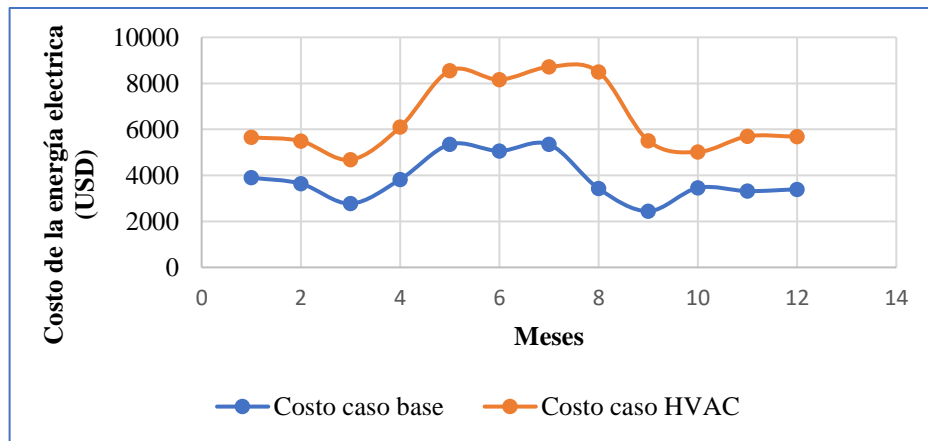


Figura 5. 5. Comparación del costo de energía del caso base con el caso HVAC.

- **Servicio de Agua Caliente**

La Tabla 5. 7 muestra los valores del consumo mensual del agua obtenido por planillas reales, evidentemente el consumo no varía al incluir el servicio de agua caliente, ya que el verdadero impacto será en el costo de la energía eléctrica, es por ello que OpenStudio presenta los valores de costos de energía mensualmente en base al consumo, donde se observa el costo total que asciende a los \$10291,18 únicamente por este servicio.

Tabla 5. 7. Consumo de agua de OpenStudio.

Mes	Consumo de agua (Gal)	Costo (\$)
1	999,000	990,690
2	1332,000	864,710
3	647,000	581,760
4	983,000	948,700
5	1388,000	990,690
6	1423,000	870,930
7	1618,000	990,690
8	1882,000	1336,580
9	1423,000	1017,090
10	837,000	588,900
11	615,000	542,960
12	594,000	567,480
Total	13741,000	10291,18

En la Tabla 5. 8 se especifica cada uno de los elementos a utilizar para el servicio de agua caliente con sus respectivas características. Además, se debe tomar en cuenta que se diseñó dos modelos de servicio de agua caliente, tanto para el bloque A como bloque B del edificio Matriz UTC.

Como es la bomba de velocidad variable con una capacidad nominal de la bomba de 179,339 kPa, además el calentador de agua con una potencia de 845 kW y el Setpoint Manager: Programado para controlar la variación de temperatura que va de 6,72 ° hasta los 49°C que indica la norma ASHRAE 90.1.2016, mientras que la máxima temperatura a la que debe trabajar es sistema de agua caliente es de 43°C.

Tabla 5. 8. Detalles del sistema de servicio de agua caliente.

Objeto	Descripción	Valor	Dimensionamiento
Bomba: Velocidad Variable	Tasa de flujo del agua	12,00 gal/min	Tamaño automático
	Capacidad nominal de la bomba	179,339 kPa	-
	Eficiencia Motora	90%	-
Calentador de agua: Mixto	Capacidad de calentamiento	845 kW	Tamaño duro
	Eficiencia térmica del calentador	95%	-
	Utilice la eficacia secundaria	100%	-
	Efectividad del lado de la fuente	100%	-
Setpoint Manager: Programado	Variable de control - Temperatura	6.72 °C a 49 °C	-
Demanda	-	-	-
Agua Uso: Conexiones	Conexión de uso de agua	-	-
Control S	-	-	-
Rango de caudal de bucle	Caudal mínimo del circuito	0,00 gal/min	Tamaño duro
Rango de caudal de bucle	Caudal máximo del circuito	12,00 gal/min	Tamaño automático
Rango de temperatura del circuito	-	0°C a 100 °C	-
Temperatura de salida del diseño del circuito	-	43 °C	-
Carga/montaje de equipos	-	Óptimo	-

En la Figura 5. 6 se presenta la comparación de los costos, tanto de la situación actual del agua en el caso base y el caso HVAC donde se incluye el servicio de agua caliente, entonces se

observa cómo va aumentando el costo del agua caliente mensualmente, según el uso de dicho servicio.

El sistema de agua caliente diseñado en OpenStudio, hace que el costo de energía sea mayor en los periodos con normal afluencia de estudiantes, en cambio se reducen en los periodos de vacaciones que presenta el edificio matriz UTC, es por ello que, en los meses de marzo, agosto y septiembre el costo se reduce.

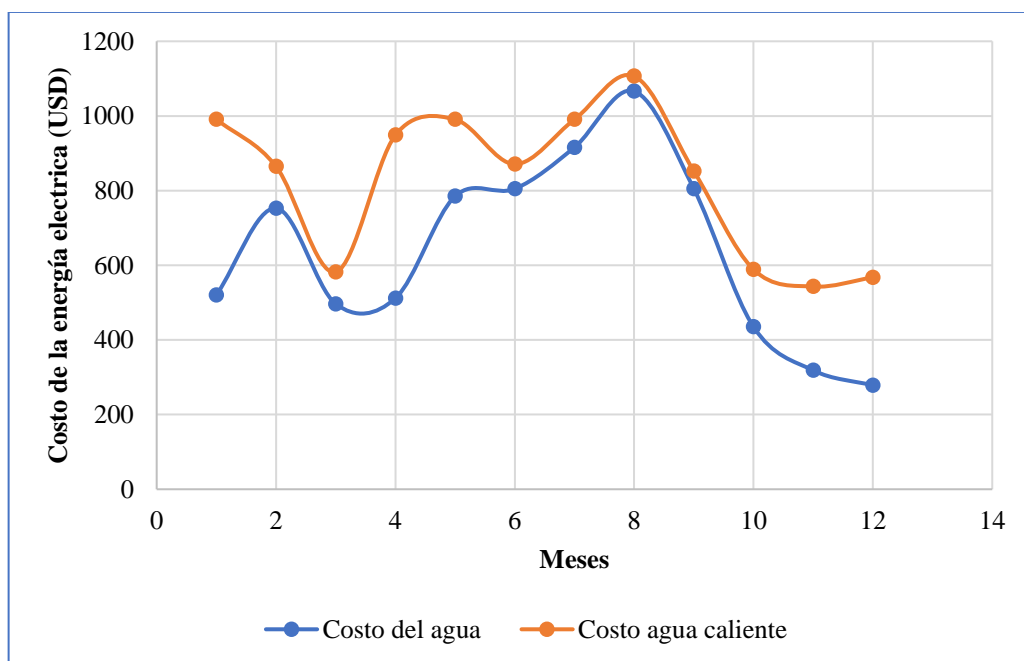


Figura 5. 6. Comparación de costos de agua del caso base y caso HVAC.

- **Sistemas HVAC (Calefacción y Ventilación)**

La Tabla H. 1 trata acerca del sistema de calefacción y ventilación de la edificación, la parte de suministro consta de un sistema de aire exterior con su respectiva tasa mínima de flujo de aire y el caudal máximo deseado alcanzar que es 924 pies cúbicos por minuto lo que permite aprovechar el aire a temperatura ambiente que ingresa por la edificación y mejorar la eficiencia energética, ya que este suministro ayuda a que el ventilador utilice menos energía de consumo.

Además, una bobina eléctrica de calefacción que tiene una capacidad de calentamiento de 10,82 kW con una eficiencia del 100%.

El ventilador presenta propiedades como: rango de flujo de aire, eficiencia del ventilador y la eficiencia motora del 90 %, muy importante para la eficiencia energética ya que consiguen

un funcionamiento óptimo con un menor consumo de energía, todo esto controlado por un Setpoint Manager para su correcto funcionamiento.

Adicionalmente en la Figura 5. 7 se presenta la variación del consumo mensual de energía eléctrica por parte del sistema HVAC y el caso base, es evidente que el consumo de energía del sistema HVAC es superior, presentando el pico más alto de consumo en el mes de Julio con 82,855 kWh y el consumo el consumo más bajo en el mes de marzo con 59,313 kWh debido al periodo vacacional del edificio matriz UTC.

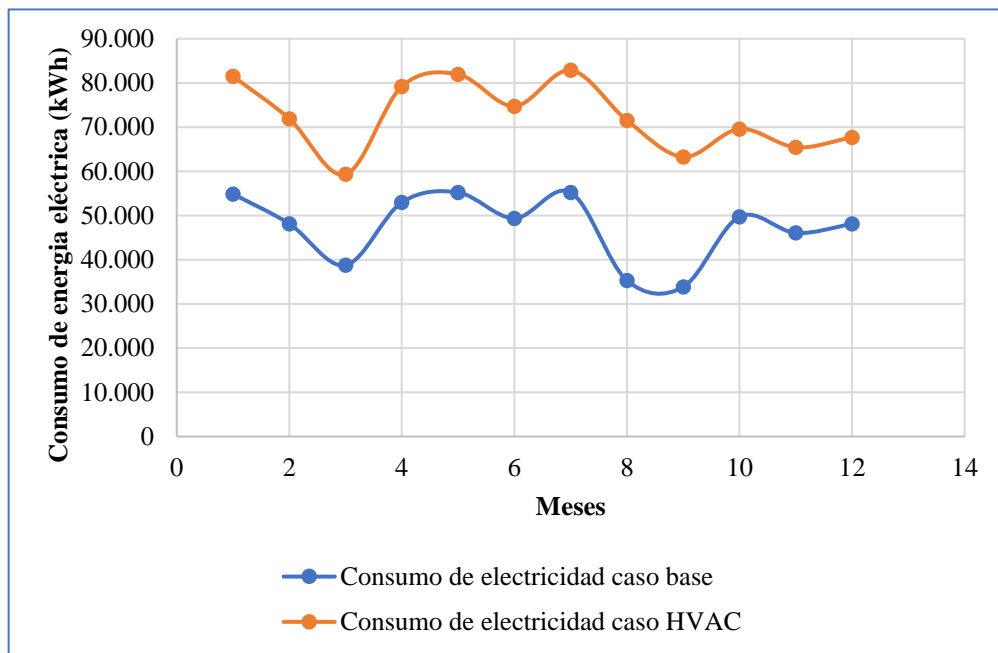


Figura 5. 7. Variación del consumo de energía eléctrica del caso base y caso HVAC.

- **Ganancias y Pérdidas de Calor**

En la Tabla 5.9 expresa los resultados de ganancias anuales de calor de la envolvente de la edificación, estas ganancias vienen definidas por el conjunto de construcción que dependen de las propiedades constructivas de los materiales y del calor resultante del sistema de calefacción.

Tabla 5. 9. Ganancias de calor en la envolvente.

Tipo	Cantidad (kBtu)	Cantidad (kW)
Equipo eléctrico Energía total de calefacción	1351231,700	396,010
Equipos de gas Energía de calefacción total	0,000	0,000
Luces de zona Energía de calefacción total	585831,100	171,690
Zona Personas Calentamiento Sensible Energía	420749,100	123,310
Zona Infiltración Energía de ganancia de calor sensible	1020,000	0,300
Energía de ganancia de calor de ventana de superficie	2037499,000	597,130
Ganancia de calor en las superficies de las paredes exteriores	74620,900	21,870
Ganancia de calor de las superficies del techo	90941,900	26,650
Superficies expuestas al suelo Ganancia de calor	8761,600	2,570
Total	4570655,300	1339,530

La Tabla 5. 10 muestra resultados de pérdidas de calor de la envolvente de la edificación, estas pérdidas se pueden disminuir realizando cambios en la envolvente de la edificación, ya sea mejorando su conductividad, densidad y calor específico de los diferentes materiales presentes en los conjuntos de construcciones.

Tabla 5. 10. Pérdidas de calor de la envolvente anualmente.

Tipo	Cantidad (kBtu)	Cantidad (kW)
Zona Infiltración Pérdida de calor sensible Energía	402250,500	117,890
Energía de pérdida de calor de ventana de superficie	1320628,700	387,040
Pérdida de calor en las superficies de las paredes exteriores	213981,900	62,710
Pérdida de calor en las superficies del techo	162518,200	47,630
Superficies expuestas al suelo Pérdida de calor	1437319,000	421,240
Total	3536698,300	1036,500

En la Figura 5. 8 se analiza el calor presente en la envolvente de la edificación, se observa que la pérdida total de calor representa un 44 %, mientras que la ganancia total de calor es del 56 %.

Por lo tanto, se deduce que la envolvente de la edificación esta correctamente diseñada, al presentar un alto porcentaje de ganancias de calor lo que hace que mejore la eficiencia energética en toda la edificación y principalmente el funcionamiento correcto de los sistemas HVAC ya que evitara que consuma más energía de lo planeado.

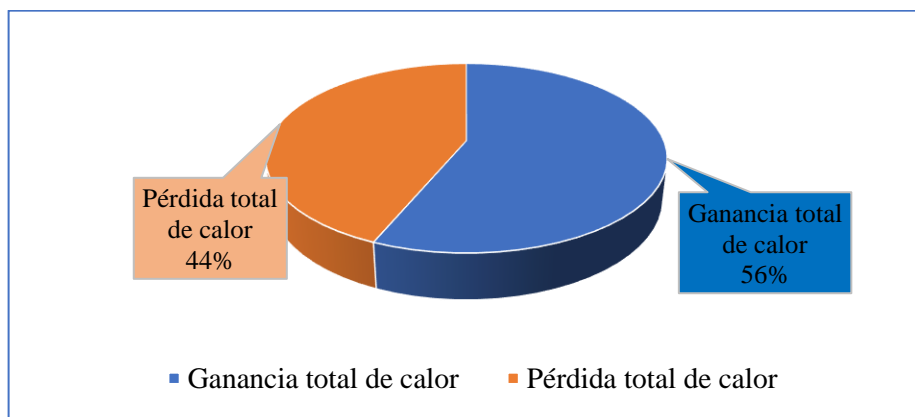


Figura 5. 8. Pérdidas y ganancias de calor de la envolvente.

5.2.1. Validación de resultados del caso 1

Para validar el correcto funcionamiento y dimensionamiento del sistema HVAC se aplica el concepto horas de carga no satisfechas expresado en la norma ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1-2016.

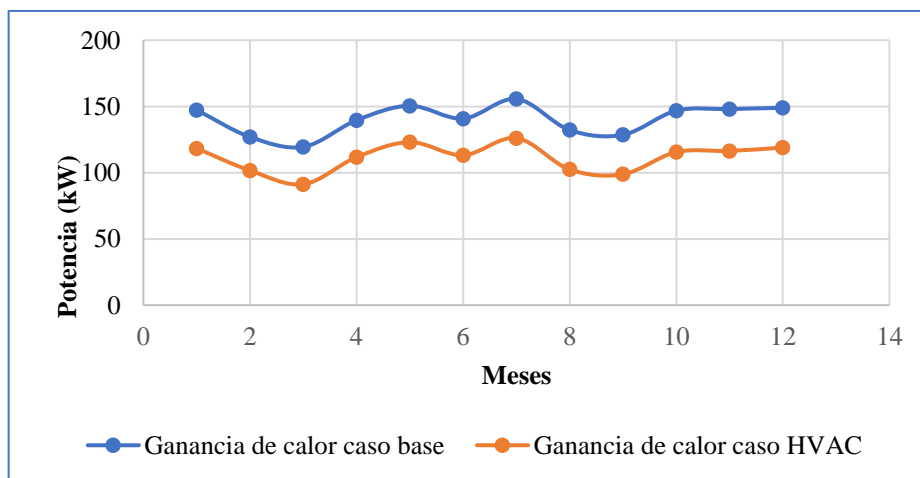
Donde las horas de carga no satisfechas para el diseño propuesto no deberán exceder las 300 (de las 8760 horas simuladas). Por lo tanto, en la tabla 5.7 se observa que las horas insatisfechas son inferiores a 300 horas en cada una de las zonas térmicas diseñadas con sistemas HVAC.

Entonces, el diseño cumple con la normativa impuesta ya que las horas no satisfechas presentes en la Tabla 5. 11 se expresa el resultado de la reducción de afluencia de estudiantes en los períodos de vacaciones que se da en la edificación y son inferiores a las 300 horas.

Tabla 5. 11. Horas no satisfechas.

Zona	Horas no satisfechas (h)	Horas no satisfechas Occ (h)
Zona térmica 1	107	33
Zona térmica 2	92	27
Zona térmica 3	99	29
Zona térmica 4	72	16
Zona térmica 5	98	32
Zona térmica 6	85	19
Zona térmica 7	92	27
Zona térmica 8	102	32
Zona térmica 9	0	0
Zona térmica 10	0	0
Zona térmica 11	94	29
Zona térmica 12	0	0
Zona térmica 13	0	0

En la Figura 5. 9 se observa la diferencia entre la ganancia de calor del caso base o situación actual del edificio matriz UTC y la ganancia de calor obtenida con la inclusión del sistema HVAC, la ganancia de ambos casos mes a mes sirve para concluir que presenta más ganancia de calor en el caso base, debido a que el sistema de ventilación incluido en el caso HVAC reduce la concentración de calor y ayuda a que cada zona térmica tenga el confort adecuado, independientemente de la variación de temperatura ambiente que presenta la zona climática 4C perteneciente a la ciudad de Latacunga.

**Figura 5. 9.** Comparación de ganancias de calor del caso base y caso HVAC.

Un factor muy importante de la envolvente del edificio matriz UTC es la pérdida de calor generada tanto en el caso base como en el caso HVAC, para ello se analiza la Figura 5. 10. que detalla la curva de pérdida de calor mes a mes de cada caso. Se puede concluir que las pérdidas del caso HVAC son menores en comparación al caso base, esto debido al aprovechamiento del calor térmico producido por la misma envolvente del edificio y la inclusión de un sistema inteligente de calefacción, que utiliza el calor generado para satisfacer el confort deseado por cada zona térmica.

