

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**TEMA:**

**“DISEÑO DEL SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL EDIFICIO DE  
MEDICINA DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE,  
MEDIANTE EL USO DE ENERGÍA SOLAR”**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR:**

**MARROQUÍN CABRERA, DARVIN ANTONIO**

**DOCENTE ASESOR:**

**ING. EDUARDO ANTONIO MARROQUÍN ESCOTO**

**AGOSTO, 2017**

**SANTA ANA EL SALVADOR CENTROAMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**AUTORIDADES CENTRALES**

**LICDO. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO**

**RECTOR**

**DR. MANUEL DE JESÚS JOYA**

**VICE-RECTOR ACADÉMICO**

**ING. CARLOS ARMANDO VILLALTA**

**VICE-RECTOR ADMINISTRATIVO (INTERINO)**

**LICDO. CRISTOBAL HERNÁN RÍOS BENITÉZ**

**SECRETARIO GENERAL**

**MSC. CLAUDIA MARÍA MELGAR DE ZAMBRANA**

**DEFENSORA DE LOS DERECHOS UNIVERSITARIOS**

**LICDO. RAFAÉL HUMBERTO PEÑA MARÍN**

**FISCAL GENERAL**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE**  
**AUTORIDADES**

**MSC. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ**  
**DECANO**

**ING. ROBERTO CARLOS SIGÜENZA CAMPOS**  
**VICE-DECANO**

**LICDO. DAVID ALFONSO MATA ALDANA**  
**SECRETARIO DE LA FACULTAD**

**ING. DOUGLAS GARCÍA RODEZNO**  
**JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**TRIBUNAL CALIFICADOR INTEGRADO POR**

---

**ING. EDUARDO ANTONIO MARROQUÍN ESCOTO**

**DOCENTE DIRECTOR**

**ING. RAÚL ANTONIO ZA VALETA ALVARADO**

**COMITÉ CALIFICADOR**

**ING. SALVADOR ELISEO MELENDEZ**

**COMITÉ CALIFICADOR**

## Agradecimiento

Sobre todas las cosas, *agradezco a Dios* por la bendición y fortaleza brindada en los momentos de debilidad y angustia, por guiarme los pasos para poder culminar mis objetivos y metas que han sido muy importantes en mi vida.

*A mi madre Delmy Arely Cabrera,* que a través de sacrificio y apoyo incondicional por parte de ella he logrado salir adelante en esta difícil travesía, agradecer a ella por cada consejo, por cada palabra de aliento en momentos difíciles y por su comprensión brindada en el transcurso de toda mi vida.

*A mi padre Orlando Antonio Marroquín Valencia,* que mientras Dios lo tuvo con vida fue y seguirá siendo mi ejemplo a seguir en fortaleza y como padre amoroso que siempre fue.

*A mis hermanos Edwin Orlando Cabrera Marroquín, José Alfredo Cabrera Marroquín y Mayra Liseth Cabrera Marroquín* que a través de aprecio y amor alentaron y creyeron en que podía lograr esta meta.

*A mi docente asesor Eduardo Antonio Marroquín Escoto,* por su tolerancia, paciencia y constante apoyo durante el inicio y finalización de este trabajo de grado.

Lo último que tengo para manifestar, es que este final representa un nuevo comienzo, con nuevas metas y retos profesionales, donde sé que siempre tendré el apoyo de las personas a quienes hoy agradezco.

*Darvin Antonio Marroquín Cabrera*

## CONTENIDO

Índice de Figuras .....	xii
Índice de Grafios .....	xiii
Índice de Planos .....	xiv
Índice de Tablas .....	xv

### CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL ESTUDIO

1.1. Antecedentes .....	1
1.1.1. Reseñas Histórica de la UES-FMOcc .....	2
1.1.2. Historia del Centro Universitario de Occidente .....	3
1.2. Planteamiento del problema .....	7
1.2.1. Formulación del problema .....	12
1.3. Objetivos .....	13
1.3.1. Objetivo General .....	13
1.3.2. Objetivo Especifico .....	13
1.4. Justificación .....	14
1.5. Alcance .....	18
1.6. Limitante .....	18
1.7. Metodología y diseño de investigación .....	19
1.7.1. Definición de sujeto de investigación .....	19
1.7.2. Universo y muestra .....	20
1.7.3. Diseño del procedimiento de obtención de datos .....	21
1.7.4. Técnicas, equipos y herramientas empleadas en la investigación .....	23
1.8. Referencia de capítulo 1 .....	27

### CAPÍTULO 2: MARCO TEÒRICO .....

2.1. Introducción .....	28
2.2. Definición de energía eléctrica .....	29
2.2.1. Uso de le energía eléctrica .....	29
2.2.2. Energía renovable .....	30
2.2.2.1. Energía renovable contaminante .....	30
2.2.2.2. Energía renovable no contaminante .....	31
2.2.3. Generación de energía eléctrica por medios fotovoltaicos .....	36
2.2.3.1. Celdas fotovoltaicas .....	37

2.2.3.2. Generación de celdas fotovoltaicas.....	37
2.2.3.3. Paneles fotovoltaicos.....	39
2.2.3.3.1. Tipos de paneles fotovoltaicos.....	39
2.2.3.3.1.1. Paneles de silicio monocristalinos.....	39
2.2.3.3.1.2. Paneles de silicio policristalinos.....	41
2.2.3.3.1.3. Paneles de capa fina .....	42
2.2.3.4. Funcionamiento de un panel solar.....	43
2.2.3.5. Factores de eficiencia de un panel fotovoltaico.....	45
2.2.3.6. Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas.....	49
2.2.3.6.1. Instalaciones aisladas de la red .....	49
2.2.3.6.2. Instalaciones conectadas a la red .....	49
2.2.3.6.3. Instalaciones híbridas .....	51
2.2.3.7. Equipos principales utilizados en una instalación fotovoltaica .....	52
2.2.3.8. Estructura de soporte para instalaciones de sistema solares .....	54
2.2.3.9. Mantenimiento de una instalación fotovoltaica.....	55
2.2.3.10. Aplicación de la energía solar fotovoltaica.....	55
2.3. Marco legal.....	57
2.3.1. El protocolo de kyoto .....	57
2.3.2. Procedimiento para la certificación del proyecto por la SIGET .....	59
2.3.3. Procedimiento para la aprobación del proyecto en la universidad .....	61
2.4. Análisis financiero.....	63
2.4.1. Método de la Tasa de Interna de Retorno (TIR) .....	65
2.4.2. Método del Valor Presente Neto (VPN) .....	66
2.4.3. Método de la relación Beneficio Costo .....	68
2.4.4. Método del tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI).....	69
2.5. Referencia de capítulo 2.....	71

**CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO ACTUAL, EN EL EDIFICIO DE MEDICINA DE LA FACULTAD MULTIDICIPLINARIA DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR .....** 72

3.1. DIAGNÓSTICO DE CONSUMO ELECTRICO EN EL EDIFICIO DE MEDICINA, A TRAVÈS DE MEDICION DIRECTA.....	73
3.1.1. Descripción de consumo eléctrico en el edificio de medicina UES-FMOcc.....	74
3.1.1.1. Característica de sistema y consumo eléctrico del edificio de medicina.....	76
3.1.2. Presentación de datos de consumo eléctrico en el edificio de medicina en la UES-FMOcc.....	81

3.1.2.1. Consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina por cada subtablero .....	82
3.1.2.2. Consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina por sistema .....	86
3.1.2.3. Consumo de energía eléctrica en edificio de medicina .....	88
3.1.2.4. Presentación de datos obtenidos en la segunda medición .....	89
3.1.3. Análisis de datos de consumo eléctrico en el edificio de medicina de UES-FMOcc.....	91
<b>3.2. DIAGNÒSTICO DE CONSUMO ELECTRICO EN EL EDIFICIO DE MEDICINA, A TRAVÈS DE MEDICIÒN INDIRECTA.....</b>	<b>93</b>
3.2.1. DIAGNÒSTICO EN INSTALACIONES ELÈCTRICAS-ELCTRONICAS Y ESTRUCTURALES EN EL EDIFICIO DE MEDICINA .....	94
3.2.1.1. DIAGNÒSTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÒN EN EL EDIFICIO DE MEDICINA UES-FMOcc .....	95
3.2.1.1.1. Descripción del sistema de iluminación.....	96
3.2.1.1.2. Presentación de los datos del sistema de iluminación.....	97
3.2.1.1.3. Análisis de los datos de sistema de iluminación.....	113
3.2.1.2. DIAGNÒSTICO DEL SISTEMA DE OFIMATICA DEL EDIFICIO DE MEDICINA .....	118
3.2.1.2.1. Descripción del sistema ofimático.....	119
3.2.1.2.2. Presentación de datos de Sistema Ofimática.....	120
3.2.1.2.3. Análisis del Sistema de Ofimático.....	125
3.2.1.3. DIAGNÒSTICO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACION.....	127
3.2.1.3.1. Descripción del sistema de climatización.....	128
3.2.1.3.1.1. Característica del equipo de aire acondicionado instalado.....	128
3.2.1.3.1.2. Características de temperatura climatológica en la localización del edificio y características de temperatura de operación del edificio.....	130
3.2.1.3.1.3. Característica de transmisión térmica en la envolvente del edificio.....	132
3.2.1.3.2. Presentación de los datos del sistema de climatización.....	134
3.2.1.3.2.1. Demanda térmica en el edificio de medicina .....	134
3.2.1.3.2.2. Oferta térmica del aire acondicionado.....	137
3.2.1.3.2.3. Horario de uso actual del sistema de climatización.....	138
3.2.1.3.2.4. Consumo de energía eléctrica del sistema de climatización.....	139
3.2.1.3.3. Análisis del sistema de climatización.....	141
3.2.2. DIAGNÒSTICO DE LA TARIFA ELECTRICA EN LA UES-FMOcc.....	142
3.2.1.1. Descripción de la tarifa eléctrica .....	142



3.2.1.1.1. Descripción de la tarifa del servicio eléctrico 1 .....	143
3.2.1.1.2. Descripción de la tarifa del servicio eléctrico 2 .....	144
3.2.1.1.3. Descripción de la tarifa del servicio eléctrico 3 .....	145
3.2.1.2. Presentación de datos sobre la tarifa eléctrica .....	146
3.2.1.2.1. Presentación de datos del servicio eléctrico 1 .....	146
3.2.1.2.2. Presentación de datos del servicio eléctrico 2 .....	150
3.2.1.2.2. Presentación de datos del servicio eléctrico 3 .....	159
3.2.1.3. Análisis de la tarifa eléctrica .....	163
3.2.1.3.1. Proyecciones de factura del servicio eléctrico 2 .....	164
3.2.1.3.2. Oportunidades de disminuir la factura eléctrica .....	184
3.3. Conclusiones: Diagnostico del consumo eléctrico actual en el edificio de medicina.....	187
3.3.1. Consumo máximo registrada en el edificio de medicina .....	187
3.3.2. Consumo eléctrico en el edificio de medicina .....	188
3.3.3. Facturación eléctrica con tendencia creciente.....	189
3.4. Referencia del capítulo 3 .....	192
<b>CAPÍTULO 4: APLICAIÒN DEL DISEÑO DEL SUMINISTRO ELÈCTRICO EN EL</b>	
<b>EDIFICIO DE MEDICINA .....</b>	<b>193</b>
4.1. Introducción.....	193
4.2. Emplazamiento de la instalación.....	194
4.3. Calculo de la instalación del suministro eléctrico .....	195
4.3.1. Elección de los paneles fotovoltaicos.....	195
4.3.2. Orientación de los paneles fotovoltaicos.....	198
4.3.3. Inclinación de los paneles fotovoltaicos.....	198
4.3.4. Distancia mínima entre filas de módulos .....	201
4.3.5. Estructura de soporte .....	204
4.3.6. Cálculo del número de paneles.....	207
4.3.6.1. Método 1.....	207
4.3.6.2. Método 2.....	210
4.3.6.3. Característica de la instalación fotovoltaica.....	212
4.3.7. Elección del inversor.....	213
4.3.7.1. Tensión y corriente en el punto de máxima potencia .....	213
4.3.7.2. Corrección de tensión y corriente debidas a la temperatura .....	214
4.3.7.3. Inversor elegido .....	218
4.3.8. Calibre de los conductores .....	221

4.3.8.1. Módulos solares → Caja de conexión de grupo.....	224
4.3.8.2. Caja de conexión de grupo → Caja de conexión de generador fotovoltaico.....	226
4.3.8.3. Caja de conexión de generador fotovoltaico → Inversor.....	227
4.3.8.4. Inversor → Red de baja tensión .....	229
4.3.8.5. Calibre de los conductores de protección.....	231
4.3.9. Protección contra intensidades .....	232
4.3.8.1. Protección de corriente continua .....	233
4.3.8.1.1. Módulos solares → Caja de conexión de grupo .....	233
4.3.8.1.2. Caja de conexión de grupo → Caja de conexión de generador fotovoltaico.....	235
4.3.8.1.3. Caja de conexión de generador fotovoltaico → Inversor .....	239
4.3.9.2. Protección de corriente alterna.....	246
4.4. Egresos para la implementación del suministro eléctrico .....	251
4.4.1. Presupuesto para la implementación del suministro eléctrico .....	251
4.3.1.1. Presupuesto de equipos principales .....	251
4.3.1.2. Presupuesto de materiales y equipos secundarios .....	252
4.4.2. Costo para la implementación del suministro eléctrico .....	255
4.4.2.1. Costo por la instalación del suministro de energía eléctrica.....	255
4.4.2.2. Costo de mantenimiento del suministro de energía eléctrica.....	256
4.4.3. Estimación de egresos totales.....	259
4.5. Ingresos por ahorro de energía eléctrica .....	260
4.5.1. Ahorro por disminución en el cobro por distribución de potencia.....	260
4.5.2. Ahorro por disminución en el cobro de energía eléctrica .....	261
4.5.3. Ahorro por disminución en el cobro de factor de potencia .....	261
4.5.4. Ahorro por disminución en el cobro de IVA .....	261
4.6. Análisis financiero.....	265
4.6.1. Flujo de caja.....	266
5.6.2. Valor Presente Neto .....	267
5.6.3. Tasa Interna de retorno .....	269
5.6.4. Tiempo de Recuperación de la Inversión.....	271
5.6.5. Método de la relación Beneficio/Costo.....	273
5.6.6. Conclusión análisis financiero.....	275
4.7. Referencia del capítulo 4.....	277
<b>CAPÍTULO 5: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO</b>	
<b>EN EL EDIFICIO DE MEDICINA .....</b>	<b>278</b>

5.1. Introducción.....	278
5.2. Objetivos de la implementación del suministro de energía eléctrica.....	279
5.2.1. Objetivo General.....	279
5.2.2. Objetivos Específicos.....	279
5.3. Estrategias para la implementación del suministro eléctrico .....	280
5.4. Actividades para la implementación del suministro eléctrico .....	284
5.4.1. Montaje de equipo .....	284
5.4.1.1. Módulos fotovoltaicos.....	284
5.4.1.2. Estructura soporte .....	285
5.4.1.3. Inversor.....	285
5.4.1.4. Conductores.....	286
5.4.1.5. Protección.....	286
5.4.1.6. Puesta a tierra .....	288
5.4.2. Programa de mantenimiento .....	288
5.4.2.1. Mantenimiento preventivo.....	289
5.4.2.2. Mantenimiento correctivo.....	289
5.4.2.3. Mantenimiento de operación.....	290
5.4.2. Garantía de los equipos de la instalación.....	290
5.5. Planos.....	292
5.6. Referencia del capítulo 5 .....	296
Conclusiones.....	297
Recomendaciones.....	298
Anexos.....	299

## Índice de Figura

Figura 2.1. Mapa de radiación solar.....	36
Figura 2.2. Desplazamiento de electrones mediante la captación de fotones.....	43
Figura 2.3. Esquema de Funcionamiento de un Panel solar.....	45
Figura 2.4. Efectos de la temperatura sobre la generación de energía en un panel Solar.....	49
Figura 2.5. Instalaciones aisladas de la red eléctrica.....	50
Figura 2.6. Instalación conectada a la red eléctrica.....	51
Figura 2.7. Instalación Híbridas.....	52
Figura 3.1. Descripción de carga instalada por iluminación en el edificio de medicina.....	99
Figura 3.2. Descripción de tabla de consumo por iluminación de áreas.....	100
Figura 3.3. Descripción de tabla de consumo por iluminación de áreas.....	102
Figura 3.4. Problema de sectorización del circuito.....	104
Figura 3.5. Problema de sectorización del circuito.....	105
Figura 3.6. Problema de sectorización del circuito.....	106
Figura 3.7. Descripción de la tabla del consumo eléctrico por equipo de oficina.....	121
Figura 4.1. Dimensiones del edificio de medicina.....	194
Figura 4.2. Inclinação de los módulos.....	198
Figura 4.3. Área ocupada por los paneles.....	202
Figura 4.4. Esquemas de distancias mínimas.....	203
Figura 4.5. Dimensiones entre paneles.....	204
Figura 4.6. Esquema de conexión de interruptor de corriente continúa.....	243
Figura 4.7. Calculo de la TIR, aplicado en Excel.....	270

## Índice de Grafios

Grafico 3.1. Consumo de energía en el subtablero de luces primer nivel.....	83
Grafico 3.2. Consumo de energía en el subtablero de tomas primer nivel.....	84
Grafico 3.3. Consumo de energía en el subtablero aire acondicionado.....	84
Grafico 3.4. Consumo de energía en el subtablero de luces primer nivel.....	85
Grafico 3.5. Consumo de energía en el subtablero de tomas segundo nivel.....	85
Grafico 3.6. Consumo de energía en el subtablero de tomas de cómputo.....	86
Grafico 3.7. Consumo de energía del sistema de iluminación.....	87
Grafico 3.8. Consumo de energía del sistema ofimático.....	87
Grafico 3.9. Consumo de energía del sistema de climatización.....	88
Grafico 3.10. Consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina.....	89
Grafico 3.11. Consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina.....	90
Grafico 3.12. Pagos de energía proyectada para el servicio 2, periodo 2017-2036.....	190

## Índice de Planos

Plano 1. Circuito eléctrico actual en luminarias del edificio de medicina 1 <sup>er</sup> nivel.....	104
Plano 2. Circuito eléctrico propuesto en luminarias del edificio de medicina 1 <sup>er</sup> nivel.....	105
Plano 3. Circuito eléctrico actual en luminarias del edificio de medicina 2 <sup>er</sup> nivel.....	106
Plano 4. Circuito eléctrico propuesto en luminarias del edificio de medicina 2 <sup>er</sup> nivel.....	107
Plano 5. Conexión eléctrica de 1 de los 18 ramales de 12 paneles fotovoltaicos.....	193
Plano 6. Conexión eléctrica del generador fotovoltaico.....	194
Plano 7. Disposición de los módulos sobre el techo del edificio de medicina.....	195

## Índice de Tablas

Tabla 1.1. Inyección de energía eléctrica en El Salvador.....	9
Tabla 1.2. Herramienta para la investigación de consumo eléctrico .....	24
Tabla 1.3. Herramienta para la investigación de consumo eléctrico y equipos a utilizar.....	25
Tabla 1.4. Herramienta para la investigación del suministro de energía eléctrica.....	26
Tabla 3.1. Banco de transformadores de potencia .....	75
Tabla.3.2. Subtablero de luces del primer nivel ST- 1T.....	77
Tabla 3.3. Subtablero de tomas del primer nivel ST- 1T.....	77
Tabla 3.4. Subtablero de aire acondicionado ST-AC .....	78
Tabla 3.5. Subtablero de luces del segundo nivel STL-2N .....	78
Tabla 3.6. Subtablero de tomas del segundo nivel ST-2T .....	79
Tabla 3.7. Subtablero de tomas de computo de computo del segundo nivel ST-C2 .....	79
Tabla 3.8. Tipos de focos y tubos de luminarias.....	96
Tabla 3.9. Carga instalada por iluminación en el edificio de Medicina, 1 <sup>er</sup> nivel.....	108
Tabla 3.10. Carga instalada por iluminación en el edificio de Medicina, 2 <sup>er</sup> nivel.....	109
Tabla 3.11. Consumo de energía eléctrica por iluminación en edificio de Medicina, 1 <sup>er</sup> nivel.....	110
Tabla 3.12. Consumo de energía eléctrica por iluminación en edificio de Medicina, 2 <sup>er</sup> nivel.....	111
Tabla 3.13. Consumo eléctrico por ofimático en el departamento de medicina.....	122
Tabla 3.14. Consumo eléctrico por ofimático en sala de docentes de medicina .....	122
Tabla 3.15. Consumo eléctrico por ofimático en Proyección Social.....	123
Tabla 3.16. Consumo eléctrico por ofimático en proyección académica especiales.....	123
Tabla 3.17. Consumo eléctrico por ofimático en el laboratorio de Enfermedades transmisibles.....	124
Tabla 3.18. Consumo eléctrico por ofimático en el laboratorio de Bioquímica.....	124
Tabla 3.19. Consumo eléctrico por ofimático en el laboratorio de Bioquímica.....	124
Tabla 3.20. Consumo eléctrico por ofimático en clínica .....	124
Tabla 3.21. Consumo eléctrico por ofimático en el edificio de medicina .....	125
Tabla 3.22. Especificaciones técnicas: Aire acondicionado marca: YORK, modelo: HABA-T060SA..	129
Tabla 3.23. Especificaciones técnicas: Aire acondicionado marca: YORK, modelo: H4RA36S06A....	129
Tabla 3.24. Temperatura de confort para las estaciones de invierno y verano .....	130
Tabla 3.25. Datos climatológicos y geográficos de la ciudad de Santa Ana, El Salvador.....	131
Tabla 3.26. Datos climatológicos y geográficos de la ciudad de Santa Ana, El Salvador.....	131
Tabla 3.27. Transmisión térmica en cerramiento del edificio de Medicina.....	133
Tabla 3.29. Transmisión térmica en cerramiento del edificio de Medicina .....	135

Tabla 3.30. Característica del sistema de climatización artificial empleado .....	137
Tabla 3.31. Horario de uso del sistema de climatización .....	139
Tabla 3.32. Consumo diario de energía del sistema de climatización.....	140
Tabla 3.33. Historial de precios máximo por el suministro de servicio eléctrico 1.....	147
Tabla 3.34. Historial de consumo de servicio eléctrico 1.....	148
Tabla 3.35. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 1.....	148
Tabla 3.36. Historial de precios máximos para el suministro del servicio de energía 2.....	150
Tabla 3.37. Historial de consumo y factor de potencia del servicio 2. Tabla 1 de 3.....	151
Tabla 3.38. Historial de consumo y factor de potencia del servicio 2. Tabla 2 de 3.....	152
Tabla 3.39. Historial de consumo y factor de potencia del servicio 2. Tabla 3 de 3.....	153
Tabla 3.40. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 2. Tabla 1 de 4.....	154
Tabla 3.41. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 2. Tabla 2 de 4.....	155
Tabla 3.42. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 2. Tabla 3 de 4.....	156
Tabla 3.43. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 2. Tabla 4 de 4.....	157
Tabla 3.44. Historial de precios máximos para el suministro del servicio de energía 3.....	160
Tabla 3.45. Historial de consumo y factor de potencia del servicio 3 .....	161
Tabla 3.46. Pagos mensuales por suministro de servicio eléctrico 3.....	161
Tabla 3.47. Descripción del modelo utilizado para proyectar el consumo del servicio eléctrico 2.....	165
Tabla 3.48. Proyecciones de consumo por el servicio eléctrico 2, periodo 2010-2018. Tabla 1 de 3....	166
Tabla 3.49. Proyecciones de consumo por el servicio eléctrico 2, periodo 2010-2018. Tabla 2 de 3....	167
Tabla 3.50. Proyecciones de consumo por el servicio eléctrico 2, periodo 2010-2018. Tabla 3 de 3....	168
Tabla 3.51. Proyecciones de precios máximos para el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 1 de 3.....	170
Tabla 3.52. Proyecciones de precios máximos para el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 2 de 3.....	171
Tabla 3.53. Proyecciones de precios máximos para el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 3 de 3.....	172
Tabla 3.54. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 1 de 10.....	174
Tabla 3.55. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 2 de 10.....	175
Tabla 3.56. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 3 de 10.....	176



Tabla 3.57. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 4 de 10.....	177
Tabla 3.58. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 5 de 10.....	178
Tabla 3.59. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 6 de 10.....	179
Tabla 3.60. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 7 de 10.....	180
Tabla 3.61. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 8 de 10.....	182
Tabla 3.62. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 9 de 10.....	181
Tabla 3.63. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 10 de 10.....	182
Tabla 3.64. Consumo eléctrico en el edificio de medicina .....	189
Tabla 4.1. Características del panel solar seleccionado .....	197
Tabla 4.2. Inclinación de los paneles según la latitud.....	199
Tabla 4.3. Inclinación de los paneles.....	200
Tabla 4.4. Estructura de soporte CONNERA .....	205
Tabla 4.5. Dimensiones de la estructura de soporte .....	206
Tabla 4.6. Radiación Solar Mensual para la Ciudad de Santa Ana .....	207
Tabla 4.7. Consumo total de energía al año y promedio diario año .....	208
Tabla 4.8. Estimación de pérdidas en una instalación.....	209
Tabla 4.9. Valores de tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito.....	218
Tabla 4.10. Características del inversor ZIGOR Sunzet 60 KW (trifásico) T/TL seleccionado.....	219
Tabla 4.11. Intensidad admisible (A) al aire 40°C. N <sup>o</sup> de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.....	222
Tabla 4.12. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada .....	224
Tabla 4.13. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.....	231
Tabla 4.14. Fusible de corriente continua y símbolo normalizado .....	234
Tabla 4.15. Descargador PST31PV.....	236
Tabla 4.16. Switch disconnectors DS.....	237
Tabla 4.17. Fusible de corriente continua y símbolo normalizado .....	238

Tabla 4.18. Armario RITTAL.....	239
Tabla 4.19. Vigilante de aislamiento FAC650.....	241
Tabla 4.20. Interruptor de continuidad NINFAC.....	242
Tabla 4.21. Magnetotérmico T714E160.....	244
Tabla 4.22. Armarios AE – AE 1037.500.....	245
Tabla 4.23. Interruptor Magnetotérmico T714E100.....	247
Tabla 4.24. Interruptor diferencial.....	248
Tabla 4.25. Fusible de corriente alterna y porta fusible.....	249
Tabla 4.26. Medidor trifásico.....	250
Tabla 4.27. Presupuesto del equipo principal utilizado en el sistema solar .....	252
Tabla 4.28. Presupuesto de materiales y equipos secundarios. Tabla 1 de 2.....	253
Tabla 4.29. Presupuesto de materiales y equipos secundarios. Tabla 2 de 2.....	254
Tabla 4.30. Presupuesto de la instalación del generador solar .....	256
Tabla 4.31. Costo de mantenimiento correctivo de los fusibles.....	257
Tabla 4.32. Costo total para la implementación del suministro de energía eléctrica.....	259
Tabla 4.33. Proyección de ingresos anuales por disminución en el cobro de electricidad 2017-2036. Tabla 1 de 2.....	263
Tabla 4.34. Proyección de ingresos anuales por disminución en el cobro de electricidad 2017-2036. Tabla 2 de 2.....	264
Tabla 4.35. Flujo de caja.....	267
Tabla 4.36. Supuesto de rentabilidad y recuperación de la inversión .....	272
Tabla 4.37. Presentación de la relación Beneficio/Costo.....	275
Tabla 4.38. Resultados de los indicadores financiero .....	276
Tabla 5.1. Variación del ángulo de inclinación.....	281
Tabla 5.2. Ubicación del panel sobre el techo del edificio de medicina .....	282
Tabla 5.3. Garantía de los principales equipos.....	291

## **CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL ESTUDIO**

### **1.1. Antecedentes**

La energía eléctrica es un recurso muy importante para el funcionamiento de las tareas que actualmente realiza el ser humano, tanto en hogares como en los centros de trabajo; en la actualidad, este recurso es de los más demandados. Sin este recurso no tendríamos iluminación en nuestros hogares, en los centros de trabajo sería imposible realizar las tareas de producción, y no tendríamos los beneficios que acarrea la electricidad.

El uso de la energía eléctrica aumenta en nuestro planeta produciendo problemas de efectos invernaderos que se producen por las emisiones de gases provenientes de la generación de electricidad en plantas térmicas a base de petróleo. Además, el costo de la energía ha venido al alza debida a la crisis energética de los últimos años. Debido a esta situación la energía renovable generada a bases de módulos fotovoltaicos que se utilizan para captar los rayos del sol transformándolos en energía eléctrica, ha venido cobrando realce en la última década.

La energía solar es la energía proveniente del sol a través de sus radiaciones. Se conoce como energía verde ya que es una fuente amigable con el medio ambiente. El uso de la energía solar se puede rastrear desde la época de los “Romanos”, quienes la utilizaban pasivamente, ubicando estratégicamente sus edificaciones en lugares y con disposiciones arquitectónicas que aprovechaban mejor los rayos de sol.

La energía es transmitida por medio de ondas electromagnéticas presentes en los rayos solares, las cuales son generadas en forma continua y emitida permanentemente al espacio, esta energía la podemos percibir en forma de luz y calor. Cerca del 70% de la energía solar recibida

por la tierra es absorbida por la atmósfera, la tierra y por los océanos, mientras que el 30% restante es reflejado por la atmósfera de regreso al espacio.

La energía solar cumple un rol fundamental en nuestras vidas, esto porque sin ella sería imposible sobrevivir. La energía absorbida por la atmósfera, la tierra y los océanos permite una serie de procesos naturales, como por ejemplo mantener una temperatura promedio, la evaporación, que permite la generación de precipitaciones, movimiento de masas de aire, fotosíntesis, generación de biomasa, etc.

Por otro lado, la energía solar es una fuente de energía renovable, inagotable, limpia y sustentable en el tiempo. Producto de la sobreexplotación de recursos no renovables y los efectos generados por su consumo, se puede percibir una creciente conciencia social y de los gobiernos, de sacar provecho de este tipo de energías. Esto es posible de ver por la mayor cantidad de sistemas de generación en base a energías renovables instalados y en proceso de instalación en nuestro país, los cuales son utilizados como sistema auxiliar o principal, dependiendo de la ubicación y recursos de quien los utilice.

### **1.1.1. Reseñas Histórica de la UES-FMOcc.**

La enseñanza superior universitaria en El Salvador, surgió con la creación de la Universidad de El Salvador, poco después que el país se constituyera en Estado autónomo durante el periodo presidencial del Dr. Juan Lindo. En orden de antigüedad fue la tercera en Centroamérica, después de la Pontificia de San Carlos en Guatemala, y la de León, en Nicaragua, fundadas durante el régimen colonial (Guerra Y, Martínez C, Rivera Y, 2007, p. 26).

El 16 de febrero de 1841 la Asamblea Constituyente del Estado Salvadoreño firmó el histórico Decreto de fundación de la Universidad de El Salvador (Guerra Y, y otros, 2007, p.26). A partir de la creación de la universidad, se inició la formación de futuros profesionales y con el transcurso del tiempo el número de alumnos se fue incrementando, a pesar de los diversos factores que han influido dentro del devenir histórico de la universidad, que no le han permitido un pleno desarrollo.

El Decreto Legislativo con el cual se creó la Universidad fue firmada por el Licdo. Juan Nepomuceno Fernández Lindo y Zelaya, bajo quien estaba en esa época la administración del Poder Ejecutivo; asimismo colaboró grandemente el Comandante General de las armas en esa época, General Francisco Malespín.

En la segunda mitad del siglo pasado, el ritmo de crecimiento y expansión de la Universidad continuó al grado de crear dos Centros Regionales: el de Occidente en Santa Ana, y el de Oriente en San Miguel, extendiendo así la Licenciatura en Ciencias de la Educación, Plan Especial. 10 posibilidades de que jóvenes radicaban en zonas aledañas se trasladaran fácilmente hacia estos centros educativos.

### **1.1.2. Historia del Centro Universitario de Occidente.**

En el año de 1963 la sociedad de abogados de occidente (Wikipedia, 2015), solicito al Dr. Fabio Castillo Figueroa y Rafael Antonio Vásquez, Rector y vice-rector, respectivamente, además a las autoridades superiores de la Universidad de El Salvador la creación de un centro de educación superior en la ciudad de Santa Ana, ya que, esta era la ciudad más poblada en la zona occidental del país; esto, con el fin de atender a la numerosa población estudiantil de los

departamentos de Santa Ana, Ahuachapán y Sonsonate. Ya para Julio de 1965, el Consejo Superior Universitario de la UES, autorizo la creación del Centro Universitario de Occidente, con sede en Santa Ana.

El Centro Universitario de Occidente (C.U.O.) abrió sus puertas al personal administrativo el 1 de abril de 1966, y al estudiantado en mayo del mismo año, iniciando sus clases en el auditorio del Colegio Bautista de Santa Ana debido a que su propio edificio, ubicado en los terrenos al final de la Avenida Fray Felipe Moraga Sur, aún se encontraba en construcción. Las clases en las propias instalaciones del Centro se iniciaron al cumplir el primer aniversario de su fundación.

En el Centro Universitario de Occidente sólo se impartía las áreas comunes de las carreras ofrecidas por la Universidad de El Salvador, los estudiantes debían trasladarse a la Unidad Central de la Universidad para completar las carreras. Por ello, El 4 de junio de 1992, mediante el acuerdo número 39-91-95-14, el Centro Universitario de Occidente pasó de ser Centro Regional a Facultad Multidisciplinaria de Occidente. Desde su creación en 1965, la Facultad ya contaba con diferentes Edificios, oficinas aulas entre los que se pueden mencionar:

- Auditorio Marta Pérez Cervantes
- Edificio de Economía
- Laboratorio de Física y Química
- Aulas M
- Laboratorios de Biología
- Oficinas de Administración Académicas
- Edificios de Ciencias Jurídicas

- Clínica de Salud Bucal
- Aulas A-1 hasta A-2
- Edificios Bunker
- Edificio de estudio de agua
- Taller de mantenimiento y Taller industrial

Con la transformación de la Facultad Multidisciplinaria de occidente se obtuvieron mayores beneficios para la población estudiantil, ya que, muchas de las carreras que no estaban completas se lograron completar, entre ellas se pueden mencionar: Medicina, Arquitectura, Ingeniería Civil, Ingeniería Industrial, así como la creación de la carrera de Ingeniería en Sistema Informáticos. Esto llevo a la creación y al mejoramiento de la infraestructura de la facultad, Se construyeron edificios para las carreras que se completaron en la FMO (Guerra Y, y otros, 2007), entre los que se pueden mencionar.

- Construcción de los edificios de Ciencias de la Salud y de Carreras Múltiples en el año 2002.
- Remodelaron algunas aulas existentes, entre ellas, las del edificio llamado El Bunker y las aulas de los alrededores, esto en el año 2004.
- Construcción de dos cafetines ubicados a un costado de la cancha de futbol en el año 2005.
- Construcción de un quiosco para uso de estudiantes en el año 2009.
- Se construyó el edificio de las aulas N en el año 2009.

- Se construyó una plaza de estudio a un costado del edificio de las carreras múltiples, que inicio en el año 2012, la cual termino en el año 2013.
- Se construyó, el Edificio para estudiantes de Maestría y el Edificio para Jóvenes Talentos, cuyas obras finalizaron en el año 2014.

La Universidad de El Salvador FMOcc en los últimos años ha adquirido la construcción de nuevos edificios proporcionando mayor realce por poseer instalaciones más cómodas y adecuadas para la atención estudiantil. Conforme al desarrollo de estas infraestructuras la facultad ha adquirido también mayor demanda de consumo de electricidad y para dar abasto a las oficinas, edificios y aulas, se han instalados bancas de transformadores por todo el campus universitario. Con la creación del edificio de Deportes y Recreación la facultada adquirió el servicio 3, este servicio es de mediana demanda en media tensión con medidor horario y es prestado por la empresa AES CLESA.

Ahora que ya se conoce un poco acerca de la historia de la evolución de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, de cómo se han construidos edificios por la creciente demandas de alumnos que años con años van ingresando a la universidad, y la consecuencia es el aumento en la demanda de electricidad. Surge la necesidad de una propuesta de un diseño del suministro de energía eléctrica a base de energía solar, ya que, el suministro de energía puede traer grandes beneficios económicos a la institución, para hacerle frente al desembolso que hace la universidad cada mes. También sería el primer sistema fotovoltaico instalado en la UES-FMOcc, lo cual sería fundamental para motivar a seguir implementando este sistema en los demás edificios.



## **1.2. Planteamiento del problema**

La situación energética actual es un problema que a todos nos afecta, un ejemplo de esto es el aumento de los costos de la energía eléctrica en los últimos años, el cual afecta directamente a las personas que son usuarios del servicio, ha si como a las instituciones que presentan un elevado consumo de energía eléctrica. La situación energética actual debe ser planteada como una crisis. Definitivamente, no podemos continuar con este modelo de desarrollo que no cumple con su rol principal, el cual no es la ganancia empresarial, sino asegurar que los habitantes tengan acceso a los recursos energéticos para garantizar buenas condiciones de vida, y obviamente, cuidar el medio ambiente.

Necesitamos encontrar una estrategia de salida de la era de los combustibles fósiles para asegurar el futuro de la civilización. Sin embargo, las megas empresas de energía, de electricidad y servicios públicos, siguen trabajando sin un análisis adecuado de investigación y desarrollo. Es por esto que desde hace un tiempo ha surgido un gran interés por buscar alternativa disponible de forma natural (solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, etc.) Y que pueda ser aprovechada para convertirla en energía eléctrica.

El elevado crecimiento anual de la demanda energética en el país, así como también, la crisis en las centrales eléctricas por falta de inversión y mantenimiento, impulsan de manera positiva la búsqueda de la generación distribuida con las energías alternativas renovables, para aliviar la creación de nuevas centrales, fomentar el uso racional de la energía eléctrica y concientizar a los usuarios de los beneficios que se adquieren al ahorrar energía.

Los impactos ambientales ocasionados por la producción de energía eléctrica con los combustibles fósiles, tales como: el carbón, el petróleo y el gas también motivan el uso de la

energía renovable, ya que además de suministrar continuamente la energía requerida por una vivienda, reducen considerablemente la contaminación por dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y gases invernaderos. Entre los impactos negativos de estas actividades generadoras se mencionan: el calentamiento global, disminución de la capa de ozono, acidificación, contaminación por metales pesados, sustancias cancerígenas, niebla de invierno, niebla de verano, generación de residuos industriales, residuos radiactivos, entre otros

En la evolución económica, Los expertos señalan que: el agotamiento de los recursos fósiles es inevitable y la distribución no uniforme de los recursos minerales a nivel mundial dará lugar a varias crisis en los suministros convencionales de combustible y a muchas guerras por el control sobre la posesión de los mismos. Por ejemplo, África consume actualmente menos energía que Europa y al ritmo presente de consumo tendría reservas propias de combustibles fósiles para unos trescientos cincuenta años, mientras que Europa tiene asegurado su consumo sólo para cincuenta y cuatro años. A medida que estos combustibles se hagan más escasos, la demanda del crudo aumenta y la oferta está limitada a las reservas que tienen algunos países petroleros.

La situación planteada es la siguiente, la escases del petróleo provoca mayor demanda, lo cual ofrece la oportunidad a las empresas que extraen el crudo a venderlo más caro. Este petróleo caro mueve la producción mundial, se estima que el 50% de la energía mundial utilizada proviene del petróleo (Luis Merino, n.d), ya sea utilizada para la industria, el comercio, esparcimiento o generación de electricidad, como consecuencia los productos se encarecen, ya que, los costos de operación de las empresas aumentan. Las empresas ven reflejado el encarecimiento en la compra de su materia prima; y lo que hace estas es simplemente trasladar este costo al consumidor final. El mayor impacto lo sufre la economía mundial y la vida de la

mayoría de la humanidad, ya que el esquema de uso cambia y los precios suben exorbitantemente.

La crisis energética también afecta El Salvador, Según datos de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y La Comisión Nacional de Energía (CNE), en El salvador cada año se registra un incremento del 4.8% de demanda eléctrica con respecto al año anterior. Cabe precisar que, en los últimos años, no se han realizado proyectos importantes que contribuyan al aumento de la capacidad instalada, observándose así un lento crecimiento. La fuente de generación de energía en el mercado salvadoreño y su correspondiente participación en la matriz energética del país se muestra a continuación.

Tabla 1.1. Inyección de energía eléctrica en El Salvador.

Fuente de generación	MW	%
Hidroeléctrica	472.6	28.5%
Termoeléctrica	756.6	45.6%
Biomasa	226.0	13.6%
Geotérmica	204.4	12.3%
Total	1,659.6	100.0%

Fuente: Consejo Nacional de Energía

Como se detalla en la tabla 1.1, en El Salvador la principal fuente de generación la constituye la termoeléctrica, que se genera a base de petróleo; la cual representa el 45.6% en promedio mensual, siendo la generación térmica la que mayor importancia representa durante todo el año, a excepción de la época lluviosa en la que cobra mayor relevancia la generación hidroeléctrica, debido a la abundancia de agua concentrada en las principales presas, mientras que la generación térmica muestra una reducción importante dada la mayor inyección por el otro tipo de recurso.

Esta dependencia del petróleo provoca que el servicio eléctrico que dinamiza la actividad productiva de El Salvador sea muy caro, ya que, el petróleo utilizado en la generación de energía es importado, afectando directamente el costo de producción de la electricidad, debido a que a estos costos se le tienen que agregar, el costo de transporte desde el país productor. El costo extra al que tiene que incurrir se refleja en la factura que las empresas, instituciones, hogares, universidades y demás que lo utilizan, paga a la distribuidora eléctrica.

En El Salvador durante el año 2013 se introdujeron los procesos de licitación de contratos de largo plazo, como parte de los cambios regulatorios implementados por el gobierno, los cuales son instrumentos que permitirán estabilizar las tarifas de los usuarios finales dentro de un mercado basado en costos de producción. Con dichos contratos, se busca disminuir la dependencia de los derivados del petróleo, así como diversificar la matriz energética nacional.

Desde el año 2014, el gobierno de El Salvador está haciendo esfuerzo para reducir esta dependencia generadora a base de fuentes convencionales, considerando la tendencia de la demanda de energía en el país, existen proyectos de inversión pública en ejecución, dentro de los cuales se encuentra la construcción de la presa El Chaparral, ubicada en la zona baja de la cuenca hidrográfica del río Torola, entre los municipios de San Luis de La Reina y Carolina, cuyo embalse se extenderá hasta el municipio de San Antonio del Mosco, departamento de San Miguel. No obstante, actualmente está detenido por investigaciones llevadas a cabo por la Fiscalía General de la República, por supuestas irregularidades en la construcción. Además, se construirá la primera planta de energía fotovoltaica a escala comercial en El Salvador.

Mientras que el gobierno de El Salvador busca hacer realidad la construcción de ambos proyectos y desplazará un promedio de 163.800 MWH de generación de energía térmica al año.

Las empresas e instituciones hacen lo suyo por ahorrar el recurso eléctrico y así disminuir sus costos de operación. Aprovechando el enorme potencial de radiación solar que presenta El Salvador en prácticamente todo el territorio nacional, de esta manera implementando el uso de los sistemas solares siendo una solución bastante atractiva como fuente de energía complementaria.

La Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador; no es ajena a resentir este costo elevado de electricidad. Además, actualmente se presumen un alto consumo eléctrico, viendo reflejado este, en los registros de la factura eléctrica en los últimos años que la facultad paga a la empresa distribuidora AES-CLESA por el servicio, ya que, durante el año 2016 el promedio mensual de desembolso económico que realizó la facultad fue de \$ 6,780.24 (UES-FMOcc Administración Financiera, 2017). Las sospechas del alto consumo eléctrico están sobre todas las infraestructuras de la Facultad, pero en este caso se especifica únicamente el edificio de medicina.

El problema que existe en el edificio de medicina de la UES-FMOcc lo constituye una serie de factores que hacen que en el edificio exista un consumo de energía mayor al necesario para realizar todas sus funciones, se citaran algunos ejemplos. En el caso de las instalaciones se han observado que la iluminación en el edificio es utilizada en el horario diurna, lo cual demuestra que las instalaciones estructurales están mal diseñadas, ya que, no aprovechan la iluminación natural que no tienen ningún costo, lo cual aumenta el costo eléctrico; el mismo caso sucede para la ventilación artificial. Así se puede citar muchos más ejemplos.

Se analizaron muchas situaciones en el edificio de medicina de la FMOcc en las cuales se utilizan de manera ineficiente la energía eléctrica, esto causa que el consumo eléctrico sea

elevado. Otro problema que influye en el consumo eléctrico es el mantenimiento de las instalaciones. El estado del buen funcionamiento del sistema eléctrico sería aquel en el que todas las actividades que ocupan este recurso eléctrico, lo hagan con el mínimo consumo, pero sin afectar la calidad en la ejecución de la actividad, si lo anterior no se cumple las personas encargadas del mantenimiento deben de tomar las decisiones pertinentes para cumplirlo.

Pues bien, el problema que aquí se plantea está dado por el elevado consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina de la Universidad de El Salvador FMOcc. Así también como el elevado costo de la tarifa eléctrica que se ha presentado en los últimos años debido a la crisis energética actual.

### **1.2.1. Formulación del problema.**

¿Proponer un diseño de suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina, mediante el uso de energía solar en la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, que garantice reducir los elevados costos que afectan directamente el presupuesto de la facultad?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- ✓ Proponer un diseño del suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina mediante el uso de energía solar en la Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación como estudiante y que estos permitan hacer uso de las tecnologías existentes, para dar solución a un problema observado.
- ✓ Determinar el tipo de tecnología que debe adquirirse para suplir ese nivel de consumo.
- ✓ Realizar un análisis de sostenibilidad y retorno de inversión con el cual se espera evidenciar la rentabilidad del proyecto.
- ✓ Conocer las características principales y beneficios que puede aportar la energía solar, como fuente de energía alternativa.
- ✓ Motivar a los futuros egresados de Ingeniería Industrial de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente a desarrollar sus trabajos de grado con respecto a la implementación de un diseño del suministro de energía, en los demás edificios de la facultad mediante el uso de la energía solar.

#### **1.4. Justificación**

Actualmente los seres humanos se encuentran con muchas interrogantes acerca de la sostenibilidad de nuestra forma de vida y trabajo, debido a la creciente demanda de energía eléctrica en el mundo; de ahí que resulta urgente aprovechar al máximo todos los recursos energéticos utilizados. La energía eléctrica es tan importante en nuestros medios a tal punto que mucha de las actividades que normalmente hacemos está condicionada por este; y aunque ahora tener acceso a la electricidad no es considerado un lujo, muchas personas no lo poseen y no darle un uso apropiado es equivalente a no valorar este recurso.

La preocupación respecto a los problemas de la creciente demanda de la energía eléctrica, unidos a las razones económicas y medio ambientales han impulsado durante los últimos años las distintas aplicaciones de la energía solar. Esta al igual que otras energías renovables, constituye, frente a los combustibles fósiles, una fuente inagotable; constituye el autoabastecimiento energético y es menor perjudicial para el medio ambiente, evitando los efectos de su uso directo como la contaminación atmosférica. El incremento del uso de esta fuente renovable de energía es un aspecto clave en la estrategia de desarrollo, de empresas e instituciones en el país, reconociendo los altos potenciales de las mismas para el ahorro de la energía, y generando un impacto positivo en su economía.

En El Salvador todas las empresas e instituciones públicas poseen una necesidad muy apremiante, el cual es ajustar y optimizar recursos, debido al delicado presupuesto establecido por el gobierno; la Universidad de El Salvador al ser una institución pública que funciona en un alto porcentajes con recursos provenientes del estado no ha sido ajena a esta situación.



A la Universidad de El Salvador se le asigna un presupuesto ajustado y percibe ingresos propios con los cuales debe suplir todas sus necesidades para poder realizar su labor de brindar a la sociedad personas profesionales, debido a esto, la institución utiliza los recursos entre estos el eléctrico para funciones y actividades internas tales como: La administración, las clases en las distintas horas hábiles, la prestación de servicio de internet, alumbrado público y practicas académicas.

Considerando los escasos de los recursos que tiene la Facultad Multidisciplinaria de Occidente debido a los grandes desembolsos en los pagos de los gastos corrientes, y por tal razón sería necesario formular alternativas que aporten a la reducción de estos. Según datos de AES-CLESA el costo por servicio eléctrico en la facultad tiende a más de \$ 6,000 cada mes, desembolso que hace referencia al alto consumo de energía eléctrica relacionado con el elevado costo de esta.

El consumo eléctrico puede ser generado por diversos factores, ya sea por despilfarro de energía por la mala utilización de los recursos, por sobrecarga de potencia de trabajo en aparatos eléctricos y por la antigüedad de las instalaciones. Aunque el ahorro de energía eléctrica es un punto muy impórtate en donde se tiene que tener en cuenta los factores mencionados. El desembolso de los pagos que realiza la FMOcc se reducen si parte de la energía consumida es suministrada por recursos renovables, por tal razón, se pretende proponer un diseño de energía eléctrica en uno de los edificios de la facultad que más demanda energía eléctrica, ya que es tanto por aspectos de reducción de gastos económicos como por cuidar el medio ambiente.

La iniciativa de proponer un diseño de suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina, mediante el uso de energía solar en la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, surge

como necesidad al ver una serie de problemas tanto interno como externos que se han generado a lo largo de los años y son los siguientes.

- **Tarifa Eléctrica:** En los últimos años la tarifa eléctrica ha presentado unos incrementos debidos a diferentes factores que lo rodean. Para el año 2017 el precio de la energía aumento entre 11% y 12% para el consumidor final, el aumento dependió de la empresa quien la distribuye, para el caso de la empresa que abastece de energía eléctrica a la UES-FMOcc, el aumento que tendrá CLESA será del 11.6%.

Siget aún no confirma las razones por las que la energía eléctrica subirá, pero de acuerdo con fuentes del mercado eléctrico, el alza está ligada a la caída en la generación de energía hidroeléctrica y a un mayor consumo de búnker, combustible que ha encarecido su costo a nivel internacional y, por ende, ha elevado el precio de la generación eléctrica en el país.

- **Aspectos Económicos:** La Universidad de el Salvador pasa por una crisis económica en los últimos años, prueba de ello es que para el año de 2014 se realizó una marcha por parte de los distintos sectores pidiendo un aumento al presupuesto y tras esta problemática se debería de tomar iniciativas internas no solo enfocadas a pedir más, si no, a buscar alternativas positivas con el objetivo de disminuir los gastos corrientes causado por el consumo de energía. Implementar el diseño del suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina mediante el uso de energía solar en la FMOcc, podría ser el primer paso para tratar de mitigar un porcentaje el problema económico actual que presenta la UES-FMOcc.

Con la propuesta de diseño del suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina mediante el uso de energía solar, se pretende impactar ciertas áreas.

- **Economía:** Un plan que se enfoque al suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina mediante el uso de energía solar en la FMOcc puede traer grandes beneficios económicos a la institución, esto sería el inicio de la solución para hacerle frente a los desembolsos que hace la universidad cada mes, debido a la gran cantidad de energía consumida relacionado con los elevados costos que presenta la tarifa energética actualmente, ya que, la mayor cantidad de energía consumida sería abastecida por un sistema fotovoltaico.
- **Tecnológico:** Una de las áreas de impacto es la tecnológica, ya que, si se lleva a cabo el suministro de energía eléctrica, sería el primer sistema fotovoltaico instalado en la UES-FMOcc, lo cual sería fundamental para motivar a seguir implementando este sistema en los demás edificios.
- **Medio ambiental:** El tema energético siempre va ligado al tema medio ambiental, porque, para la generación de recursos es necesario la explotación de otras fuentes de energía, como térmica, geotérmica, hídrica, o alternativas enfocadas a un mundo más verde. La implementación del diseño del suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina mediante el uso de energía solar en la FMOcc, tiene incidencias directas con el medio ambiente, ya que, la energía solar es una fuente de energía renovable, inagotable, limpia y sustentable en el tiempo.

## **1.5. Alcance**

- ✓ El alcance del diseño del suministro eléctrico comprenderá únicamente el edificio de medicina de la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria de Occidente, sin tomar en cuenta el crecimiento futuro que puede tener el edificio, en un periodo de 4 meses.

## **1.6. Limitante**

- ✓ La propuesta de diseño del suministro eléctrico que se propondrá al finalizar el proyecto deberá ir acorde a las “NORMATIVA TÉCNICA PARA CARACTERIZAR LOS PROYECTOS QUE APROVECHAN LAS FUENTES RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA “establecidas por la Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET).

## **1.7. Metodología y diseño de la investigación**

Es importante definir los procesos y lineamientos que regirán la investigación. Esta parte está dedicada a esta definición. Diseñando los procedimientos que se seguirán en el estudio. La investigación está enfocada en determinar el consumo de energía que se genera en un día completo en el edificio de medicina, también en determinar en qué hora del día el edificio presenta la demanda máxima. Posteriormente diseñar el suministro de energía eléctrica con las características necesarias para abastecer de energía eléctrica todo el edificio sin ninguna dificultad.

### **1.7.1. Definición de sujetos de investigación**

Para el desarrollo del diseño del suministro eléctrico, se tendrán tres elementos sujetos a investigación; ya que, es necesario conocer de primera mano los elementos que rodean y que resultan ser áreas independientes de la investigación. Pero cada elemento puede ser contribuyente de forma directa o indirecta al consumo eléctrico.

- En el estudio de la tarifa eléctrica: Los elementos sujetos a investigar fueron las empresas generadoras, distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica de El Salvador, ya que, sus costos de operación contribuyen en un porcentaje bien definido al costo reflejado en la factura eléctrica que paga la UES-FMOcc.
- En el estudio de las instalaciones eléctricas, electrónicas y estructurales: el elemento sujeto a investigación fue el edificio de medicina de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente.

- Además, para la aplicación del diseño de suministro eléctrico se estudió los aspectos tecnológicos que constituyen un sistema solar, paneles e inversor elementos principales para obtener energía de corriente directa, a partir de la energía proveniente de la luz solar, después de un arreglo de celdas, tanto en serie como en paralelo, para alcanzar niveles de voltajes y corrientes adecuado para su utilización.

### **1.7.2. Universo y muestra**

Se ha detallado ya que la investigación estuvo dirigido a estudiar distintos elementos, definido por la tarifa eléctrica; la instalaciones eléctricas, electrónicas y estructurales; y además los aspectos tecnológicos que constituye un sistema solar. Cada uno de estos elementos constituye un área específica y un universo de investigación.

- *Universo y muestra para la investigación de la tarifa eléctrica*

El universo para el estudio de la tarifa eléctrica lo constituyen las generadoras de energía, comercializadoras y distribuidoras de la electricidad en El Salvador. Se estudian estas organizaciones, por qué, la combinación de los precios de los productos de estas brinda la fórmula de la tarifa eléctrica que se paga en la facultad. El estudio estuvo enfocado exclusivamente a las distribuidoras de energía eléctrica conformada en su mayoría por la empresa AES, ya que, por ser los últimos en la cadena del servicio de electricidad solamente antes del consumidor final, el precio de venta de la electricidad de estas distribuidoras de energía, reflejan el total de las demás empresas que pertenecen a este canal de distribución.

La muestra para este estudio de la tarifa eléctrica fue únicamente la empresa CLESA, que es la que distribuye el servicio de electricidad a la facultad Multidisciplinaria de Occidente

- *Universo y muestra para la investigación de las instalaciones, eléctricas y estructurales*

El universo para el estudio de las instalaciones eléctricas, electrónicas y estructurales está comprendido únicamente por el edificio de medicina de la UES-FMOcc.

La muestra para estudiar las instalaciones comprende el 100% del inmueble, lo cual significa realizar un censo de consumo eléctrico de las instalaciones completas del edificio, investigando la contribución al consumo de los sistemas eléctricos, electrónicos y estructurales del edificio.

- *Universo y muestra para la investigación de la energía renovable*

El universo para el estudio de energía renovable lo constituye la energía solar, teniendo en cuenta todos los factores importantes que lo rodean, ya que es necesario tener conocimientos sobre el tema para diseñar el suministro eléctrico.

La muestra para estudiar el sistema solar, comprende un sistema solar conectada a red y el 100% de los equipos que forman parte del sistema, ya que es necesario conocer las características técnicas y la distribución de los equipos para poder generar energía eléctrica.

### **1.7.3. Diseño del procedimiento de obtención de datos**

Teniendo en cuenta que para realizar cualquier estudio de investigación según el lugar donde se lleva a cabo tiene dos tipos de investigación: una es la investigación bibliográfica (Obtención de datos secundarios) y la otra es la investigación de campo (Obtención de datos primarios), ambos orientados a obtener la información necesaria, adecuada y útil. Entonces se detallan los procedimientos para la obtención de ambos tipos de datos.

✓ *Diseño de procedimiento para la obtención de datos secundarios*

Para obtener los datos referidos a los pagos que realiza cada mes la UES-FMOcc a la empresa distribuidora de energía eléctrica AES-CLESA, que corresponden al consumo de energía en cada periodo, es necesario solicitar en forma impresa o digital la información como la siguiente.

- I. Datos históricos de consumo eléctrico
- II. Datos históricos de factura eléctrica
- III. Datos sobre costo de tarifa eléctrica (Según potencia contratada y demanda de energía)

Para obtener los datos referidos a las instalaciones eléctricas, electrónicas y estructurales se procedió a la revisión de los informes, registros, tesis, libros y otros estudios que se hayan formulado o implementado en el edificio de medicina de la UES-FMOcc. Se buscó información como:

- I. Planos eléctricos
- II. Propuesta sobre mejoras de instalaciones eléctricas, electrónicas y estructurales
- III. Antecedentes sobre las instalaciones eléctricas, electrónicas y estructurales

✓ *Diseños de procedimientos para la obtención de datos primarios*

El procedimiento para la obtención de datos primarios se realizó en dos etapas, la primera para obtener los datos primarios de la tarifa eléctrica que consta de un censo de consumo eléctrico y la segunda etapa para obtener los datos primarios de las instalaciones eléctricas y electrónicas estructurales. Las dos etapas se describen a continuación.