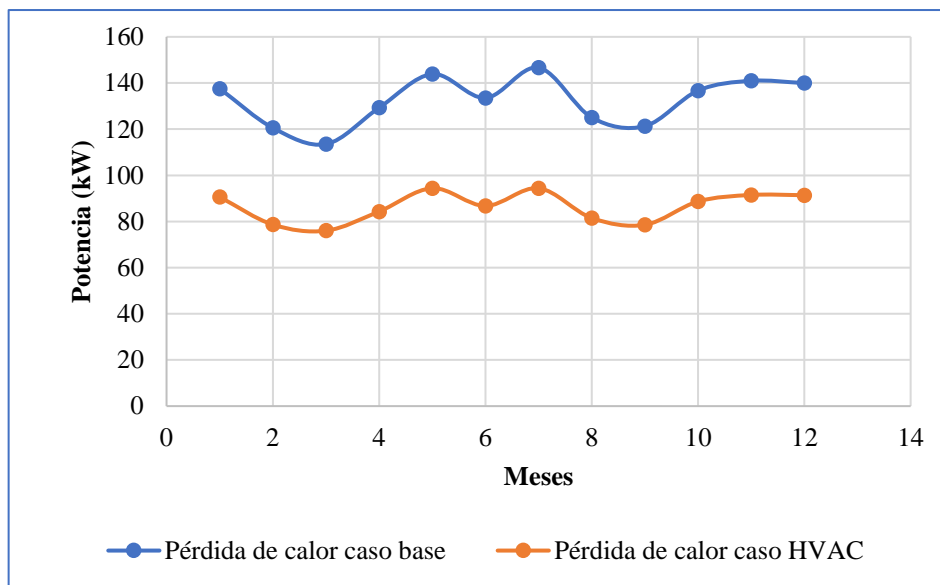


Figura 5. 10. Pérdidas de calor del caso base y caso HVAC.

5.3. SIMULACIÓN DEL CASO 2: INCLUSIÓN DE ENEGIAS RENOVABLES

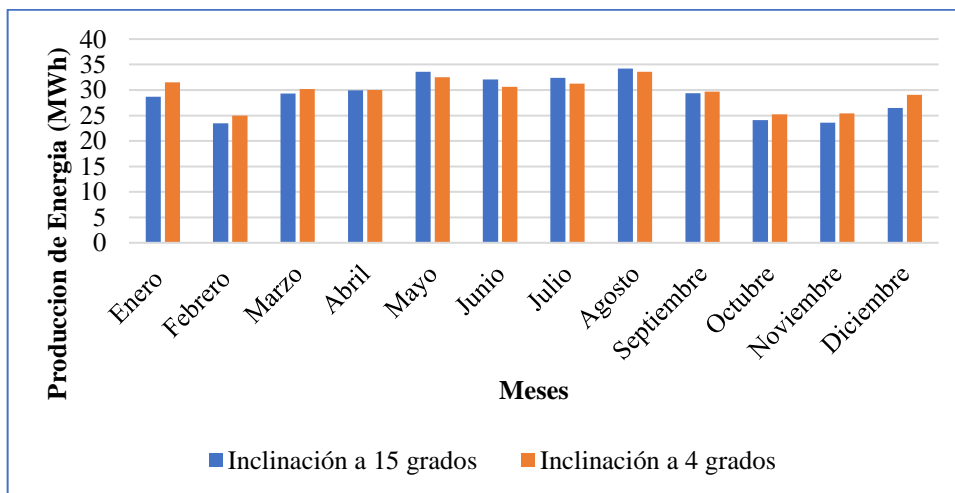
Es fundamental la consideración de la inclinación óptima de los paneles solares para la producción de la energía eléctrica. En la Tabla 5. 12. se presenta la cantidad de generación de energía eléctrica que genera el sistema fotovoltaico a una inclinación de 15 grados que es de 347,14 MWh/año y 353,94 MWh/año a una inclinación de 4 grados. Desde el punto de vista de producción de energía eléctrica conviene colocar los captadores solares a la inclinación óptima, ya que en caso de colocar a 15 grados se estaría perdiendo un 1,92% de energía eléctrica por no ocupar la inclinación óptima.

Tabla 5. 12. Producción de energía eléctrica para distintas inclinaciones.

Mes	Energía producida a 15 grados MWh	Energía producida a 4 grados MWh
Enero	28,670	31,480
Febrero	23,450	25,000
Marzo	29,340	30,160
Abril	29,930	29,970
Mayo	33,590	32,540
Junio	32,070	30,600
Julio	32,420	31,280
Agosto	34,200	33,570
Septiembre	29,370	29,670
Octubre	24,070	25,200
Noviembre	23,580	25,430
Diciembre	26,450	29,040
Total	347,140	353,940

En la Figura 5. 11 se puede observar que la producción de energía eléctrica a una inclinación de 4 grados en la mayoría de los meses es mayor que a 15 grados. Por ende, es factible aplicar la inclinación óptima para no reducir ganancias por la producción de energía eléctrica.

También inclinar a ángulos menores a 10 grados presenta desventajas como la limpieza natural, existe mayor acumulación de polvo y pequeñas acumulaciones de agua en la estructura provocadas por lluvias.

**Figura 5. 11.** Variación de la producción de energía eléctrica a distintas inclinaciones.

En la Tabla 5. 13 se muestra el valor de la generación fotovoltaica que el sistema generara anualmente en el simulador OpenStudio. Para ello se implementó un sistema fotovoltaico que

sea capaz de compensar el consumo de energía eléctrica elevado que se produce cuando se añada sistemas de HVAC.

Tabla 5. 13. Capacidad de generación de la instalación fotovoltaica.

Energía renovable	Capacidad nominal (kW)	Energía Generada anual (kWh)
Fotovoltaica	0,000	373650,000
Eólica	0,000	0,000

5.3.1. Validación de resultados del caso 2

Para la validación de resultados del caso 2 que trata acerca de energías renovables, se compara la generación anual de MWh que produce en la simulación de OpenStudio e igual forma con la capacidad de generación que se obtiene en el software PVsyst.

Tabla 5. 14. Generación de energía eléctrica con energía renovable.

Software	Capacidad nominal (MW)	Energía generada anual (MWh/año)
Open Studio	0	373,650
PVsyst	0	352,210

En la Tabla 5. 14 se representa la capacidad de generación tanto el simulador OpenStudio y PVsyst. Para validar este caso se debe comparar la generación anual en los simuladores; por ende, se valida el caso 2 ya que la energía que se genera en los dos softwares son aproximadamente iguales.

5.4. ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos de inversión inicial del sistema fotovoltaico del edificio Matriz UTC se muestran en la Tabla 5. 15 se hace un presupuesto estimado del costo inicial que costaría la implementación de este sistema, como se logra observar el costo es alto debido al número de equipos necesarios, pero se busca reducir costos de consumo de energía eléctrica compensando la energía que produciría este sistema.

Tabla 5. 15. Costo de inversión inicial del sistema fotovoltaico.

Equipos	Modelo	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio total (\$)
Modulo fotovoltaico A	SM-DE09.08 VERTEX-S 395-400WP	270,000	250,000	67.500,000
Modulo fotovoltaico B	SM-DE09.08 VERTEX-S 395-400WP	240,000	250,000	60.000,000
Inversor A	TAURO 50-3-P	3,000	4247,000	12.741,000
Inversor B	SUN2000-36KTL	2,000	5882,000	11.764,000
Soportes	-	510,000	80,000	40.800,000
Instalación eléctrica (5%)	-	-	-	9.640,250
Montaje y puesta en marcha A	-	-	-	12.960,000
Montaje y puesta en marcha B	-	-	-	11.520,000
Gastos generales (7%)	-	-	-	17.359,650
Gastos financieros (5)	-	-	-	12.399,750
Total sin IVA	-	-	-	256.684,650
Total con IVA	-	-	-	282.353,120

Para realizar el análisis de costo se proyecta un estudio de rentabilidad de 20 años para identificar el valor actual neto (VAN) y la tasa interna de retorno (TIR) para conocer si es factible la implementación del sistema fotovoltaico.

En primera instancia, con la ayuda del software PVsyst se conoce la energía producida por el sistema fotovoltaico, la energía consumida por los usuarios, la energía suministrada a la red y el valor de ahorro de energía por año, ver Tabla 5. 16.

Tabla 5. 16. Energía producida, consumida, suministrada y valor ahorrado por energía producida.

Años	Energía Producida por SF A (MWh)	Energía Producida por SF B (MWh)	Total de Energía producida por SF (MWh)	Consumo Usuarios (kWh)	Energía suministrada por la red (MWh)	Costo de energía (USD/kWh)	Valor ahorrado por energía producida (\$)
Año 1	186,4	165,9	352,3	558,676	206,4	0,09	31.702,50
Año 2	185,6	165,2	350,8	558,676	207,8	0,10	33.470,23
Año 3	184,9	164,6	349,4	558,676	209,2	0,10	35.336,53
Año 4	184,1	163,9	348,0	558,676	210,6	0,11	37.306,90
Año 5	183,4	163,3	346,6	558,676	212,0	0,11	39.387,13
Año 6	182,7	162,6	345,3	558,676	213,4	0,12	41.583,36
Año 7	181,9	161,9	343,9	558,676	214,8	0,13	43.902,04
Año 8	181,2	161,3	342,5	558,676	216,2	0,14	46.350,02
Año 9	180,5	160,7	341,1	558,676	217,5	0,14	48.934,50
Año 10	179,8	160,0	339,8	558,676	218,9	0,15	51.663,09
Año 11	179,0	159,4	338,4	558,676	220,3	0,16	54.543,82
Año 12	178,3	158,7	337,1	558,676	221,6	0,17	57.585,18
Año 13	177,6	158,1	335,7	558,676	223,0	0,18	60.796,13
Año 14	176,9	157,5	334,4	558,676	224,3	0,19	64.186,13
Año 15	176,2	156,8	333,0	558,676	225,6	0,20	67.765,14
Año 16	175,5	156,2	331,7	558,676	227,0	0,22	71.543,73
Año 17	174,8	155,6	330,4	558,676	228,3	0,23	75.533,01
Año 18	174,1	155,0	329,0	558,676	229,6	0,24	79.744,73
Año 19	173,4	154,3	327,7	558,676	230,9	0,26	84.191,29
Año 20	172,7	153,7	326,4	558,676	232,3	0,27	88.885,80

En la Tabla 5.17 se muestra los ingresos generados por el sistema fotovoltaico, los egresos por mantenimiento preventivo anualmente y el costo de inversión inicial que tendrá el sistema fotovoltaico. En la Figura F. 4 y Figura G. 4. se presenta la generación de energía eléctrica de ambos edificios y para hallar el costo de la producción de energía eléctrica se toma el valor de 0.090 del pliego tarifario con una tasa de inflación del 6% por año. Los egresos representan el costo de mantenimiento y limpieza preventivo que se les realiza al equipamiento del generador fotovoltaico. La tasa de interés es de 9,33%, según lo establece el Banco Central del Ecuador para inversión pública.

Tabla 5. 17. Costos anuales de mantenimiento y seguro del sistema fotovoltaico.

Año	Ingresos (\$)	Egresos (\$)	Costo de inversión inicial (\$)	Flujo de efectivo (\$)	Tasa de retorno
1	31.702,50	8160,000	-282.353,12	23.542,50	-258.810,62
2	33.470,23	8649,600	-	24.820,63	-233.989,98
3	35.336,53	9168,576	-	26.167,96	-207.822,03
4	37.306,90	9718,691	-	27.588,21	-180.233,82
5	39.387,13	10301,812	-	29.085,32	-151.148,51
6	41.583,36	10919,921	-	30.663,43	-120.485,07
7	43.902,04	11575,116	-	32.326,93	-88.158,14
8	46.350,02	12269,623	-	34.080,40	-54.077,74
9	48.934,50	13005,800	-	35.928,70	-18.149,05
10	51.663,09	13786,148	-	37.876,94	19.727,89
11	54.543,82	14613,317	-	39.930,50	59.658,39
12	57.585,18	15490,116	-	42.095,07	101.753,46
13	60.796,13	16419,523	-	44.376,61	146.130,07
14	64.186,13	17404,695	-	46.781,43	192.911,50
15	67.765,14	18448,976	-	49.316,17	242.227,67
16	71.543,73	19555,915	-	51.987,81	294.215,48
17	75.533,01	20729,270	-	54.803,74	349.019,22
18	79.744,73	21973,026	-	57.771,70	406.790,92
19	84.191,29	23291,407	-	60.899,89	467.690,80
20	88.885,80	24688,892	-	64.196,91	531.887,71

La Tabla 5. 18 muestra la rentabilidad de implementación del sistema fotovoltaico en el edificio Matriz UTC para 20 años. El valor del TIR es de 10,5 % y la tasa es de 9,33%, cuando la tasa interna de retorno es mayor que la tasa es rentable el proyecto, por lo tanto, si es factible implementar este sistema en los edificios ya que a futuro generara ganancias económicas para el beneficiario. La inversión del proyecto estará solventada en aproximadamente 10 años como se muestra en la Tabla 5.17. El valor actual neto será de \$29230,000 en los 20 años de vida que normalmente tienen los sistemas fotovoltaicos.

Tabla 5. 18. Rentabilidad del proyecto fotovoltaico.

TIR	10,5%
VAN	29,230
TASA	9%

La optima inclinación de un módulo fotovoltaico ayuda a producir mayor energía eléctrica, en la Tabla 5. 19 se muestra la diferencia de 10,52 MWh de energía producida producto de una mala inclinación de los paneles solares. Además, el costo de generación de energía será mayor cuando se incline a 4 grados debido a la incidencia del Sol.

Tabla 5. 19. Costo de energía eléctrica a diferente inclinación.

Mes	Energía producida a 15 grados MWh	Energía producida a 4 grados MWh	Costo de energía (USD/kWh)	Costo de generación a 15 grados (\$)	Costo de generación a 4 grados (\$)
Enero	34,260	33,030	0,090	3083,400	2972,700
Febrero	25,980	25,690	0,090	2338,200	2312,100
Marzo	29,560	30,260	0,090	2660,400	2723,400
Abril	27,980	29,390	0,090	2518,200	2645,100
Mayo	28,430	31,060	0,090	2558,700	2795,400
Junio	25,940	28,850	0,090	2334,600	2596,500
Julio	26,970	29,710	0,090	2427,300	2673,900
Agosto	30,160	32,410	0,090	2714,400	2916,900
Septiembre	28,330	29,410	0,090	2549,700	2646,900
Octubre	25,570	25,610	0,090	2301,300	2304,900
Noviembre	27,040	26,390	0,090	2433,600	2375,100
Diciembre	31,470	30,400	0,090	2832,300	2736,000
Total	341,690	352,210	-	30752,100	31698,900

Los paneles fotovoltaicos necesariamente deben ser inspeccionado periódicamente con el fin de encontrar daños como roturas del cristal, roturas de cable y daños en la caja de conexiones que pueden provocar problemas de funcionamiento. Un sistema de energía solar bien diseñado requiere un mantenimiento mínimo por año.

La guía de mantenimiento descrita por Trinasolar recomienda llevar a cabo un mantenimiento preventivo de una vez al año como mínimo por personal formado que lleve en todo momento guantes y botas de goma [40]. Desde el punto de vista económico es factible instalar paneles fotovoltaicos con la inclinación optima como se muestra en la Tabla 5. 20 el mantenimiento y limpieza preventivo deben ser el mismo número de veces para ambas inclinaciones. Los edificios Matriz UTC se encuentra ubicado en un lugar expuesto al polvo; un módulo con células a la sombra producirá menos energía, por ende, es importante conservar los módulos limpios. Por lo tanto, es necesario realizar un mantenimiento y limpieza semestral para prevenir problemas de producción de energía eléctrica.

El costo de mantenimiento por lo general se lo hace por kW instalado en donde se da mantenimiento y limpieza a los captadores solares, monitoreo y reajuste de borneras.

Tabla 5. 20. Análisis de rentabilidad a diferente inclinación.

Inclinación en grados	Ingresos por generación (\$)	Egresos (\$)	Total (\$)
Inclinación a 15 grados	30752,1	16320	14432,1
Inclinación a 4 grados	31698,9	16320	15378,9

Al inclinar a 4 grados los paneles fotovoltaicos se ganaría alrededor de \$946,8 por año, a diferencia de 15 grados, por ende, es recomendable inclinarlos al ángulo óptimo para no perder producción de energía eléctrica.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

El modelamiento del edificio matriz UTC fue realizado en base a la geometría real que presentan los planos arquitectónicos, el levantamiento de cargas eléctricas definidas como cargas por iluminación y equipamiento eléctrico representan un consumo del 558,676 kWh anuales, los mismos fueron útiles para la validación de la edificación, ya que OpenStudio dimensiona todos sus elementos en base a condiciones reales. Además, la zona climática 4C perteneciente a la ciudad de Latacunga, el tipo de construcción y el tipo de espacio fueron definidos tomando como referencia la normativa NEC, la misma ayuda de manera concreta a conocer los valores de materiales de construcción con sus principales propiedades para realizar el análisis térmico tanto de ganancias de calor y pérdidas de calor.

La validación del modelamiento energético en el caso base depende del error medio de sesgo (NMBE), este debe ser menor al 5%, y el coeficiente de variación del error cuadrático medio CV(RMSE) menor al 15%, para lograr que estas condiciones se cumplan se incluyen datos reales de cargas horarias, cargas de equipamiento eléctrico, cargas por iluminación y cargas por ocupación de personas. El resultado de esta simulación para (NMBE) es del -1,61% y CV(RMSE) del 5,59%, por lo tanto, el modelo energético es viable, además realizando la comparación entre ganancias de calor (51%) y pérdidas de calor (49%) se obtiene un margen de ganancia del 3 % entre ambos, lo que demuestra el correcto modelamiento energético en OpenStudio.

El sistema HVAC diseñado en la herramienta de código abierto OpenStudio está relacionado con el confort térmico de la edificación, la normativa ASHRAE 90.1.2016 posee parámetros para satisfacer las necesidades tanto de calefacción, ventilación y servicio de agua caliente. Teniendo en cuenta estos aspectos, el consumo de energía eléctrica aumentó un 34,48% en comparación a la planilla real, de la misma manera el costo del consumo de electricidad aumento un 47,83 %, en cuánto a las pérdidas de calor en la envolvente disminuyeron en un 5% a comparación con el caso base, esto da a entender que la inclusión del sistema de calefacción aprovecha ese porcentaje para lograr un mayor rendimiento en el confort térmico deseado.

El dimensionamiento del sistema fotovoltaico del edificio Matriz UTC será realizado en base al reglamento de ARCONEL 0.03/018, teoría de energía fotovoltaica y criterios de selección de equipos necesarios para sistemas conectados a la red. El sistema propuesto será capaz de generar 352,210 MWh/año el mismo que será compensado a la demanda producida por los sistemas de HVAC. En OpenStudio se simula los edificios con la inclusión de paneles solares el cual arroja un valor de 373,650 MWh/año, es válido el caso 2 ya que existe un 5,73% de diferencia de generación eléctrica entre el software PVsyst y OpenStudio.