El procedimiento para el censo de consumo eléctrico, es el siguiente: Se comienza con la observación del sistema eléctrico para identificar las líneas primarias y secundarias. Luego se identifican los puntos donde se mide el consumo de energía, en este caso son los centros de distribución secundarias (Subtablero que abastece cada sistema), Lo que sigue es realizar mediciones de consumo eléctrico en la zona durante tres días. La medición se realiza únicamente utilizando un amperímetro de gancho para medir corriente eléctrica en cada tablero, así también, el voltaje de alimentación con un multímetro. Entonces se obtiene los datos primarios de la tarifa eléctrica.

Para obtener los datos primarios de las instalaciones eléctricas, electrónicas y estructurales el procedimiento fue el siguiente: Para las instalaciones eléctricas y electrónicas se realizó un recuento de equipo eléctrico, el cual consta de listar todo equipo, maquinaria y sistema que para funcionar utilice energía eléctrica. Se visitó cada aula, laboratorio y oficinas, con el objetivo de obtener especificaciones técnicas de cada equipo utilizado, en el caso de no obtener dicha información se recurre a la utilización del internet para encontrarla. En cuanto a las instalaciones estructurales el procedimiento se realizó observando el funcionamiento de las luminarias con respecto a cada apagador, para visualizando como fue construida el sistema eléctrico.

#### **1.7.4. Técnicas, equipos y herramientas empleadas en la investigación**

El diseño del procedimiento de obtención de datos recalca que, para realizar cualquier estudio de investigación eficaz, es necesario implementar dos tipos de investigación, además de tener en cuenta los conceptos generales de investigación.

- ✓ Investigación documental

- ✓ Investigación de campo

De los anteriores en el presente estudio se aplican las dos últimas es decir la investigación documental con la cual se establece el marco contextual y marco teórico en el capítulo I y II; y la investigación de campo que se utilizó para realizar el diagnóstico de consumo eléctrico actual en el edificio de medicina de la UES-FMOcc.

Las técnicas, equipos y herramientas empleadas para la recolección de datos con los cuales efectuar el análisis e interpretación para determinar el consumo de energía eléctrica actual que presenta el edificio de medicina, para posteriormente plantear el suministro de energía eléctrica que mejor se acople al consumo obtenido se resumen en las siguientes tablas.

### Medición directa

	HERRAMIENTA	RECURSOS	DIRIGIDA A:	DATOS ESPERADOS
<b>MEDICION</b>	Aparatos de medición	Amperímetro	Instalaciones	Variación de la demanda
	Guía toma de datos	Multímetro Bolígrafo Papeletas	eléctricas	eléctrica en (kW) durante el día

Tabla 1.2. Herramienta para la investigación de consumo eléctrico  
Fuente: propia.

## Entrevista

ENTREVISTA	HERRAMIENTA	RECURSOS	DIRIGIDA A:	DATOS ESPERADOS
	Guía de entrevista	Papeles Libreta Bolígrafo	Experto en tema eléctrico	Metodología de trabajo
	Guía de entrevista	Papeles Libreta Bolígrafo	Ingeniero eléctrico catedrático del ITCA Santa Ana, experto en sistema solares	Obtención de información acerca del sistema solar a utilizar
	Guía de entrevista	Papeles Libreta Bolígrafo	Ingeniero eléctrico catedrático en la UES San Salvador, encargado de los sistemas fotovoltaicos instalado en la UES.	Obtención de información acerca del sistema solar a utilizar
	Guía de entrevista	Papeles Libreta Bolígrafo	Vendedores de paneles solares en Tecnosol San Salvador	Precios de los diferentes equipos utilizados en un sistema solar

Tabla 1.3. Herramienta para la investigación de consumo eléctrico y equipos a utilizar.  
Fuente: propia.

## Observación directa

	HERRAMIENTA	RECURSOS	DIRIGIDA A:	DATOS ESPERADOS
<b>Observación directa</b>	Guía de observación	Papeles Libreta Bolígrafo Cámara fotográfica	Edificio Tendido eléctrico	Estados de instalaciones y tendido eléctrico
	Guía de observación	Papeles Libreta Bolígrafo Cámara fotográfica	Aparatos eléctricos instalados en las áreas administrativas ubicadas en el edificio de medicina	Números de aparatos instalados en cada área
	Guía de observación	Papeles Libreta Bolígrafo Cámara fotográfica	Equipos de aire acondicionados instalado en el edificio	Especificaciones de fábrica de cada equipo de aire acondicionado utilizado
	Guía de entrevista	Papeles Libreta Bolígrafo Cámara fotográfica	Teche del edificio de medicina	Ubicación del áreas donde se instalaran los paneles fotovoltaico

Tabla 1.4: Herramienta para la investigación del suministro de energía eléctrica  
Fuente: propia.



## 1.8. Referencia del capítulo 1

**SIGET (2009).** Ley General de Electricidad de El Salvador. Extraída el 1 de febrero de 2017 desde: <http://www.siget.gob.sv/index.php/temas/tema-n/legislacion/1240-ley-general-de-elctricidad>

**Asamblea General Universitaria. (2010).** Ley Orgánica de la Universidad de El Salvador. San Salvador: El Salvador, Centroamérica.

**Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones. (2011).** “Normativa Técnica para Caracterizar los Proyectos que Aprovechan las Fuentes Renovables en la generación de Energía Eléctrica”. San Salvador: SIGET. Extraído el 12 de diciembre del 2017 desde: [http://www.siget.gob.sv/.../2194\\_Terminos%20\\_Condiciones%202016.pdf](http://www.siget.gob.sv/.../2194_Terminos%20_Condiciones%202016.pdf)

**Energía Solar El Salvador Del Sol Energía. (2016).** Como citar: Significado. Recuperado en Septiembre de 2016, de Significado: <http://www.delsolenergy.net/>

**Consejo Nacional de Energía. (2016).** Normativa Técnica para Caracterizar los Proyectos Que

aprovechan la Fuentes Renovables en la Generación de Energía Eléctrica. Recuperado en septiembre de 2016 desde: <http://www.cne.gob.sv/>

**Significado. (2016).** Como citar: Significados. Recuperado en septiembre de 2016 desde: <http://www.http://definicion.de/energia-renovable/>

**SIGET (2016).** Términos y condiciones generales al consumidor final, del pliego tarifario del año 2016. Extraído el 12 de diciembre del 2016 desde: [http://www.siget.gob.sv/.../2194\\_Terminos%20\\_Condiciones%202016.pdf](http://www.siget.gob.sv/.../2194_Terminos%20_Condiciones%202016.pdf)

**Sector Eléctrico en El Salvador (2017).** Informe del Sector Eléctrico en El Salvador. Extraído el 15 de enero del 2016 desde: <http://www.zummarating.com>

**SIGET (2017).** Boletín de Estadísticas Eléctricas N°12. Extraído el 12 de diciembre del 2017 desde: [http://www.siget.gob.sv/.../2194\\_Terminos%20\\_Condiciones%202016.pdf](http://www.siget.gob.sv/.../2194_Terminos%20_Condiciones%202016.pdf)

## **CAPITULO 2: MARCO TEÒRICO**

### **2.1. Introducción**

El desarrollo tecnológico e industrial a nivel mundial ha propiciado que actualmente se requieran grandes cantidades de energía para la producción de bienes y servicios, la cual se obtiene primordialmente del petróleo y sus derivados. En el entendido de que estos energéticos no son renovables, es prioritario el utilizarlos de forma racional y eficiente, al mismo tiempo que se desarrollan otras fuentes de suministro de energía. Estas últimas, en buena medida deberán ser renovables y con un mínimo de impacto ambiental, como la solar o la eólica.

En este capítulo se detallara aspectos importante sobre la energía renovable contaminante y no contaminante que existen actualmente, y que hoy en día es uno de las fuentes principales de generación de electricidad en El Salvador, profundizando principalmente en la generación de electricidad por medios fotovoltaico, explicando detalladamente todos los aspectos importantes que se deben de tener en cuenta en una instalación fotovoltaica para el buen funcionamiento y aprovechar al máximo los recursos disponibles en la zonas.

De igual manera se detalla aspectos importantes como lo son marco legal y evaluación financiera, los cuales son muy importantes para darle la legalidad al proyecto y poder identificar si es viable el desarrollo al concluir con la finalización del mismo. Ya que todo proyecto busca satisfacer necesidades que existen en las instituciones y para que un proyecto se ejecute debe de existir rentabilidad durante la vida útil del mismo.

## **2.2. Definición de la energía eléctrica**

La energía eléctrica es la forma de energía que resulta de la existencia de una diferencia de potencial entre dos puntos, lo que permite establecer una corriente eléctrica entre ambos (cuando se los pone en contacto por medio de un conductor eléctrico) y obtener trabajo. La energía eléctrica se manifiesta como corriente eléctrica, es decir, como el movimiento de cargas eléctricas negativas, o electrones, a través de un cable conductor metálico como consecuencia de la diferencia de potencial que un generador esté aplicando en sus extremos.

### **2.2.1. Uso de la energía eléctrica**

El aprovechamiento de la energía está ligado, en efecto, al desarrollo humano. La unión de la humanidad con la energía empezó seguramente con el dominio del fuego. Hoy en día sin embargo existe una complejidad creciente en los temas energéticos. Se dispone de un número cada vez mayor de fuentes energéticas, redes energéticas más complejas, métodos de almacenamiento, etc.

La energía eléctrica es la forma de energía más utilizada. Gracias a la flexibilidad en la generación y transporte, se ha convertido para la industria en la forma más extendida de consumo de energía. El transporte por líneas de alta tensión es muy ventajoso y el motor eléctrico tiene un rendimiento superior a las máquinas térmicas.

La importancia de la energía eléctrica radica en que puede utilizarse en distintos procesos y trabajos, ya sea en la parte operativa en donde se requiera energía mecánica como en las maquinarias industriales, en la parte administrativa oficinas e iluminación y como energía térmica donde los aparatos de climatización realizan su función. Entre mayor sea la cantidad de



maquinaria industrial, y equipos administrativos que posea, mayor será el consumo energético que experimente la empresa y viceversa.

### **2.2.2. Energía renovable**

Las energías renovables son aquellas energías que provienen de recursos naturales que no se agotan y a los que se pueden recurrir de manera permanente. La energía renovable ha sido utilizada desde tiempos antiguos. Por ejemplo, se ha navegado a vela y los molinos de viento. Cuando James Watt inventa la máquina de vapor la energía renovable se ve marginada ya que se utiliza en gran cantidad los motores térmicos y eléctricos. Sin embargo, alrededor de los años 1970, la energía renovable se consideró como una alternativa a las grandes contaminaciones que producen las fuentes derivadas del petróleo, sin mencionar la gran cantidad de tiempo que se requiere para la formación del mismo. (Velasco, 2009).

#### **2.2.2.1. Energía Renovable Contaminante**

La energía renovable contaminante proviene de la materia orgánica, la cual es utilizada como biocombustible. Es importante recalcar que la incidencia negativa de la energía renovable contaminante versus la energía no renovable de fuentes fósiles es la misma ya que ambas emiten dióxido de carbono y causan el efecto invernadero

#### **La biomasa**

Se conoce como biomasa energética al conjunto de materia orgánica, de origen vegetal o animal, incluyendo los materiales procedentes de su transformación natural o artificial. La tecnología de este tipo de generación eléctrica tiene dos variantes principales: la combustión y la gasificación. En el ámbito de combustión, la más generalizada actualmente, se emplea la

combustión mediante parrilla y por lechos fluidos. Dependiendo de la materia prima es más adecuada la utilización de parrilla o de lechos fluidos. Esta tecnología disponible, consistente en una combustión integrada en un ciclo de vapor, puede alcanzar rendimientos entre el 18 y 30 % y hasta 50 MW de potencia. En lo referente a Gasificación: El biogás que se produce de la fermentación natural (por ejemplo, de las basuras en un vertedero) es canalizado hasta una central térmica próxima. La biomasa está catalogada como energía renovable contaminante ya que proviene de vegetales que se están plantando constantemente. (Velasco, 2009).

#### **2.2.2.2. Energía Renovable no Contaminante**

Actualmente la energía renovable cumple un rol fundamental en el mundo, ya que su utilización permite abastecer de energía eléctrica a lugares donde es casi imposible brindar el servicio por medio de las distintas empresas distribuidoras, la energía renovable no contaminante usualmente se conoce también como energía ecológica, ya que además de que provienen de recursos naturales que no se agotan, no perjudican el medio ambiente. En El Salvador las energías renovables más explotadas son las geotérmica e hidroeléctrica.

#### **Energía Eólica**

La energía eólica se utiliza para generar energía eléctrica mediante aerogeneradores, estos producen electricidad aprovechando la fuerza cinética del viento para impulsar un generador. El viento mueve unas turbinas que están colocadas en una columna o torre para mejorar su rendimiento, ya que, a mayor altura mayor velocidad del viento. Estos generadores en su mayoría son de tres palas o aspas, ya que, son las más eficaces debido a su menor razonamiento con el viento. La torre suele medir entre 40 y 60 metros y soporta las hélices y la góndola, esta

góndola contiene el mecanismo del rotor y otros mecanismos de medición. El rotor es el conjunto forado por las palas y el eje al que van unidas, a través de una pieza llamada buje. Las palas capturan el viento y transmiten su potencia hacia el buje. El buje está conectado mediante a un eje a un multiplicador, que por medio de un sistema de engranajes multiplica unas 60 veces la velocidad del eje. El generador eléctrico transforma la energía mecánica del rotor en electricidad. La electricidad producida por el generador baja por unos cables hasta un convertidor situado cerca de los aerogeneradores. El convertidor transforma la energía y la envía a la red eléctrica sin fluctuación.

Normalmente los aerogeneradores se instalan agrupados en parques eólicos para aprovechar mejor las posibilidades energéticas del grupo, por lo general se suelen instalar en zonas de montañas, aunque últimamente en muchos países se están instalando parques en el mar, frente a las costas, ya que, la fuerza del viento es mayor (Energy SPAIN, n.d.).

### **Energía Hidroeléctrica**

Esta es generada por la caída del agua que es retenida en embalses a grandes alturas. Esto se logra mediante la construcción de una presa. Esta detiene el flujo normal de río y crea una reserva de tras de ella. El agua se desplaza atreves de tuberías, que por efecto de la gravedad alcanza grandes velocidades, está en su paso hacen girar unas turbinas las cuales constan de una serie de aletas angulares montadas en un eje central que están conectadas por un eje a un generador, este generador transforma la energía mecánica de la tubería en energía eléctrica. Este generador está conectado a un transformador el cual se encarga de suministrar la energía eléctrica a través de la red eléctrica.

## **Energía Geotérmica**

El proceso para generar energía eléctrica a través de energía geotérmica comienza con la perforación de los pozos que producen vapor y agua caliente que sobrepasan los 150 grados Celsius (Energía como bienes comunes, 2012), en estos pozos se inyectan agua fría para que genere vapor, se extrae el vapor y el agua caliente a través de tuberías que conectan a un separador, el cual se encarga de separar el vapor de agua caliente, el vapor viaja a través de otras tuberías que llegan a las turbinas, las cuales giran gracias a la presión del vapor, estas turbinas están conectadas a un generador el cual es el encargado de generar la energía eléctrica, la cual se suministra a la red eléctrica. El vapor utilizado para mover las turbinas pasa a un condensador, en este se inyecta agua fría la cual se encarga de transformar el vapor en agua caliente, el agua caliente que queda en el condensador es enviada a una torre de enfriamiento, en la que se enfría para luego inyectarla a los pozos. De esta forma se completa el ciclo.

## **Energía Solar**

La energía solar es fuente de vida y origen de la mayoría de las demás formas de energía en la Tierra. Cada año la radiación solar aporta a la Tierra la energía equivalente a varios miles de veces la cantidad de energía que consume la humanidad. Recogiendo de forma adecuada la radiación solar, esta puede transformarse en otras formas de energía como energía térmica o energía eléctrica utilizando paneles solares. Mediante colectores solares, la energía solar puede transformarse en energía térmica, y utilizando paneles fotovoltaicos la energía luminosa puede transformarse en energía eléctrica. La energía solar varía de un lugar a otro (depende de factores geográficos), depende de la época del año y de las condiciones de la atmósfera local. Una de las manifestaciones de la energía solar es la luz, a más luz más energía.

La generación de electricidad usando energía solar es el proceso que se realiza en centrales eléctricas conectada a la red, o instalaciones individuales aisladas de la red. Estas son instalaciones donde hay un conjunto de maquinarias motrices y aparatos que se utilizan para generar energía.

La energía solar utilizada como fuente de electricidad es el proceso en donde se captura la luz del sol para convertirla en electricidad se hace a través de paneles solares también llamados fotovoltaicos. Estos paneles están formados por grupos de las llamadas células o también conocidas como celdas solares que son las responsables en transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones).

### **Irradiación**

Es la magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie de todo tipo de radiación electromagnética. En este caso corresponde a radiación proveniente del sol, la cual se puede percibir en forma de calor o luz (visible o no visible, lo cual dependerá de cada longitud de onda en particular). Su símbolo es  $G$ . Unidad:  $\text{Watt/m}^2$ . A mayor irradiación hay mayor disponibilidad de energía.

### **Radiación**

La radiación del sol es emitida en todas las longitudes de onda, y su mayoría se encuentra en la región de luz visible. La luz visible está compuesta por varios colores cada uno con una longitud de onda específica, con límite entre  $0.45$  y  $0.69 \mu\text{m}$ . la cantidad restante de ondas emitidas por el sol se sitúa en la parte infrarroja del espectro entre  $0.7$  a  $5 \mu\text{m}$ . y una pequeña parte en la ultra violeta desde  $0.3$  a  $0.4 \mu\text{m}$ .

La radiación solar se puede dividir en tres tipos de radiación de acuerdo a como se recibe en la superficie terrestre, los cuales constituye la radiación global (H):

- **Radiación directa (H<sub>b</sub>):** Es aquella que llega directamente del sol sin haber sufrido cambio alguno en su dirección.
- **Radiación difusa (H<sub>d</sub>):** Parte de la radiación que atraviesa la atmosfera es reflejada por las nubes o absorbidas por estas. Esta radiación va en toda dirección, como consecuencia de las reflexiones y absorciones, no solo de las nubes si no de las partículas de polvo atmosféricas, montañas, arboles, edificios, el propio suelo etc.
- **Radiación reflejada:** La radiación reflejada, es como su nombre lo indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamada albedo.

### **Radiación solar global**

En términos de energía solar se habla de “radiación solar global”. Esta es la energía solar recibida sobre una superficie horizontal, determinada mediante la integración de la irradiación durante un período de tiempo determinado, generalmente una hora, un día o un año. Unidad: kwh/m<sup>2</sup>.

## Energía disponible anual promedio (Mapa Solar)

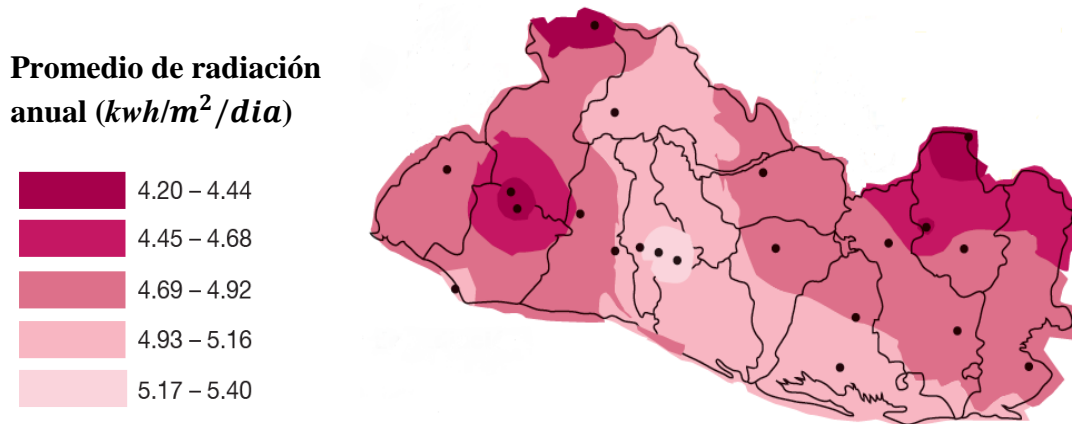


Figura 2.1. Mapa de radiación solar.  
Fuente: Consejo Nacional de Energía

### 2.2.3. Generación de energía eléctrica por medios fotovoltaicos

Los Paneles o módulos fotovoltaicos son llamados comúnmente paneles solares, están formados por un conjunto de celdas (células fotovoltaicas) que producen electricidad a partir de la luz que inciden sobre ellos denominándose energía solar fotovoltaica. El parámetro estandarizado para clasificar su potencia se denomina potencia pico, y se corresponde con la potencia máxima que el modulo puede entregar bajo unas condiciones estandarizada, que son

- Radiación de  $1000 W/m^2$
- Temperatura de célula de  $25^{\circ}C$  (no temperatura ambiente)
- Masa de aire ( $AM=1,5$ ).

### **2.2.3.1. Celda fotovoltaica**

Una celda fotovoltaica, es un dispositivo electrónico que permite transformar la energía luminosa (fotones) en energía eléctrica (electrones) mediante el efecto fotoeléctrico. A su vez el efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética, estos electrones libres, al ser capturados generan una corriente eléctrica.

La unión de celdas fotovoltaicas da origen a un panel fotovoltaico, también conocido como modulo fotovoltaico, el que consiste en una red de celdas solares conectadas en serie para aumentar la tensión de salida continua hasta el valor deseado. También se conectan en paralelo con el propósito de aumentar la corriente de salida del sistema.

### **2.2.3.2. Generación de celdas fotovoltaicas**

#### ***Primera generación***

La primera generación de celdas fotovoltaicas consistía en una gran superficie de cristal simple. Una capa de unión P-N (similar a un diodo), capaces de generar energía eléctrica a partir de energía luminosa proveniente del sol. Se fabrican mediante un proceso de difusión con obleas de silicio, es por esto que también se lo conoce como celdas solares basadas en oblea. Corresponde a la tecnología que predomina en el mercado actual, abarcando aproximadamente el 86% del total de paneles fotovoltaicos.



## ***Segunda generación***

La celda se basa en el uso de depósitos epitaxiales muy delgados de semiconductores sobre obleas con concentradores. Existen dos clases de celdas fotovoltaicas epitaxiales: las espaciales y las terrestres. Las celdas espaciales, generalmente poseen eficiencias AM0 (Air Mass Zero) más altas, cercanas al 28 o 30%, aunque su costo por Watt más alto. En las terrestres en cambio, la película delgada se ha desarrollado usando procesos de bajo costo, pero su eficiencia AM0 es menor que la anterior, alcanzando valores en 7 y 9%.

La tecnología de celdas solares de película delgada considera un ahorro notable en los costos de producción, que, junto a su reducida masa, apropiada para aplicaciones sobre materiales flexibles y livianos, incluso en materiales de origen textil, representan grandes ventajas de la tecnología

## ***Tercera Generación***

La tercera generación es propuesta desde el año 2007, representa una tecnología muy diferente a las dos anteriores, ya no utiliza la unión P-N. Para aplicaciones espaciales se estudian dispositivos de huecos cuánticos y dispositivos que incorporen nanotubos de carbono, los que pueden alcanzar una eficiencia AM0 superior al 45%. En cambio, para aplicaciones terrestres, se están investigando dispositivos que incluyan celdas electroquímicas, polímeros, nanocristales y tintas sensibilizadas, de las cuales ya es posible ver algunos modelos.

---

<sup>1</sup> Crecimiento epitaxial: es uno de los procesos de fabricación de circuitos integrados. Consiste en crear una capa uniforme y muy delgada sobre una de las caras de un cristal de material semiconductor o un sustrato. Esta capa posee la misma estructura cristalina del material base. El propósito de esta técnica es controlar de forma muy precisa el nivel de impureza en el semiconductor, las cuales definen el tipo de material (N o P).

### ***Cuarta Generación***

Si bien es cierto la cuarta generación no es una tecnología desarrollada, se estima que esta consistiría en una mezcla de nanopartículas con polímeros para formar una capa simple multispectral. Luego se monta una capa sobre otra para fabricar celdas solares multispectrales definitivas. Este tipo de celdas serán más eficientes y baratas.

#### **2.2.3.3. Paneles fotovoltaicos**

Las celdas solares son generalmente conectadas en grupos de serie o paralelos con el objetivo de obtener voltaje y corrientes de operación adecuados para la aplicación deseada. Para evitar esfuerzos mecánicos es necesario encapsular las celdas. Normalmente como cubierta superior se utiliza vidrio templado y se encapsula dentro de un material denominado EVA (Eliten-Vinil-Acetato) finalmente se coloca un substrato que puede ser de metal o nuevamente vidrio. Posteriormente se coloca un sellante en los bordes y es montado con una empaquetadura apropiada en un marco generalmente aluminio anodizado

##### **2.2.3.3.1. Tipo de paneles fotovoltaicos**

Existen distintos tipos de paneles fotovoltaicos, en la cual su tecnología utiliza la energía proveniente del sol para producir electricidad que posteriormente alimenta equipos eléctricos y alumbrados. Su clasificación depende de su proceso de fabricación, ellos tienen diferente precio, rendimiento y aplicación.

### **2.2.3.3.1.1. Paneles de silicio monocristalino**

Este tipo de paneles están compuesto por celdas hechas de un solo cristal de silicio de muy alta pureza. La eficiencia de estos módulos ha llegado hasta el 17%. Los módulos con estas celdas son los más maduros del mercado, proporcionando con esto confiabilidad en el dispositivo de tal manera que algunos fabricantes los garantizan hasta por 25 años. Son bastante caras y difíciles de conseguir. Son escasas. Algunas marcas dan muy buenos rendimientos mejores que cualquier otro tipo de célula - superiores al 30%.

#### **Ventajas de los paneles solares monocristalinos:**

- ✓ Los paneles solares monocristalinos tienen las mayores tasas de eficiencia puesto que se fabrican con silicio de alta pureza. La eficiencia en estos paneles está por encima del 15% y en algunas marcas supera el 21%.
- ✓ La vida útil de los paneles monocristalinos es más larga. De hecho, muchos fabricantes ofrecen garantías de hasta 25 años.
- ✓ Suelen funcionar mejor que paneles policristalinos de similares características en condiciones de poca luz.
- ✓ Aunque el rendimiento en todos los paneles se reduce con temperaturas altas, esto ocurre en menor medida en los policristalinos que en los monocristalinos.

#### **Desventajas de los paneles solares monocristalino:**

- ✓ Son más caros. Valorando el aspecto económico, para uso doméstico resulta más ventajoso usar paneles policristalinos o incluso de capa fina.
- ✓ Si el panel se cubre parcialmente por una sombra, suciedad o nieve, el circuito entero puede averiarse. Si decide poner paneles monocristalinos, pero cree que pueden quedar

sombreados en algún momento, lo mejor es usar micro inversores solares en vez de inversores en cadena o centrales.

- ✓ El proceso Czochralski es el usado para la fabricación de silicio monocristalino. Como resultado, se obtienen bloques cilíndricos. Posteriormente, se recortan cuatro lados para hacer las láminas de silicio. Se derrocha una gran cantidad de silicio en el proceso.

#### **2.2.3.3.1.2. Paneles de silicio policristalinos**

Los primeros paneles solares policristalinos de silicio aparecieron en el mercado en 1981. A diferencia de los paneles monocristalinos, en su fabricación no se emplea el método Czochralski. El silicio en bruto se funde y se vierte en un molde cuadrado. A continuación, se enfría y se corta en láminas perfectamente cuadradas.

##### **Ventajas de los paneles policristalinos**

- ✓ El proceso de fabricación de los paneles fotovoltaicos policristalinos es más simple, lo que redundaría en menor precio. Se pierde mucho menos silicio en el proceso que en el monocristalino.

##### **Desventajas de los paneles policristalinos**

- ✓ Los paneles policristalinos suelen tener menor resistencia al calor que los monocristalinos. Esto significa que en altas temperaturas un panel policristalino funcionará peor que un monocristalino. El calor además puede afectar a su vida útil, acortándola.
- ✓ La eficiencia de un panel policristalino se sitúa típicamente entre el 13-16%, debido a que no tienen un silicio tan puro como los monocristalinos.

- ✓ Mayor necesidad de espacio. Se necesita cubrir una superficie mayor con paneles policristalinos que con monocristalinos

### **2.2.3.3.1.3. Paneles de capa fina**

El fundamento de estos paneles es depositar varias capas de material fotovoltaico en una base. Dependiendo de cuál sea el material empleado podemos encontrar paneles de capa fina de silicio amorfo (a-Si), de telurio de cadmio (CdTe), de cobre, indio, galio y selenio (GIS/CIGS) o células fotovoltaicas orgánicas (OPC).

#### **Ventajas de los paneles solares fotovoltaicos de capa fina**

- ✓ Se pueden fabricar de forma muy sencilla y en grandes remesas. Esto hace que sean más baratos que los paneles cristalinos
- ✓ Tienen una apariencia muy homogénea
- ✓ Pueden ser flexibles, lo que permite que se adapten a múltiples superficies.
- ✓ El rendimiento no se ve afectado tanto por las sombras y altas temperaturas.
- ✓ Son una gran alternativa cuando el espacio no es problema.