6.2. RECOMENDACIONES

La normativa NEC ayuda a elegir las propiedades adecuadas de los materiales de construcción de la envolvente, para la introducción de datos en OpenStudio en la pestaña construcciones es recomendable clasificarlos desde los materiales principales hasta los materiales secundarios de cada espacio, ya sea paredes exteriores, pisos interiores, ventanas exteriores, etc. Este procedimiento permite que la herramienta OpenStudio realice un adecuado análisis térmico de ganancias y pérdidas de calor, también ayuda a la correcta validación del edificio.

El dimensionamiento del sistema HVAC en OpenStudio está relacionada con el diseño de las zonas térmicas de la edificación, estas zonas térmicas deben cumplir el requisito de zonificación que especifica en la guía del modelamiento energético de los edificios en OpenStudio. Además, se debe tener en cuenta el tipo de zona, ya sea zona climatizada, zona no climatizada o zona expuesta a aires exteriores, estos criterios facilitan para un eficiente diseño HVAC que evitara pérdidas de calor en espacios que no son indispensable tanto en el sistema de calefacción o ventilación, así como el exagerado consumo de energía lo que provocara un alto costo en la planilla de electricidad.

Para dimensionar un sistema fotovoltaico previamente se debe realizar investigaciones apoyadas en libros, artículos científicos y normas aplicadas a energías renovables. Se recomienda usar el software PVsyst ya que posee una librería completa que ayuda a dimensionar sistemas autónomos, sistemas conectados a la red con herramientas necesarias para poder aprovechar al máximo.

Para aprovechar al máximo el sistema de generación fotovoltaica se debe realizar un cálculo previamente de la orientación e inclinación óptima de los módulos fotovoltaicos. Además, se debe conocer cuál es la distancia mínima entre filas con el fin de prevenir sombras entre módulos adyacentes. Por ello es fundamental realizar una escena en 3D de los módulos fotovoltaicos para identificar la existencia de posibles sombras cercanas o lejanas que podrán afectar el rendimiento de los módulos fotovoltaicos.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. B. Galán Parras, “Estudio de demanda energética utilizando software y hardware libre en el edificio de Ingeniería Industrial, UES,” Universitaria, 2014.
- [2] L. Brackney, A. Parker, D. Macumber, and K. Benne, *Building Energy Modeling with OpenStudio*. Washington: Springer, 2018.
- [3] P. Ellis, P. Torcellini, and D. Crawley, “Energy Design Plugin: An EnergyPlus Plugin for SketchUp,” National Renewable Energy Laboratory, California, Aug. 2008.
- [4] D. Crawley, C. Pedersen, L. Lawrie, and F. Winkelmann, “EnergyPlus: Energy Simulation Program,” ASHRAE, Apr. 2000.
- [5] A. M. Alcalde, “Estudio y simulación de un edificio con Energy Plus,” 2010.
- [6] V. Bravo Muñoz, “Metodología para la simulación energética de un edificio terciario empleando la herramienta Energy Plus,” Madrid, 2016.
- [7] D. Santos de Dios, “Optimización de abastecimiento energético en parques empresariales por redes de distrito con cogeneración,” 2015.
- [8] J. Caderot Bofill, “Modelización energética de edificios con herramientas de simulación dinámica,” Barcelona, 2017.
- [9] L. Trezza, “Análisis energético de una vivienda geodésica y autosuficiente ubicada en Jumilla,” Cartagena, 2018.
- [10] A. Borroto Nordelo and S. Sánchez, *Manual de eficiencia energética en edificios públicos*. Quito, 2008.
- [11] J. Villacrés and F. Avilés, “Análisis, diagnóstico y estudio de eficiencia energética en el edificio central del gobierno autónomo descentralizado de la provincia de Pichincha ‘GADPP,’” Quito, pp. 18–18, 2014.
- [12] N. Gulati, “Cost effectiveness in HVAC by building envelope optimization,” AUS, pp. 1–3, Nov. 2012.
- [13] ASHRAE, “Energy Simulation Aided Design for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings,” Apr. 2018.
- [14] J. O. Molina Fuertes, M. Horn Mutschler, J. Rojas Menéndez, and A. Aranda Morales, “Modelización térmica de un módulo experimental de vivienda Alto Andina utilizando OpenStudio y EnergyPlus,” Nov. 2017.
- [15] PVsyst, “Photovoltaic software.” <https://www.pvsyst.com/>
- [16] J. E. Guamangallo Moreno, “Diseño Construcción y Operación de un Prototipo de Sistema ‘HVAC’ Aplicación al Control de Flujo y temperatura,” Latacunga, 2002.
- [17] B. S. Macías Ramírez and N. A. Chávez Pavón, “Diseño de un sistema de control para instalaciones de aire acondicionado central HVAC con compresores y ventiladores en la industria Conne Dennin,” Managua, 2018.
- [18] M. Á. Peralta Gutiérrez, “Diseño de un sistema de comunicación para un sistema de control HVAC en una central telefónica,” Lima, 2014.
- [19] C. K. Solís Guanín, “El consumo de energía renovable y el crecimiento económico. Un análisis para Ecuador,” Ambato, 2019.
- [20] Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), *Uso y acceso a las energías renovables en territorios rurales*, IICA. San José, 2015.
- [21] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación, *Energía Solar Fotovoltaica*. Madrid: Ibergraphi, 2002.

- [22] Greendok, “Principios de dimensionado de una instalación solar fotovoltaica,” Dec. 09, 2014. <https://greendok.com/principios-de-dimensionado-de-una-instalacion-solar-fotovoltaica>
- [23] D. Revelo Vaca and F. Ordóñez, “Mapa Solar del Ecuador 2019,” Quito, 2019.
- [24] J. M. Méndez Muñiz and R. Cuervo García, *Energía Solar Fotovoltaica*, Segunda Edición. Madrid.
- [25] C. Tobajas, *Energía solar fotovoltaica*, Primera. canopina, 2018.
- [26] M. A. Guananga Pujos, “Diseño y construcción de un sistema fotovoltaico de baja potencia en el sector Río Blanco perteneciente a la comunidad Yatzaputzan,” Ambato, 2017.
- [27] J. A. Carta Gonzalés, R. Calero Pérez, A. Colmenar Santos, and M.-A. Castro Gil, *Centrales de energías renovables: Generación eléctrica con energías renovables*. Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, 2009.
- [28] C. García Castro, “Simulación de instalaciones fotovoltaicos con PVSYSY,” 2015.
- [29] K. Israel. Armijos Siguenza and J. G. Cabrera Vidal, “Implementación de un sistema fotovoltaico de 600W para alimentación del laboratorio de Metereología,” Guayaquil, 2020.
- [30] R. Jacobo, “Análisis del funcionamiento de paneles fotovoltaicos y su utilización en las regiones de la costa y sierra del Ecuador. Caso de estudio: Biblioteca Pompeu Fabra de Mataró,” Barcelona, 2015.
- [31] Á. A. Bayod Rújula, *Energías Renovables: Sistemas fotovoltaicos*, Primera edición. Prensas Universitarias de Zaragoza, 2009.
- [32] J. J. Guerrero García, *Instalaciones solares fotovoltaicas*. Madrid: EDITORIAL SÍNTESIS, S. A., 2019.
- [33] ABB, “Technical Application Papers: Photovoltaic plants,” Bergramo, Apr. 2010.
- [34] Universidad Politécnica de Madrid; Master Propio en Energías Renovables y Medio Ambiente, “Modulo 5: Energía solar fotovoltaica.”
- [35] A. D. Sandoya Unamuno, C. L. Chica Martínez, G. R. Ordóñez, and J. L. Arias Zambrano, “Norma Ecuatoriana de la Construcción: Eficiencia Energética en edificaciones Residenciales (EE),” Feb. 2018.
- [36] ANSI, ASHRAE, and IES Standard, *Standard 90.1 user’s manual: Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. Atlanta: ASHRAE, 2016.
- [37] ASHRAE Guideline 14-2002, “Measurement of Energy and Demand Savings,” Jun. 2002.
- [38] ARCONEL, “Resolución Nro. ARCONEL - 042/2018: Generación fotovoltaica para autoabastecimiento de consumidores finales de energía eléctrica,” Sep. 2018.
- [39] O. Perpignan Lamigueiro, *Energía solar fotovoltaica*, Creative Commons. 2010.
- [40] Trinasolar, “Manual de usuario.”

8. ANEXOS

Anexo A: Planillas de consumo de energía eléctrica del edificio Matriz UTC año 2019.





 EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. energía a su servicio																																																																					
EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA R.U.C.: 0590042110001 DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ TELEFONO: 032812630, 032812640, 032812650, 032812660 CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI FACTURA No.: 001-020-006101968 FORMA DE PAGO : Efectivo AUTORIZACIÓN : 3101201901059004211000120010200061019682005091111 MES DE CONSUMO: ENERO/2019 -- FECHA DE EMISIÓN : 2019-01-31 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-02-21																																																																					
INFORMACION DEL CONSUMIDOR																																																																					
Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027 RUC o Cédula de Ciudadanía : 0560001270001 Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec Provincia: COTOPAXI Cantón: LATACUNGA Parroquia: Eloy Alfaro Geocódigo: 090-ESP-001-02095 Cliente: 82491 Cuenta: 76027 Medidor: 94831 Tarifa: BPD P-> Beneficio Público con Demanda Pico Lectura Anterior: 310,027 ~ 2019-01-01 Lectura Actual: 362,248 ~ 2019-01-31 Consumo en KWH: 53,265 Dias: 31 P.J.T.: 1,044 Factor de Potencia: 1.000 Dem.Factura: 156 Dem.Mes: 153 Dem.Pico: 147																																																																					
FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO																																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCION</th> <th>LECTURA ANTERIOR</th> <th>LECTURA ACTUAL</th> <th>CONSUMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BASE:</td> <td>47361</td> <td>58464</td> <td>11325</td> </tr> <tr> <td>REACTIVA:</td> <td>74674</td> <td>75101</td> <td>427</td> </tr> </tbody> </table>	DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO	BASE:	47361	58464	11325	REACTIVA:	74674	75101	427	<table border="1"> <thead> <tr> <th>CONCEPTO</th> <th>VALOR UNITARIO</th> <th>IMPUESTO</th> <th>VALOR TOTAL</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Consumo + PIT</td> <td>\$ 2,726.10</td> <td>\$ 0.00</td> <td>\$ 2,726.10</td> </tr> <tr> <td>Comercialización</td> <td>\$ 1.41</td> <td>\$ 0.00</td> <td>\$ 1.41</td> </tr> <tr> <td>Consumo Activa Base</td> <td>\$ 611.55</td> <td>\$ 0.00</td> <td>\$ 611.55</td> </tr> <tr> <td>Demanda</td> <td>\$ 449.96</td> <td>\$ 0.00</td> <td>\$ 449.96</td> </tr> <tr> <td>Tasa de Alumbrado Público</td> <td>\$ 16.00</td> <td>\$ 0.00</td> <td>\$ 16.00</td> </tr> <tr> <td colspan="3">SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):</td> <td>\$ 3,805.02</td> </tr> <tr> <td colspan="3">SUBTOTAL 12%</td> <td>\$ 0.00</td> </tr> <tr> <td colspan="3">SUBTOTAL 0%</td> <td>\$ 3,805.02</td> </tr> <tr> <td colspan="3">SUBTOTAL SIN IMPUESTOS</td> <td>\$ 3,805.02</td> </tr> <tr> <td colspan="3">IVA 12%</td> <td>\$ 0.00</td> </tr> <tr> <td colspan="3">(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)</td> <td>\$ 3,805.02</td> </tr> <tr> <td colspan="3">(+C) VALORES PENDIENTES</td> <td>\$ 3,546.45</td> </tr> <tr> <td colspan="3">(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO</td> <td>\$ 7,351.47</td> </tr> </tbody> </table>	CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL	Consumo + PIT	\$ 2,726.10	\$ 0.00	\$ 2,726.10	Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41	Consumo Activa Base	\$ 611.55	\$ 0.00	\$ 611.55	Demanda	\$ 449.96	\$ 0.00	\$ 449.96	Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00	SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 3,805.02	SUBTOTAL 12%			\$ 0.00	SUBTOTAL 0%			\$ 3,805.02	SUBTOTAL SIN IMPUESTOS			\$ 3,805.02	IVA 12%			\$ 0.00	(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)			\$ 3,805.02	(+C) VALORES PENDIENTES			\$ 3,546.45	(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO			\$ 7,351.47
DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO																																																																		
BASE:	47361	58464	11325																																																																		
REACTIVA:	74674	75101	427																																																																		
CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL																																																																		
Consumo + PIT	\$ 2,726.10	\$ 0.00	\$ 2,726.10																																																																		
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41																																																																		
Consumo Activa Base	\$ 611.55	\$ 0.00	\$ 611.55																																																																		
Demanda	\$ 449.96	\$ 0.00	\$ 449.96																																																																		
Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00																																																																		
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 3,805.02																																																																		
SUBTOTAL 12%			\$ 0.00																																																																		
SUBTOTAL 0%			\$ 3,805.02																																																																		
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS			\$ 3,805.02																																																																		
IVA 12%			\$ 0.00																																																																		
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)			\$ 3,805.02																																																																		
(+C) VALORES PENDIENTES			\$ 3,546.45																																																																		
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO			\$ 7,351.47																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VALORES PENDIENTES</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MESES IMPAGOS</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>(C) VALOR ADEUDADO</td> <td>\$ 3,546.45</td> </tr> </tbody> </table> <p>* Valores a la Fecha de Emisión</p>	VALORES PENDIENTES		MESES IMPAGOS	1	(C) VALOR ADEUDADO	\$ 3,546.45	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TARIFA DE LA DIGNIDAD</td> <td>\$ 0.00</td> </tr> <tr> <td>COCCION ELECTRICA:</td> <td>\$ 0.00</td> </tr> <tr> <td>CALENTAMIENTO DE AGUA:</td> <td>\$ 0.00</td> </tr> <tr> <td>SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:</td> <td>\$ 960.83</td> </tr> <tr> <td>TOTAL AHORRO:</td> <td>\$ 960.83</td> </tr> </tbody> </table>	*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***		TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00	COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00	CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00	SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 960.83	TOTAL AHORRO:	\$ 960.83																																																		
VALORES PENDIENTES																																																																					
MESES IMPAGOS	1																																																																				
(C) VALOR ADEUDADO	\$ 3,546.45																																																																				
*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***																																																																					
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00																																																																				
COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00																																																																				
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00																																																																				
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 960.83																																																																				
TOTAL AHORRO:	\$ 960.83																																																																				
<p style="text-align: center;">HISTORICO DE CONSUMO MENSUAL</p> 																																																																					
CLAVE DE ACCESO.: 3101201901059004211000120010200061019682005091111 																																																																					

Figura A. 1. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Enero.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA
 R.U.C.: 0590042110001
 DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ
 TELEFONO: 032812630, 032812640, 032812650, 032812660
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI
 FACTURA No.: 001-020-006244146 FORMA DE PAGO : Efectivo
 AUTORIZACIÓN : 2802201901059004211000120010200062441462005091115
 MES DE CONSUMO: FEBRERO/2019 --- FECHA DE EMISIÓN : 2019-02-28 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-03-31

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027
 RUC o Cédula de Ciudadanía : 0560001270001
 Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO
 Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO
 Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec
 Provincia: COTOPAXI Cantón: LATACUNGA Parroquia: Eloy Alfaro Geocódigo: 090-ESP-001-02095
 Cliente: 82491 Cuenta: 76027 Medidor: 94831 Tarifa: BPD -> Beneficio Público con Demanda Pico
 Lectura Anterior: 362,248 ~ 2019-02-01 Lectura Actual: 404,769 ~ 2019-02-28 Consumo en KWH: 43,371 Días: 28 P.I.T.: 850
 Factor de Potencia: 1.000 Dem.Factura: 140 Dem.Mes: 138 Dem.Pico: 138

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO	CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
BASE:	58464	68462	10198	Consumo + PIT	\$ 2,156.25	\$ 0.00	\$ 2,156.25
REACTIVA:	75101	75434	333	Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
				Consumo Activa Base	\$ 550.69	\$ 0.00	\$ 550.69
				Demanda	\$ 421.62	\$ 0.00	\$ 421.62
				Tasa de Alumbrado Público	\$ 61.76	\$ 0.00	\$ 61.76
				Recargo por Recuperación de Cartera	\$ 12.78	\$ 1.53	\$ 14.31
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):							\$ 3,206.04
SUBTOTAL 12%							\$ 12.78
SUBTOTAL 0%							\$ 3,191.73
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS							\$ 3,204.51
IVA 12%							\$ 1.53
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)							\$ 3,206.04
(+C) VALORES PENDIENTES							\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO							\$ 3,206.04



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCIÓN ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 793.09
TOTAL AHORRO:	\$ 793.09

CLAVE DE ACCESO : 2802201901059004211000120010200062441462005091115



Figura A. 2. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Febrero.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA
 R.U.C.: 0590042110001
 DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ
 TELEFONO: 032812630, 032812640, 032812650, 032812660
 CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591
 OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI
 FACTURA No.: 001-020-006386530 FORMA DE PAGO : Efectivo
 AUTORIZACIÓN : 3103201901059004211000120010200063865302005091112
 MES DE CONSUMO: MARZO/2019 --- FECHA DE EMISIÓN : 2019-03-31 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-04-30

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

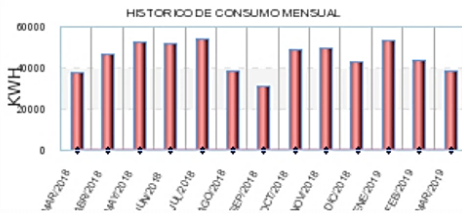
Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027
 RUC o Cédula de Ciudadanía: 0560001270001
 Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO
 Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO
 Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec
 Provincia: COTOPAXI Cantón: LATACUNGA Parroquia: Eloy Alfaro Geocódigo: 090-ESP-001-02095
 Cliente: 82491 Cuenta: 76027 Medidor: 94831 Tarifa: BPD -> Beneficio Público con Demanda Pico
 Lectura Anterior: 404,769 ~ 2019-03-01 Lectura Actual: 442,632 ~ 2019-03-31 Consumo en KWH: 38,620 Días: 31 P.I.T.: 757
 Factor de Potencia: 1.000 Dem.Factura: 135 Dem.Mes: 133 Dem.Pico: 123

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	68462	78676	10418
REACTIVA:	75434	75491	57

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 1,833.13	\$ 0.00	\$ 1,833.13
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Consumo Activa Base	\$ 562.57	\$ 0.00	\$ 562.57
Demanda	\$ 376.11	\$ 0.00	\$ 376.11
Tasa de Alumbrado Público	\$ 61.76	\$ 0.00	\$ 61.76
Recargo por Recuperación de Cartera	\$ 25.56	\$ 3.07	\$ 28.63
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 2,863.61