#### **Desventajas de los paneles de capa fina**

- ✓ Aunque son muy baratos, por su menor eficiencia requieren mucho espacio. Un panel monocristalino puede producir cuatro veces más electricidad que uno de capa fina por cada metro cuadrado utilizado.
- ✓ Al necesitar más paneles, también hay que invertir más en estructura metálica, cableado, etc.
- ✓ Los paneles de capa fina tienden a degradarse más rápido que los paneles monocristalinos y policristalinos, por ello los fabricantes también ofrecen menor garantía.

#### 2.2.3.4. Funcionamiento de un panel fotovoltaico

El principio de funcionamiento de los paneles fotovoltaicos se basa en el efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico, mediante la captación de fotones provenientes de la luz solar, los cuales inciden con una cierta cantidad de energía en la superficie del panel, esta interacción provoca el desprendimiento de los electrones de los átomos de silicio, rompiendo y atravesando la barrera de potencial de la capa semiconductor (ver Figura 1.8). Esto genera una diferencia de potencial en la capa N con respecto a la P. Luego si se conecta una carga eléctrica o elemento de consumo entre los terminales del panel se iniciará una circulación de corriente continua, tal como se puede apreciar en la Figura 2.2.

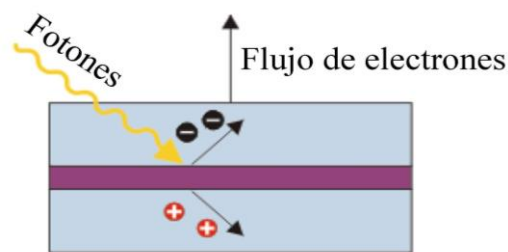


Figura 2.2. Desplazamiento de electrones mediante la captación de fotones.

Fuente: Propia

El nivel de energía eléctrica proporcionado por un panel fotovoltaico depende de los siguientes factores:

- ✓ Tipo de panel y área del mismo
- ✓ Nivel de radiación e insolación
- ✓ Longitud de onda de la luz solar

La celda fotovoltaica común de silicio monocristalino de  $100 \text{ cm}^2$  de superficie, puede producir aproximadamente 1.5 Watt de energía, a 0.5 volt (CC) y 3 amperes de corriente bajo

condiciones óptimas (luz solar en pleno verano a una radiación de  $1000\text{W}/\text{M}^2$ ). La energía entregada por la celda es casi directamente proporcional al nivel de radiación solar.

El nivel de potencia de salida por panel es denominado potencia pico, la cual corresponde a la potencia máxima entregable por el conjunto de celdas bajo las siguientes condiciones estándares de prueba (STC: Standard Test Conditions):

- ✓ Radiación de  $1000\text{ W}/\text{m}^2$
- ✓ Temperatura de celda de  $25^\circ\text{ C}$  (no corresponde a la temperatura ambiente).
- ✓ Masa de aire ( $\text{AM}=1,5$ ).

Bajo estas condiciones es posible medir los siguientes parámetros:

- ✓ **Corriente de corto circuito ( $I_{sc}$ ):** corresponde a la máxima corriente en amperes generada por cada panel, al conectar una carga de resistencia cero en sus terminales de salida. Su valor depende de la superficie del panel y de la radiación solar.
- ✓ **Voltaje de circuito abierto ( $V_{oc}$ ):** corresponde al voltaje máximo que genera un panel solar y medido en los terminales de salida cuando no existe carga conectada, es decir, a circuito abierto.

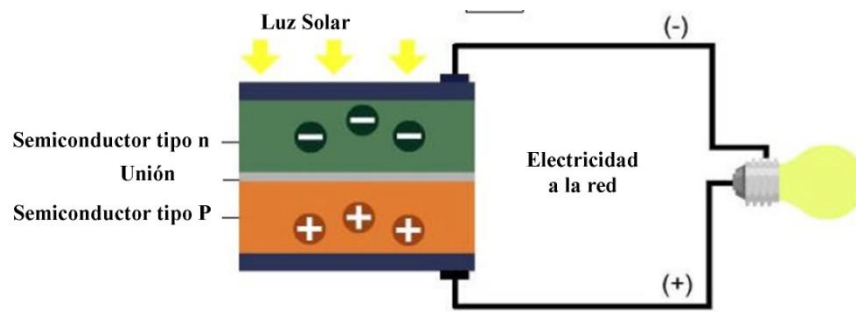


Figura 2.3. Esquema de Funcionamiento de un Panel solar.  
Fuente: Propia

### 2.2.3.5. Factores de eficiencia de un panel fotovoltaico

#### *Punto de máxima potencia (Pmp)*

Corresponde a la máxima potencia que el panel puede entregar, la cual se da cuando el voltaje y la corriente alcanzan sus valores máximos en forma simultánea, esto se puede ver en el rectángulo inscrito dentro la curva IV, donde el vértice sobre la curva, denominado Pmp, representa el valor de máxima potencia. Este valor se consigue de acuerdo a la ecuación.

$$P_{mp} = V_{mp} \times I_{mp}$$

Donde:

**Pmp** = punto de potencia máxima

**Vmp** = voltaje nominal del panel,

**Imp** = corriente nominal del panel.



### *Eficiencia en la conversión de energía*

La eficiencia de un panel fotovoltaico, corresponde al porcentaje de energía eléctrica generada en relación a la cantidad de energía luminosa recibida desde el sol, cuando el panel se encuentra conectado a un circuito eléctrico. La Ecuación 2.2 define la eficiencia.

$$n = \frac{Pmp}{E \times Ac} = \frac{Vmp \times Imp}{Pi}$$

Donde: (**n**) representa a la eficiencia de la conversión de la energía, (**Pmp**) punto de potencia máxima, (**E**) Nivel de radiación solar en la superficie del panel, (**Ac**) Superficie del panel fotovoltaico, (**pi**) Potencia recibida por el panel, (**Vmp**) voltaje nominal del panel, (**Imp**) corriente nominal del panel.

### *Factor de forma (FF)*

Se define la eficacia de un panel solar, relacionando el punto de máxima potencia (Pm), dividido por el producto entre el voltaje a circuito abierto (Voc) y la corriente de cortocircuito (Isc). Esto se muestra en la siguiente ecuación.

$$FF = \frac{Pmp}{Voc \times Isc} = \frac{n \times Ac \times E}{Voc \times Isc}$$

### *Potencia*

En un día despejado de nubosidad, el Sol irradia cerca de  $1 \text{ kW/ m}^2$  a la superficie de la Tierra. Teniendo en cuenta que actualmente la eficiencia de un panel fotovoltaico puede estar entre el 12 y 25%, se alcanzaría una producción de energía aproximada de 120 a 250  $\text{W/m}^2$ , dependiendo eso sí de la insolación solar.

### *Energía de la luz incidente*

Para producir el movimiento de los electrones y generar flujo de corriente, es necesario que el nivel de radiación que incide sobre el panel (fotones) posea una cantidad de energía entre ciertos límites. Debido a que la luz incidente tiene distintas longitudes de onda, cerca del 50% de la radiación recibida no está dentro del margen aceptado por los paneles solares disponibles comercialmente y se pierde, ya sea por poca o demasiada energía. Por otro lado, la corriente es directamente proporcional a la radiación incidente y aceptada por el panel, por lo que un bajo nivel de energía radiante provocará que la corriente generada también sea baja.

### *Reflexión*

Este tipo de pérdidas se produce en la superficie del panel, debido a la reflexión de los rayos incidentes. Para disminuir este tipo de pérdidas, en el proceso de fabricación se están utilizando capas antirreflejo y superficies rugosas.

### *Efecto de la Sombra*

Las sombras sobre los paneles solares, afecta notoriamente el rendimiento de estos, es por esto que se debe procurar al momento de diseñar una instalación fotovoltaica, situar los paneles en lugares donde no sufran este tipo de interferencias. Este efecto es más notorio en instalaciones

de paneles conectados en serie, ya que si un panel es sombreado no generará los mismos niveles de energía que los que se encuentran descubiertos, por lo cual consumirá energía, en vez de generarla.

#### *Efecto de la orientación e inclinación*

Los paneles solares trabajan en forma óptima cuando su orientación sea directa hacia el sol, es decir, que el panel se sitúe perpendicularmente hacia el sol. En instalaciones fijas, es imposible mantener el panel perpendicular al sol, por lo cual, el sistema se debe diseñar de tal forma que su instalación permita aprovechar la mayor cantidad de luz posible y en los periodos de mayor radiación. Para las instalaciones con sistema de seguimiento, este problema tiene menor incidencia, ya que el panel tiende a mantener la perpendicularidad hacia el sol.

#### *Efecto de la Temperatura*

La temperatura es un parámetro que afecta directamente la generación de energía en un panel fotovoltaico. Al aumentar la temperatura, la corriente también tiende a aumentar, pero el voltaje cae notablemente, lo que provoca una disminución de la potencia entregada por el panel, en cambio, al disminuir la temperatura el voltaje tiende a aumentar, pero la corriente disminuye, aumentando en una fracción el nivel de potencia entregada. Se estima que la potencia nominal se reduce aproximadamente un 0.5% por cada grado por sobre de 25 °C.

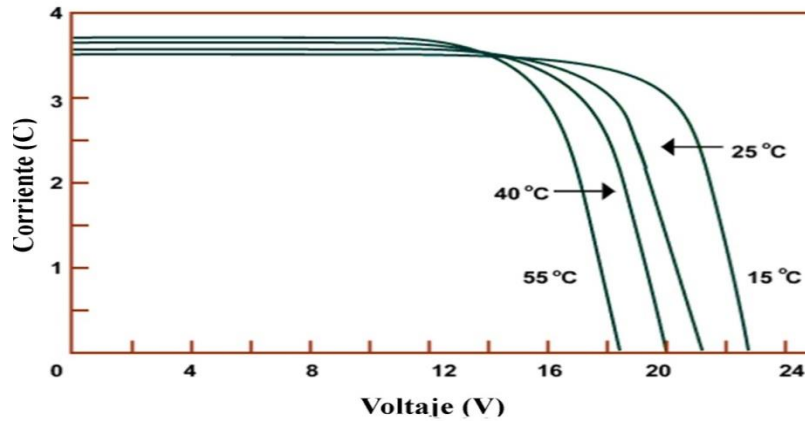


Figura 2.4. Efectos de la temperatura sobre la generación de energía en un panel Solar.

Fuente: Propia

### 2.2.3.6. Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas

Las instalaciones fotovoltaicas se pueden dividir en dos tipos, según el objetivo que a estas se les designe. El primer tipo corresponde a las instalaciones aisladas de la red eléctrica, las cuales cumplen la función de satisfacer total o parcialmente los requerimientos de energía eléctrica de viviendas o localidades que no cuentan con la prestación de servicio eléctrico de alguna compañía. El segundo tipo corresponde a las instalaciones conectadas a la red eléctrica y tienen por objetivo reducir el consumo de energía eléctrica convencional (de la red), optando por satisfacer la demanda por medio del sistema fotovoltaico y si es posible, entregar a la red eléctrica parte de la energía generada y que no es ocupada en el lugar de la instalación.

#### 2.2.3.6.1. Instalaciones aisladas de la red eléctrica

Este tipo de instalaciones eléctricas son utilizadas en sectores alejados, que no tienen acceso a la red eléctrica, generalmente sectores rurales, iluminación de áreas aisladas, antenas de comunicaciones, balizas o boyas de señalización, bombeo de agua, etc. Estos sistemas van

acompañados de inversores de corriente, para pasar de corriente continua a corriente alterna, reguladores de voltaje y bancos de baterías que permiten almacenar la energía que no se está utilizando. Esto puede ser apreciado en la Figura 2.5.

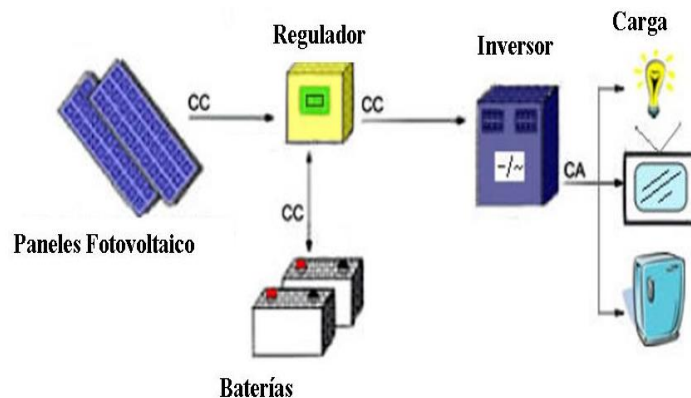


Figura 2.5. Instalaciones aisladas de la red eléctrica.  
Fuente: Propia

Las instalaciones aisladas de la red dan lugar a dos tipos de suministros según sea el tipo de distribución:

- **El sistema centralizado**

Consiste en un único sistema que cubre las necesidades del conjunto de usuarios. De esta forma se disminuyen los costos del sistema, sin afectar la calidad del suministro.

- **El sistema descentralizado**

Al contrario del sistema centralizado, en este caso se instala individualmente el sistema completo en la vivienda o lugar a energizar. Los costos en este tipo de instalaciones son más altos.

### 2.2.3.6.2. Instalaciones conectadas a la red eléctrica

Este tipo de instalaciones se encuentra permanentemente conectado a la red eléctrica, de tal forma que, en periodos de irradiación solar, sea el sistema fotovoltaico quien entregue energía, mientras que, en periodos de radiación limitada o nula, sea la red eléctrica quien entregue la electricidad necesaria para satisfacer la demanda. En el caso de que la energía generada por el sistema sea superior a la demanda localmente, la red eléctrica aceptará todo excedente de energía que no sea utilizado.

Si bien es cierto, estas instalaciones en estricto rigor están permanentemente conectadas a la red eléctrica, por lo cual no necesitan de sistemas de conversión y almacenamiento como en el caso de las aisladas, también sería posible utilizarlas como los sistemas aislados, esto en el caso de que sea una instalación pequeña que cubra parcialmente la demanda local y que desee cubrir la energía faltante con la red eléctrica. Para esto, además es necesario utilizar un conmutador que permita realizar el cambio entre la energía entregada por el sistema fotovoltaico a la energía de la red. La Figura 2.6. Muestra un esquema de instalación conectada a la red.

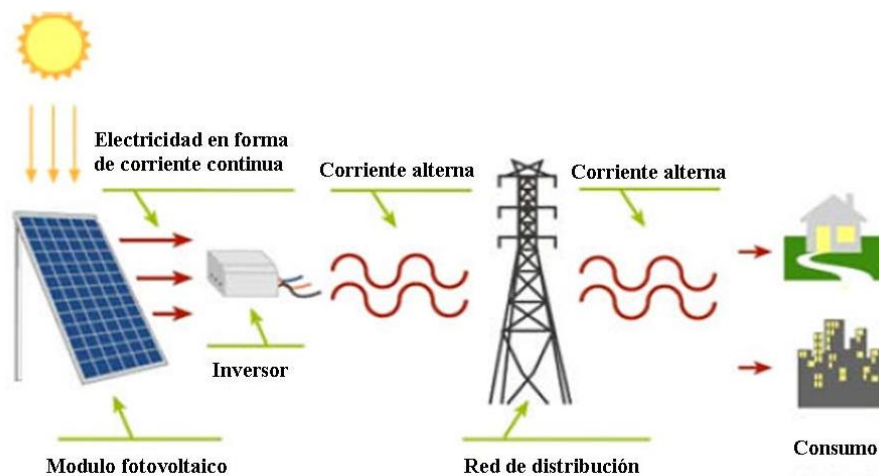


Figura 2.6. Instalación conectada a la red eléctrica.  
Fuente: Propia

### 2.2.3.6.3. Instalaciones híbridas

El proceso para generar energía eléctrica a través de una instalación híbrida, es el resultado de una combinación de los sistemas fotovoltaicos con una o más fuente de energía renovable o no renovable, como por ejemplo: sistemas eólicos, mareomotriz, biomasa, geotermia, generadores, etc. según se muestra en la Figura 2.7, aumentando de esta forma la confiabilidad de la instalación, ya se evita la dependencia de la plena de un solo medio de generación, como lo es el fotovoltaico, permitiendo en cambio, la complementación de estos sistemas.

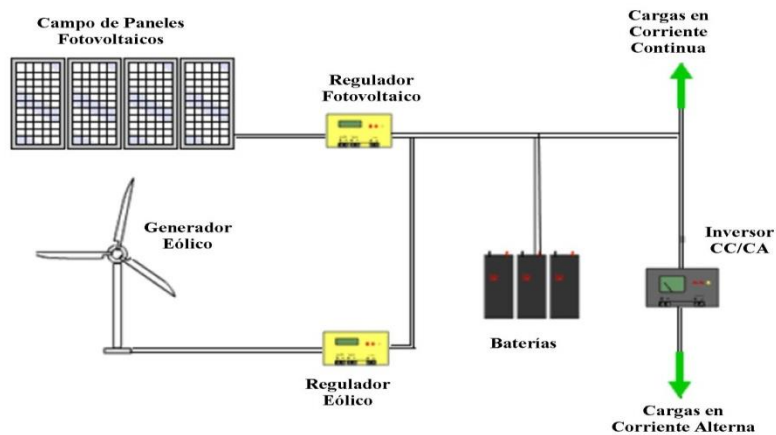


Figura 2.7. Instalación Híbridas

Fuente: Propia

### 2.2.3.7. Equipos principales utilizados en una instalación fotovoltaica

El equipo utilizado en una instalación fotovoltaica depende del tipo de instalación a instalar, el apartado anterior hace referencia a la clasificación de instalaciones que existe las cuales se clasifican en tres, conectadas a la red, aislada de la red y las híbridas. Cada una de estas instalaciones se utiliza de acuerdo al lugar y equipo que desean satisfacer de energía, en el caso de un edificio que consumo una gran cantidad de energía al día lo ideal es utilizar una instalación fotovoltaica conectada a red, para evitar el alto costo económico del acumulador de carga.

Con respecto al sistema solar conectado a red los únicos equipos principales son; el panel fotovoltaico y el inversor de carga, además se emplean equipos secundarios encargados de brindar las protecciones necesarias del sistema por posibles sobrecargas de tensión y todo el cableado necesario para realizar las conexiones de todos los equipos que forman parte del sistema fotovoltaico.

### **Paneles fotovoltaicos**

Como se ha dicho en reiteradas ocasiones, el conjunto de paneles fotovoltaicos que puedan captar el sol es parte de la instalación a la que se le llama generador. Son un conjunto de placas fabricadas a partir del silicio, que captan la radiación luminosa procedente del sol y la transforman en corriente continua. Para su mejor aprovechamiento se busca orientarlas (teniendo en cuenta la ubicación y latitud) con el fin de obtener un mayor rendimiento de parte del generador solar.

### **Inversor**

Este dispositivo electrónico tiene la función de transformar la corriente continua de baja tensión (12, 24, 32, 36 o 48 v) generada por las placas fotovoltaicas, a corriente alterna de una magnitud y frecuencia necesaria, esta función es necesaria para poder utilizar la energía producida por los paneles en equipos eléctricos de corriente alterna. El inversor está formado por las siguientes etapas.

**Etapas Osciladora:** cumple la función de generar los pulsos a una frecuencia similar a la frecuencia de la red eléctrica donde será conectado, o ciclos por segundo.



**Etapla Amplificadora:** está formada por transistores que cumplen la función de amplificar la señal pulsante de la etapa osciladora, a un nivel suficiente como para excitar a la sección elevadora de voltaje.

**Etapla elevadora de Voltaje:** un transformador de voltaje se encarga de elevar la tensión, para que de esta forma se puedan conectar artefactos eléctricos que trabajen a 220 volt y 50 Hz. A la salida se obtiene una señal senoidal de características casi similares a la de la red eléctrica.

#### **2.2.3.8. Estructuras de soporte para instalaciones de sistemas solares**

El proceso para realizar la colocación de los paneles solares sobre el techo de los edificios en una instalación fotovoltaica, depende en gran medida de la estructura que este tenga, puede ser necesario reforzar su estructura para que soporte el peso de los paneles. Los paneles solares se instalan en estructuras especiales, preferiblemente de aluminio, los paneles no están colocados directamente sobre el techo, ya que necesitan ventilación para enfriarse. El voltaje de operación depende de la temperatura, a mayor temperatura menor voltaje, lo que resulta en una menor generación de energía.

#### **Características de la estructura de montaje**

- Liviana y resistente al óxido.
- Fácil montaje sobre techos, paredes o mástiles.
- Inclinación conveniente.
- Garantía: no menor a 20 años.
- Alteración mínima del techo.
- Distancia mínima del techo para facilitar enfriamiento del panel.

Cuando no es posible colocar los paneles en el techo del edificio, es necesario construir otro tipo de estructuras para su instalación que garantice las características anteriormente mencionadas para el buen funcionamiento del sistema solar. Pero también la estructura de soporte se utiliza cuando el techo del edificio no brinda la inclinación necesaria para que la superficie del panel reciba directamente los rayos del sol, en este caso se utiliza la estructura de soporte para brindar una inclinación superior a la del techo.

#### **1.2.3.9. Mantenimiento de una instalación fotovoltaica**

- Los paneles fotovoltaicos generalmente no requieren de mantenimiento, pero se debe tener presente que la superficie del panel esté siempre limpia y libre de sombras (árboles u otro obstáculo que impida la incidencia directa de la luz sobre el panel).
- El cableado del sistema se debe mantener en perfectas condiciones, a fin de evitar sobrecalentamiento de los conductores, para lo cual es recomendable realizar inspecciones periódicas.

#### **2.2.3.10. Aplicaciones de la energía solar fotovoltaica**

Una aplicación solar es la refrigeración durante las épocas cálidas. En efecto, para obtener frío hace falta disponer de una «fuente cálida», la cual puede perfectamente tener su origen en unos paneles solares instalados en el tejado o azotea. En los países árabes ya funcionan acondicionadores de aire que utilizan eficazmente la energía solar.

Las Aplicaciones Agrícolas son muy amplias, con invernaderos solares pueden obtenerse mayores y más tempranas cosechas; los secaderos agrícolas consumen mucha menos energía si

se combinan con un sistema solar, y, por citar otro ejemplo, pueden funcionar plantas de purificación o desalinización de aguas sin consumir ningún tipo de combustible.

Los paneles Fotovoltaicos conocidos como paneles solares, ya producían electricidad en los primeros satélites espaciales. Actualmente se perfilan como la solución definitiva al problema de la electrificación rural, con clara ventaja sobre otras alternativas, pues, al carecer los paneles de partes móviles, resultan totalmente inalterables al paso del tiempo, no contaminan ni producen ningún ruido en absoluto, no consumen combustible y no necesitan mantenimiento. Además, y aunque con menos rendimiento, funcionan también en días nublados, puesto que captan la luz que se filtra a través de las nubes.

La electricidad que así se obtiene puede usarse de manera directa (por ejemplo, para sacar agua de un pozo o para regar, mediante un motor eléctrico), o bien ser almacenada en acumuladores para usarse en las horas nocturnas. También es posible inyectar la electricidad generada en la red general, obteniendo un importante beneficio.

La energía solar puede ser perfectamente complementada con otras energías convencionales, para evitar la necesidad de grandes y costosos sistemas de acumulación. Así, una casa con ambos sistemas puede disponer de agua caliente y calefacción solares, con el apoyo de un sistema convencional a gas o eléctrico que únicamente funcionaría en los periodos sin sol. El costo de la «factura de la luz» sería sólo una fracción del que alcanzaría sin la existencia de la instalación solar

## **2.3. Marco Legal**

Algo que es de mucha importancia en el estudio de un proyecto es la parte legal, pues es necesario realizar trámites para obtener la aprobación de las máximas autoridades de la facultad, así como las autoridades externas a la facultad. En este caso los proyectos que tratan de aprovechar los recursos renovables son bien visto en El Salvador ya que este es uno de los países que firmaron y ratificaron el tratado internacional conocido como El Protocolo de Kioto:

Además, todos los proyectos de generación de energía que utilicen recursos renovables, se otorga a la SIGET la facultad de certificar los proyectos que cumplan con todos los requisitos establecidos, esta Institución también deberá emitir la opinión técnica correspondiente, con base a la normativa de caracterización de los proyectos sobre los bienes, insumos y servicios que gocen de los incentivos fiscales.

### **2.3.1. El Protocolo de Kyoto**

En 1988 el científico James Hansen declaro que existía una gran relación entre las altas temperaturas y las emisiones humanas de ciertos gases a la atmosfera, desarrollando un modelo informático que predecía una elevación de temperatura media global del planeta entre 1988 y 1997 de casi medio centígrado, su estudio fue criticado y elogiado por diferentes sectores, forzando a las naciones unidas (UN) a desarrollar el Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (IPPC) como respuesta a la urgencia por definir las causas y evaluar los efectos del posible calentamiento terrestre. El primer informe de evaluación del IPPC sobre los impactos, las respuestas de las ciencias y la política al cambio climático, sirvió como base para las negociaciones del Convenio Marco sobre las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

En 1997 representantes de 55 gobiernos de todo el mundo, en Kyoto (Japón), adoptan el texto del Protocolo, como una alternativa de contrarrestar los efectos en el calentamiento terrestre producidos por las emisiones de ciertos gases a la atmósfera.

En el 2001 los 55 gobiernos concluyen con la aprobación y disposiciones finales del tercer informe de evaluación del IPCC. Este informe contiene la conclusión del primer consenso científico global en firme que identifica la acción del hombre en la alteración del clima mundial. El informe adjudica la actividad humana “La mayor parte del calentamiento observado durante los últimos 50 años”, a través de actividades que han aumentado los niveles de gases de efectos invernadero. Los científicos adjudican al calentamiento del globo cientos de cambios observados en sistemas físicos y biológicos. El Protocolo de Kyoto entra en vigor después de que 55 naciones lo ratificaron en 2002. Pero hoy en día 187 lo han ratificado.

El protocolo de Kyoto es uno de los máximos instrumentos para luchar contra el cambio climático y para buscar la reducción de las emisiones de gases de efectos invernaderos mediante la promoción de políticas de desarrollo sostenibles asumidas por las partes involucradas. Este compromiso fue asumido por la mayoría de los países industriales de todo el mundo.

Las medidas y políticas que se deben adaptar para cumplir con los compromisos adquiridos comprenden la formulación de programas nacionales y regionales para mejorar la información científica y técnica sobre las emisiones, la aplicación y difusión de las tecnologías ambientales racionales, el desarrollo y el aumento del uso de formas nuevas y renovables de energía.

### 2.3.2. Procedimiento para la certificación del proyecto por la SIGET

En El Salvador existen diversas iniciativas de proyectos de generación con recursos renovables y, en el contexto actual, aquellos interesados en obtener los beneficios fiscales que se indican en la Ley, deben solicitar la certificación de dichos proyectos para gozar de los mismos.

De acuerdo con las “NORMATIVA TÉCNICA PARA CARACTERIZAR LOS PROYECTOS QUE APROVECHAN LAS FUENTES RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA”, CAPITULO I: DISPOSICIONES GENERALES, Beneficios e incentivos fiscales, Artículo 4.

*Beneficios e incentivos.*

**Art. 4.** De conformidad con el artículo 3 de la Ley, las inversiones realizadas para el desarrollo de proyectos que utilicen fuentes renovables de energía mediante el aprovechamiento de los recursos hidráulico, geotérmico, eólico, solar y biomasa, gozarán de los beneficios e incentivos fiscales siguientes:

- Durante los diez primeros años gozarán de exención del pago de los Derechos Arancelarios de Importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre inversión y de inversión en la construcción de las obras de las centrales para la generación de energía eléctrica, incluyendo la construcción
- Exención del pago del Impuesto sobre la Renta por un período de diez años en el caso de los proyectos de menos de 10 megavatios MW.
- Exención total de todo tipo de impuesto sobre los ingresos provenientes directamente de la venta de las “Reducciones Certificadas de Emisiones” (RCE) en el marco del

mecanismo para un desarrollo limpio (MDL) o mercado de carbono, obtenidos por los proyectos calificados y benéficos conforme a la Ley y su Reglamento.

- Deducciones del impuesto sobre la Renta, por un periodo de diez años de todos los gastos indispensables para la investigación, exploración y preparación de proyectos generadores de energía eléctrica con base en fuentes renovables de energía, así como proyecto de reinyección total del recurso geotérmicos.

De acuerdo con las “NORMATIVA TÉCNICA PARA CARACTERIZAR LOS PROYECTOS QUE APROVECHAN LAS FUENTES RENOVABLES EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA”, CAPITULO II: SOLICITUD Y FORMULARIO DE CERTIFICACIÓN DE PROYECTOS CON FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, Requisitos de la solicitud, Artículo 6:

*Requisitos de la solicitud*

**Art. 6.** Los interesados en obtener una certificación del proyecto de generación de electricidad utilizando las fuentes renovables de energía, deberán presentar solicitud por escrito a la SIGET, acompañado de todos los documentos correspondientes descritos en la solicitud anexada a la normativa.

---

<sup>2</sup> Acuerdo N° 584-E-2016 “Normativa Técnica para Caracterizar los Proyectos que Aprovechan las Fuentes Renovables en la Generación de la Energía Eléctrica”.

### **2.4.3. Procedimiento para la aprobación del proyecto en la universidad**

Es aquí donde se discuten las regulaciones y condiciones que deben realizarse al momento de implementar los cambios físicos en las instalaciones de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, la ejecución de estos cambios tiene que ser aprobados por las autoridades pertinentes, dando el visto bueno para llevarlos a ejecución.