SUBTOTAL 12%	\$ 25.56
SUBTOTAL 0%	\$ 2,834.98
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 2,860.54
IVA 12%	\$ 3.07
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)	\$ 2,863.61
(+C) VALORES PENDIENTES	\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO	\$ 2,863.61



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCIÓN ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 720.93
TOTAL AHORRO:	\$ 720.93

CLAVE DE ACCESO: 3103201901059004211000120010200063865302005091112



Figura A. 3. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Marzo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA

R.U.C.: 0590042110001

DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ

TELEFONO: 032812630, 032812640, 032812650, 032812660

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA No.: 001-020-006528807 FORMA DE PAGO : Efectivo

AUTORIZACIÓN : 3004201901059004211000120010200065288072005091115

MES DE CONSUMO: ABRIL/2019 --- FECHA DE EMISIÓN : 2019-04-30 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-05-31

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027

RUC o Cédula de Ciudadanía : 0560001270001

Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec

Provincia: COTOPAXI

Cantón: LATACUNGA

Parroquia: Eloy Alfaro

Geocódigo: 090-ESP-001-02095

Cliente: 82491

Cuenta: 76027

Medidor: 94831

Tarifa: BDPDP -> Beneficio Público con Demanda Pico

Lectura Anterior: 442,632 ~ 2019-04-01

Lectura Actual: 492,915 ~ 2019-04-30

Consumo en KWH: 51,289

Días: 30 P.I.T.: 1,006

Factor de Potencia: 1,000

Dem.Factura: 155

Dem.Mes: 151

Dem.Pico: 153

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

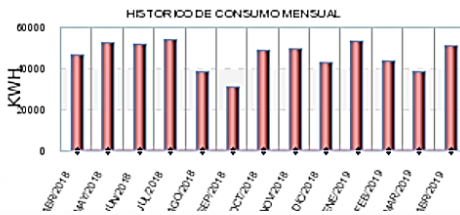
DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	78676	89196	10730
REACTIVA:	75491	75733	242

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 2,636.34	\$ 0.00	\$ 2,636.34
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Consumo Activa Base	\$ 579.42	\$ 0.00	\$ 579.42
Demanda	\$ 467.76	\$ 0.00	\$ 467.76
Tasa de Alumbrado Público	\$ 61.76	\$ 0.00	\$ 61.76
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 3,746.69

VALORES PENDIENTES	
MESES IMPAGOS	1
(C) VALOR ADEUDADO	\$ 3,226.13

*Valores a la Fecha de Emisión

SUBTOTAL 12%	\$ 0.00
SUBTOTAL 0%	\$ 3,746.69
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 3,746.69
IVA 12%	\$ 0.00
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)	\$ 3,746.69
(+C) VALORES PENDIENTES	\$ 3,226.13
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO	\$ 6,972.82



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 923.26
TOTAL AHORRO:	\$ 923.26

CLAVE DE ACCESO: 3004201901059004211000120010200065288072005091115



Página 1 de 2

Figura A. 4. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Abril.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA

R.U.C.: 0590042110001

DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ

TELEFONO: 032812630, 032812640, 032812650, 032812660

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA No.: 001-020-006671480 FORMA DE PAGO : Efectivo

AUTORIZACIÓN : 3105201901059004211000120010200066714802005091115

MES DE CONSUMO: MAYO/2019 -- FECHA DE EMISIÓN : 2019-05-31 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-06-21

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027

RUC o Cédula de Ciudadanía: 0560001270001

Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec

Provincia: COTOPAXI

Cantón: LATACUNGA

Parroquia: Eloy Alfaro

Geocódigo: 090-ESP-001-02095

Cliente: 82491

Cuenta: 76027

Medidor: 94831

Tarifa: BDPD -> Beneficio Público con Demanda Pico

Lectura Anterior: 492,915 - 2019-05-01

Lectura Actual: 544,653 - 2019-05-31

Consumo en KWH: 52,773

Días: 31

P.I.T.: 1,035

Factor de Potencia: 1.000

Dem.Factura: 162

Dem.Mes: 159

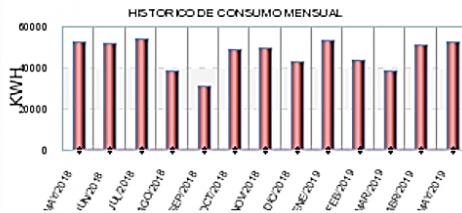
Dem.Pico: 155

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	89196	99734	10749
REACTIVA:	75733	75838	105

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 2,731.56	\$ 0.00	\$ 2,731.56
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Consumo Activa Base	\$ 580.45	\$ 0.00	\$ 580.45
Demanda	\$ 474.09	\$ 0.00	\$ 474.09
Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00
Notificaciones	\$ 1.00	\$ 0.12	\$ 1.12
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 3,804.63

SUBTOTAL 12%	\$ 1.00
SUBTOTAL 0%	\$ 3,803.51
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 3,804.51
IVA 12%	\$ 0.12
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)	\$ 3,804.63
(+C) VALORES PENDIENTES	\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO	\$ 3,804.63



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCIÓN ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 946.77
TOTAL AHORRO:	\$ 946.77

CLAVE DE ACCESO.: 3105201901059004211000120010200066714802005091115



Figura A. 5. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Mayo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA

R.U.C.: 0590042110001

DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ

TELÉFONO: 032994440

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA No.: 001-020-006814538 FORMA DE PAGO : Efectivo

AUTORIZACIÓN : 3006201901059004211000120010200068145382005091115

MES DE CONSUMO: JUNIO/2019 --- FECHA DE EMISIÓN : 2019-06-30 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-07-31

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027

RUC o Cédula de Ciudadanía : 0560001270001

Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec

Provincia: COTOPAXI

Cantón: LATACUNGA

Parroquia: Eloy Alfaro

Geocódigo: 090-ESP-001-02095

Cliente: 82491

Cuenta: 76027

Medidor: 94831

Tarifa: BDPDP -> Beneficio Público con Demanda Pico

Lectura Anterior: 544,653 - 2019-06-01

Lectura Actual: 595,728 - 2019-06-30

Consumo en KWH: 52,097

Días: 30 P.I.T.: 1,022

Factor de Potencia: 1,000

Dem.Factura: 158

Dem.Mes: 156

Dem.Pico: 138

*** IMPORTANTE: \$ 137.28 es el valor total de la devolución generada por el recalcu del alumbrado público, correspondiente a los meses de febrero, marzo y abril de 2019, a través de nota de crédito cuyo saldo a la fecha es \$ 0.00 ***

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

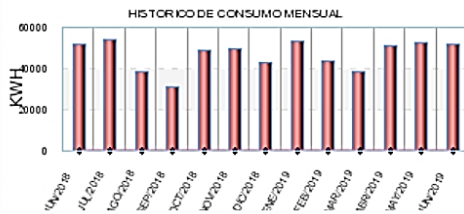
DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	99734	110020	10492
REACTIVA:	75838	75898	60

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 2,704.33	\$ 0.00	\$ 2,704.33
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Consumo Activa Base	\$ 566.57	\$ 0.00	\$ 566.57
Demanda	\$ 422.05	\$ 0.00	\$ 422.05
Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00
Recargo por Recuperación de Cartera	\$ 7.75	\$ 0.93	\$ 8.68
SUBTOTAL SERVICIO ELÉCTRICO (A):			\$ 3,719.04

VALORES PENDIENTES	
MESES IMPAGOS	1
(C) VALOR ADEUDADO	\$ 4,253.26

* Valores a la Fecha de Emisión

SUBTOTAL 12%	\$ 7.75
SUBTOTAL 0%	\$ 3,710.36
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 3,718.11
IVA 12%	\$ 0.93
(A) SERVICIO ELÉCTRICO (FACTURA)	\$ 3,719.04
(+C) VALORES PENDIENTES	\$ 4,253.26
(D) TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO	\$ 7,972.29



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCION ELÉCTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELÉCTRICA:	\$ 933.32
TOTAL AHORRO:	\$ 933.32

CLAVE DE ACCESO: 3006201901059004211000120010200068145382005091115



Figura A. 6. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Junio.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA

R.U.C.: 0590042110001

DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ

TELÉFONO: 032994440

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA No.: 001-020-006957726

FORMA DE PAGO : Efectivo

AUTORIZACIÓN : 3107201901059004211000120010200069577262005091118

MES DE CONSUMO: JULIO/2019 -- FECHA DE EMISIÓN : 2019-07-31 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-08-31

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027

RUC o Cédula de Ciudadanía : 0560001270001

Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec

Provincia: COTOPAXI

Cantón: LATACUNGA

Parroquia: Eloy Alfaro

Geocódigo: 090-ESP-001-02095

Cliente: 82491

Cuenta: 76027

Medidor: 94831

Tarifa: BDPD -> Beneficio Público con Demanda Pico

Lectura Anterior: 595,728 ~ 2019-07-01

Lectura Actual: 648,294 ~ 2019-07-31

Consumo en KWH: 53,617

Días: 31

P.I.T.: 1,051

Factor de Potencia: 1.000

Dem.Factura: 158

Dem.Mes: 155

Dem.Pico: 134

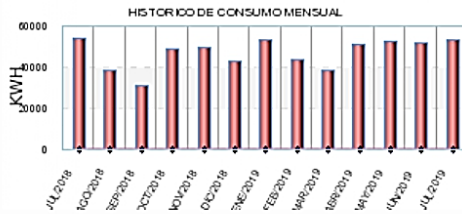
*** IMPORTANTE: \$ 137.28 es el valor total de la devolución generada por el recalcu del alumbrado público, correspondiente a los meses de febrero, marzo y abril de 2019, a través de nota de crédito cuyo saldo a la fecha es \$ 91.52 ***

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	110020	121270	11475
REACTIVA:	75898	75977	79

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 2,739.23	\$ 0.00	\$ 2,739.23
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Consumo Activa Base	\$ 619.65	\$ 0.00	\$ 619.65
Demanda	\$ 409.92	\$ 0.00	\$ 409.92
Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 3,786.21

SUBTOTAL 12%	\$ 0.00
SUBTOTAL 0%	\$ 3,786.21
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 3,786.21
IVA 12%	\$ 0.00
(A) SERVICIO ELÉCTRICO (FACTURA)	\$ 3,786.21
(+C) VALORES PENDIENTES	\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELÉCTRICO	\$ 3,786.21



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 968.01
TOTAL AHORRO:	\$ 968.01

CLAVE DE ACCESO: 3107201901059004211000120010200069577262005091118



Figura A. 7. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Julio.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA

R.U.C.: 0590042110001

DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ

TELÉFONO: 032994440

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA No.: 001-020-007100999

FORMA DE PAGO : Efectivo

AUTORIZACIÓN : 3108201901059004211000120010200071009992005091110

MES DE CONSUMO: AGOSTO/2019 --- FECHA DE EMISIÓN : 2019-08-31 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-09-30

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027

RUC o Cédula de Ciudadanía: 0560001270001

Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec

Provincia: COTOPAXI

Cantón: LATACUNGA

Parroquia: Eloy Alfaro

Geocódigo: 090-ESP-001-02095

Cliente: 82491

Cuenta: 76027

Medidor: 94831

Tarifa: BDPDP -> Beneficio Público con Demanda Pico

Lectura Anterior: 648,294 - 2019-08-01

Lectura Actual: 680,770 - 2019-08-31

Consumo en KWH: 33,126 Días: 31

P.I.T.: 650

Factor de Potencia: 1.000

Dem.Factura: 119

Dem.Mes: 118

Dem.Pico: 98

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	121270	130371	9283
REACTIVA:	75977	75981	4

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 1,549.80	\$ 0.00	\$ 1,549.80
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Consumo Activa Base	\$ 501.28	\$ 0.00	\$ 501.28
Demanda	\$ 299.21	\$ 0.00	\$ 299.21
Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00
Recargo por Recuperación de Cartera	\$ 8.21	\$ 0.99	\$ 9.20
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 2,376.90

SUBTOTAL 12%	\$ 8.21
SUBTOTAL 0%	\$ 2,367.70
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 2,375.91
IVA 12%	\$ 0.99
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)	\$ 2,376.90
(+C) VALORES PENDIENTES	\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO	\$ 2,376.90



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 622.18
TOTAL AHORRO:	\$ 622.18

CLAVE DE ACCESO.: 3108201901059004211000120010200071009992005091110



Página 1 de 2

Figura A. 8. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Agosto.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA

R.U.C.: 0590042110001

DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ

TELÉFONO: 032994440

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA No.: 001-020-007244872

FORMA DE PAGO : Efectivo

AUTORIZACIÓN : 3009201901059004211000120010200072448722005091111

MES DE CONSUMO: SEPTIEMBRE/2019 -- FECHA DE EMISIÓN : 2019-09-30 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-10-31

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027

RUC o Cédula de Ciudadanía: 0560001270001

Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec

Provincia: COTOPAXI

Cantón: LATACUNGA

Parroquia: Eloy Alfaro

Geocódigo: 090-ESP-001-02095

Cliente: 82491

Cuenta: 76027

Medidor: 94831

Tarifa: BDPD -> Beneficio Público con Demanda Pico

Lectura Anterior: 680,770 ~ 2019-09-01

Lectura Actual: 719,795 ~ 2019-09-30

Consumo en KWH: 39,806 Días: 30

P.I.T.: 781

Factor de Potencia: 1.000

Dem.Factura: 136

Dem.Mes: 134

Dem.Pico: 134

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	130371	139918	9738
REACTIVA:	75981	76061	80

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 1,954.42	\$ 0.00	\$ 1,954.42
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Consumo Activa Base	\$ 525.85	\$ 0.00	\$ 525.85
Demanda	\$ 410.22	\$ 0.00	\$ 410.22
Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00
Recargo por Recuperación de Cartera	\$ 0.87	\$ 0.10	\$ 0.97
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 2,908.87

SUBTOTAL 12%	\$ 0.87
SUBTOTAL 0%	\$ 2,907.90
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 2,908.77
IVA 12%	\$ 0.10
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)	\$ 2,908.87
(+C) VALORES PENDIENTES	\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO	\$ 2,908.87



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 732.07
TOTAL AHORRO:	\$ 732.07

CLAVE DE ACCESO : 3009201901059004211000120010200072448722005091111



Figura A. 9. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Septiembre.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA

R.U.C.: 0590042110001

DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ

TELÉFONO: 032994440

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA No.: 001-020-007388806

FORMA DE PAGO : Efectivo

AUTORIZACIÓN : 3110201901059004211000120010200073888062005091110

MES DE CONSUMO: OCTUBRE/2019 --- FECHA DE EMISIÓN : 2019-10-31 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-11-30

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027

RUC o Cédula de Ciudadanía : 0560001270001

Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec

Provincia: COTOPAXI

Cantón: LATACUNGA

Parroquia: Eloy Alfaro

Geocódigo: 090-ESP-001-02095

Cliente: 82491

Cuenta: 76027

Medidor: 94831

Tarifa: BDPDP -> Beneficio Público con Demanda Pico

Lectura Anterior: 719,795 ~ 2019-10-01

Lectura Actual: 766,829 ~ 2019-10-31

Consumo en KWH: 47,975 Días: 31

P.I.T.: 941

Factor de Potencia: 1.000

Dem.Factura: 157

Dem.Mes: 154

Dem.Pico: 147

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO	CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
BASE:	139918	150586	10881	Consumo + PIT	\$ 2,411.11	\$ 0.00	\$ 2,411.11
REACTIVA:	76061	76261	200	Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
				Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00
				Demanda	\$ 450.69	\$ 0.00	\$ 450.69
				Consumo Activa Base	\$ 587.57	\$ 0.00	\$ 587.57
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):							\$ 3,466.78
SUBTOTAL 12%							\$ 0.00
SUBTOTAL 0%							\$ 3,466.78
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS							\$ 3,466.78
IVA 12%							\$ 0.00
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)							\$ 3,466.78
(+C) VALORES PENDIENTES							\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO							\$ 3,466.78



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 872.90
TOTAL AHORRO:	\$ 872.90

CLAVE DE ACCESO.: 3110201901059004211000120010200073888062005091110



Figura A. 10. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Octubre.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA

R.U.C.: 0590042110001

DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ

TELÉFONO: 032994440

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA No.: 001-020-007533111

FORMA DE PAGO : Efectivo

AUTORIZACIÓN : 3011201901059004211000120010200075331112005091111

MES DE CONSUMO: NOVIEMBRE/2019 --- FECHA DE EMISIÓN : 2019-11-30 FECHA DE VENCIMIENTO : 2019-12-20

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027

RUC o Cédula de Ciudadanía : 0560001270001

Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec

Provincia: COTOPAXI

Cantón: LATACUNGA

Parroquia: Eloy Alfaro

Geocódigo: 090-ESP-001-02095

Cliente: 82491

Cuenta: 76027

Medidor: 94831

Tarifa: BDPDP -> Beneficio Público con Demanda Pico

Lectura Anterior: 766,829 ~ 2019-11-01

Lectura Actual: 814,018 ~ 2019-11-30

Consumo en KWH: 48,133

Días: 30 P.I.T.: 944

Factor de Potencia: 1.000

Dem.Factura: 158

Dem.Mes: 155

Dem.Pico: 150

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	150586	160802	10420
REACTIVA:	76261	76453	192

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 2,451.35	\$ 0.00	\$ 2,451.35
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Consumo Activa Base	\$ 562.68	\$ 0.00	\$ 562.68
Demanda	\$ 458.84	\$ 0.00	\$ 458.84
Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 3,490.28

SUBTOTAL 12%	\$ 0.00
SUBTOTAL 0%	\$ 3,490.28
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 3,490.28
IVA 12%	\$ 0.00
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)	\$ 3,490.28
(+C) VALORES PENDIENTES	\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO	\$ 3,490.28



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 870.30
TOTAL AHORRO:	\$ 870.30

CLAVE DE ACCESO.: 3011201901059004211000120010200075331112005091111



Página 1 de 2

Figura A. 11. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Noviembre.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



EMPRESA ELÉCTRICA
PROVINCIAL COTOPAXI S.A.