De acuerdo con las **NORMATIVAS TECNICAS DE CONTROL INTERNO ESPECÍFICAS PARA LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR, CAPITULO III: NORMAS TECNICAS RELATIVAS A LAS ACTIVIDADES DE CONTROL**, Sección Tercera: Políticas y Procedimientos de Autorización y Aprobación, Artículo 54:

Art. 54.- De conformidad al marco aplicable a la Universidad de El Salvador, el Consejo Superior Universitario es el órgano colegiado con jerarquía máxima en las funciones administrativas, financieras, docentes, técnicas y disciplinarias.

Además, serán responsable en su ámbito de competencia el Rector, Vicerrectores Académicos y Administrativos, junta directiva, decanos y demás funcionarios complementados en la estructura orgánica de la misma.

También en los mismos términos, será responsable el personal que maneja fondos valores y bienes de la institución.

Las autoridades encargadas de realizar las autorizaciones y aprobaciones para poder realizar cambios o modificaciones de las instalaciones dentro de la Facultad son:



- Junta Directiva de la Facultad, que es el órgano de mayor jerarquía en la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, encargada de las funciones administrativas financieras y académicas.

Para poder realizar modificaciones a las instalaciones se debe de realizar un procedimiento legal, en el cual se presenta una serie de documentos que son necesarios y obligatorios, los cuales facilitan su ejecución, entre los documentos que se deben presentar están los siguientes:

- Planos de Ubicación de las modificaciones, los cuales son necesario para tener una mejor visualización de los lugares en los cuales son requeridos las modificaciones para las mejoras en la facultad.
- Presupuesto de la obra, el cual es necesario conocer y así evaluar el presupuesto con el que cuenta la facultad.
- Periodo para llevar a cabo, en donde se establece la fecha para dar inicio con el proyecto.

## 2.4. Análisis Financiera

El análisis financiero de un proyecto de inversión tiene como objetivo principal determinar la rentabilidad de las actividades económicas en conjunto, que se pretenden llevar a cabo en un periodo de tiempo. Con una medida de rendimiento se puede dilucidar cuáles proyectos conviene aceptar y cuáles rechazar. Además, la medida de rendimiento ordena los proyectos de mayor a menor rendimiento.

La jerarquización de las oportunidades de inversión tiene mayor importancia cuando la empresa dispone de recursos financieros limitados e insuficientes para realizar todos los proyectos de inversión que tienen rendimientos mayores al mínimo aceptable. Los métodos utilizados en esta factibilidad económica de un proyecto de inversión son:

- *La Tasa Interna de Retorno (TIR)*
- *El Valor Presente Neto (VPN)*
- *La relación Beneficio/Costo (B/C)*
- *El Tiempo de Recuperación de la Inversión (TRI)*

Todos estos métodos son los que comúnmente se utilizan para el análisis financiero de los proyectos de inversión, ya sea, de capital privado o interés social en los cuales pueden clasificarse en dos grupos fundamentales.

- Los métodos denominados aproximados, de los cuales se enfoca el período o plazo de recuperación, y la rentabilidad contable o tasa de rendimiento contable.
- Los métodos que utilizan el valor cronológico de los flujos de efectivo, es decir, los que conceden al dinero importancia en función del tiempo. Estos métodos, mucho más

refinados desde el punto de vista técnico, son: la tasa interna de rendimiento (TIR), el valor presente neto (VPN) y el valor presente neto ajustado (VPN ajustado).

La evaluación de un proyecto de inversión por medio de métodos financiero es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones por parte de los administradores financiero, ya que los métodos o criterios cuantitativos dominan el proceso de análisis y evaluación de las inversiones, el buen juicio es un elemento de gran importancia debido a la complejidad del proceso. Algunas veces, consideraciones de tipo cualitativo tales como el grado de necesidad o la urgencia de realizar el proyecto, regulaciones legales, requerimientos estratégicos o presiones laborales pueden ser tan decisivas en la realización de un proyecto de inversión que podrían pasarse por alto los criterios eminentemente financieros.

En el caso de las inversiones públicas mencionadas anteriormente, como gobierno y todas sus dependencias autónomas y semi-autónomas como la UES, El propósito primordial es brindar un buen servicio a la población y no está dentro de sus objetivos principales el incremento de sus ganancias. En el país existen varias universidades que tienen un adicional al de la enseñanza, el de enriquecimiento de uno o varios inversionistas que desean multiplicar el dinero que han puesto a disposición y han asumido un riesgo de pérdida de este, pero en contraparte, la Universidad de El Salvador no tiene como finalidad aumentar su ganancia, sino más bien, en mejorar la infraestructura y tecnología de las diferentes unidades organizativas de la facultad para un mejor desarrollo institucional.

### 2.4.1. Método de la Tasa de Interna de Retorno (TIR)

La Tasa Interna de Retorno de un proyecto es la tasa de descuento ( $r$ ) que hace que el valor actual de los flujos de beneficio (positivos) sea igual al valor actual de los flujos de inversión (negativos). En una forma alterna se puede decir que la TIR es la tasa que descuenta todos los flujos asociados con un proyecto a un valor de exactamente cero.

Este método consiste en encontrar una tasa de interés en la cual se cumpla las condiciones buscadas en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión. La Tasa Interna de Retorno es aquella tasa que está ganando un interés sobre el saldo no recuperado de la inversión en cualquier momento de la inversión del proyecto. En la medida de las condiciones y alcance del proyecto, estos deben de evaluarse de acuerdo a sus características. Esta es una herramienta de gran utilidad para la toma de decisiones financieras dentro de las organizaciones.

La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$0 = -I + \sum_{n=1}^N \left( \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \right)$$

**Donde:**

**I** = Es el valor de la inversión

**N** = Es el número de año de la inversión

**N** = El valor del año actual

**FNE** = Es el flujo neto de efectivo en el año  $n$

**$i$**  = ES el valor de la tasa interna de retorno

Una vez que se ha calculado la tasa interna de rendimiento del proyecto, se necesita conocer el punto de corte o rentabilidad mínima aceptable para las inversiones de la empresa, para así poder decidir si conviene llevar a cabo la inversión. La empresa deberá realizar los proyectos de inversión cuya TIR sea superior al punto de corte establecido para cada proyecto deberá y rechazar aquellos con TIR inferior. Cuando existan varios proyectos realizables, así como limitaciones de recursos financieros o técnicos, se dará prioridad a las inversiones estratégicas posteriormente, a las inversiones que mejoran la eficacia operacional, cuyas tasas de rendimiento sean mayores. Se irá descendiendo en el orden de rendimiento en los proyectos que mejoran la eficacia operacional, hasta agotar los recursos financieros o técnicos.

### **2.5.2. El Valor Presente Neto (VPN)**

El método del Valor Presente Neto es uno de los métodos básicos que toma en cuenta la importancia de los flujos de efectivo en función del tiempo, este método es muy utilizado por dos razones, la primera porque es de muy fácil aplicación y la segunda porque todos los ingresos y egresos futuros se transforman a dólares de hoy y así puede verse, fácilmente, si los ingresos son mayores que los egresos, ya que el objetivo de Valor Presente Neto (VPN) es determinar si una inversión es redituable, es decir si el resultado que obtendremos será una ganancia o una pérdida.

No cabe duda de que, si el valor presente neto de un proyecto es positivo, la inversión deberá realizarse y si es negativo deberá rechazarse. Las inversiones con VPN positivo incrementan el valor de la empresa, puesto que tienen un rendimiento mayor que el mínimo aceptable. El costo ponderado de capital de la empresa es una alternativa imperfecta pero válida para determinar el rendimiento mínimo aceptable, la fórmula a utilizar para determinar el VPN, también conocido con NAN es la siguiente.

$$VPN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

**I** = Es el valor de la inversión

**N** = Es el número de años de la inversión

**n** = Es el valor del año actual

**FNE** = Es el flujo neto de efectivo en el año n

**i** = Es el valor de la tasa de interés con la que se está comparando

**Si el VPN > 0:** Este resultado indica que el proyecto es rentable, por lo cual se tendrá ingresos.

Cuando se consideren la evaluación de dos proyectos, se aceptará el que tenga el VPN más alto ya que es el más rentable.

**Si el VPN = 0:** Este resultado indica que el proyecto también es rentable, ya que los ingresos son iguales a los egresos, con la diferencia que no se tiene ganancia adicional.

**Si el VPN < 0:** Este resultado indica que los ingresos son menores que los egresos, por lo tanto, el proyecto genera pérdida para la empresa y este debe ser rechazado.

En el método del VPN proporcionan los flujos del proyecto y la tasa de rendimiento mínimo aceptable y entonces se determina el valor presente neto de un proyecto posteriormente se deberá tomar la decisión más aceptable para el buen funcionamiento de la empresa.

### 2.5.3. Método de la relación Beneficio Costo.

El análisis de costo-beneficio es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión. Pretende determinar la conveniencia de un proyecto mediante la enumeración y valoración posterior en términos monetarios de todos los costes y beneficios derivados directa e indirectamente de dicho proyecto, en donde se determinan por separado los valores actuales de los ingresos, así como los valores actuales de los egresos, luego se divide la suma de los valores actuales de los costos e ingresos.

El análisis de la relación Beneficio Costo (B/C), toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

**B/C > 1:** Índice que por cada dólar de costos se obtiene más de un dólar de beneficio.

**B/C < 1:** Índice que por cada dólar de costos se obtiene menos de un dólar de beneficio.

**B/C = 1** implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.

Las entidades crediticias internacionales acostumbran a evaluar proyectos y es casi una exigencia que un proyecto con financiamiento del exterior sea evaluado con el método del Beneficio/Costo.

Este método es utilizado en la mayoría de los casos para evaluar las inversiones gubernamentales o de interés social en la cual la fórmula a utilizar es la siguiente:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{Vi}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{Ci}{(1+i)^n}}$$

Donde:

$B/C$  = Relación Beneficio/Costo

$V_i$  = Valor de la producción

$C_i$  = Egreso ( $i = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, n$ )

$i$  = Tasa de descuento

#### **2.5.4. Método del Tiempo de Recuperación de la Inversión.**

Este método también es conocido como el Periodo de Recuperación de la Inversión es uno de los métodos que en el corto plazo puede tener el favoritismo de algunas personas a la hora de evaluar sus proyectos de inversión. Por su facilidad de cálculo y aplicación, el Tiempo de Recuperación de la Inversión es considerado un indicador que mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en el corto plazo.

La medición y análisis de este método le puede dar a cualquier empresa el punto de partida para cambiar sus estrategias de inversión frente al VPN y a la TIR, Es necesario reconocer que el tiempo de recuperación de la inversión es un criterio sencillo que ha sido ampliamente utilizado en el pasado incluso por empresas grandes en países desarrollados.

Al realizar o invertir en cualquier proyecto, lo primero que se espera es reconocer un beneficio o utilidades, en segundo lugar se espera que esas utilidades lleguen a manos del inversionistas lo más rápido que sea posible, este tiempo es por supuesto determinado por el inversionista, ya que, no es lo mismo para unos, recibirlo en un corto, mediano o largo plazo, es por ello que dependiendo del tiempo es aceptado o rechazado, el tiempo de recuperación de la inversión puede determinarse por la siguiente relación.



$$TRI = \frac{\textit{inversion total}}{\frac{\textit{ingresos-egresos}}{n}}$$

Es útil conocer el período de recuperación de un proyecto utilizando dicho método, pero no se puede recomendar su utilización como método para determinar la aceptabilidad de un proyecto o su deseabilidad con respecto a otros, porque tiene una serie de limitaciones fundamentales:

- El tiempo de recuperación de la inversión no toma en cuenta la cronología de los distintos flujos de efectivo y los considera como si se tratara de flujos percibidos en el mismo momento del tiempo.
- El tiempo de recuperación de la inversión no considera los flujos obtenidos después del plazo de recuperación, es decir, supone que una vez que se recupera la inversión del proyecto éste deja de existir para propósitos de medición de su rendimiento.
- Finalmente se tiene el problema de que no existe ninguna sustentación teórica con respecto al establecimiento de un punto de corte o un tiempo de recuperación de inversión máximo aceptable, por lo que es muy difícil relacionar el TRI con un criterio de maximización de utilidades.

## 2.6. Referencia del capítulo 2

**Consejo Nacional de Energía (2016).** Fomentando el uso de fuentes renovables de energía en El Salvador. Extraído el 7 de diciembre de 2016 desde:  
<http://www.cne.gob.sv>

**Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones. (2011).** “Normativa Técnica para Caracterizar los Proyectos que Aprovechan las Fuentes Renovables En la Energía Eléctrica”. San Salvador: SIGET. Extraído el 12 de diciembre del 2017 desde:  
[http://www.siget.gob.sv/.../2194\\_Terminos%20\\_Condiciones%202016.pdf](http://www.siget.gob.sv/.../2194_Terminos%20_Condiciones%202016.pdf)

**Energy SPIN (n.d.).** Cómo funciona la energía solar. Extraído el 17 de diciembre de 2016 desde:  
<http://www.energy-spain.com/energia-solar/animacion-energia-solar>

**Energy SPIN (n.d.).** Cómo funciona la energía eólica. Extraído el 17 de diciembre de 2016 desde:  
<http://www.energy-spain.com/energia-eolica/animacion-energia-eolica>

**Energy SPIN (n.d.).** Cómo funciona la energía geotérmica. Extraído el 17 de diciembre de 2016 desde:  
<http://www.energy-spain.com/energia-geotermica/animacion-energia-geotermica>

**Solarenergy (2017).** Instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red. Extraído el 13 de enero de 2017 desde:  
<http://www.solarenergy.org/libro>

**Energía Solar Fotovoltaica (2017).** Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas. Extraído el 19 de febrero de 2017 desde:  
[http://www.solarenergy.org/curso/energia\\_solar](http://www.solarenergy.org/curso/energia_solar)

**Ecuación del Mapa de Radiación Solar en El Salvador (2017).** Radiación solar en la ciudad de Santa Ana. Extraído el 19 de febrero de 2017 desde:  
<http://www.ri.ues.edu.sv/.../Actualización%20del%20Radiación%20Solar>

**Energías Renovables (2017).** Tipos de paneles fotovoltaicos. Extraído el 19 de febrero de 2017 desde:  
[http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos\\_paneles\\_fotovoltaica](http://www.energiasrenovablesinfo.com/solar/tipos_paneles_fotovoltaica)

### **CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DEL CONSUMO ELÉCTRICO ACTUAL, EN EL EDIFICIO DE MEDICINA DE LA FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA DE OCCIDENTE DE LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

El presente diagnóstico presenta la recolección de todos los datos e informe sobre el consumo de electricidad del edificio de medicina de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador. Este diagnóstico está compuesto por dos diagnósticos secundario, el primero hace referencia al diagnóstico de medición directa, el cual se realizó obteniendo muestras del consumo eléctrico durante cada hora día y el segundo es el diagnóstico de medición indirecta, el cual define dos indicadores que engloban el problema de consumo de forma integral, cada uno define un área de diagnóstico diferente, pero intrínsecamente vinculado al consumo eléctrico. Estas áreas son: La tarifa eléctrica y las instalaciones Eléctricas- Electrónicas y Estructurales.

Para el desarrollo de cada diagnóstico se utilizan métodos, técnicas y herramientas de investigación, según la necesidad que exista para el amplio desarrollo y el enriquecimiento de la información, Estas van desde las tradicionales como la entrevista y la observación directa, entre otras que miden el problema de forma indirecta; hasta las más particulares para el efecto que se investiga, en la investigación particular del consumo eléctrico, se utilizaron herramientas para obtener los datos más exactos.

Cada uno de los resultados obtenidos en cada diagnóstico forman la base principal para desarrollar el suministro de energía eléctrica, ya que, cada resultado es un indicador que se debe de considerar para la elaboración del suministro. Sin nada más que agregar, se presenta a continuación el diagnóstico de consumo eléctrico en el edificio de medicina, a través de medición directa en la Universidad de El Salvador FMOcc.

### **3.1. DIAGNÒSTICO DE CONSUMO ELÈCTRICO EN EL EDIFICIO DE MEDICINA, A TRAVÈS DE MEDICION DIRECTA**

Este diagnóstico consiste en medir directamente de la red eléctrica el consumo de energía en el edificio de medicina de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente, este tipo de medición me permite saber de primera mano, como varia el voltaje durante un día completo para obtener en que instante se consume más energía, con el propósito de recolectar los datos más exactos y poder identificar la demanda pico, para no tener ningún problema posteriormente con la propuesta que se planteara.

Este diagnóstico lograra medir el consumo directamente de la red eléctrica en un instante determinado, pero no determinar cuanta energía se consume en un día, ya que la medición se realiza en un instante y dicha medición no es constante por lo cual no es acumulativa. Tampoco permite saber si el consumo medido presenta desperdician o es exactamente la energía que necesita el edificio para funcionar con normalidad.

Es importante recalcar que este diagnóstico atreves de medición directa, servirá únicamente para observar como varia el consumo de energía durante un periodo de tiempo, expresado en kw, dichos resultados servirán para compararlos con otros métodos de medición, para obtener de primeara mano toda la información necesaria, de esta manera tomar las medidas pertinentes y buscar la solución más exactas que le dé solución a la problemática presentada.

El diagnostico se organizará en tres etapas:

- ✓ Descripción de consumo eléctrico en el edificio de medicina UES-FMOcc
- ✓ Presentación de datos de consumo eléctrico en el edificio de medicina UES-FMOcc
- ✓ Análisis de datos de consumo eléctrico en el edificio de medicina de UES-FMOcc

### **3.1.1 Descripción de consumo eléctrico en el edificio de medicina UES-FMOcc**

La descripción del suministro y consumo de energía eléctrica es la primera etapa del diagnóstico de medición directa. El edificio de Ciencias de la Salud, mejor conocido como edificio de medicina, fue construido en el año 2002, proporcionando mayor realce a la facultad por poseer instalaciones más cómodas y adecuadas para la atención estudiantil como para la jefatura de los departamentos.

Este edificio con el de usos múltiples, es uno en donde se concentra la mayor cantidad de estudiantes en las distintas carreras. Generando un consumo exagerado de energía eléctrica, obviamente no se puede decir que existe un despilfarro de energía eléctrica porque se necesita un análisis más profundo para llegar a esa conclusión, La infraestructura del edificio, los equipos instalados y la concentración de estudiante pueden generar dicho consumo.

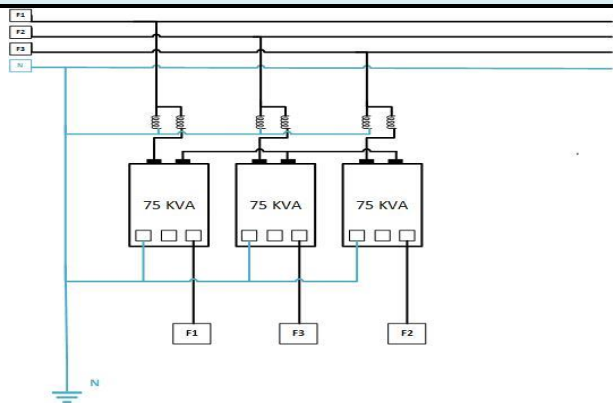
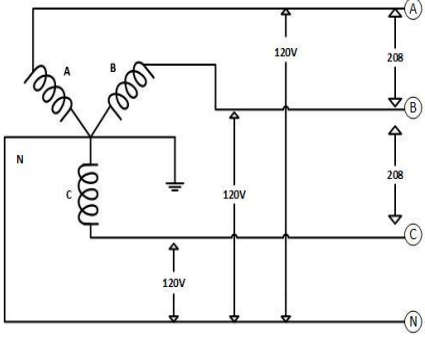
La energía eléctrica abastecida a este edificio es proporcionada por el servicio de energía eléctrica en gran demanda en media tensión con medidor horario servicios pertenecientes a la empresa AES-CLESA. Este servicio utiliza bancos de transformadores distribuido por toda la universidad para abastecer de energía a la mayoría de las infraestructuras de la facultad.

La descripción del consumo de energía eléctrica es muy amplia con respecto a la universidad, pero en esta ocasión la descripción será dirigida únicamente al edificio de medicina, por lo cual el punto de partida será la banca de transformadores que abastece a este edificio.

## Banco de transformador

El banco de transformador es un sistema que cuenta con tres transformadores de tipo monofásico de 75 KVA cada uno, sumando una potencia instalada total de 225 KVA. Estos están conectados en estrellas a sus entradas, así como a su salida, proporcionando entre sus fases voltaje de 120 voltios a y 208 voltios, a 60 ciclos por segundo (60 Hertz) mediante acometidas subterráneas, su presentación se presenta en el plano siguiente. Se precisa en la siguiente imagen la foto, la conexión y el esquema del banco de transformadores.

Tabla 3.1. Banco de transformadores de potencia.

Banco de transformadores	
Conexión	
	
Esquema	Especificaciones
	<p>Entrada: estrella                      Salida: estrella                      Potencia: 225 KVA                      Voltaje: 208/120</p>

Fuente: Propia.

Estos transformadores le brindan la potencia necesaria para el suministro de energía eléctrica para los siguientes edificios:

- Edificio de medicina
- Edificio de posgrado
- Edificio de jóvenes talento

La banca de transformadores presentada anteriormente es parte del servicio de suministro de “Cliente en gran demanda, media tensión con medidor horario” que presta la empresa AES-CLESA a la universidad.

#### **3.1.1.1. Característica de sistema y consumo eléctrico del edificio de medicina.**

El consumo de energía eléctrica en la universidad se divide en tres principales sistemas de instalaciones eléctrica, los cuales son: El sistema de iluminación, el sistema de climatización y el sistema de ofimático: estos tres sistemas consumen aproximadamente un 90% del consumo total de energía. El 10 % restante corresponden a consumos fantasmas y otros desperdicios generados por el servicio.

El edificio de medicina al ser una infraestructura que fue construida aproximadamente 15 años posee unas instalaciones eléctricas muy adecuadas ya que todos sus sistemas eléctricos son controlados desde main principal ubicado en la primera planta del edificio. Este main principal controla lo que son los 6 tableros con los cual se suministra toda la energía que se consume en el edificio de medicina, 3 ubicado en la primera planta y 3 ubicado en la segunda planta. A continuación, se presentan una breve descripción de cada uno de estos tableros con el cual se controla el suministro de energía eléctrica en el edificio.

Tabla.3.2. Subtablero de luces del primer nivel ST- 1T

<b>Tablero 1</b>	<b>(STL-N1) Subtablero de luces del primer nivel</b>
Ubicado	Cuarto de tablero del primer nivel
Alimentado	Desde TG ubicado en el cuarto de tablero del primer nivel
Tablero trifásico 42 espacios	<b>Alimentador</b>
Main de 125A/3P barras de 225/A	3THHN#2+1THHN#2+1THHN#2
Cutler Hammer	En tubos de 2"
<p>Este subtablero controla todas las luminarias ubicadas en la primera planta del edificio de medicina y forman junto al subtablero STL-2N de luminarias del segundo nivel, el sistema de iluminación de todo el edificio.</p>	

Fuente: Viñeta de Construcción de Obras Eléctricas S.A. de C.V.

Tabla 3.3. Subtablero de tomas del primer nivel ST- 1T

<b>Tablero 2</b>	<b>(ST-1T) Subtablero de tomas del primer nivel</b>
Ubicado	Cuarto de tablero del primer nivel
Alimentado	Desde TG ubicado en el cuarto de tablero del primer nivel
Tablero trifásico 42 espacios	<b>Alimentador</b>
Main de 225A/3P barras de 225/A	3THHN#2+1THHN#4+1THHN#6
Cutler Hammer	En tubos de 2"
<p>Este subtablero controla todos los tomacorrientes ubicados en la primera planta del edificio de medicina y forma parte del sistema ofimático ya que controla una gran cantidad de equipos instalados en el primer nivel.</p>	

Fuente: Viñeta de Construcción de Obras Eléctricas S.A. de C.V.



Tabla 3.4. Subtablero de aire acondicionado ST-AC

<b>Tablero 3</b>	<b>(ST-AC) Subtablero de aire acondicionado</b>
Ubicado	Cuarto de tablero del primer nivel
Alimentado	Desde TG ubicado en el cuarto de tablero del primer nivel
Tablero trifásico 30 espacios	<b>Alimentador</b>
Main de 100A/3P barras de 200/A	3THHN#2+1THHN#4+1THHN#6
Cutler Hammer	En tubos de 2"
<p>El aire acondicionado instalado en toda la infraestructura del edificio de medicina es controlado desde este subtablero, por lo cual es el único subtablero que forma parte del sistema de climatización.</p>	

Fuente: Viñeta de Construcción de Obras Eléctricas S.A. de C.V.

Tabla 3.5. Subtablero de luces del segundo nivel STL-2N

<b>Tablero 4</b>	<b>(STL-N2) Subtablero de luces del segundo nivel</b>
Ubicado	Cuarto de tablero del segundo nivel
Alimentado	Desde TG ubicado en el cuarto de tablero del primer nivel
Tablero trifásico 42 espacios	<b>Alimentador</b>
Main de 125A/3P barras de 225/A	3THHN#1+1THHN#2+THHN#2
Cutler Hammer	En tubos de 2"
<p>Este subtablero controla todas las luminarias ubicadas en la segunda planta del edificio de medicina y forman junto al subtablero STL-1N de luminarias del primer nivel, el sistema de iluminación de todo el edificio.</p>	

Fuente: Viñeta de Construcción de Obras Eléctricas S.A. de C.V.

Tabla 3.6. Subtablero de tomas del segundo nivel ST-2T

<b>Tablero 5</b>	<b>(ST-2T) Subtablero de tomas del segundo nivel</b>
Ubicado	Cuarto de tablero del segundo nivel
Alimentado	Desde TG ubicado en el cuarto de tablero del primer nivel
Tablero trifásico 42 espacios	<b>Alimentador</b>
Main de 42A/3P barras de 225/A	3THHN#6+1THHN#8+THHN#10
Cutler Hammer	En tubos de 2"
<p>Este subtablero controla todos los tomacorrientes ubicados en la segunda planta del edificio de medicina y forma parte del sistema ofimático ya que controla una gran cantidad de equipos instalados en el segundo nivel.</p>	

Fuente: Viñeta de Construcción de Obras Eléctricas S.A. de C.V.

Tabla 3.7. Subtablero de tomas de cómputo del segundo nivel ST-C2

<b>Tablero 6</b>	<b>(ST-C2) Subtablero de tomas de cómputo (2°. Nivel)</b>
Ubicado	Cuarto de tablero del segundo nivel
Alimentado	Desde TG ubicado en el cuarto de tablero del primer nivel
Tablero trifásico 24 espacios	<b>Alimentador</b>
Main de 40A/3P barras de 150/A	3THHN#8+1THHN#10+1THHN#12
Cutler Hammer	En tubos de 2"
<p>Este subtablero controla todos los tomacorrientes del ex centro de cómputo de proyección social ubicado en la segunda planta del edificio y forma parte del sistema ofimático junto a los subtablero de tomacorriente ST-1T y ST-2T.</p>	

Fuente: Viñeta de Construcción de Obras Eléctricas S.A. de C.V.

Cada una de los tableros descrito anteriormente ayuda a realizar un diagnóstico directo del edificio de medicina asiendo el diagnóstico más específico con respecto a los sistemas de instalación anteriormente mencionados. Pero debido a las mediciones realizadas en las líneas secundarias se podría decir que la medición realizada tiende a tener más errores, ya que, se utilizó un intervalo de cinco minutos para realizar las mediciones en los seis tableros y en el caso del consumo eléctrico, este puede variar bruscamente en un instante de tiempo haciendo errónea la medición.

Sin lugar a dudas las mejores mediciones se obtienen realizándolas en las líneas primarias, pero debido a la complejidad de la conexión de las líneas que bajan del banco de transformadores hacia el tablero principal, fue imposible realizarlas ya que la conexión es subterránea. Debido a esta dificultad las mediciones se efectuaron en las líneas secundarias que alimentan al edificio.

Entre más específica sea la medición mayor será la profundidad en el análisis de los resultados. Así, se obtiene la medición de consumo eléctrico por cada tablero, posteriormente relacionando los resultados obtenidos por tableros se obtendrá la medición por cada una de los sistemas, iluminación, ofimático y climatización.

Con respecto al párrafo anterior es necesario recalcar que lo importante de este diagnóstico es observar la variabilidad del consumo de energía eléctrica durante el día, ya que no se puede obtener el consumo acumulado de un día. Al finalizar con el diagnóstico se pudo obtener los resultados esperados, permitiendo relacionarlos y obtener la variabilidad del consumo eléctrico de todo el edificio, ya que para realizar el diagnóstico era necesarias solamente herramientas, conocimientos técnicos y el tiempo necesario para llevarlo a cabo.

### **3.1.2. Presentación de datos de consumo eléctrico en el edificio de medicina en la UES-FMOcc**

Los datos de consumo eléctrico en el edificio de medicina en la UES-FMOcc se obtuvieron de primera fuente a través de un censo eléctrico, este consiste en medir detalladamente utilizando un amperímetro de gancho y voltímetro los 6 subtableros anteriormente descritos, midiendo el voltaje de alimentación de cada uno de ellos en un instante determinado, estos subtableros suministra la energía a los tres sistemas antes mencionados iluminación, climatización y ofimático.

La medición se hizo durante tres días, cada día se midió entre el intervalo de tiempo correspondiente de 7:00 a.m. hasta las 9:00 p.m.; Teniendo la oportunidad de realizar la última medición con ninguna presencia de persona lo cual la energía eléctrica consumida en ese instante se mantendría constante hasta aproximadamente las 6.00 a.m. del día siguiente, obteniendo un consumo de energía básicamente muy bajo, el cual corresponde al sistema de ofimático que comprende a los equipos que están conectados permanentemente en el edificio. La medición se realizó cada hora, así se obtienen datos en horas específicas del día.

La medición se realizó en los subtableros correspondiente al edificio de medicina, los cuales están ubicado en lugares específico. En el primer nivel del edificio están los subtableros luces del primer nivel STL-1N, tomas del primer nivel ST-1T y aire acondicionado ST-AC. En el segundo nivel del edificio están los subtableros de luces STL-2N, de tomacorriente ST-2T y tomacorriente del centro de cómputo ST-C2. Los datos se recolectaron durante los días 1, 2 y 5 de diciembre del año 2016 se resumen estos datos en las gráficas siguientes.

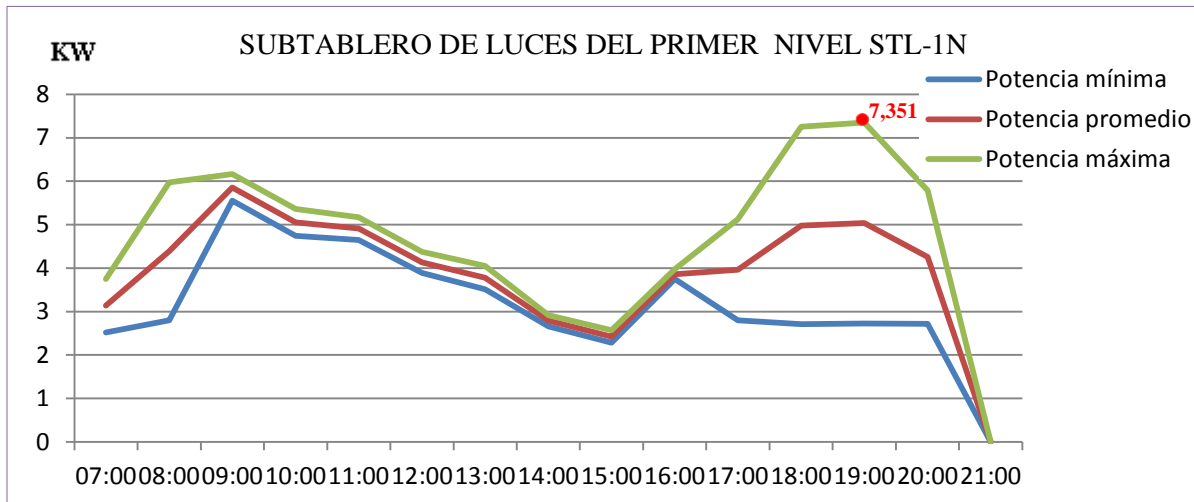
### 3.1.2.1. Consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina por cada subtablero

Las siguientes graficas detallan el consumo de energía eléctrica con respecto a cada subtablero que conforma el suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina UES-FMOcc. Se resumen en estas los datos recolectados durante tres días con respectos a las mediciones efectuadas sobre la potencia eléctrica demandada por cada tablero y se presenta en el intervalo de horas que comprende desde las 7:00 a.m. hasta las 9:00 p.m. como promedio de un día; Cada hora representa un instante en el tiempo donde se midió la potencia eléctrica demandada por cada subtablero.

Estos valores se visualizan en la gráfica siguiente en tres series de tiempo descritas a continuación.

- Potencia máxima: Valor de potencia máxima en cada hora obtenida en las mediciones a los tres días correspondientes y expresados en kilowatt (kw), línea verde de los gráficos.
- Potencia mínima: Valor de potencia mínima en cada hora obtenida en las mediciones a los tres días correspondientes y expresados en kilowatt (kw), línea azul de los gráficos.
- Potencia promedio: Valor de potencia promedio en cada hora obtenida en las mediciones a los tres días correspondientes y expresados en kilowatt (kw), línea roja de los gráficos.
- En la tabla que sigue a los gráficos se muestran los valores numéricos graficados, la primera fila de la tabla manifiesta la escala de tiempo en horas (fila Hora), la segunda los valores de potencia mínima obtenidos en cada hora (fila Min.), la tercera fila detalla los valores de potencia promedia, (fila Prom.), la cuarta fila la potencia Máxima (fila Mâx.) y la última fila el porcentaje de utilización de cada subtablero en cada hora (fila %).

Todos los datos están expresados en kilowatt (kw) excepto la última fila de la tabla, esta representa el porcentaje de utilización de cada subtablero en un día promedio, y se obtiene de la razón de dividir el valor de la potencia eléctrica promedio en cada hora entre el valor mayor de la potencia máxima demandada por el subtablero (Capacidad máxima demandada).



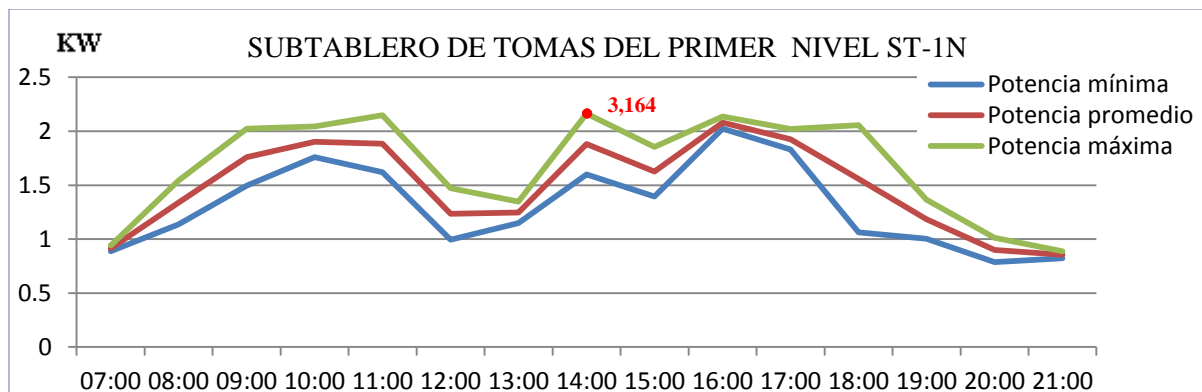
Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Min	2,520	2,801	5,550	4,744	4,649	3,891	3,512	2,649	2,280	3,749	2,801	2,708	2,728	2,72	0
Pro	3,135	4,389	5,858	5,052	4,910	4,132	3,780	2,790	2,426	3,863	3,962	4,982	5,040	4,254	0
Max	3,749	5,976	6,166	5,360	5,171	4,372	4,048	2,920	2,572	3,976	5,123	7,256	7,351	5,787	0
%	43%	60%	80%	69%	67%	56%	51%	38%	33%	53%	54%	68%	69%	58%	0.0%

Grafico 3.1. Consumo de energía en el subtablero de luces primer nivel

Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el subtablero de luces del primer nivel del edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores de potencia eléctrica por el subtablero de luces del primer nivel del grafico 3.1.

Fuente: propia<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Este valor máximo de la fila M<sub>ax</sub>. Expresado en color rojo representa la cantidad máxima en potencia demandada por el subtablero de luces del primer nivel del inmueble bajo estudio, es el valor mayor obtenido durante el periodo de tres días de recolección de datos midiendo la energía eléctrica a intervalos de una hora. Cuando el subtablero del inmueble demanda esta potencia eléctrica se considera que trabaja al 100%.

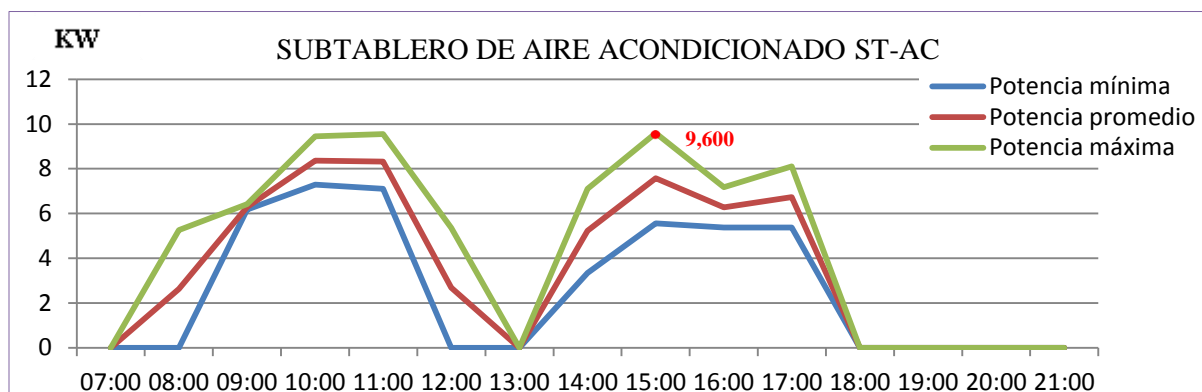


Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Min	0,889	1,136	1,495	1,760	1,619	0,995	1,148	1,601	1,396	2,025	1,831	1,064	1	0,788	0,624
Pro	<b>0,916</b>	<b>1,340</b>	<b>1,76</b>	<b>1,902</b>	<b>1,884</b>	<b>1,234</b>	<b>1,248</b>	<b>1,883</b>	<b>1,626</b>	<b>2,081</b>	<b>1,926</b>	<b>1,560</b>	<b>1,185</b>	<b>0,901</b>	<b>0,857</b>
Max	0,942	1,543	2,025	2,043	2,149	1,472	1,348	<b>3,164</b>	1,856	2,136	2,02	2,055	1,366	1,013	0,689
%	29%	42%	56%	60%	60%	39%	39%	60%	51%	66%	61%	49%	37%	28%	27%

Grafico 3.2. Consumo de energía en el subtablero de tomas primer nivel

Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el subtablero de luces del primer nivel del edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores de potencia eléctrica por el subtablero de tomas del primer nivel del grafico 3.2.

Fuente: propia

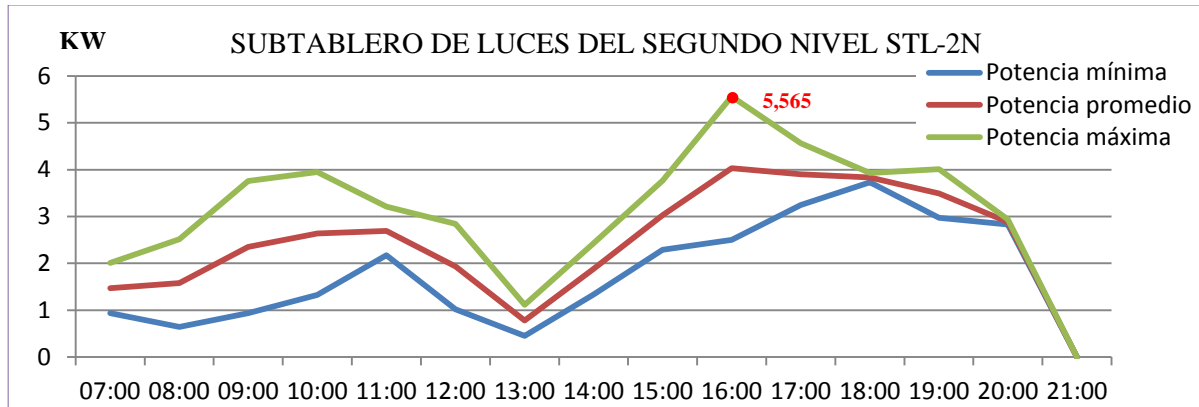


Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Min	0,000	0,000	6,168	7,296	7,104	0	0,000	3,358	5,563	5,379	5,376	0,000	0,000	0,000	0,000
Pro	<b>0,000</b>	<b>2,629</b>	<b>6,294</b>	<b>8,370</b>	<b>8,324</b>	<b>2,679</b>	<b>0,000</b>	<b>5,226</b>	<b>7,582</b>	<b>6,278</b>	<b>6,278</b>	0,000	0,000	0,000	0,000
Max	0,000	5,257	6,420	9,444	9,544	5,357	0,000	7,104	<b>9,600</b>	7,104	8,100	0,000	0,000	0,000	0,000
%	0.0%	37%	89%	87%	87%	28%	0.0%	54%	79%	65%	65%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

Grafico 3.3. Consumo de energía en el subtablero aire acondicionado

Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el subtablero de aire acondicionado del edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores de potencia eléctrica por el subtablero de aire acondicionado del grafico 3.3.

Fuente: propia

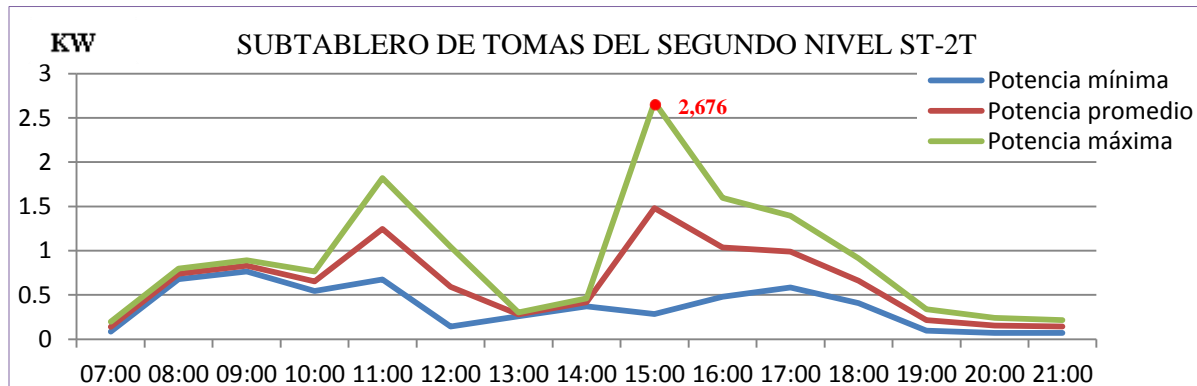


Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Min	0,938	0,645	0,938	1,323	2,172	1,02	0,449	1,335	2,287	2,501	3,245	3,732	2,976	2,832	0
Pro	<b>1,47</b>	<b>1,582</b>	<b>2,349</b>	<b>2,637</b>	<b>2,694</b>	<b>1,932</b>	<b>0,783</b>	<b>1,880</b>	<b>3,026</b>	<b>4,033</b>	<b>3,904</b>	<b>3,833</b>	<b>3,496</b>	<b>2,886</b>	<b>0</b>
Max	2,008	2,518	3,759	3,95	3,215	2,844	1,116	2,424	3,765	<b>5,565</b>	4,563	3,933	4,015	2,939	0
%	27%	28%	42%	47%	48%	35%	14%	34%	54%	<b>72%</b>	69%	70%	63%	0.52%	0.0%

Grafico 3.4. Consumo de energía en el subtablero de luces primer nivel

Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el subtablero de luces del segundo nivel del edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores de potencia eléctrica por el subtablero de luces del segundo nivel del grafico 3.4.

Fuente: propia



Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Min	0,085	0,679	0,766	0,543	0,673	0,142	0,259	0,372	0,283	0,478	0,585	0,407	0,096	0,071	0,071
Pro	<b>0,141</b>	<b>0,739</b>	<b>0,830</b>	<b>0,655</b>	<b>1,250</b>	<b>0,593</b>	<b>0,280</b>	<b>0,417</b>	<b>1,480</b>	<b>1,037</b>	<b>0,989</b>	<b>0,660</b>	<b>0,2165</b>	<b>0,156</b>	<b>0,142</b>
Max	0,196	0,798	0,893	0,766	1,819	1,044	0,301	0,461	<b>2,676</b>	1,596	1,393	0,912	0,337	0,240	0,114
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Grafico 3.5. Consumo de energía en el subtablero de tomas segundo nivel

Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el subtablero de tomas del segundo nivel del edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores de potencia eléctrica por el subtablero de tomas del segundo nivel del grafico 3.5.

Fuente: propia



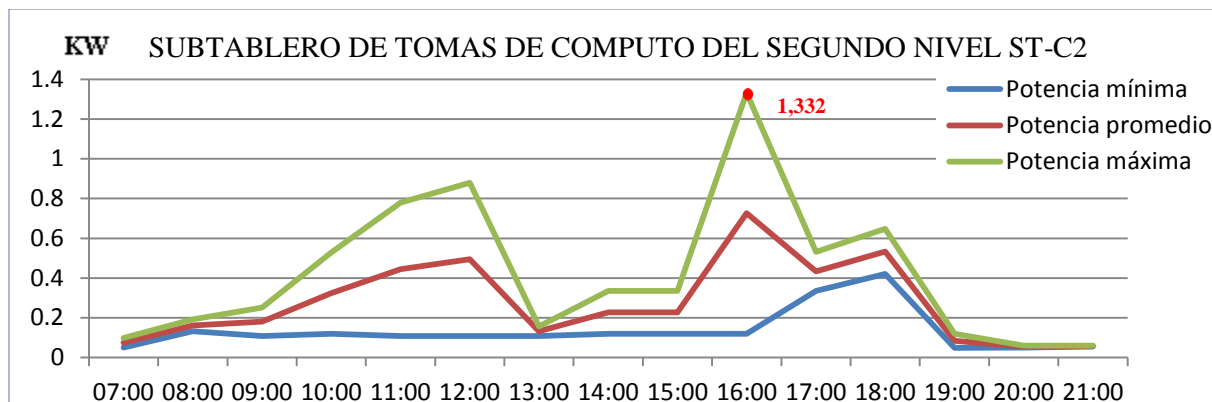


Gráfico 3.6. Consumo de energía en el subtablero de tomas de cómputo.

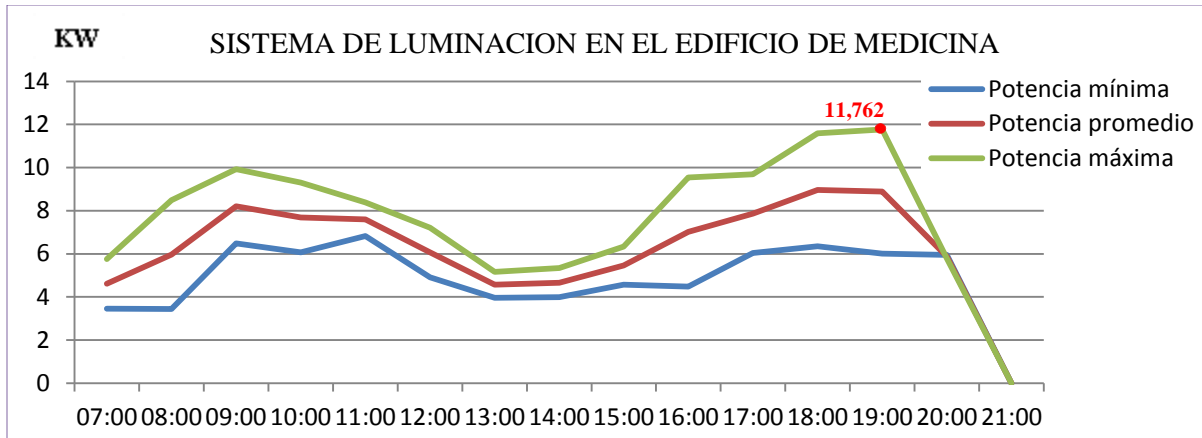
Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el subtablero de tomas de computo segundo nivel del edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores del grafico 3.6.

Fuente: propia

### 3.1.2.1. Consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina por sistema

Lo primero que se debe decirse acerca de los datos presentados en las tablas y gráficos anteriores, es que, si bien describe la cantidad de electricidad consumida en un día promedio por cada subtablero del inmueble, es necesario realizar un análisis más específico con respecto a cada sistema, iluminaria, climatización y ofimático, este se logra agrupando los datos de los subtablero presentados en la etapa anterior, teniendo en cuenta los tres sistemas mencionados.

Debido a la necesidad de especificar de mejor forma los datos presentados anteriormente, se presenta ahora las gráficas y tablas, donde se especifica el consumo de energía eléctrica por cada sistema del edificio en estudio.

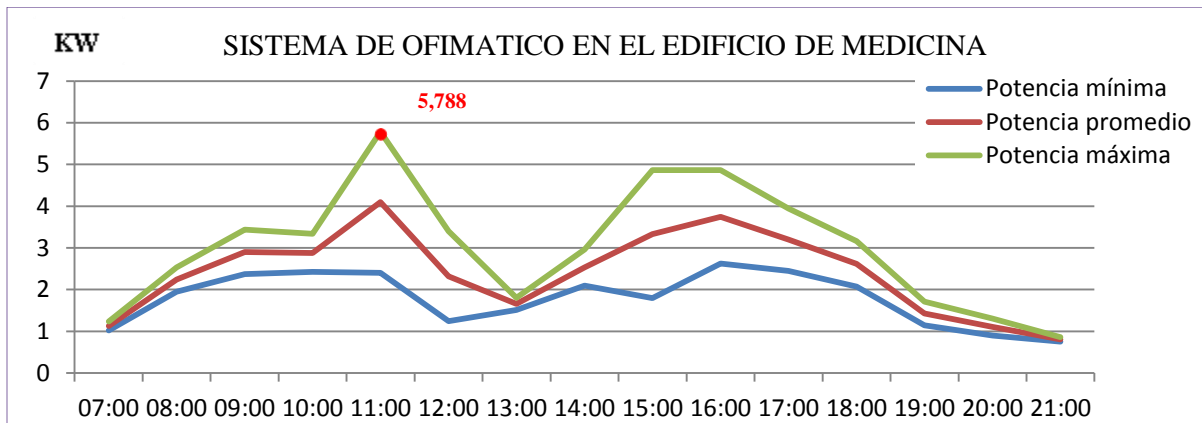


Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Min	3,460	3,446	6,488	6,067	6,821	4,911	3,961	3,984	4,567	4,481	6,042	6,349	6,010	5,948	0
Pro	<b>4,609</b>	<b>5,970</b>	<b>5,970</b>	<b>7,689</b>	<b>7,604</b>	<b>6,064</b>	<b>4,563</b>	<b>4,664</b>	<b>5,452</b>	<b>7,011</b>	<b>7,864</b>	<b>8,967</b>	<b>8,886</b>	<b>5,868</b>	<b>0</b>
Max	5,757	8,494	9,925	9,310	8,386	7,216	5,164	5,344	<b>6,337</b>	9,551	9,686	11,585	<b>11,762</b>	9,122	0
%	39%	50%	50%	65%	65%	65%	39%	39%	46%	60%	67%	76%	76%	49%	0.0%

Grafico 3.7. Consumo de energía del sistema de iluminación.

Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el sistema de iluminación del edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores del grafico 3.7.

Fuente: propia

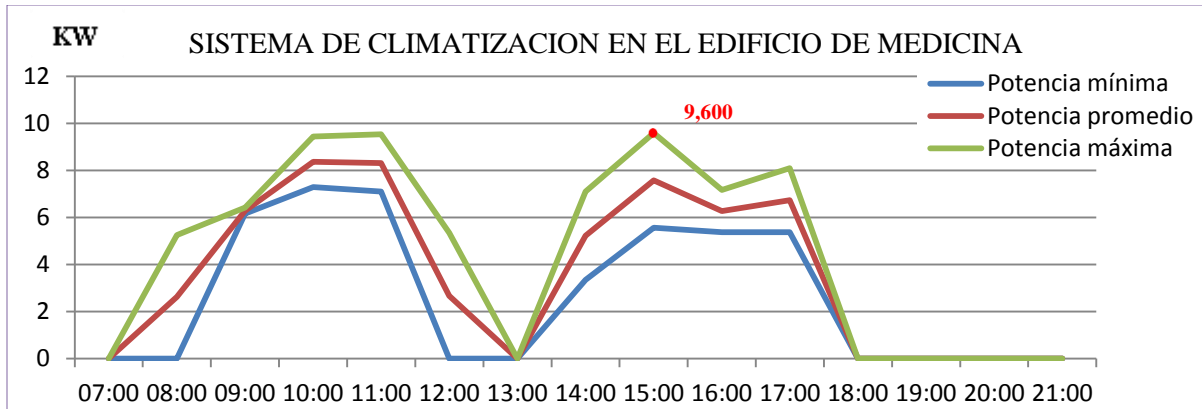


Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Min	1,024	1,947	2,369	2,423	2,4	1,245	1,515	2,093	1,799	2,623	2,450	2,069	1,144	0,901	0,75
Pro	<b>1,13</b>	<b>2,24</b>	<b>2,905</b>	<b>2,88</b>	<b>4,094</b>	<b>2,321</b>	<b>1,66</b>	<b>2,529</b>	<b>3,334</b>	<b>3,742</b>	<b>3,198</b>	<b>2,617</b>	<b>1,430</b>	<b>1,105</b>	<b>0,807</b>
Max	1,236	2,533	3,44	3,337	<b>5,788</b>	3,396	1,805	2,965	4,868	4,868	3,945	3,165	1,715	1,308	0,863
%	20%	39%	50%	49%	71%	40%	28%	44%	58%	65%	68%	45%	25%	19%	14%

Grafico 3.8. Consumo de energía del sistema ofimático.

Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el sistema ofimático del edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores del grafico 3.8.

Fuente: propia



Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Min	0,000	0,000	6,168	7,296	7,104	0	0,000	3,358	5,563	5,379	5,376	0,000	0,000	0,000	0,000
Pro	0,000	2,629	6,294	8,370	8,324	2,679	0,000	5,226	7,582	6,278	6,278	0,000	0,000	0,000	0,000
Max	0,000	5,257	6,420	9,444	9,544	5,357	0,000	7,104	9,600	7,104	8,100	0,000	0,000	0,000	0,000
%	0.0%	27%	65%	87%	87%	28%	0.0%	54%	79%	74%	65%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

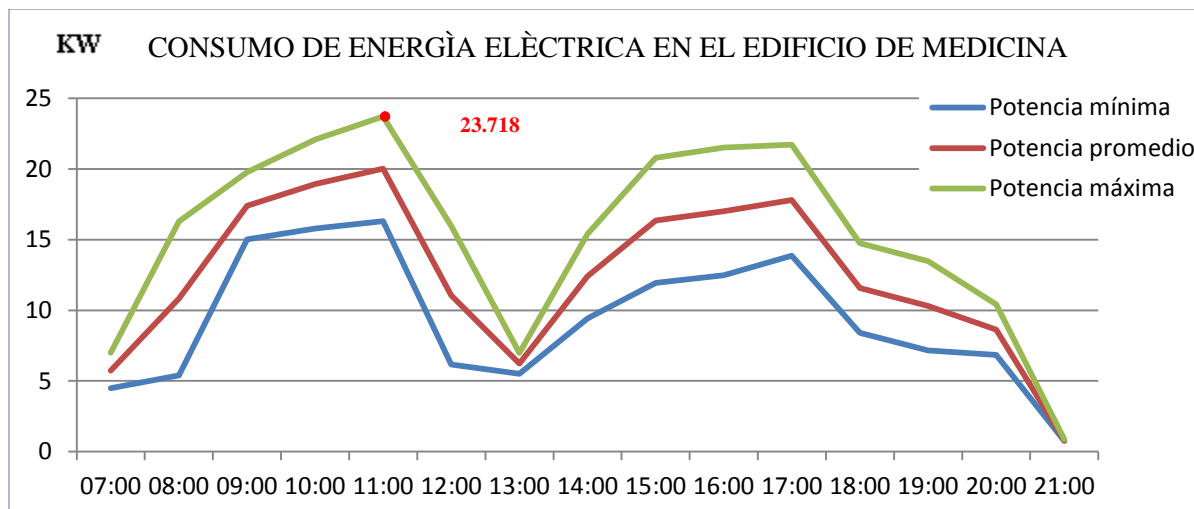
Grafico 3.9. Consumo de energía del sistema de climatización.

Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el sistema de climatización del edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores del grafico 3.9.

Fuente: propia

### 3.1.2.2. Consumo de energía eléctrica en edificio de medicina

Se presenta ahora los datos en forma agrupados obteniendo el consumo total de energía eléctrica en el edificio de medicina, esto se obtuvo sumando el consumo de los seis subtableros que abastecen de energía al edificio, con el propósito de observar como varia el consumo total de energía eléctrica durante cada hora transcurrida en un día.



Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
Min	4,484	5,393	15,025	15,786	16,322	6,156	5,499	9,435	11,929	12,483	13,868	8,418	7,154	6,849	0,75
Pro	5,739	10,839	17,403	18,939	20,020	11,063	6,234	12,424	16,367	17,003	17,800	11,584	10,316	8,640	0,8065
Max	6,993	16,284	19,780	22,091	23,718	15,969	6,969	15,413	20,805	21,523	21,523	14,75	13,477	10,43	0,863
%	24%	46%	83%	79%	84%	47%	26%	69%	69%	72%	75%	49%	43%	36%	3%

Grafico 3.10. Consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina.