EMPRESA ELÉCTRICA PROVINCIAL COTOPAXI S.A. ELEPCOSA

R.U.C.: 0590042110001

DIR. MATRIZ: MARQUES DE MAENZA 5-44 Y QUIJANO Y ORDONEZ

TELÉFONO: 032994440

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO.: 4591

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD : SI

FACTURA No.: 001-020-007677632

FORMA DE PAGO : Efectivo

AUTORIZACIÓN : 3112201901059004211000120010200076776322005091111

MES DE CONSUMO: DICIEMBRE/2019 — FECHA DE EMISIÓN : 2019-12-31 FECHA DE VENCIMIENTO : 2020-01-31

INFORMACION DEL CONSUMIDOR

Razón Social/Apellidos y Nombres: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

Código Unico Eléctrico Nacional: 0600076027

RUC o Cédula de Ciudadanía : 0560001270001

Dirección de Servicio: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Dirección de Notificación: AV. SIMON RODRIGUEZ BARRIO EL EJIDO

Correo Electrónico: administrativo@utc.edu.ec

Provincia: COTOPAXI

Cantón: LATACUNGA

Parroquia: Eloy Alfaro

Geocódigo: 090-ESP-001-02095

Cliente: 82491

Cuenta: 76027

Medidor: 94831

Tarifa: BDPD -> Beneficio Público con Demanda Pico

Lectura Anterior: 814,018 ~ 2019-12-01

Lectura Actual: 857,747 ~ 2019-12-31

Consumo en KWH: 44,604 Días: 31

P.I.T.: 875

Factor de Potencia: 1.000

Dem.Factura: 162

Dem.Mes: 155

Dem.Pico: 159

FACTURACION SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

DESCRIPCION	LECTURA ANTERIOR	LECTURA ACTUAL	CONSUMO
BASE:	160802	171643	11058
REACTIVA:	76453	76724	271

CONCEPTO	VALOR UNITARIO	IMPUESTO	VALOR TOTAL
Consumo + PIT	\$ 2,180.49	\$ 0.00	\$ 2,180.49
Comercialización	\$ 1.41	\$ 0.00	\$ 1.41
Recargo por Recuperación de Cartera	\$ 6.32	\$ 0.76	\$ 7.08
Tasa de Alumbrado Público	\$ 16.00	\$ 0.00	\$ 16.00
Demanda	\$ 486.39	\$ 0.00	\$ 486.39
Consumo Activa Base	\$ 597.13	\$ 0.00	\$ 597.13
SUBTOTAL SERVICIO ELECTRICO (A):			\$ 3,288.50

SUBTOTAL 12%	\$ 6.32
SUBTOTAL 0%	\$ 3,281.42
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	\$ 3,287.74
IVA 12%	\$ 0.76
(A) SERVICIO ELECTRICO (FACTURA)	\$ 3,288.50
(+C) VALORES PENDIENTES	\$ 0.00
(D) TOTAL SERVICIO ELECTRICO	\$ 3,288.50



*** SUBSIDIOS DEL GOBIERNO ***	
TARIFA DE LA DIGNIDAD	\$ 0.00
COCCION ELECTRICA:	\$ 0.00
CALENTAMIENTO DE AGUA:	\$ 0.00
SUBSIDIO TARIFA ELECTRICA:	\$ 821.92
TOTAL AHORRO:	\$ 821.92

CLAVE DE ACCESO.: 3112201901059004211000120010200076776322005091111



Página 1 de 2

Figura A. 12. Planilla de consumo de energía eléctrica del mes de Diciembre.

Anexo B. Planillas de consumo de agua potable del edificio Matriz UTC año 2019.



LATACUNGA
GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL

RUC : 0560000380001
FACTURA
N° 001-912 -000165192

NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
0802201901056000038000120019120001651920000008912

FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-02-12 10:33:15
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal

CLAVE DE ACCESO



0802201901056000038000120019120001651920000008912

GAD. MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
GAD. MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
Contribuyente Especial: 311
Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Identificación: 0560001270001
Fecha Emisión: 08/02/2019 **Guía Remisión:**

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	412.99	0.00	412.99
17	17	1	ALCANTARILLADO	61.95	0.00	61.95
18	18	1	M.S.A.P	41.30	0.00	41.30
19	19	1	S. T. A.	3.94	0.00	3.94
SUBTOTAL 12%						.00
SUBTOTAL IVA 0%						474.94
SUBTOTAL NO OBJETO IVA						45.24
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS						520.18
IVA 12%						.00
VALOR TOTAL						520.18

Informacion Adicional

Nro Emisión : 1717662
Año: 2019
Mes: 01
Clave : 24-0029
Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec
Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA
DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tanfa 4 OFICIAL Lec Anterior 17575 Lec actual 18574 Consumo Medicion 999 Consumo Dsceto F B 0 Consumo Facturado 999

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	520.18

Figura B. 1. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Enero.



GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 0560000380001
FACTURA
 N° 001-910 -000185529
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 110320190105600003800012001910000185529000008911
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-03-14 10:56:30
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 110320190105600003800012001910000185529000008911

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
 Identificación: 0560001270001
 Fecha Emisión: 11/03/2019 Guía Remisión:

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	599.26	0.00	599.26
17	17	1	ALCANTARILLADO	89.89	0.00	89.89
18	18	1	M.S.A.P	59.93	0.00	59.93
19	19	1	S. T. A	3.94	0.00	3.94

Informacion Adicional Nro Emisión : 1752854 Año: 2019 Mes: 02 Clave : 24-0029 Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec Dirección/Consumo : PARROQUILA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tarifa 4 OFICIAL Lec Anterior 18574 Lec actual 19906 Consumo Medicion 1332 Consumo Dseto F B 0 Consumo Facturado 1 332	SUBTOTAL 12%	.00
	SUBTOTAL IVA 0%	689.15
	SUBTOTAL NO OBJETO IVA	63.87
	SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	753.02
	IVA 12%	.00
	VALOR TOTAL	753.02

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	753.02

Figura B. 2. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Febrero.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 0560000380001
FACTURA
 N° 001-912 -000214448
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 0904201901056000038000120019120002144480000008912
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-04-10 13:58:20
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 0904201901056000038000120019120002144480000008912

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Identificación: 0560001270001
Fecha Emisión: 09/04/2019 **Guía Remisión:**

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	394.08	0.00	394.08
17	17	1	ALCANTARILLADO	59.11	0.00	59.11
18	18	1	M.S.A.P	39.41	0.00	39.41
19	19	1	S. T. A.	3.94	0.00	3.94

Informacion Adicional			
Nro Emisión : 1788778		SUBTOTAL 12%	
Año: 2019		.00	
Mes: 03		SUBTOTAL IVA 0%	
Clave : 24-0029		453.19	
Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec		SUBTOTAL NO OBJETO IVA	
Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA		43.35	
DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tarifa 4 OFICIAL Lec Anterior		SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	
19906 Lec actual 20860 Consumo Medicion 954 Consumo Dsccto F B 0 Consumo Facturado 954		496.54	
		IVA 12%	
		.00	
		VALOR TOTAL	
		496.54	

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	496.54

Figura B. 3. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Marzo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD



GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 0560000380001
FACTURA
 N° 001-911 -000278428
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 0705201901056000038000120019110002784280000008919
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-05-10 08:59:23
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 0705201901056000038000120019110002784280000008919

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Identificación: 0560001270001
Fecha Emisión: 07/05/2019 **Guía Remisión:**

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	406.27	0.00	406.27
17	17	1	ALCANTARILLADO	60.94	0.00	60.94
18	18	1	M.S.A.P	40.63	0.00	40.63
19	19	1	S. T. A.	3.94	0.00	3.94

Informacion Adicional		
Nro Emisión : 1826751 Año: 2019 Mes: 04 Clave : 24-0029 Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tafiá 4 OFICIAL Lec Anterior 20860 Lec actual 21843 Consumo Medicion 983 Consumo Dsccto F B 0 Consumo Facturado 983		SUBTOTAL 12% .00 SUBTOTAL IVA 0% 467.21 SUBTOTAL NO OBJETO IVA 44.57 SUBTOTAL SIN IMPUESTOS 511.78 IVA 12% .00 VALOR TOTAL 511.78

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	511.78

Figura B. 4. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Abril.



GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 056000380001
FACTURA
 N° 001-917 -000326663
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 1706201901056000038000120019170003266630000008911
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-06-18 21:01:25
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 1706201901056000038000120019170003266630000008911

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Identificación:0560001270001
Fecha Emisión: 06/06/2019 **Guía Remisión:**

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	624.78	0.00	624.78
17	17	1	ALCANTARILLADO	93.72	0.00	93.72
18	18	1	M.S.A.P	62.48	0.00	62.48
19	19	1	S. T. A.	3.94	0.00	3.94
Subtotales:						
SUBTOTAL 12%						.00
SUBTOTAL IVA 0%						718.50
SUBTOTAL NO OBJETO IVA						66.42
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS						784.92
IVA 12%						.00
VALOR TOTAL						784.92

Información Adicional	
Nro Emisión : 1884468	
Año: 2019	
Mes: 05	
Clave : 24-0029	
Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec	
Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tanfa 4 OFICIAL Lec Anterior 21843 Lec actual 23231 Consumo Medicion 1388 Consumo Dcto F B 0 Consumo Facturado 1 388	

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	784.92

Figura B. 5. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Mayo.



GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 056000380001
FACTURA
 N° 001-914 -000350250
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 110720190105600038000120019140003502500000008911
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-07-15 13:02:31
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 110720190105600038000120019140003502500000008911

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
 Identificación:0560001270001
 Fecha Emisión: 11/07/2019 Guía Remisión:

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	640.72	0.00	640.72
17	17	1	ALCANTARILLADO	96.11	0.00	96.11
18	18	1	M.S.A.P	64.07	0.00	64.07
19	19	1	S. T. A.	3.94	0.00	3.94

Informacion Adicional Nro Emisión : 1908790 Año: 2019 Mes: 06 Clave : 24-0029 Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tanfa 4 OFICIAL Lec Anterior 23231 Lec actual 24654 Consumo Medicion 1423 Consumo Dsccto F B 0 Consumo Facturado 1 423	SUBTOTAL 12%	.00
	SUBTOTAL IVA 0%	736.83
	SUBTOTAL NO OBJETO IVA	68.01
	SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	804.84
	IVA 12%	.00
	VALOR TOTAL	804.84

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	804.84

Figura B. 6. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Junio.



GAD. MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 0560000380001
FACTURA
 N° 001-913 -000376328
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 1408201901056000038000120019130003763280000008910
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-08-15 22:25:41
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 1408201901056000038000120019130003763280000008910

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Identificación: 0560001270001
Fecha Emisión: 14/08/2019 **Guía Remisión:**

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	729.56	0.00	729.56
17	17	1	ALCANTARILLADO	109.43	0.00	109.43
18	18	1	M.S.A.P	72.96	0.00	72.96
19	19	1	S. T. A	3.94	0.00	3.94

Informacion Adicional		
Nro Emisión : 1949948		SUBTOTAL 12%
Año: 2019		.00
Mes: 07		SUBTOTAL IVA 0%
Clave : 24-0029		838.99
Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec		SUBTOTAL NO OBJETO IVA
Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA		76.90
DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tanfa 4 OFICIAL Lec Anterior		SUBTOTAL SIN IMPUESTOS
24654 Lec actual 26272 Consumo Medicion 1618 Consumo Dcto F B 0 Consumo Facturado 1 618		915.89
		IVA 12%
		.00
		VALOR TOTAL
		915.89

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	915.89

Figura B. 7. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Julio.



GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 056000380001
FACTURA
 N° 001-910 -000397548
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 1109201901056000038000120019100003975480000008918
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-09-12 16:17:57
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 1109201901056000038000120019100003975480000008918

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
 Identificación:0560001270001
 Fecha Emisión: 11/09/2019 Guía Remisión:

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	849.84	0.00	849.84
17	17	1	ALCANTARILLADO	127.48	0.00	127.48
18	18	1	M.S.A.P	84.98	0.00	84.98
19	19	1	S. T. A.	3.94	0.00	3.94
Subtotales:						
SUBTOTAL 12%						.00
SUBTOTAL IVA 0%						977.32
SUBTOTAL NO OBJETO IVA						88.92
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS						1066.24
IVA 12%						.00
VALOR TOTAL						1066.24

Información Adicional	
Nro Emisión : 1989433	
Año: 2019	
Mes: 08	
Clave : 24-0029	
Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec	
Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tanfa 4 OFICIAL Lec Anterior 26272 Lec actual 28154 Consumo Medicion 1882 Consumo Dsccto F B 0 Consumo Facturado 1 882	

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	1066.24

Figura B. 8. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Agosto.



GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 056000380001
FACTURA
 N° 001-911 -000421546
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 1410201901056000038000120019110004215460000008913
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-10-15 17:14:54
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 1410201901056000038000120019110004215460000008913

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
 Identificación: 0560001270001
 Fecha Emisión: 14/10/2019 Guía Remisión:

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	640.72	0.00	640.72
17	17	1	ALCANTARILLADO	96.11	0.00	96.11
18	18	1	M.S.A.P	64.07	0.00	64.07
19	19	1	S. T. A.	3.94	0.00	3.94

Informacion Adicional Nro Emisión : 2022516 Año: 2019 Mes: 09 Clave : 24-0029 Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tanfa 4 OFICIAL Lec Anterior 28154 Lec actual 29577 Consumo Medicion 1423 Consumo Dsccto F B 0 Consumo Facturado 1 423	SUBTOTAL 12%	.00
	SUBTOTAL IVA 0%	736.83
	SUBTOTAL NO OBJETO IVA	68.01
	SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	804.84
	IVA 12%	.00
	VALOR TOTAL	804.84

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	804.84

Figura B. 9. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Septiembre.



GAD. MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
 GAD. MUNICIPAL DEL CANTON LATAACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 0560000380001
FACTURA
 N° 001-912 -000450935
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 1311201901056000038000120019120004509350000008911
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-11-15 21:24:23
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 1311201901056000038000120019120004509350000008911

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Identificación: 0560001270001
Fecha Emisión: 13/11/2019 **Guía Remisión:**

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	344.90	0.00	344.90
17	17	1	ALCANTARILLADO	51.74	0.00	51.74
18	18	1	M.S.A.P	34.49	0.00	34.49
19	19	1	S. T. A.	3.94	0.00	3.94

Información Adicional		
Nro Emisión : 2080102		SUBTOTAL 12%
Año: 2019		.00
Mes: 10		SUBTOTAL IVA 0%
Clave : 24-0029		396.64
Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec		SUBTOTAL NO OBJETO IVA
Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA		38.43
DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tanfa 4 OFICIAL Lec Anterior		SUBTOTAL SIN IMPUESTOS
29577 Lec actual 30414 Consumo Medicion 837 Consumo Dsccto F B 0 Consumo Facturado 837		435.07
		IVA 12%
		.00
		VALOR TOTAL
		435.07

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	435.07

Figura B. 10. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Octubre.



GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 056000380001
FACTURA
 N° 001-910 -000473831
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 0912201901056000038000120019100004738310000008919
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2019-12-11 15:04:27
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 0912201901056000038000120019100004738310000008919

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
 Identificación:0560001270001
 Fecha Emisión: 09/12/2019 Guía Remisión:

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	251.59	0.00	251.59
17	17	1	ALCANTARILLADO	37.74	0.00	37.74
18	18	1	M.S.A.P	25.16	0.00	25.16
19	19	1	S. T. A.	3.94	0.00	3.94

Informacion Adicional Nro Emisión : 2096656 Año: 2019 Mes: 11 Clave : 24-0029 Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tanfa 4 OFICIAL Lec Anterior 30414 Lec actual 31029 Consumo Medicion 615 Consumo Dsccto F B 0 Consumo Facturado 615	SUBTOTAL 12%	.00
	SUBTOTAL IVA 0%	289.33
	SUBTOTAL NO OBJETO IVA	29.10
	SUBTOTAL SIN IMPUESTOS	318.43
	IVA 12%	.00
	VALOR TOTAL	318.43

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	318.43

Figura B. 11. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Noviembre.



GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
 GAD MUNICIPAL DEL CANTON LATACUNGA
OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI
 Contribuyente Especial: 311
 Dirección Matriz: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado
 Dirección Sucursal: Av. Sanchez de Orellana y Gral Maldonado

RUC : 0560000380001
FACTURA
 N° 001-910 -000496705
NÚMERO DE AUTORIZACIÓN
 0601202001056000038000120019100004967050000008911
FECHA Y HORA DE AUTORIZACIÓN: 2020-01-07 18:33:25
AMBIENTE : Producción
EMISIÓN : Normal
CLAVE DE ACCESO

 0601202001056000038000120019100004967050000008911

Razón Social / Nombres y Apellidos: UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
Identificación: 0560001270001
Fecha Emisión: 06/01/2020 **Guía Remisión:**

Cod. Princip	Cod. Auxiliar	Cantidad	Descripción	Precio U.	Descuento	Precio Total
16	16	1	AGUA POTABLE	219.35	0.00	219.35
17	17	1	ALCANTARILLADO	32.90	0.00	32.90
18	18	1	M.S.A.P	21.94	0.00	21.94
19	19	1	S. T. A.	4.00	0.00	4.00

Información Adicional		
Nro Emisión : 2279756 Año: 2019 Mes: 12 Clave : 24-0029 Correo Electrónico : administrativo@utc.edu.ec Dirección/Consumo : PARROQUIA ELOY ALFARO BARRIO SAN FELIPE MANZANA DIRECCION SIMON RODRIGUEZ Nro Medidor 0705030643 Tanfa 4 OFICIAL Lec Anterior 31029 Lec actual 31623 Consumo Medicion 594 Consumo Dsccto F B 0 Consumo Facturado 594		SUBTOTAL 12% .00 SUBTOTAL IVA 0% 252.25 SUBTOTAL NO OBJETO IVA 25.94 SUBTOTAL SIN IMPUESTOS 278.19 IVA 12% .00 VALOR TOTAL 278.19

Forma de Pago	Valor
SIN UTILIZACION DEL SISTEMA FINANCIERO	278.19

Figura B. 12. Planilla de consumo de agua eléctrica del mes de Noviembre.

Anexo C: Zonas climáticas del Ecuador.**Tabla C. 1.** Zonas climáticas del Ecuador de acuerdo a la región.