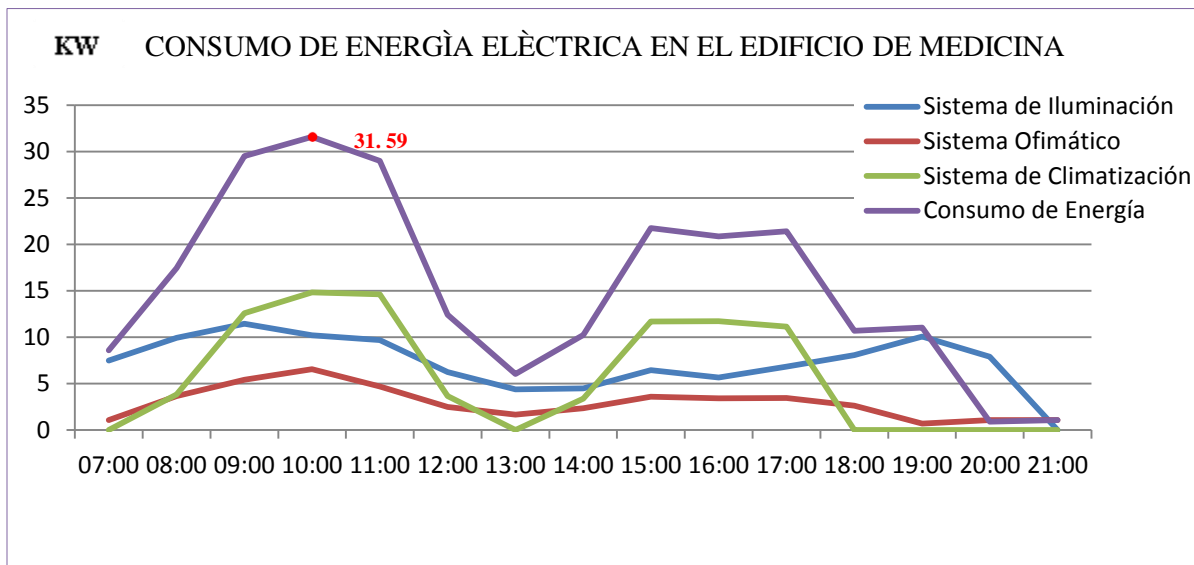
Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores del grafico 3.10.

Fuente: propia

### 3.1.2.3. Presentación de datos obtenidos en la segunda medición

Para realizar un buen análisis es necesario obtener los datos más exactos en cada uno de los diagnósticos realizado en el edificio de medicina, con respecto al diagnóstico de medición directa se realizó una segunda medición para determinar la demanda máxima presentada en un día, debido a que las primeras mediciones obtenidas fueron realizadas durante los días 1, 2 y 5 de diciembre del año 2016, durante esos días el proceso académico se encontraba en la semana de exámenes complementarios, por lo cual se asume que no se obtuvieron los datos más representativos al consumo real.

Los datos recolectados en la segunda medición se obtuvieron el día 5 de abril del año 2017 y el muestreo se realizó con la misma técnica utilizada en la primera medición. En la segunda medición se obtuvo un consumo de energía eléctrica mucho mayor, esto se debe a que la jornada educativa era la adecuada para determinar el consumo demandado en las distintas horas del día por el edificio.



Hora	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00
S.I.	7,484	9,924	11,46	10,204	9,684	6,252	4,392	4,5	6,468	5,672	6,828	10,064	10,333	7,9	0,0
S.O.	1,1	3,67	5,44	6,56	4,69	2,484	1,668	2,376	3,588	3,432	3,456	2,628	0,708	1,1	1,1
S.C.	0,0	3,84	12,6	14,83	14,628	3,684	0,0	3,376	11,712	11,748	11,136	0,0	0,0	0,0	0,0
C.E:	8,584	17,434	29,5	31,594	29,002	12,42	6,06	10,252	21,768	20,852	21,42	10,692	11,041	8,9	1,1

Grafico 3.11. Consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina.

Nota: La grafica detalla la potencia máxima, mínima y promedio demandada por el edificio de medicina cada hora del día. La tabla detalla numéricamente los valores del grafico 3.11.

Fuente: propia

La información recolectada durante la segunda medición del consumo energético de este inmueble, presento un aumento considerable en el consumo de 7.87 kw, resultado que es lógico y que en ocasiones podría ser que el consumo fuese mucho mayor, considerando todo el equipo que diariamente es utilizado en la jornada educativa.

### **3.1.3. Análisis de datos de consumo eléctrico en el edificio de medicina de UES-FMOcc**

Es esencial saber cómo varia el consumo de energía eléctrica en cada hora del día. La modernización de las instalaciones eléctrica del edificio en estudio, han permitido realizar un diagnóstico muy específico, con respecto a cada uno de los tres sistemas de consumo de energía eléctrica existente.

Al analizar cada uno de los gráficos se pueden sacar deducciones sobre el momento en que se utiliza más el sistema de iluminación, equipo ofimático instalado en el edificio y lo mismo sucede con el equipo de climatización debido al aumento de la demanda en cada subtablero que alimentan cada sistema.

Las gráficas que detallan el consumo de energía eléctrica con respecto a cada sistema serán de vital importancia para compararlas con el diagnóstico las instalaciones Eléctricas- Electrónicas correspondiente a medición indirecta, donde se realizarán analizando cada sistema en general. Se describen algunas presunciones encontradas en base a los datos anteriores.

#### **Determinación de la demanda máxima**

Lo primero que se debe de decir acerca de los datos recolectados por medio del censo eléctrico, es que nos permite saber detalladamente en qué momento se da la demanda máxima de energía eléctrica por cada sistema, posteriormente se puede observar en la grafico 3.11, que la demanda máxima se obtiene a las 10:00 am. Debido a que en ese momento son utilizados los tres sistemas que alimentan al edificio de medicina.

El sistema de iluminación está representado por dos gráficas, El grafico 3.1, representa el primer nivel del edificio y el grafico 3.4, representa el segundo nivel. Al realizar una comparación de ambos consumos se puede determinar que la primera planta demanda más

energía, eso es lógico ya que la infraestructura es más grande, por lo cual la carga instalada es mayor que la del segundo nivel. Obviamente la demanda máxima se obtiene en el horario de las 7:00 p.m. en ese instante la mayoría de las aulas son utilizadas generando un consumo de energía eléctrica 10.333 kw.

El sistema de climatización está representado por el gráfico 3.9, en donde se puede apreciar el horario en el cual es utilizado este sistema, teniendo en cuenta que solo en las aéreas administrativas es utilizado y las personas que labora en estas aéreas se presentan desde las 8:00 am, posteriormente se ausentan por el descanso en la hora del almuerzo, y luego laboran desde las 2:00 pm hasta las 5:00 pm. La demanda máxima se da en el horario de las 10:00 a.m., registrando un consumo de 14,83 kw obtenida en la medición realizada el 5 de abril del año 2017 presentada en la gráfica 3.11.

El sistema ofimático está representado por la gráfica 3.5, y a diferencia de los otros dos sistemas este presenta una característica peculiar, la cual consiste en que la demanda nunca tiene el valor de cero, a un después de las 9:00 p.m. Este sistema representa el consumo de energía más bajo de los tres y después de las 9:00 p.m., se considera constantes.

### **3.2. DIAGNÒSTICO DE CONSUMO ELECTRICO EN EL EDIFICIO DE MEDICINA, A TRAVÈS DE MEDICIÒN INDIRECTA**

Este diagnóstico se ha denominado “diagnóstico de consumo eléctrico a través de medición indirecta”, porque, se mide el consumo de electricidad con técnicas y herramientas diferentes a la de medición directa que se obtiene con el amperímetro. El tipo de técnica y herramientas utilizadas para medir el consumo de energía eléctrica dependen de la disciplina con la cual se aborde el problema.

En esta parte se desarrollarán cuatro diagnósticos que definen el consumo de energía eléctrica en su integridad abordándolo desde diferentes disciplinas, el primer diagnóstico representa las instalaciones Eléctricas-Electrónicas y Estructurales donde se estudia los tres sistemas de consumo eléctrico, iluminación, ofimático y climatización; El cuarto diagnóstico presenta la información sobre la tarifa eléctrica de la universidad. El objetivo que se persigue en cada diagnóstico es el mismo: determinar el consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina para posteriormente diseñar el suministro de energía eléctrica que mejor se adapte a la demanda determinada. Como se menciona antes estos son cuatro maneras de determinar el consumo eléctrico, pero, que en la realidad tienen diferentes comportamientos, y por lo tanto se deben analizar por separado para obtener datos más exactos.

Al realizar los cuatro diagnósticos se obtiene una mayor profundidad en la investigación y los resultados recolectados es la base principal para la creación del diseño del suministro de energía eléctrica. La realización de este diagnóstico comenzará con la elaboración del diagnóstico en instalaciones eléctricas-electrónicas y estructurales.



### **3.2.1. DIAGNÒSTICO EN INSTALACIONES ELÈCTRICAS-ELCTRÒNICAS Y ESTRUCTURALES EN EL EDIFICIO DE MEDICINA**

Debido a la dificultad que se presenta al no tener un medidor que señale cuanta energía eléctrica se consume al día en el edificio de medicina, el diagnóstico de instalaciones Eléctricas-Electrónicas y Estructurales toma un rol importante, ya que el resultado obtenido de este diagnóstico sobre cuanta energía se consume en un día, será el punto de partida para iniciar la aplicación del sistema solar.

El consumo de energía eléctrica lo constituye directamente las instalaciones Eléctrica-Electrónicas, pues, son las que necesitan energía para su funcionamiento, estas instalaciones se dividen en tres sistemas de consumo eléctrico, iluminación, ofimático y climatización; cada sistema tiene su característica de carga eléctrica, tipo de tecnología, tiempo de funcionamiento, rendimiento, entre otros que definen el consumo de energía.

Otro factor que constituye al consumo de energía de forma indirecta; son las instalaciones estructurales (Edificio de medicina). Se mencionó que el consumo directo de electricidad se adjudica a los sistemas de iluminación, de climatización y de equipo ofimático casi en su mayoría; las instalaciones Estructurales condicionan indirectamente como se produce el gasto de electricidad en los sistemas mencionados.

El objetivo de este diagnóstico es saber el consumo eléctrico de los tres sistemas, por tanto, se trabaja cada uno por separado. Para la medición del consumo de energía de las instalaciones Eléctricas-Electrónicas en Kilowatt-hora, se investiga la carga en Kilowatt (kw) que representa el equipo instalado y el tiempo en horas (h) que se utilizó este en un día promedio, la combinación de ambos proporciona el consumo de energía.

### **3.2.1.1. DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN EL EDIFICIO DE MEDICINA UES-FMOcc**

El diagnóstico del sistema de iluminación consiste en cuantificar el consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina UES-FMOcc, identificar el consumo demandado por la infraestructura medido en kwh, luego sumar el consumo con los resultados obtenidos de los otros sistemas para determinar el consumo energético total realizado durante un día por el edificio. Esta información será el punto de partida para diseñar el suministro de energía eléctrica utilizando fuentes renovables como los son paneles solares, que garanticen el abastecimiento de electricidad para todo el edificio en general.

El alcance del diagnóstico comprenderá únicamente la iluminación que se encuentra dentro del edificio de medicina; como las que iluminan cubículos, oficinas, laboratorios aulas, entre otros. Este diagnóstico comprenderá dos puntos importantes, el primero es desde la carga eléctrica-electrónica iluminación instalada y el segundo es desde la instalación estructural. Como se hizo en el anterior para mejor presentación, este diagnóstico se organiza de la siguiente manera:

- Descripción del sistema de iluminación
- Presentación de datos del sistema de iluminación
- Análisis de datos del sistema de iluminación

Como ya es costumbre el inicio del diagnóstico comienza con la siguiente descripción del sistema de iluminación.

### 3.2.1.1.1. Descripción del sistema de iluminación

La iluminación puede ser de tipo artificial o natural. La utilización de la iluminación artificial en la universidad consiste en todos aquellos aparatos que convierten la energía eléctrica, en energía lumínica, estos se utilizan constantemente durante toda la jornada educativa que comienza de las 6:45 am, hasta las 8:30 pm, posteriormente todas las luminarias son apagadas por el personal de vigilancia de la Universidad.

Las iluminarias instaladas en las distintas aéreas del primer nivel son controladas desde el subtablero de luces STL-1N, el cual se encuentra ubicada junta al tablero principal que controla los tres sistemas de abastecimiento, de igual forma, todas las iluminarias instaladas en las distintas aéreas del según nivel son controladas desde el subtablero de luces STL-2N, este está ubicado en el segundo nivel del edificio. El tipo de luminarias utilizadas en la iluminación artificial del edificio de medicina se describe en la siguiente tabla.



Imagen	Potencia	Tipo	Temperatura de color	Conector
	32 w	Incandescente	-----	Rosetón
	32 w	Fluorescente lineal	5600k	T8

Tabla 3.8. Tipos de focos y tubos de luminarias.

Fuente: propia

<sup>4</sup> Las luminarias de 32 w de potencia incandescentes son utilizadas únicamente en los dos cuartos donde se encuentran ubicados los subtableros que controlan toda la energía que abastese el edificio, por lo cual no influyen directamente en el consumo ya que son utilizada únicamente en ocasiones especiales.

Donde:

- **Potencia:** Esta se refiere a la potencia instalada en el aparato para que esta funcione
- **Tipo:** se refiere a la naturaleza estructural del aparato el cual depende del método utilizado para poder generar energía.
- **Temperatura de color:** se refiere a la luz que el aparato proporciona, comparándolo con la luz emitida por un cuerpo negro elevado a dicha temperatura en grados Kelvin.
- **Conector:** Este es el tipo de conector que se necesita para que este pueda estar en contacto con la red.

**Consumo eléctrico teórico por iluminación:** Consiste en la obtención de consumo por iluminación, este se obtiene realizando los cálculos correspondientes que de la cantidad de horas que una o varias luminarias permanecen encendidas en un espacio, multiplicada por la potencia eléctrica instalada, esta es una medida indirecta de consumo de energía, ya que, se obtiene a través de un cálculo analítico.

#### **3.2.1.1.2. Presentación de los datos del sistema de iluminación**

Se presentan los datos recopilados a través de la medición indirecta del sistema de iluminación en forma de tablas, Los datos presentados son: carga eléctrica instalada por iluminación y consumo eléctrico por iluminación; La información de todo el edificio se presentan en cuatro tablas, dos para cada nivel, en una se presenta la carga instalada y en la otra el consumo de energía determinada. Para comprender el formato de ambas tablas se hace la siguiente descripción de cada una.

## **Descripción de tablas de carga por iluminación en el edificio de medicina**

- 1) Esta columna representa el área en análisis y las zonas en las que se divide para el caso de ser demasiado extensa.
- 2) La columna dos representa un estudio de iluminación, los datos recolectados están en unidades LUX disponibles para tres horarios: mañana, tarde y noche; estos a su vez se desglosan en datos medidos con el uso de iluminación artificial (CL) y otros únicamente con iluminación a natural (SL), se representan como puntos en los planos.
- 3) La columna tres presenta la cantidad de iluminación instaladas en cada área, que corresponde a tubos fluorescentes utilizados.
- 4) La columna cuatro hace referencia a los datos de la potencia eléctrica (watts) de los tubos utilizados en el sistema de iluminación.
- 5) Y la columna cinco manifiesta el valor de la carga instalada en cada área (kw) de potencia eléctrica. Este valor es producido de sumar todas las iluminarias de cada área (columna tres), posteriormente se multiplica por la cantidad de tubos fluorescentes en cada iluminaria, luego se multiplica por la carga instalada en cada tubo (columna cuatro), obteniendo el resultado en (watts). Para obtener el resultado en (kw), es suficiente solo con dividirlo entre mil. (39 iluminarias \*3 tubos fluorescentes\*32 watts) el resultado es 3700 watts = 3.74kw.

Área		LUX						Numero de luminarias					Potencia (watts)	Carga instalada por area en KW
		Mañana		Tarde		Noche		Lámparas				Focos		
		CL	SL	CL	SL	CL	SL	1 tubos	2 tubos	3 tubos	4 tubos			
Pasillo	Punto 1	897	725	577	222	185						32	3.74	
	Punto 2	279	98	220	40	136								
	Punto 3	170	8	165	4	116			39					
	Punto 4	120	17	93	8	73								
	Punto 5	175	13	80	5	133								
	Punto 6	34	19	15	15	146								
Baño Hombres	Punto 1	99	14	84	17	86						32	0.29	
	Punto 2	103	40	278	42	246			3					

Figura 3.1. Descripción de carga instalada por iluminación en el edificio de medicina.  
Fuente: propia

### Descripción de tablas de consumo eléctrico por iluminación en el edificio de medicina

- 1) La columna 1 hace referencia al apagador que controla las lámparas para iluminación en cada área, cada apagador es representado por el signo \$ y una letra. Puede haber más de un apagador por cada área.
- 2) La columna 2 representa el área en donde están las luminarias instaladas controladas por uno o más apagadores.
- 3) Cantidad de luminarias que están controladas en un mismo apagador (cada apagador controla un circuito donde se instala en serie las lámparas).
- 4) La columna 4 representa los datos de la potencia eléctrica de los tubos utilizados en cada luminaria.
- 5) Consumo de electricidad del circuito de cada apagador. Especifica el tipo de consumo entre variable (Var) o fijo. Las horas que se está energizando las lámparas (dato obtenido teniendo en cuenta el horario de utilización del área, ya sea por clases o actividades administrativas) y

el consumo eléctrico en kwh. Los horarios de consumo se dividen en mañana de 5:00 am a 12:00 m, tarde de 12 m a 5:30 pm y noche de 5:30 pm a 9:00. Para obtener el consumo se calcula la carga eléctrica en kw para cada apagador y se multiplica por el número de horas que se utiliza en la mañana, tarde y noche, el resultado se obtiene en kwh.

- 6) Esta columna contiene el consumo total para cada apagador, el cual es determinado al sumar el resultado obtenido en cada horario anteriormente descrito (mañana + tarde + noche).

1 Apagador	2 Area	3 Numero de luminarias				4 Potencia (watts)	5 Consumo Eléctrico									6 Consumo Total en kwh al dia
		Lámparas					Mañana			Tarde			Noche			
		1 tubo	2 tubos	3 tubos	4 tubos		Focos	Tipo	Hora	kwh	Tipo	Hora	kwh	Tipo	Hora	
Sa	Pasillo			5		32	Var	2.5	1.2	Var	3.5	1.68	Var	2.5	1.2	4.08
Sb	Pasillo			6		32	Var	2.5	1.44	Var	3.5	2.02	Var	2.5	1.04	4.9
Sc	Pasillo					32	Var		0	Var	3.5	0	Var	2.5	0	0
Sd	Pasillo			1		32	Var	2.5	0.24	Var	3.5	0.34	Var	2.5	0.24	0.82
Se	Pasillo			3		32	Var	2.5	0.72	Var	3.5	1.01	Var	2.5	0.72	2.45
Sf	Pasillo					32	Var	0	0	Var	0	0	Var	0	0	0

Figura 3.2. Descripción de tabla de consumo por iluminación de áreas.

Fuente: propia

### Descripción de los planos de circuitos eléctricos por iluminación

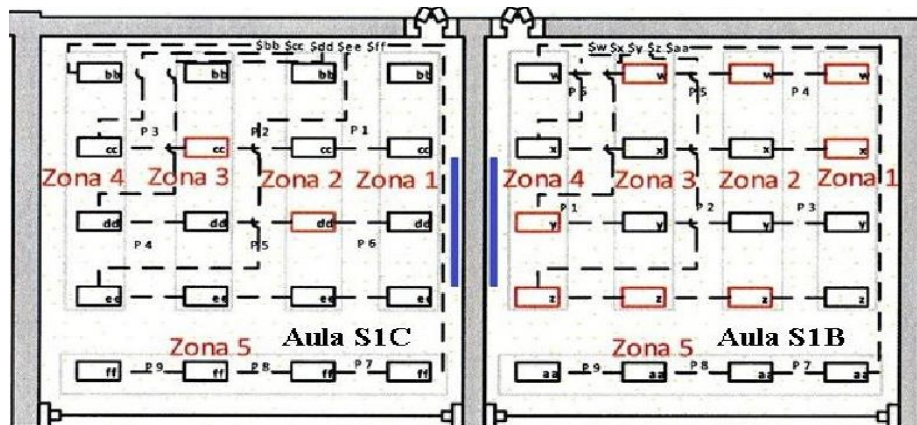
La información importante en los planos del circuito eléctrico del edificio de medicina, se explica con la siguiente imagen que muestran detalladamente segmento de planos.

- **Circuitos de luminarias:** En la imagen, un rectángulo con una letra dentro representa una luminaria. Todas las luminarias con una misma letra forman un circuito eléctrico de luminarias, lo cual significa que son controladas con un mismo apagador.

- **Apagadores de circuitos:** Los apagadores controlan las luminarias de un circuito eléctrico, se representan con el signo de dólar y una letra cerca de las paredes. Así el apagador \$bb controlan el encendido y el apagado de todas las luminarias con las letras bb.
- **Zona:** Las zonas están representadas por los rectángulos grises dentro de las aulas. Cuando un espacio se divide en zona significa que se encuentran en problema en la distribución de los circuitos de luminarias que contribuyen al desperdiciar electricidad. Lo importante es que las luminarias de una zona se controlen con un solo apagador como lo muestra el plano propuesto (luminarias de una zona con la misma letra), Cuando se encuentran luminarias con la misma letra en varias zonas existen problema de distribución (Plano actual).
- **Punto de estudio de iluminación:** Estos son puntos donde se midió la luz natural y artificial como parte de un estudio de iluminación por espacios realizados en años anteriores por estudiantes egresados de Ingeniería Industria. Estos se representan por la letra P y un número correlativo en cada espacio.



Plano actual



Plano propuesto

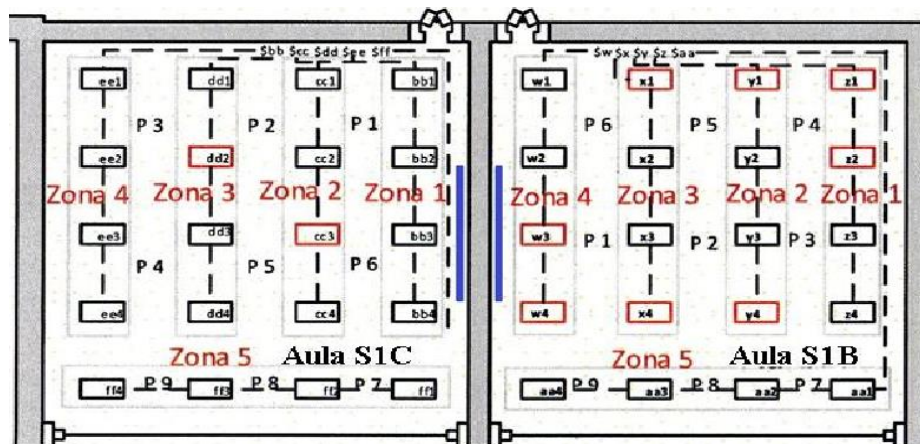


Figura 3.3. Descripción de tabla de consumo por iluminación de áreas.  
Fuente: propia

### Consumo por iluminación en el edificio de medicina

El edificio de Ciencias de la Salud cuenta con dos niveles y fue construido en el año 2002, proporcionando mayor realce a la UES-FMOcc. Por poseer instalaciones más cómodas y adecuadas para la atención estudiantil. En este edificio se encuentra el departamento de medicina, la sala de docentes de medicina, la unidad de proyección social, la oficina de

proyección académica especiales, la clínica de salud, cuenta con 12 aulas y tres laboratorios, una oficina para el departamento de psicología y una sala de práctica de psicología y un cuarto de fotocopidora que actualmente es utilizado como bodega.

### **Primer Nivel**

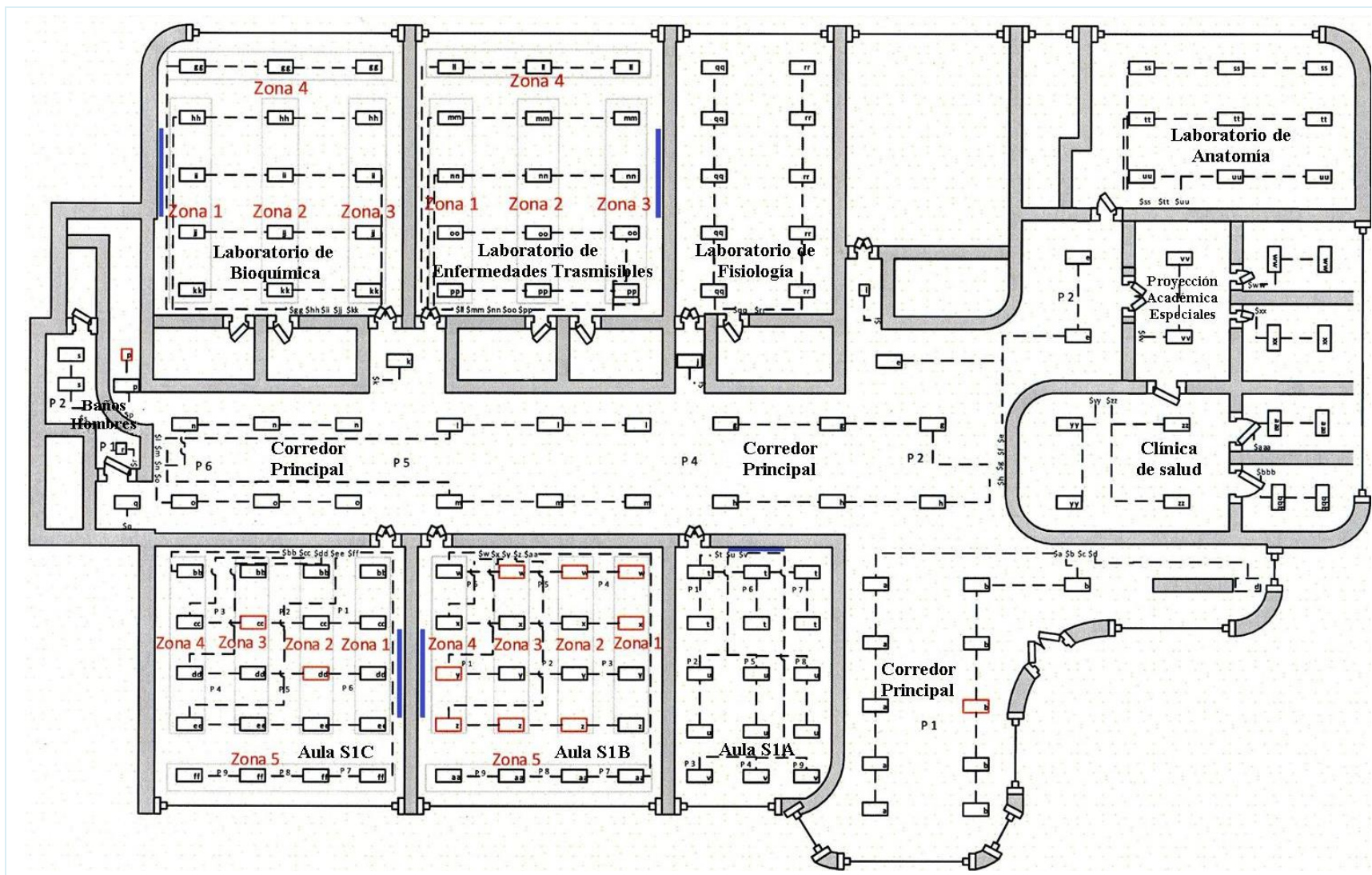
En este nivel se encuentran ubicados la clínica de salud, las oficinas de proyección académica especiales, los laboratorios de Enfermedades Transmisibles, Bioquímica y fisiología que son utilizados únicamente por los alumnos de medicinas, además se encuentran los baños para caballeros ubicados al final del corredor principal y las aulas S1A, S1B y S1C.

### **Segundo Nivel**

En este nivel se encuentran ubicados el departamento de medicina, la sala de docentes de medicina, la unidad de proyección social, una oficina del departamento de psicología, una sala de práctica del departamento de psicología, en este nivel se encuentran 9 aulas: S1A, S1B, S1C, S1D, S1E, S1F y las aulas HD. También hay dos aulas que son ocupadas únicamente por estudiantes de la carrera de medicina, un cuarto de fotocopia actualmente funciona como bodega, y al final del corredor principal están ubicados los baños para damas.