Provincia	Ciudad	Zona climática
REGION COSTA		
El Oro	Machala	Húmeda muy calurosa
	Zaruma	Húmeda muy calurosa
	Santa Rosa	Húmeda muy calurosa
Esmeraldas	Esmeraldas	Húmeda muy calurosa
	Quinindé	Húmeda muy calurosa
Guayas	Guayaquil	Húmeda muy calurosa
	Balzar	Húmeda muy calurosa
Los Ríos	Babahoyo	Húmeda muy calurosa
	Quevedo	Húmeda muy calurosa
Manabí	Puerto López	Húmeda muy calurosa
	Portoviejo	Húmeda muy calurosa
	Manta Chone	Húmeda muy calurosa
	El Carmen	Húmeda muy calurosa
	Pedernales	Húmeda muy calurosa
REGION SIERRA		
Azúay	Cuenca	Continental lluviosa
	Santa Isabel	Húmeda calurosa
	Gualaceo	Continental lluviosa
Bolívar	Guaranda	Continental templada
	Caluma	Húmeda calurosa
	Las Naves	Húmeda muy calurosa
Cañar	Azogues	Húmeda calurosa
	Cañar	Fría
	La Troncal	Húmeda muy calurosa
Carchi	Mira	Continental lluviosa
	San Gabriel	Continental templada
	Tulcán	Fría
Chimborazo	Riobamba	Continental templada
	Alausí	Continental lluviosa
	Pallatanga	Continental lluviosa
Cotopaxi	La Maná	Húmeda muy calurosa
	Latacunga	Continental templada
	Zumbagua	Fría
Imbabura	Ibarra	Continental lluviosa
	Otavalo	Continental templada
	Salinas	Húmeda calurosa
Loja	Loja	Continental lluviosa
	Cariamanga	Continental lluviosa
	Alamor	Húmeda calurosa

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

	Catamayo	Húmeda calurosa
Pichincha	Cayambe	Continental lluviosa
	Machachi	Fría
	Quito	Continental lluviosa
	Los Bancos	Húmeda calurosa
Santo Domingo de los Tsáchilas	Santo Domingo	Húmeda muy calurosa
Tungurahua	Ambato	Continental templada
	Baños	Continental lluviosa
REGIÓN ORIENTE		
Morona Santiago	Macas	Húmeda calurosa
	Gualaquiza	Húmeda calurosa
	Sucúa	Húmeda muy calurosa
Napo	Tena	Húmeda calurosa
	Papallacta	Fría
	El Chaco	Húmeda calurosa
Orellana	Francisco de Orellana	Húmeda muy calurosa
Pastaza	Puyo	Húmeda calurosa
Zamora Chinchipe	Zamora	Húmeda calurosa
	Zumba	Húmeda calurosa

Anexo D: Levantamiento de cargas en el edificio Matriz UTC.**Tabla D. 1.** Levantamiento de cargas eléctricas en el edificio A.

Espacio	Tipo de carga	Cantidad	Potencia (W)	Potencia total (W)
Planta baja				
Baño	Luminarias	2	100	200
Sala de computo 1	Luminarias	18	100	1800
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador de escritorio	20	300	6000
Sala de computo 2	Luminarias	18	100	1800
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador de escritorio	20	300	6000
Cubículo Docente	Luminarias	1	100	100
	Computador de escritorio	1	300	300
Depósito de libros	Luminarias	6	100	600
Ventanilla de atención	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	2	300	600
Biblioteca	Luminarias	62	100	6200
	Computador portátil	30	250	7500
	Computador de escritorio	3	300	900
Secretaria	Luminarias	2	100	200
	Computador de escritorio	1	300	300
Directorio	Luminarias	2	100	200
	Computador de escritorio	1	300	300
Sala de espera rectorado	Luminarias	4	100	400
Secretaría rectorado	Luminarias	2	100	200
	Computador de escritorio	1	300	300

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Baño	Luminarias	3	100	300
Archivo rectorado	Luminarias	2	100	200
	Computador de escritorio	1	300	300
Despacho del rectorado	Luminarias	2	100	200
	Computador de escritorio	1	300	300
Oficina de asesoría del rectorado	Luminarias	4	100	400
	Computador de escritorio	2	300	600
Corredor Norte	Luminarias	6	100	600
Secretaria del departamento académico	Luminarias	4	100	400
	Computador de escritorio	2	300	600
Director del departamento académico	Luminarias	4	100	400
	Computador de escritorio	1	300	300
Sala de sesiones	Luminarias	4	100	400
	Computador portátil	1	250	250
	Proyector de pantalla	1	70	70
Baño	Luminarias	1	100	100
Sala de equipos mecánicos	Ascensor	1	1500	1500
Planta 1				
Baño	Luminarias	2	100	200
Aula 1	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 2	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Depósito de libros	Luminarias	2	100	200
Aula 4	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

	Computador portátil	1	250	250
Aula 5	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 6	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 7	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 8	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor Norte	Luminarias	6	100	600
Aula 9	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 10	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor	Luminarias	6	100	600
Planta 2				
Baño	Luminarias	2	100	200
Aula 11	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 12	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Aula 13	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 14	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 15	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Dirección administrativa	Luminarias	4	100	400
	Computador de escritorio	2	300	600
Aula 16	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 17	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 18	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor Norte	Luminarias	6	100	600
Aula 19	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 20	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor	Luminarias	6	100	600
Planta 3				
Baño	Luminarias	2	100	200
Aula 21	Luminaria	9	100	900

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 22	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 23	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Terraza	Luminarias	6	100	600
Aula 24	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Coordinación de CC.AA.	Luminarias	4	100	400
	Computador de escritorio	6	300	1800
Aula 25	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Terraza	Luminarias	6	100	600
Aula 26	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor Norte	Luminarias	6	100	600
Aula 27	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 28	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor	Luminarias	6	100	600
Planta 4				
Baño	Luminarias	2	100	200
	Luminaria	9	100	900

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Aula Educación básica	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	5	250	1250
Laboratorio de Ingles	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	10	300	3000
Laboratorio de Ingeniería comercial	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	10	300	3000
Laboratorio de Ciencias Naturales	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	5	300	1500
Laboratorio de Cine y laboratorio	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	1	300	300
Laboratorio de radio	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	1	300	300
Aula de simulación de gerencia y secretaría	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	1	300	300
Laboratorio de Ingles	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	10	300	3000
Aula virtual de contabilidad y auditoría	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	10	300	3000
Corredor Norte	Luminarias	6	100	600
Ludoteca	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Laboratorio de estimulación temprana	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor	Luminarias	6	100	600
Total				108560

Tabla D. 2. Levantamiento de cargas eléctricas en el edificio B.

Espacio	Tipo de carga	Cantidad	Potencia (W)	Potencia total (W)
Planta baja				
Sala de computo 1	Luminarias	18	100	1800
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador de escritorio	20	300	6000
Sala	Luminarias	3	100	300
	Computador portátil	1	250	250
Sala de computo 2	Luminarias	12	100	1200
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador de escritorio	20	300	6000
Baño	Luminarias	2	100	200
Asociación de empleados	Luminarias	3	100	300
	Computador de escritorio	2	300	600
FEUE	Luminarias	4	100	400
	Computador de escritorio	2	300	600
Entrada BB	Luminarias	4	100	400
Asociación de estudiantes	Luminarias	4	100	400
	Computador portátil	1	250	250
Baño	Luminarias	2	100	200
Asociación de profesores	Luminarias	5	100	500
	Computador de escritorio	4	300	1200
Corredor Norte	Luminarias	6	100	600
Sala de computo 1	Luminarias	18	100	1800
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador de escritorio	20	300	6000
Sala de computo 1	Luminarias	18	100	1800
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador de escritorio	20	300	6000
Baños	Luminaria	4	100	400
	Secadora de manos	2	300	600
Corredor	Luminarias	6	100	600
	Luminarias	1	100	100

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Sala de equipos mecánicos	Ascensor eléctrico	1	1500	1500
Planta 1				
Aula 1	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 2	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Defensa de trabajos	Luminaria	3	100	300
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 3	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Secretaria CIYA	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	4	300	1200
	Computador portátil	2	250	500
Aula 4	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Estar estudiantil	Luminaria	4	100	400
	Computador de escritorio	1	300	300
Aula 5	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 6	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor Norte	Luminarias	6	100	600
Aula 7	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 8	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Cubículo profesores	Luminaria	2	100	200
	Computador portátil	1	250	250
Baños	Luminaria	4	100	400
	Secadora de manos	1	300	300
Corredor	Luminarias	6	100	600

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Planta 2				
Aula 9	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 10	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Club robótico CIYA	Luminaria	6	100	600
Aula 11	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	250	250
	Computador portátil	1	70	70
Aula 12	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 13	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 14	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 15	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 16	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 17	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor Norte	Luminarias	6	100	600
Aula 18	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 19	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Baños	Luminaria	4	100	400
	Secadora de manos	1	300	300
Corredor	Luminarias	6	100	600
Planta 3				
	Luminarias	6	100	600

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI – CARRERA DE ELECTRICIDAD

Coordinación de CIYA	Computador de escritorio	3	300	900
	Computador portátil	2	250	500
Aula 20	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Sala de docentes	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	6	300	1800
	Computador portátil	2	250	500
Aula 21	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Sala de docentes	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	6	300	1800
	Computador portátil	3	250	750
Aula 22	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 23	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Aula 24	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Sala de docentes	Luminarias	6	100	600
	Computador de escritorio	3	300	900
	Computador portátil	3	250	750
Aula 25	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Corredor Norte	Luminarias	6	100	600
Aula 26	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Salón Che Guevara	Luminaria	9	100	900
	Proyector de pantalla	1	70	70
	Computador portátil	1	250	250
Baños	Luminaria	4	100	400
	Secadora de manos	1	300	300
Corredor	Luminarias	6	100	600
Total				93890

Anexo E: Características técnicas eléctricas del sistema fotovoltaico.**Tabla E. 1.** Características técnicas del módulo fotovoltaico.

Características técnicas del módulo solar	
Fabricante	LG Electronics
Modelo	LG 400 Q1C-A6
Tecnología de la célula	Monocristalina - 60células
Potencia pico	400Wp
Tolerancia de la potencia	±3%
Tensión de circuito abierto	43,8
Intensidad de cortocircuito	11,32
Tensión en el punto máximo de potencia	37,2
Intensidad en el punto máximo de potencia	10,76
Variación de la potencia con la temperatura	4%°C
Variación de la intensidad con la temperatura	4,5 mA/°C
Dimensiones	1940 x 1047 x 40
Peso	18,5

Tabla E. 2. Características técnicas del inversor para el edificio A.

Características técnicas del inversor Goodwe	
Modelo	GW35KLV-DT
Potencia nominal CA	36000
Tensión de entrada CC	370
Tensión de salida CA	220 Vca trifásica
Frecuencia de salida CA	60 Hz
Rango PMP	200- 650 Vcc
Rango potencia PV recomendado	36000 - 46800 W
Máxima tensión entrada vacío	650
Intensidad máxima CC	30,8
Potencia máxima	36000
Intensidad nominal CA	92,1
Factor de potencia	0,995
Rango de potencia	60 Hz
Forma de onda	Sinusoidal

Tabla E. 3. Características técnicas específicas del inversor para el edificio B.

Características técnicas del inversor	
Modelo	CL 48.0 WYE / 277
Potencia nominal CA	48000 W
Tensión de entrada CC	390
Tensión de salida CA	277 Vca trifásica
Frecuencia de salida CA	60 Hz
Rango PMP	230 - 390 Vcc
Rango potencia PV recomendado	50300 - 56200 W
Máxima tensión entrada vacío	550
Intensidad máxima CC	35,6
Potencia máxima	48000 W
Intensidad nominal CA	58 A
Factor de potencia	0,995
Rango de potencia	60 Hz
Forma de onda	Sinusoidal

Anexo F: Memoria técnica de la instalación fotovoltaica del edificio A.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICA EDIFICIO A

Variante: ESCENAD_3D_BA

PVsyst V7.2.12

VC0, Fecha de simulación:
07/03/22 12:18
con v7.2.12

Resumen del proyecto

Sitio geográfico San Felipe Ecuador	Situación Latitud -0.92 °S Longitud -78.63 °W Altitud 2759 m Zona horaria UTC-5	Configuración del proyecto Albedo 0.20
Datos meteo San Felipe Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red Orientación campo FV Plano fijo Inclinación/Azimut 4 / -135 °	Tablas en un edificio Sombreados cercanos Sombreados lineales	Necesidades del usuario Carga ilimitada (red)
Información del sistema		
Conjunto FV Núm. de módulos 270 unidades Pnom total 108 kWp	Inversores Núm. de unidades 3 unidades Pnom total 108 kWca Proporción Pnom 1.000	

Resumen de resultados

Energía producida	181.8 MWh/año	Producción específica	1683 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	86.54 %
-------------------	---------------	-----------------------	------------------	---------------------	---------

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	4
Resultados principales	5
Diagrama de pérdida	6
Gráficos especiales	7

Figura F. 1. Memoria técnica del sistema fotovoltaico del bloque A.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICA EDIFICIO A

Variante: ESCENAD_3D_BA

PVsyst V7.2.12

VC0, Fecha de simulación:
07/03/22 12:18
con v7.2.12

Parámetros generales

Sistema conectado a la red		Tablas en un edificio	
Orientación campo FV		Configuración de cobertizos	
Orientación	Plano fijo	Núm. de cobertizos	14 unidades
Inclinación/Azimut	4 / -135 °	Tamaños	
		Espaciamiento cobertizos	6.13 m
		Ancho de colector	3.17 m
		Proporc. cob. suelo (GCR)	51.7 %
Horizonte		Sombreados cercanos	
Horizonte libre		Sombreados lineales	
		Modelos usados	
		Transposición	Perez
		Difuso	Perez, Meteororm
		Circunsolar	separado
		Necesidades del usuario	
		Carga ilimitada (red)	

Características del conjunto FV

Módulo FV		Inversor	
Fabricante	Generic	Fabricante	Generic
Modelo	LG 400 Q1C-A6	Modelo	GW35KLV-DT
(Base de datos PVsyst original)		(Definición de parámetros personalizados)	
Unidad Nom. Potencia	400 Wp	Unidad Nom. Potencia	36.0 kWca
Número de módulos FV	270 unidades	Número de inversores	3 unidades
Nominal (STC)	108 kWp	Potencia total	108 kWca
Módulos	27 Cadenas x 10 En series	Voltaje de funcionamiento	200-650 V
En cond. de funcionam. (50°C)		Potencia máx. (=>30°C)	39.6 kWca
Pmpp	100 kWp	Proporción Pnom (CC:CA)	1.00
U mpp	343 V		
I mpp	292 A		
Potencia FV total		Potencia total del inversor	
Nominal (STC)	108 kWp	Potencia total	108 kWca
Total	270 módulos	Número de inversores	3 unidades
Área del módulo	490 m ²	Proporción Pnom	1.00
Área celular	444 m ²		

Pérdidas del conjunto

Factor de pérdida térmica		Pérdidas de cableado CC		Pérdida de calidad módulo				
Temperatura módulo según irradiancia		Res. conjunto global	19 mΩ	Frac. de pérdida	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Frac. de pérdida	1.5 % en STC					
Uv (viento)	0.0 W/m ² K/m/s							
Pérdidas de desajuste de módulo		Pérdidas de desajuste de cadenas						
Frac. de pérdida	2.0 % en MPP	Frac. de pérdida	0.1 %					
Factor de pérdida IAM	Efecto de incidencia (IAM): Recubrimiento Fresnel AR, n(vidrio)=1.526, n(AR)=1.290							
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000

Figura F. 2. Parámetros generales de la memoria técnica del bloque A.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICA EDIFICIO A

Variante: ESCENAD_3D_BA

PVsyst V7.2.12

VC0, Fecha de simulación:
07/03/22 12:18
con v7.2.12

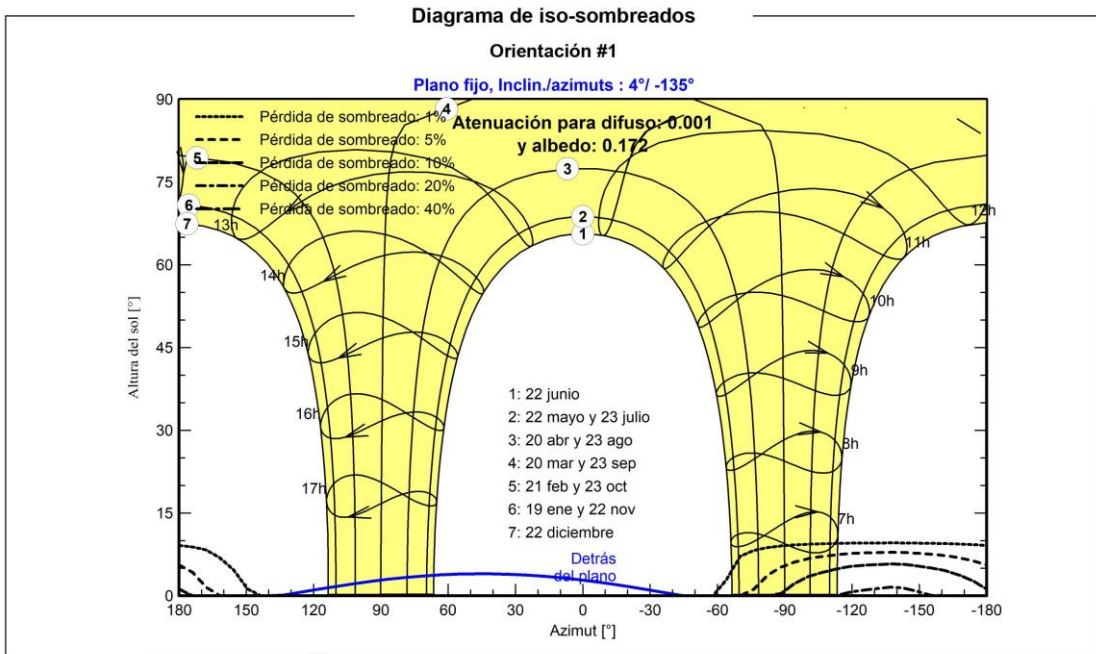
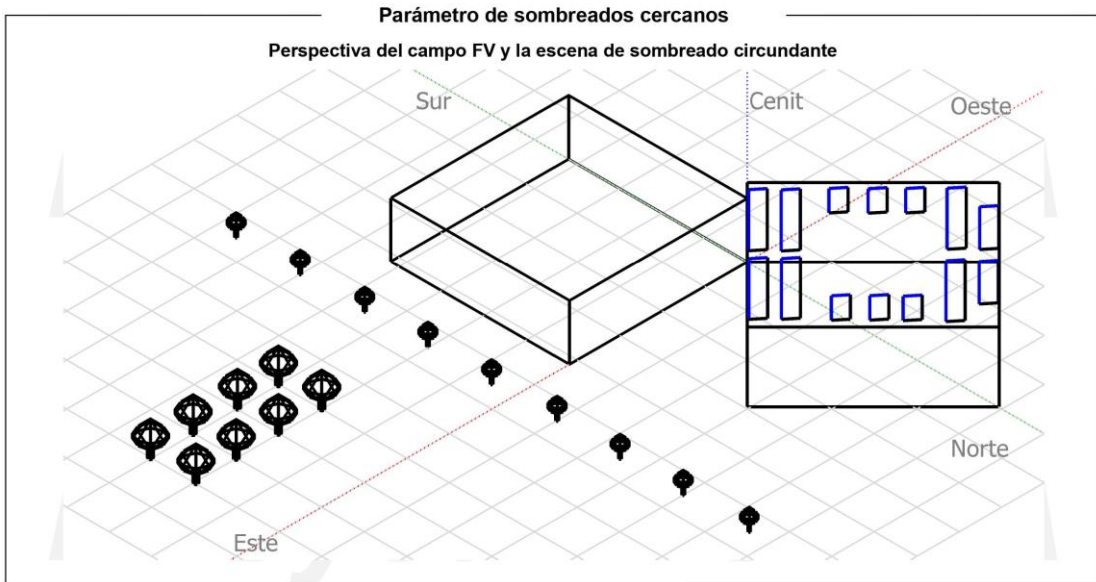


Figura F. 3. Diagrama de sombreados cercanos del edificio A.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICA EDIFICIO A

Variante: ESCENAD_3D_BA

PVsyst V7.2.12

VC0, Fecha de simulación:
07/03/22 12:18
con v7.2.12

Resultados principales

Producción del sistema

Energía producida 181.8 MWh/año

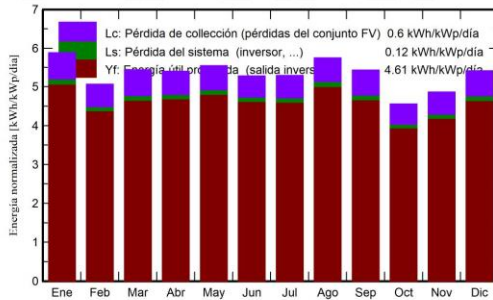
Producción específica

1683 kWh/kWp/año

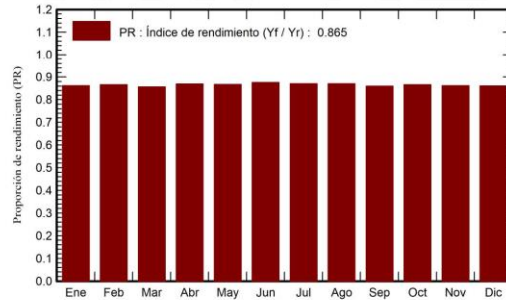
Proporción de rendimiento (PR)

86.54 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	179.0	71.87	14.06	182.5	177.8	17.42	16.99	0.862
Febrero	140.3	72.21	14.02	141.8	138.1	13.59	13.26	0.866
Marzo	168.8	64.91	13.92	168.5	164.3	15.99	15.59	0.857
Abril	163.4	75.90	13.64	162.0	157.7	15.58	15.20	0.869
Mayo	175.3	65.19	13.73	171.8	167.2	16.49	16.09	0.867
Junio	162.3	61.62	12.81	158.4	153.9	15.35	14.98	0.876
Julio	167.7	65.18	12.63	164.0	159.0	15.79	15.42	0.870
Agosto	181.2	58.69	12.66	178.4	174.1	17.20	16.77	0.870
Septiembre	164.3	62.35	12.86	162.9	158.8	15.52	15.13	0.860
Octubre	140.5	78.72	13.98	141.2	137.2	13.53	13.20	0.866
Noviembre	143.8	66.91	13.85	145.9	141.8	13.92	13.58	0.862
Diciembre	165.0	65.08	14.12	167.6	163.4	15.98	15.58	0.860
Año	1951.8	808.63	13.52	1945.0	1893.4	186.36	181.79	0.865

Leyendas

- GlobHor Irradiación horizontal global
- DiffHor Irradiación difusa horizontal
- T_Amb Temperatura ambiente
- GlobInc Global incidente plano receptor
- GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
- EArray Energía efectiva a la salida del conjunto
- E_Grid Energía inyectada en la red
- PR Proporción de rendimiento

Figura F. 4. Resultados de producción de energía eléctrica del edificio A.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICA EDIFICIO A

Variante: ESCENAD_3D_BA

PVsyst V7.2.12

VC0, Fecha de simulación:
07/03/22 12:18
con v7.2.12

Diagrama de pérdida

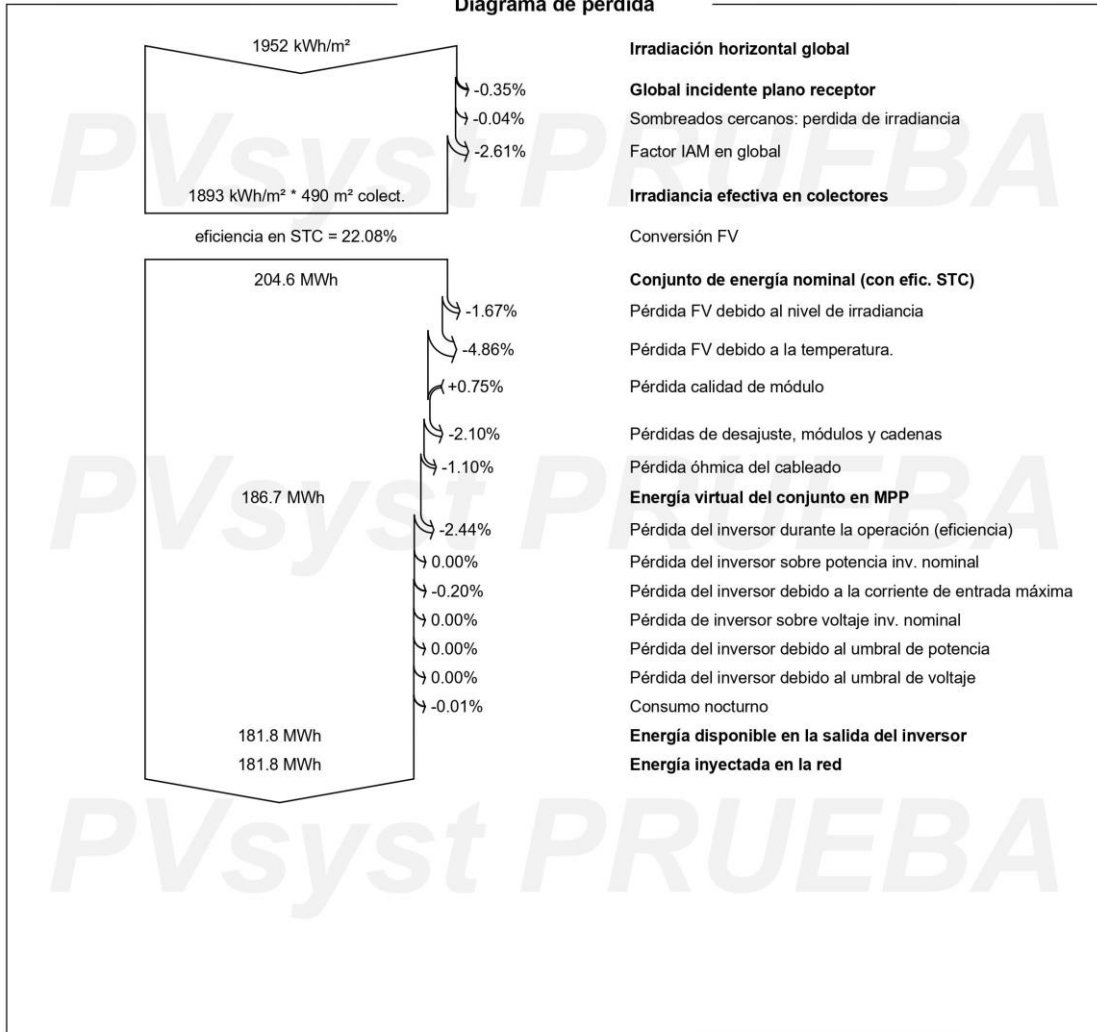


Figura F. 5. Diagrama de cargas del sistema fotovoltaico del edificio A.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICA EDIFICIO A

Variante: ESCENAD_3D_BA

PVsyst V7.2.12

VC0, Fecha de simulación:
15/03/22 12:02
con v7.2.12

Costo del sistema

Costes de instalación			
Artículo	Cantidad unidades	Costo USD	Total USD
Módulos FV			
LG 400 Q1C-A6	270	270.00	72900.00
Soportes para módulos	270	80.00	21600.00
Inversores			
GW35KLV-DT	3	4247.00	12741.00
Estudios y análisis			
Ingeniería	1	2500.00	2500.00
Estudios ambientales	1	800.00	800.00
Análisis Económico	1	1000.00	1000.00
Instalación			
Costo de instalación global por módulo	270	10.00	2700.00
Costo de instalación global por inversor	3	1500.00	4500.00
Transporte	1	5000.00	5000.00
Ajustes	1	3000.00	3000.00
Conexión a la red	1	13000.00	13000.00
Total			139741.00
Activo amortizable			107241.00
Costos de operación			
Artículo			Total USD/año
Mantenimiento			
Limpieza			3840.00
Total (OPEX)			3840.00
Incluyendo inflación (1.50%)			4439.74
Resumen del sistema			
Costo total de instalación		139741.00 USD	
Costos de operación (Incl. inflación 1.50%/año)		4439.74 USD/año	
Energía no utilizada		274 kWh/año	
Energía vendida a la red		181518 kWh/año	
Costo de la energía producida (LCOE)		0.063 USD/kWh	

Figura F. 6. Costo del sistema fotovoltaico del edificio A.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICA EDIFICIO A

Variante: ESCENAD_3D_BA

PVsyst V7.2.12

VC0, Fecha de simulación:
15/03/22 12:02
con v7.2.12

Análisis financiero

Período de simulación			
Vida del proyecto	20 años	Año de inicio	2022
Variación del ingreso a lo largo del tiempo			
Inflación			1.50 %/año
Variación de producción (envejecimiento)			1.00 %/año
Tasa de descuento			1.00 %/año
Gastos dependientes de ingresos			
Tasa de impuesto sobre la renta			0.00 %/año
Otro impuesto sobre la renta			0.00 %/año
Dividendos			0.00 %/año
Amortización			
Activos amortizables		107241.00 USD	
Valor de rescate		50000.00 USD	
Total canjeable		57241.00 USD	
Período de amortización		15 años	
Financiamiento			
Fondos propios		84741.00 USD	
Subsidios		15000.00 USD	
Préstamo - Préstamo de pago único de interés - 20 años		40000.00 USD	Tasa de interés: 1.00%/año
Venta de electricidad			
Tarifa de alimentación		0.0900 USD/kWh	
Duración de la garantía de tarifas		20 años	
Impuesto de conexión anual		1000.00 USD/kWh	
Variación de tarifa anual		+1.0 %/año	
Reducción de tarifa de alimentación después de la garantía		50.00 %	
Autoconsumo			
Tarifa de consumo		0.0900 USD/kWh	
Evolución de tarifas		+6.0 %/año	
Retorno de la inversión			
Período de recuperación		10.6 años	
Valor presente neto (VPN)		130600.97 USD	
Retorno de la inversión (ROI)		104.7 %	

Figura F. 7. Análisis financiero del edificio A.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICA EDIFICIO A

Variante: ESCENAD_3D_BA

PVsyst V7.2.12

VC0, Fecha de simulación:
15/03/22 12:02
con v7.2.12

Análisis financiero

Resultados económicos detallados (USD)

	Venta de electricidad	Principal del préstamo	Intereses del préstamo	Costos de func.	Subsidio de amortización	Ingreso imponible	Impuestos	Beneficio después de impuestos	Ahorro consumo	Cumul lucro	% amorti.
2022	15338	0	400	3840	3816	7282	0	11098	25	-73729	8.8%
2023	15666	0	400	3898	3816	7553	0	11369	26	-62558	17.8%
2024	15998	0	400	3956	3816	7826	0	11642	28	-51231	26.9%
2025	16333	0	400	4015	3816	8101	0	11917	30	-39750	36.1%
2026	16671	0	400	4076	3816	8379	0	12195	32	-28116	45.4%
2027	17013	0	400	4137	3816	8660	0	12476	34	-16332	54.8%
2028	17357	0	400	4199	3816	8942	0	12758	36	-4399	64.4%
2029	17705	0	400	4262	3816	9227	0	13043	37	7681	74.1%
2030	18056	0	400	4326	3816	9515	0	13331	39	19906	83.9%
2031	18411	0	400	4391	3816	9804	0	13620	41	32274	93.8%
2032	18769	0	400	4456	3816	10096	0	13912	43	44783	103.8%
2033	19130	0	400	4523	3816	10391	0	14207	45	57431	114.0%
2034	19494	0	400	4591	3816	10687	0	14503	47	70216	124.2%
2035	19862	0	400	4660	3816	10986	0	14802	50	83136	134.6%
2036	20233	0	400	4730	3816	11287	0	15103	52	96189	145.0%
2037	20607	0	400	4801	0	15406	0	15406	54	109373	155.6%
2038	20984	0	400	4873	0	15711	0	15711	56	122687	166.3%
2039	21365	0	400	4946	0	16019	0	16019	58	136128	177.1%
2040	21749	0	400	5020	0	16329	0	16329	60	149694	187.9%
2041	22136	40000	400	5095	0	16641	0	-23359	63	130601	204.7%
Total	372877	40000	8000	88795	57241	218841	0	236082	857	130601	204.7%

Beneficio neto anual (USD)

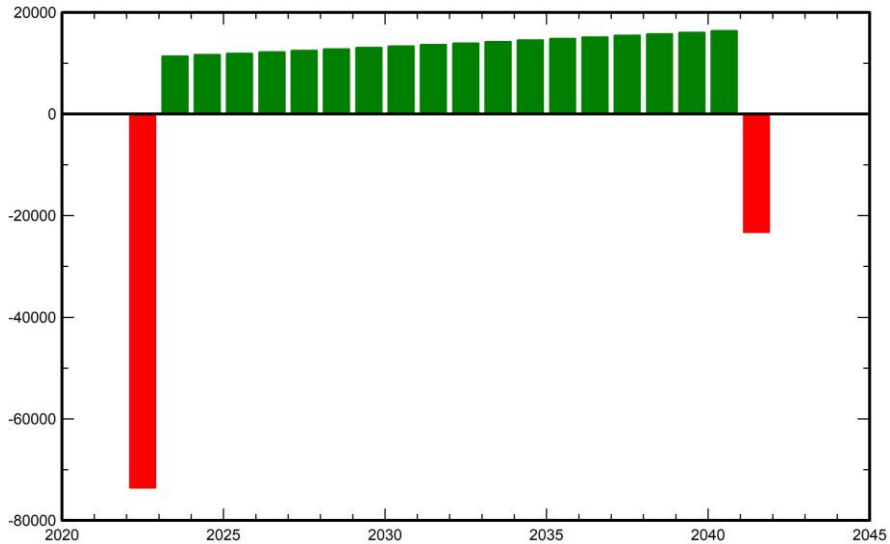


Figura F. 8. Resultados económicos del edificio A.

Anexo G: Memoria técnica de la instalación fotovoltaica del edificio B.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICO EDIFICIO B

Variante: ESCENA3D

PVsyst V7.2.12

VC1, Fecha de simulación:
07/03/22 10:39
con v7.2.12

Resumen del proyecto

Sitio geográfico	Situación	Configuración del proyecto
San Felipe	Latitud -0.92 °S	Albedo 0.20
Ecuador	Longitud -78.63 °W	
	Altitud 2762 m	
	Zona horaria UTC-5	
Datos meteo		
San Felipe		
Meteonorm 8.0 (2010-2014), Sat=100% - Sintético		

Resumen del sistema

Sistema conectado a la red	Tablas en un edificio	Necesidades del usuario
Orientación campo FV	Sombreados cercanos	Carga ilimitada (red)
Plano fijo	Sombreados lineales	
Inclinación/Azimut 4 / 180 °		
Información del sistema		
Conjunto FV	Inversores	
Núm. de módulos 240 unidades	Núm. de unidades 2 unidades	
Pnom total 96.0 kWp	Pnom total 96.0 kWca	
	Proporción Pnom 1.000	

Resumen de resultados

Energía producida	158.5 MWh/año	Producción específica	1652 kWh/kWp/año	Proporción rend. PR	84.90 %
-------------------	---------------	-----------------------	------------------	---------------------	---------

Tabla de contenido

Resumen de proyectos y resultados	2
Parámetros generales, Características del conjunto FV, Pérdidas del sistema.	3
Definición del sombreado cercano - Diagrama de iso-sombreados	4
Resultados principales	5
Diagrama de pérdida	6
Gráficos especiales	7
Balance de emisiones de CO ₂	8

Figura G. 1. Memoria técnica del sistema fotovoltaico del bloque B.

Figura G. 2. Parámetros generales de la memoria técnica del bloque B.



PVsyst V7.2.12

VC1, Fecha de simulación:
16/03/22 07:54
con v7.2.12

Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICO EDIFICIO B

Variante: ESCENA3D

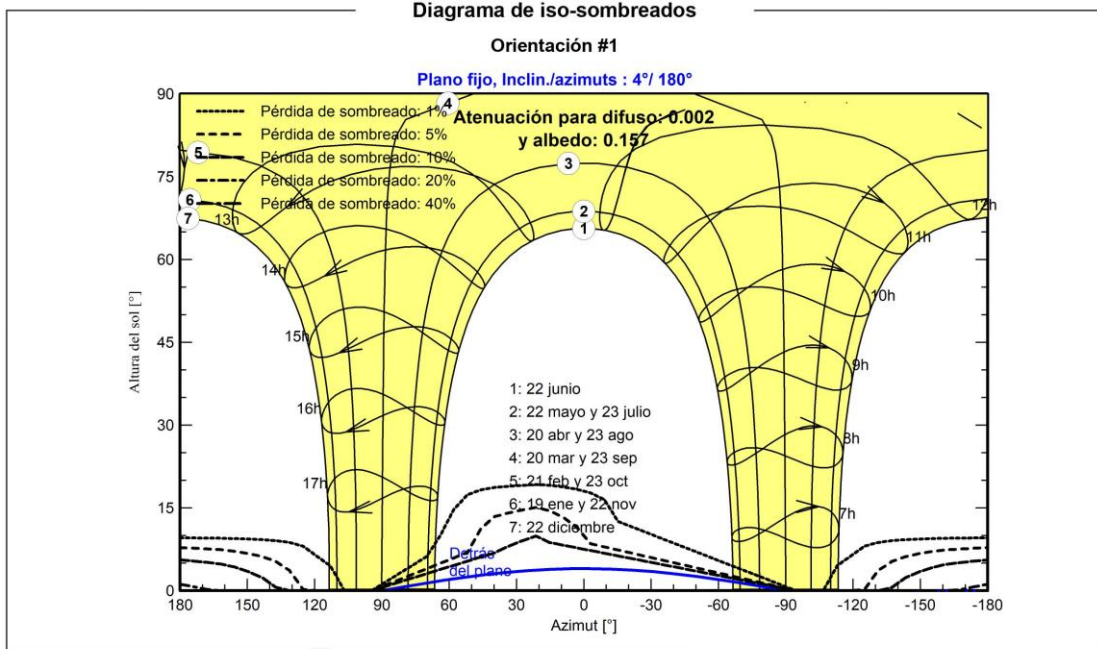
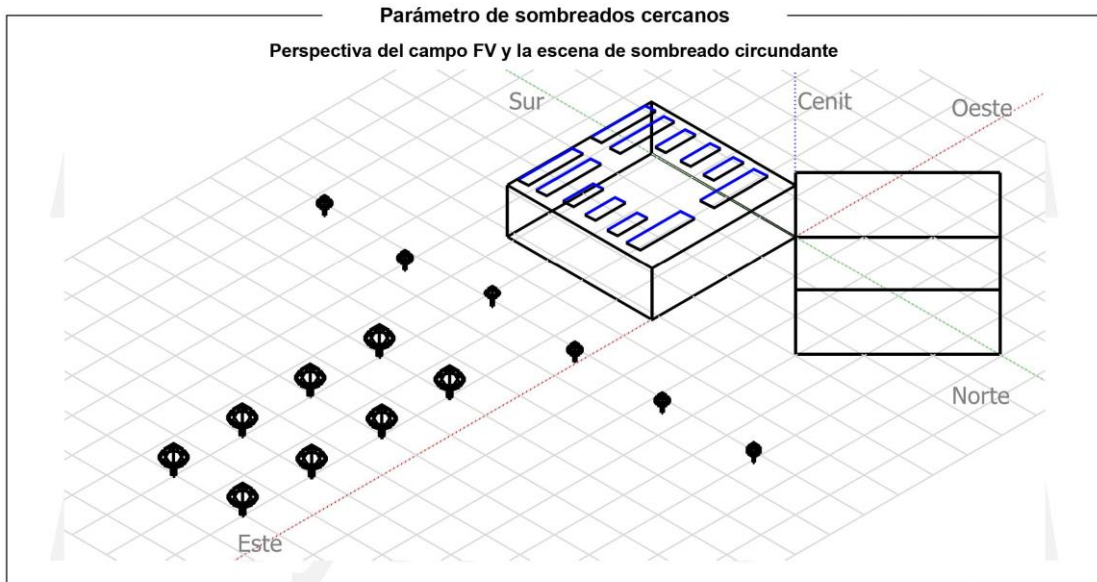


Figura G. 3. Diagrama de sombreados cercanos del edificio B.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICO EDIFICIO B

Variante: ESCENA3D

PVsyst V7.2.12

VC1, Fecha de simulación:
07/03/22 10:39
con v7.2.12

Resultados principales

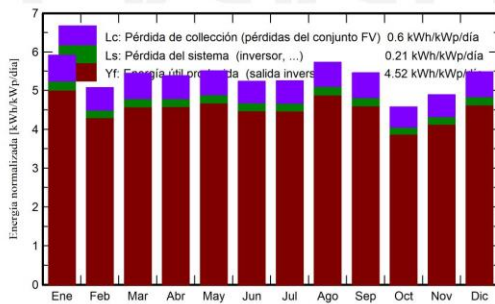
Producción del sistema

Energía producida 158.5 MWh/año

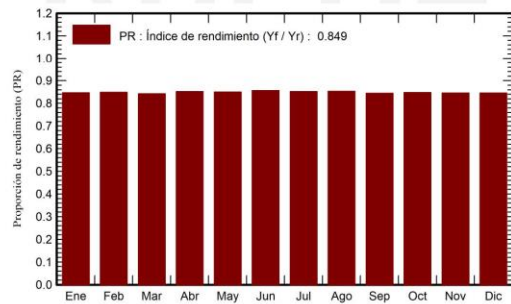
Producción específica 1652 kWh/kWp/año

Proporción de rendimiento (PR) 84.90 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado)



Proporción de rendimiento (PR)



Balances y resultados principales

	GlobHor	DiffHor	T_Amb	GlobInc	GlobEff	EArray	E_Grid	PR
	kWh/m ²	kWh/m ²	°C	kWh/m ²	kWh/m ²	MWh	MWh	proporción
Enero	179.0	71.87	14.06	183.5	178.9	15.61	14.93	0.847
Febrero	140.3	72.21	14.02	141.9	138.1	12.10	11.57	0.849
Marzo	168.8	64.91	13.92	168.6	164.3	14.27	13.64	0.843
Abril	163.4	75.90	13.64	161.4	157.0	13.81	13.21	0.852
Mayo	175.3	65.19	13.73	170.7	165.8	14.57	13.93	0.850
Junio	162.4	61.62	12.81	157.0	152.2	13.50	12.91	0.857
Julio	167.7	65.19	12.63	162.7	157.5	13.92	13.31	0.852
Agosto	181.2	58.68	12.66	177.5	173.0	15.21	14.55	0.854
Septiembre	164.4	62.35	12.86	163.6	159.4	13.89	13.27	0.845
Octubre	140.5	78.72	13.98	141.8	137.7	12.08	11.54	0.848
Noviembre	143.8	66.91	13.85	146.8	142.7	12.47	11.91	0.846
Diciembre	165.0	65.08	14.12	169.8	165.6	14.42	13.78	0.846
Año	1951.9	808.63	13.52	1945.3	1892.3	165.82	158.55	0.849

Legendas

- GlobHor Irradiación horizontal global
- DiffHor Irradiación difusa horizontal
- T_Amb Temperatura ambiente
- GlobInc Global incidente plano receptor
- GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
- EArray Energía efectiva a la salida del conjunto
- E_Grid Energía inyectada en la red
- PR Proporción de rendimiento

Figura G. 4. Resultados de producción de energía eléctrica del edificio B.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICO EDIFICIO B

Variante: ESCENA3D

PVsyst V7.2.12

VC1, Fecha de simulación:
07/03/22 10:39
con v7.2.12

Diagrama de pérdida

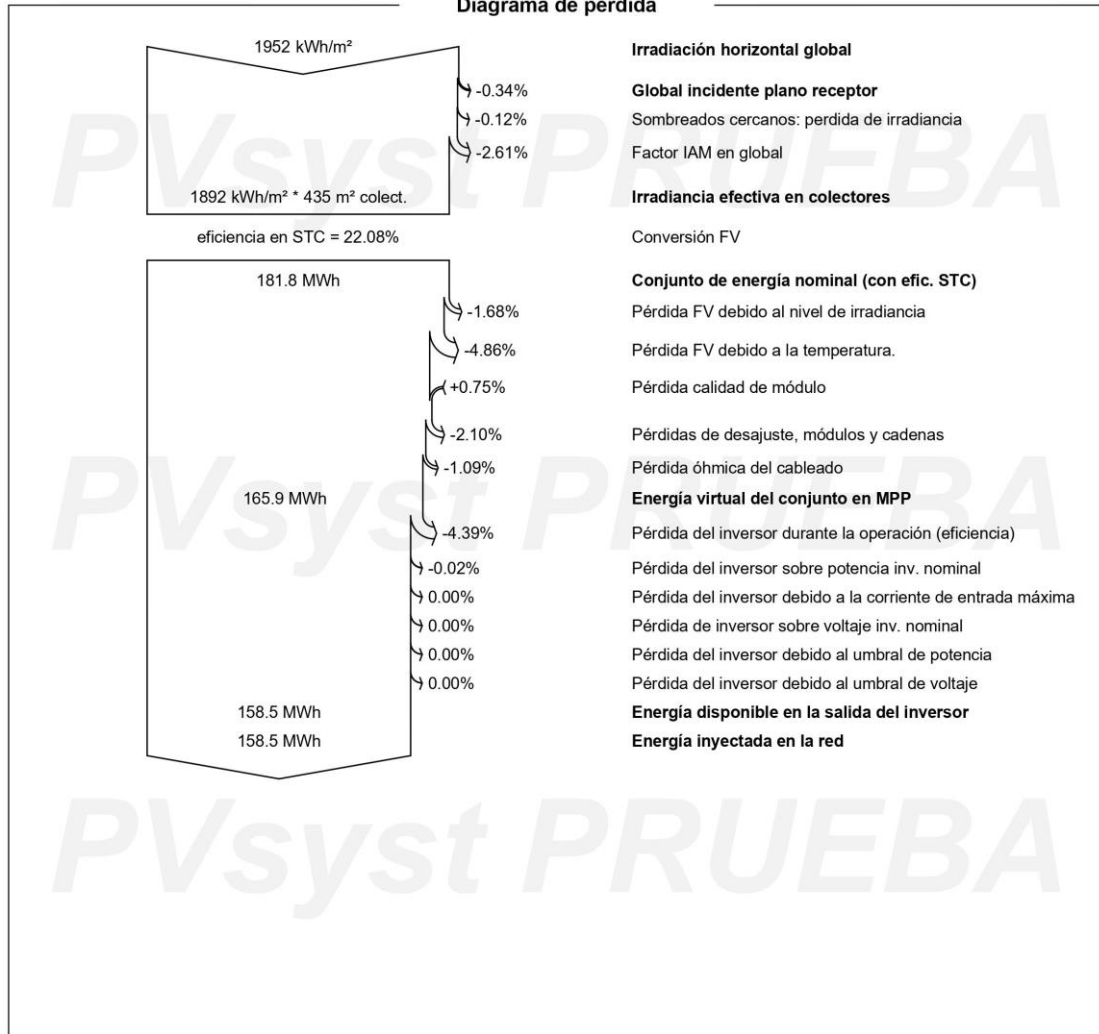


Figura G. 5. Diagrama de cargas del sistema fotovoltaico del edificio B.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICO EDIFICIO B

Variante: ESCENA3D

PVsyst V7.2.12

VC1, Fecha de simulación:
16/03/22 07:54
con v7.2.12

Costo del sistema

Costes de instalación			
Artículo	Cantidad unidades	Costo USD	Total USD
Módulos FV			
LG 400 Q1C-A6	240	250.00	60000.00
Soportes para módulos	240	80.00	19200.00
Inversores			
CL 48.0 WYE / 277	2	5882.00	11764.00
Estudios y análisis			
Ingeniería	1	5000.00	5000.00
Estudios ambientales	1	1500.00	1500.00
Análisis Económico	1	2000.00	2000.00
Instalación			
Costo de instalación global por módulo	240	10.00	2400.00
Costo de instalación global por inversor	2	1500.00	3000.00
Transporte	1	2000.00	2000.00
Ajustes	1	2000.00	2000.00
Conexión a la red	1	15000.00	15000.00
Total			123864.00
Activo amortizable			90964.00
Costos de operación			
Artículo			Total USD/año
Mantenimiento			
Limpieza			3840.00
Total (OPEX)			3840.00
Incluyendo inflación (1.50%)			4439.74
Resumen del sistema			
Costo total de instalación		123864.00 USD	
Costos de operación (Incl. inflación 1.50%/año)		4439.74 USD/año	
Energía no utilizada		274 kWh/año	
Energía vendida a la red		158340 kWh/año	
Costo de la energía producida (LCOE)		0.064 USD/kWh	

Figura G. 6. Costo del sistema fotovoltaico del edificio B.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICO EDIFICIO B

Variante: ESCENA3D

PVsyst V7.2.12

VC1, Fecha de simulación:
16/03/22 07:54
con v7.2.12

Análisis financiero

Período de simulación	
Vida del proyecto	20 años Año de inicio 2022
Variación del ingreso a lo largo del tiempo	
Inflación	1.50 %/año
Variación de producción (envejecimiento)	1.00 %/año
Tasa de descuento	1.00 %/año
Gastos dependientes de ingresos	
Tasa de impuesto sobre la renta	0.00 %/año
Otro impuesto sobre la renta	0.00 %/año
Dividendos	0.00 %/año
Amortización	
Activos amortizables	90964.00 USD
Valor de rescate	50000.00 USD
Total canjeable	40964.00 USD
Período de amortización	15 años
Financiamiento	
Fondos propios	78864.00 USD
Subsidios	15000.00 USD
Préstamo - Préstamo de pago único de interés - 20 años	30000.00 USD Tasa de interés: 1.00%/año
Venta de electricidad	
Tarifa de alimentación	0.0900 USD/kWh
Duración de la garantía de tarifas	20 años
Impuesto de conexión anual	500.00 USD/kWh
Variación de tarifa anual	+1.0 %/año
Reducción de tarifa de alimentación después de la garantía	50.00 %
Autoconsumo	
Tarifa de consumo	0.0900 USD/kWh
Evolución de tarifas	+6.0 %/año
Retorno de la inversión	
Período de recuperación	10.7 años
Valor presente neto (VPN)	110488.19 USD
Retorno de la inversión (ROI)	101.5 %

Figura G. 7. Análisis financiero del edificio B.



Proyecto: SISTEMA FOTOVOLTAICO EDIFICIO B

Variante: ESCENA3D

PVsyst V7.2.12

VC1, Fecha de simulación:
16/03/22 07:54
con v7.2.12

Análisis financiero

Resultados económicos detallados (USD)

	Venta de electricidad	Principal del préstamo	Intereses del préstamo	Costos de func.	Subsidio de amortización	Ingreso imponible	Impuestos	Beneficio después de impuestos	Ahorro consumo	Cumul lucro	% amorti.
2022	13751	0	300	3840	2731	6880	0	9611	25	-69324	8.8%
2023	14037	0	300	3898	2731	7109	0	9840	26	-59653	17.6%
2024	14326	0	300	3956	2731	7339	0	10070	28	-49851	26.7%
2025	14619	0	300	4015	2731	7572	0	10303	30	-39921	35.8%
2026	14914	0	300	4076	2731	7807	0	10538	32	-29864	45.0%
2027	15211	0	300	4137	2731	8044	0	10775	34	-19682	54.4%
2028	15512	0	300	4199	2731	8282	0	11013	36	-9377	63.8%
2029	15816	0	300	4262	2731	8523	0	11254	37	1050	73.4%
2030	16122	0	300	4326	2731	8765	0	11496	39	11598	83.1%
2031	16431	0	300	4391	2731	9010	0	11741	41	22264	92.9%
2032	16743	0	300	4456	2731	9256	0	11987	43	33047	102.8%
2033	17058	0	300	4523	2731	9504	0	12235	45	43945	112.8%
2034	17376	0	300	4591	2731	9754	0	12485	48	54957	122.9%
2035	17697	0	300	4660	2731	10006	0	12737	50	66080	133.1%
2036	18020	0	300	4730	2731	10259	0	12990	52	77314	143.5%
2037	18347	0	300	4801	0	13246	0	13246	54	88656	153.9%
2038	18676	0	300	4873	0	13503	0	13503	56	100105	164.4%
2039	19008	0	300	4946	0	13762	0	13762	58	111659	175.0%
2040	19343	0	300	5020	0	14022	0	14022	61	123316	185.7%
2041	19680	30000	300	5095	0	14285	0	-15715	63	110488	201.5%
Total	332686	30000	6000	88795	40964	196927	0	207891	858	110488	201.5%

Beneficio neto anual (USD)

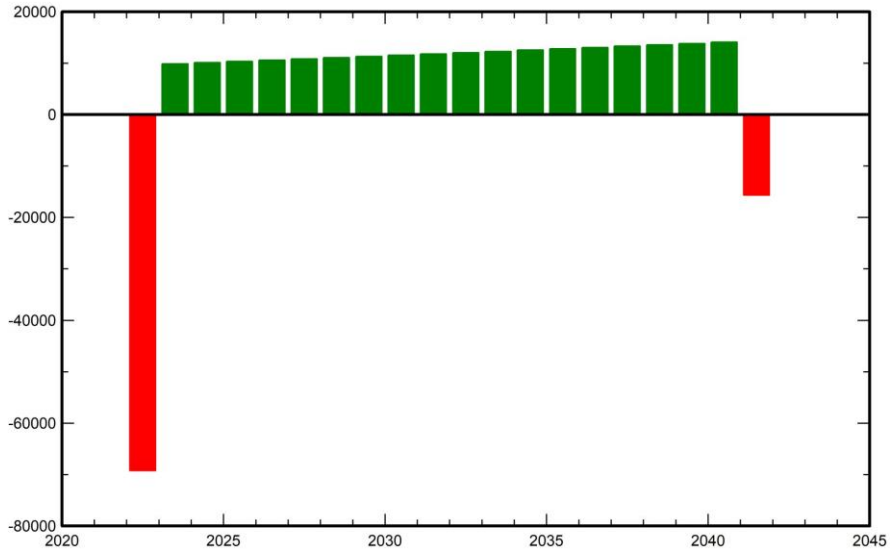


Figura G. 8. Resultados económicos del edificio B.

Anexo H: Detalles de calefacción y ventilación

Tabla H. 1. Detalles del sistema de calefacción y ventilación.

Objeto	Descripción	Valor	Dimensionamiento
Suministro	-	-	-
AirLoopHVAC: sistema de aire exterior	Tasa mínima de flujo de aire exterior	0 pies cúbicos por minuto	Tamaño duro
	Caudal máximo de aire exterior	924 pies cúbicos por minuto	tamaño automático
Bobina: Calefacción: DX: SingleSpeed	Rango del flujo de aire	924 pies cúbicos por minuto	tamaño automático
	Capacidad de calentamiento	10,82 kW	tamaño automático
	COP nominal	5	-
Bobina: Calefacción: Eléctrica	Capacidad de calentamiento	13.88 kW	tamaño automático
	Eficiencia	100,0 %	-
Ventilador: volumen constante	Rango del flujo de aire	924 pies cúbicos por minuto	tamaño automático
	Eficiencia del ventilador	70,0 %	-
	Aumento de presión	2,01 pulg	-
	Eficiencia Motora	90,0 %	-
Setpoint Manager: Single Zon: Recalentar	Zona de control	Zona Térmica 1	-
Demanda	-	-	-
Zonas Térmicas	Superficie total del suelo	5,856 pies ^ 2	-
Zonas Térmicas	Rango de punto de ajuste de enfriamiento	-	-
Zonas Térmicas	Rango de punto de ajuste de calefacción	0 °C a 22° C	-
Tipos de terminales utilizados	AirTerminal: SingleDuct: Constante	-	-
Control S	-	-	-
Horario de operación de HVAC	-	Siempre en discreto	-
Configuración del ciclo nocturno	-	Mantenerse alejado	-
Configuración del economizador	-	Sin economizador	-
Estado de ventilación controlada por demanda	-	Apagado	-
Diseño de calefacción central Temperatura del aire de suministro	-	40 ° C	-
Diseño de refrigeración central Temperatura del aire de suministro	-	12.7 ° C	-
Cargar a tamaño activado	-	Sensato	-