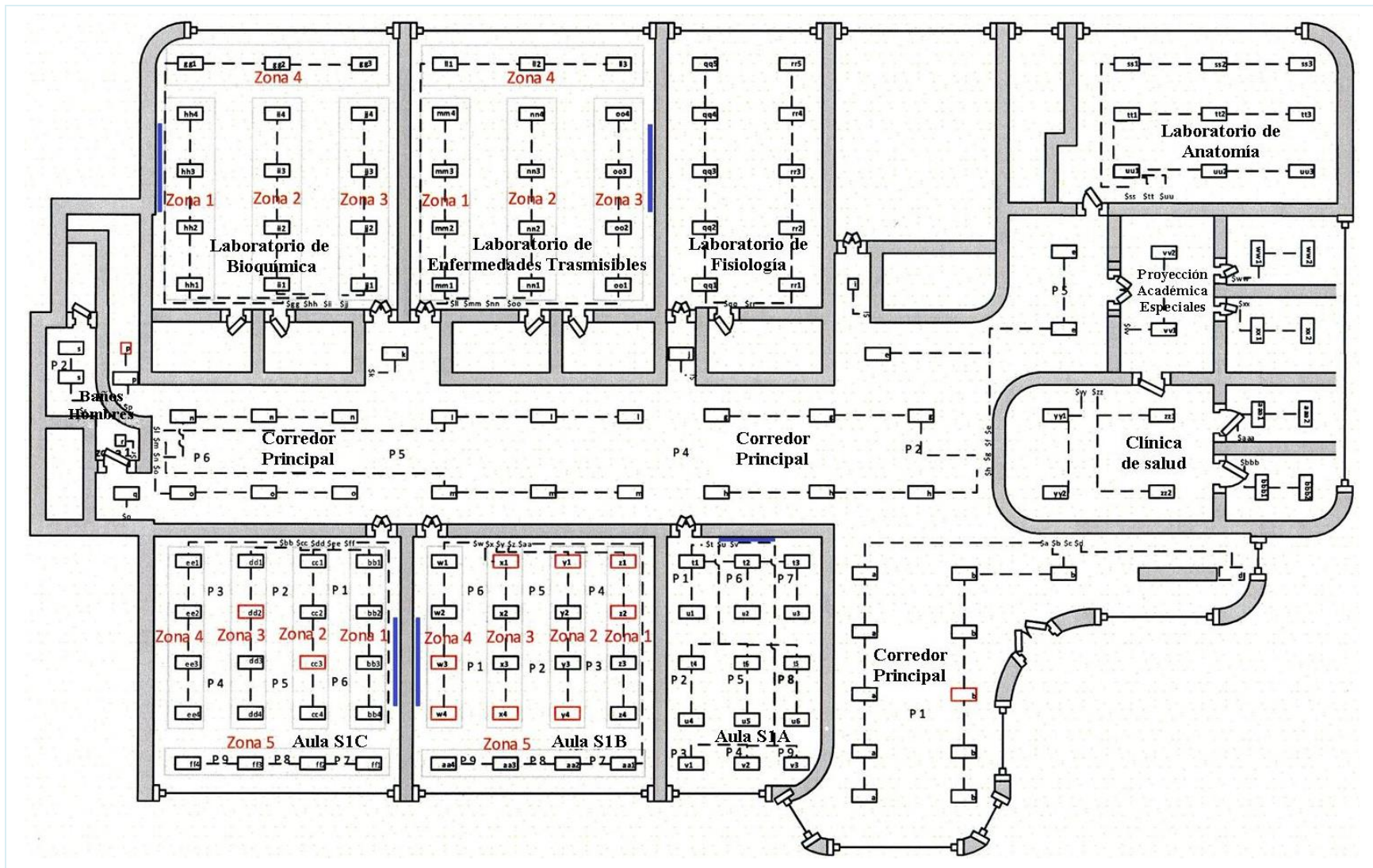
Todas las áreas descritas en ambos niveles pueden ubicarse en el plano 1 “Primer nivel”, y en el plano 3 “Segundo nivel”. Donde se encuentran los circuitos de las luminarias y las disposiciones de estas aéreas y zonas que constituyen todo el edificio en general. Los planos 2 y 3, son los propuestos con las modificaciones consideradas con respecto a las instalaciones actuales que presenta el edificio.

## Vista de planta del primer nivel del edificio de medicina



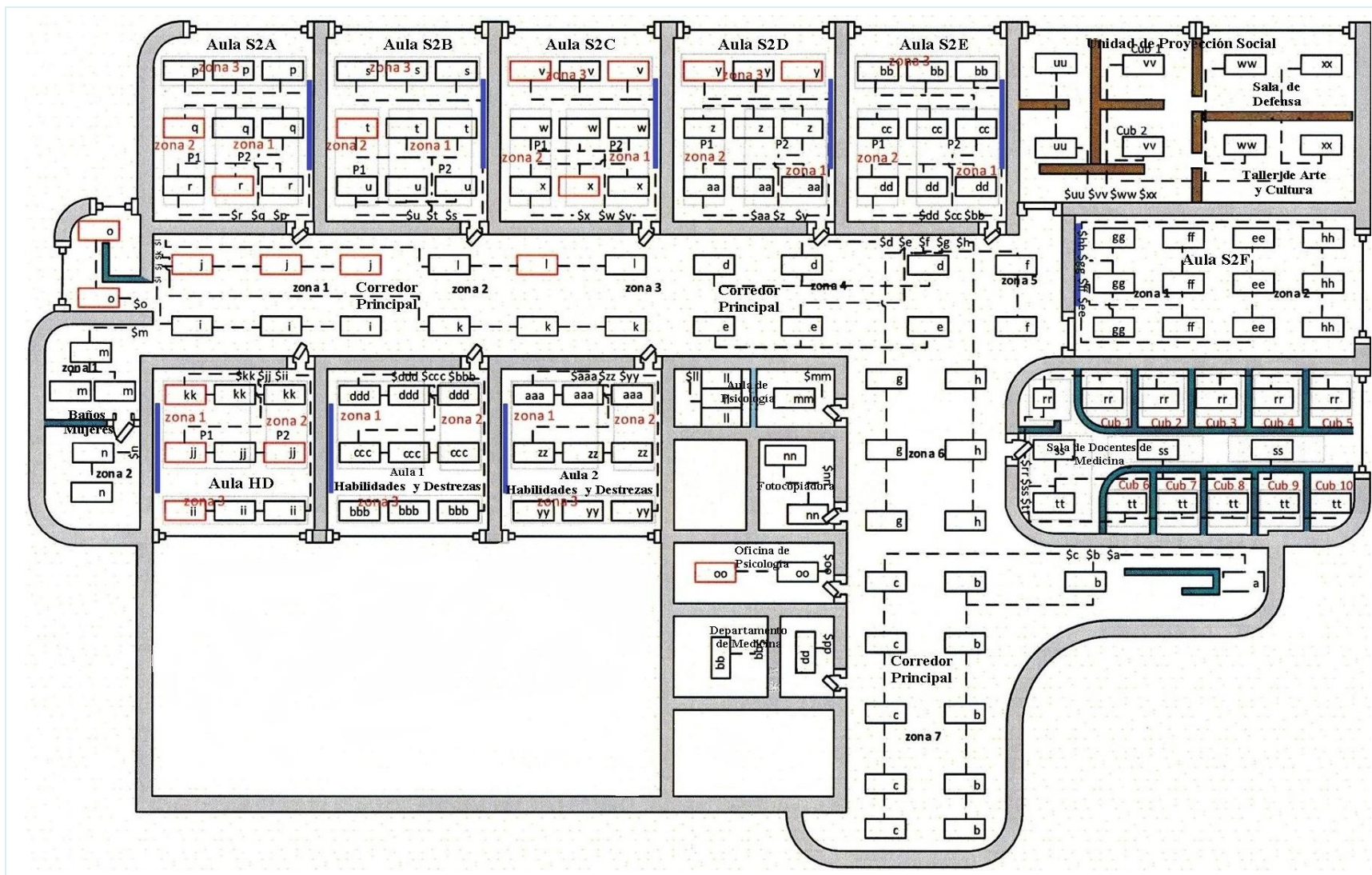
Plano 1. Circuito eléctrico actual en luminarias del edificio de medicina 1<sup>er</sup> nivel





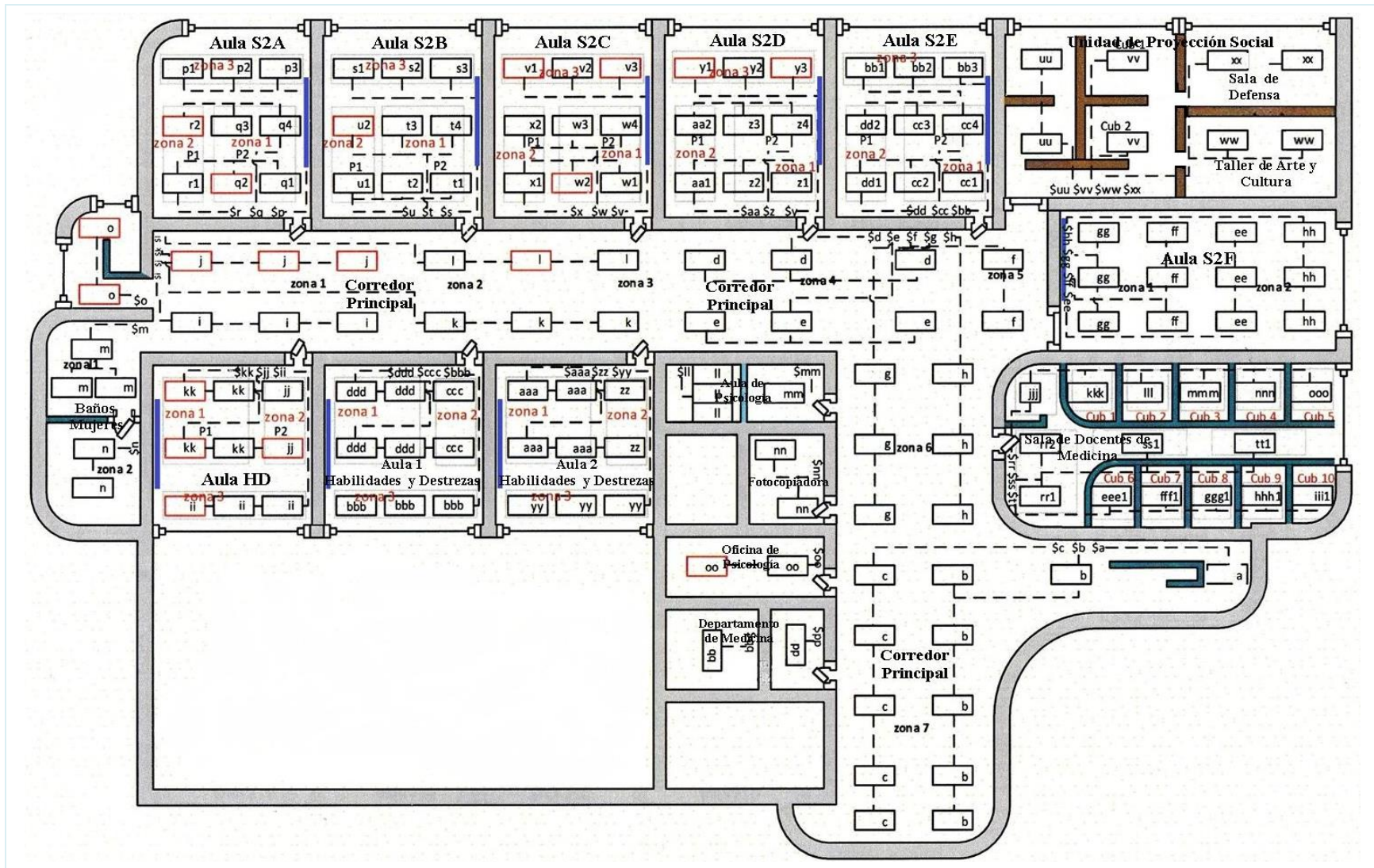
Plano 2. Circuito eléctrico propuesto en luminarias del edificio de medicina 1<sup>er</sup> nivel

## Vista de planta del segundo nivel del edificio de medicina



Plano 3. Circuito eléctrico actual en luminarias del edificio de medicina 2<sup>er</sup> nivel





Plano 4. Circuito eléctrico propuesto en luminarias del edificio de medicina 2<sup>er</sup> nivel

## Carga instalada en el edificio de Medicina

Las luminarias instaladas en el edificio de medicina, son lámparas de tubos fluorescentes de tipo 6500K FO32w, las cuales tienen una potencia de consumo de 32 watts. Las siguientes tablas presentan un resumen detallado de la carga instalada por luminarias y cantidad de iluminación medida en LUX para cada uno de los dos niveles del edificio.

Tabla 3.9. Carga instalada por iluminación en el edificio de Medicina, 1<sup>er</sup> nivel.

Área		LUX						Numero de luminarias					Potencia (watts)	Carga instalada por área en KW
		Mañana		Tarde		Noche		Lámparas				Focos		
		CL	SL	CL	SL	CL	SL	1 tubos	2 tubos	3 tubos	4 tubos			
Pasillo	Punto 1	897	725	577	222	185						32	3.74	
	Punto 2	279	98	220	40	136								
	Punto 3	170	8	165	4	116								
	Punto 4	120	17	93	8	73			39					
	Punto 5	175	13	80	5	133								
	Punto 6	34	19	15	15	146								
Baño Hombres	Punto 1	99	14	84	17	86						32	0.29	
	Punto 2	103	40	278	42	246			3					
Aula S1A	Punto 1	257	9	210	6	258						32	1.44	
	Punto 2	286	20	227	12	257								
	Punto 3	351	84	330	75	250								
	Punto 4	431	158	620	321	223								
	Punto 5	272	28	233	15	272			15					
	Punto 6	219	13	225	7	212								
	Punto 7	234	11	246	6	182								
	Punto 8	219	22	193	24	161								
	Punto 9	178	112	285	270	40								
Aula S1B	Punto 1	104	41	90	33	73						32	2.40	
	Punto 2	152	61	156	45	139								
	Punto 3	215	65	250	55	233								
	Punto 4	47	19	120	18	103								
	Punto 5	38	20	65	17	48			25					
	Punto 6	118	17	153	16	136								
	Punto 7	1016	457	516	420	238								
	Punto 8	502	406	380	256	233								
	Punto 9	1064	410	500	340	212								
Aula S1C	Punto 1	243	15	227	9	210						32	2.40	
	Punto 2	156	17	80	10	63								
	Punto 3	148	19	148	11	131								
	Punto 4	166	47	106	21	89								
	Punto 5	261	44	140	26	123			25					
	Punto 6	93	34	117	45	100								
	Punto 7	725	547	390	268	225								
	Punto 8	466	444	234	113	217								
	Punto 9	1167	291	303	242	231								
Laboratorio de Enfermedades T.									15			32	1.44	
Laboratorio de Fisiología									15			32	0.44	
Laboratorio de Bioquímica									10			32	0.96	
Laboratorio de Anatomía									9			32	0.86	
Proyección Académica E.									6			32	0.58	
Clínica de Salud									8			32	0.77	
<b>Total</b>													16.33	

Fuente: propia

Tabla 3.10. Carga instalada por iluminación en el edificio de Medicina, 2<sup>er</sup> nivel.

Área		LUX						Numero de Luminarias					Potencia (watts)	Carga instalada por área en KW
								Lámparas				Focos		
		CL	SL	CL	SL	CL	SL	1 tubos	2 tubos	3 tubos	4 tubos			
Pasillo	Punto 1	140	32	101	18	135						32	3.84	
	Punto 2	150	35	98	19	116								
	Punto 3	186	36	153	22	153								
	Punto 4	192	57	149	17	138								
	Punto 5	160	30	137	14	131								
	Punto 6	255	63	195	40	194			40					
	Punto 7	723	575	258	326	120								
Baño Mujeres	Punto 1	425	267	354	214	229			3			32	0.288	
	Punto 2	267	153	289	115	211								
Aula S2A	Punto 1	583	396	602	412	145			9			32	0.864	
	Punto 2	422	289	489	115	136								
Aula S2B	Punto 1	563	357	649	412	145			9			32	0.864	
	Punto 2	422	297	489	296	136								
Aula S2C	Punto 1	640	476	360	82	261			9			32	0.864	
	Punto 2	460	420	190	84	181								
Aula S2D	Punto 1	702	472	460	310	233			9			32	0.864	
	Punto 2	614	425	485	333	227								
Aula S2E	Punto 1	606	385	384	248	206			9			32	0.864	
	Punto 2	548	348	398	239	207								
Aula S2F	Punto 1	260	37	173	4	168			9			32	0.864	
	Punto 2	440	165	225	38	256								
Aula	Punto 1	739	668	748	497	94			9			32	0.864	
	Punto 2	823	670	734	625	136								
Aula de Psicología	Punto 1								4			32	0.384	
	Punto 2													
Fotocopiadora	Punto 1								2			32	0.192	
	Punto 2													
Departamento de Medicina	Punto 1								2			32	0.192	
	Punto 2													
Oficina de Psicología	Punto 1								2			32	0.192	
	Punto 2													
Sala de docentes de Medicina	Punto 1											32	1.44	
	Punto 2													
	Punto 3													
	Punto 4													
	Punto 5								15					
	Punto 6													
	Punto 7													
	Punto 8													
Unidad de Proyección Social	Punto 1											32	0.768	
	Punto 2													
	Punto 3													
	Punto 4								8					
	Punto 5													
	Punto 6													
Aula 1 Medicina									9		32	0.58		
Aula 2 Medicina									8		32	0.77		
											<b>Total</b>	15,36		

Fuente: propia.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Los valores que están presentados en unidades LUX, han sido extraídos de un trabajo de grado realizados por estudiantes egresados de ingeniería industrial, en donde realizaron un estudio de iluminación, efectuando mediciones en tres horarios diferentes: mañana, tarde y noche. Medidos con iluminación artificial (CL) y otros con iluminación natural (SL).



## Consumo de energía eléctrica por iluminaria en el edificio de medicina

En la siguiente tabla se detalla el resumen de consumo eléctrico por iluminación en el edificio de Medicina

Tabla 3.11. Consumo de energía eléctrica por iluminación en edificio de Medicina, 1<sup>er</sup> nivel.

Apagador	Área	Numero de luminarias					Potencia (watts)	Consumo Eléctrico									Consumo Total en kwh al día
		Lámparas				Focos		Mañana			Tarde			Noche			
		1 tubo	2 tubos	3 tubos	4 tubos			Tipo	Hora	kwh	Tipo	Hora	kwh	Tipo	Hora	kwh	
\$a	Pasillo			5			32	Var	2.5	1.2	Var	3.5	1.68	Var	2.5	1.2	4.08
\$b	Pasillo			6			32	Var	2.5	1.44	Var	3.5	2.02	Var	2.5	1.04	4.9
\$c	Pasillo						32	Var		0	Var	3.5	0	Var	2.5	0	0
\$d	Pasillo			1			32	Var	2.5	0.24	Var	3.5	0.34	Var	2.5	0.24	0.82
\$e	Pasillo			3			32	Var	2.5	0.72	Var	3.5	1.01	Var	2.5	0.72	2.45
\$f	Pasillo						32	Var	0	0	Var	0	0	Var	0	0	0
\$g	Pasillo			3			32	Var	2.5	0.72	Var	3.5	1.01	Var	2.5	0.72	2.45
\$h	Pasillo			3			32	Var	2.5	0.72	Var	3.5	1.01	Var	2.5	0.72	2.45
\$i	Pasillo			1			32	Var	2.5	0.24	Var	3.5	0.34	Var	2.5	0.24	0.82
\$j	Pasillo			1			32	Var	2.5	0.24	Var	3.5	0.34	Var	2.5	0.24	0.82
\$k	Pasillo			1			32	Var	2.5	0.24	Var	3.5	0.34	Var	2.5	0.24	0.82
\$l	Pasillo			3			32	Var	2.5	0.72	Var	3.5	1.01	Var	2.5	0.72	2.45
\$m	Pasillo			3			32	Var	2.5	0.72	Var	3.5	1.01	Var	2.5	0.72	2.45
\$n	Pasillo			3			32	Var	2.5	0.72	Var	3.5	1.01	Var	2.5	0.72	2.45
\$o	Pasillo			3			32	Var	2.5	0.72	Var	3.5	1.01	Var	2.5	0.72	2.45
\$p	Pasillo			2			32	Var	2.5	0.48	Var	3.5	0.67	Var	2.5	0.48	1.67
\$q	Pasillo			1			32	Var	2.5	0.24	Var	3.5	0.34	Var	2.5	0.24	0.82
\$r	Baños hombres			1			32			0		3	0.29		1	0.1	0.38
\$s	Baños hombres			2			32			0		3	0.58		1	0.29	0.77
\$t	Aula S1A			6			32	Var	3	1.73	Var	4.5	2.59	Var	2	1.15	5.47
\$u	Aula S1A			6			32	Var	3	1.73	Var	4.5	2.59	Var	2	1.15	5.47
\$v	Aula S1A			3			32	Var	3	0.86	Var	4.5	1.3	Var	2	0.58	2.74
\$w	Aula S1B			5			32	Var	4	1.92	Var	4.5	2.16	Var	2	0.96	5.04
\$x	Aula S1B			5			32	Var	4	1.92	Var	4.5	2.16	Var	2	0.96	5.04
\$y	Aula S1B			5			32	Var	4	1.92	Var	4.5	2.16	Var	2	0.96	5.04
\$z	Aula S1B			5			32	Var	4	1.92	Var	4.5	2.16	Var	2	0.96	5.04
\$aa	Aula S1B			5			32	Var	4	1.92	Var	4.5	2.16	Var	2	0.96	5.04
\$bb	Aula S1C			5			32	Var	2.5	1.2	Var	3.5	1.68	Var	2	0.96	3.84
\$cc	Aula S1C			5			32	Var	2.3	1.2	Var	3.5	1.68	Var	2	0.96	3.84
\$dd	Aula S1C			5			32	Var	2.5	1.2	Var	3.5	1.68	Var	2	0.96	3.84
\$ee	Aula S1C			5			32	Var	2.5	1.2	Var	3.5	1.68	Var	2	0.96	3.84
\$ff	Aula S1C			5			32	Var	2.5	1.2	Var	3.5	1.68	Var	2	0.96	3.84
\$gg	Laboratorio			3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58
\$hh	de			3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58
\$ii	Enfermedades			3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58
\$jj	Transmisibles			3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58

Continua en la siguiente pagina

Continuación de la tabla anterior

\$kk				3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58
\$ll	Laboratorio de Fisiología			3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58
\$mm				3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58
\$nn				3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58
\$oo				3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58
\$pp				3			32			0	Var	2	0.58			0	0.58
\$qq	Laboratorio de Bioquímica			5			32			0	Var	2	0.96			0	0.96
\$rr				5			32			0	Var	2	0.96			0	0.96
\$ss	Laboratorio de Anatomía			3			32	Var	2	0.58			0			0	0.58
\$tt				3			32	Var	2	0.58			0			0	0.58
\$uu				3			32	Var	2	0.58			0			0	0.58
\$vv	Proyección Académica			2			32	Var	1	0.19	Var	3.5	0.67			0	0.86
\$ww	Especiales			2			32	Var	1	0.19	Var	3.5	0.67			0	0.86
\$xx				2			32	Var	1	0.19	Var	3.5	0.67			0	0.86
\$yy	Clínica de Salud			2			32	Var	3.5	0.67	Var	3.5	0.67			0	1.34
\$zz				2			32	Var	3.5	0.67	Var	3.5	0.67			0	1.34
\$aaa				2			32	Var	3.5	0.67	Var	3.5	0.67			0	1.34
\$bbb				2			32	Var	3.5	0.67	Var	3.5	0.67			0	1.34
																<b>Total</b>	106.52

Fuente: Propia.

Tabla 3.12. Consumo de energía eléctrica por iluminación en edificio de Medicina, 2<sup>er</sup> nivel.

Apagador	Área	Numero de luminarias					Potencia (watts)	Consumo Eléctrico									Consumo Total en kwh al día
		Lámparas				Focos		Mañana			Tarde			Noche			
		1 tubo	2 tubos	3 tubos	4 tubos			Tipo	Hora	kwh	Tipo	Hora	kwh	Tipo	Hora	Kwh	
\$a	Pasillo			1			32	Var	0	0	Var	3	0.29	Var	2.5	0.24	0.53
\$b	Pasillo			6			32	Var	0	0	Var	3	1.73	Var	2.5	1.44	3.17
\$c	Pasillo			5			32	Var	0	0	Var	3	1.44	Var	2.5	1.2	2.64
\$d	Pasillo			3			32	Var	0	0	Var	3	0.86	Var	2.5	0.72	1.58
\$e	Pasillo			3			32	Var	0	0	Var	3	0.86	Var	2.5	0.72	1.58
\$f	Pasillo			2			32	Var	0	0	Var	3	0.58	Var	2.5	0.48	1.06
\$g	Pasillo			3			32	Var	0	0	Var	3	0.86	Var	2.5	0.72	1.58
\$h	Pasillo			3			32	Var	0	0	Var	3	0.86	Var	2.5	0.72	1.58
\$i	Pasillo			3			32	Var	0	0	Var	3	0.34	Var	2.5	0.72	1.58
\$j	Pasillo			3			32	Var	0	0	Var	3	0.34	Var	2.5	0.72	1.58
\$k	Pasillo			3			32	Var	0	0	Var	3	0.34	Var	2.5	0.72	1.58
\$l	Pasillo			3			32	Var	0	0	Var	3	1.01	Var	2.5	0.72	1.58
\$m	Baños Mujeres			3			32	Var	0	0	Var	4	1.15	Var	1	0.29	1.44
\$n	Baños Mujeres			2			32	Var	0	0	Var	4	0.77	Var	1	0.19	0.96
\$o	Gradas			3			32							Var	2.5	0.24	0.24
\$p	Aula S2A			3			32	Var	0	0	Var	3	0.86	Var	2	0.58	1.44
\$q				3			32	Var	0	0	Var	3	0.86	Var	2	0.58	1.44
\$r				3			32	Var	0	0		3	0.86	Var	2	0.58	1.44
\$s	Aula S2B			3			32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44

Continúa en la siguiente pagina

Continuación de la tabla anterior

\$t			3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$u			3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$v	Aula S2C		3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$w			3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$x			3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$y			3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$z	Aula S2D		3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$aa			3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$bb			3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$cc	Aula S2E		3		32	Var	0	0	Var	3	2.59	Var	2	0.58	1.44	
\$dd			3		32	Var	0	0	Var	3	2.29	Var	2	0.58	1.44	
\$ee			3		32	Var	1	0.29	Var	3.5	1.01	Var	2	0.58	1.87	
\$ff	Aula S2F		3		32	Var	1	0.29	Var	3.5	1.01	Var	2	0.58	1.87	
\$gg			3		32	Var	1	0.29	Var	3.5	1.01	Var	2	0.58	1.87	
\$hh			3		32	Var	1	0.29	Var	3.5	1.01	Var	2	0.58	1.87	
\$ii			3		32	Var	0	0	Var	0	0	Var	2	0.58	0.58	
\$jj	Aula HD		3		32	Var	0	0	Var	0	0	Var	2	0.58	0.58	
\$kk			3		32	Var	0	0	Var	0	0	Var	2	0.58	0.58	
\$ll		Aula de		2		32	Var	0	0	Var	0	0	Var	0	0	0
\$mm	Psicología		1		32	Var	0	0	Var	0	0	Var	0	0	0	
\$nn	Fotocopiadora		2		32	Var	0	0		0	0		0	0	0	
\$oo	Oficina de Psicología		2		32	Var	4	0.77		3	0.58		0	0	1.34	
\$pp	Departamento de Medicina		6		32	Var	4	2.3		3	1.73		0	0	4.03	
\$qq				4		32	Var	4	1.54		3	1.15		0	0	2.69
\$rr	Sala de docentes de Medicina		6		32	Var	0	0		3	1.73		0	0	1.73	
\$ss				4		32	Var	0	0		3	1.15		0	0	1.15
\$tt				5		32	Var	0	0		3	1.44		0	0	1.44
\$uu	Unidad de Proyeccion Social		2		32	Var	0	0	Var	3	0.58		2.5	0.72	0.58	
\$vv				2		32	Var	0	0	Var	3	0.58		2.5	0.72	0.58
\$ww				2		32	Var	0	0	Var	3	0.58		2.5	0.72	0.58
\$xx				2		32	Var	0	0	Var	3	0.58		2.5	0.72	0.58
\$yy	Aula 1		3		32	Var	0	0		0	0		0	0	0	
\$zz	Habilidades y Destreza		3		32	Var	0	0		0	0		0	0	0	
\$aaa				3		32	Var	0	0		0	0		0	0	0
\$bbb	Aula 2		2		32	Var	0	0		0	0		0	0	0	
\$ccc	Habilidades y Destreza		3		32	Var	0	0		0	0		0	0	0	
\$ddd				3		32	Var	0	0		0	0		0	0	0
													<b>Total</b>		68.2	

Fuente: Propia.

<sup>6</sup> El tiempo de uso de las luminarias instaladas en cada área, han sido extraídos de un trabajo de grado realizados por estudiantes egresados de ingeniería industrial, en donde realizaron una encuesta sobre Cultura Energética para determinar el uso de estas áreas.

### **3.2.1.1.3. Análisis de los datos de sistema de iluminación**

El saber cómo se encuentra las instalaciones del sistema de iluminación es una parte esencial, ya que, mediante a esto es posible identificar fuente de desperdicios de energía, debido a la mala distribución del circuito que contralan las luminarias. El objetivo principal de cada diagnóstico es determinar cuanta energía eléctrica consume cada sistema, y luego identificar el consumo total del edificio para poder proponer el suministro de energía eléctrica más eficiente, pero debido a las problemas encontrados en cada nivel del edificio es necesario proponer soluciones correctivas, que permitan aprovechar la energía eléctrica y reducir el desperdicio que puede ser generado por la mala distribución de los circuitos relacionándolos con las áreas en donde se utiliza.

#### **Problemas de sectorización de circuitos de iluminación**

Uno de los principales problemas del sistema eléctrico actual, es la sectorización inapropiada de los circuitos de iluminación en espacios, como cubículos, aulas, áreas administrativas, entre otros, esto genera que las cargas instaladas en estas áreas no estén dispuestas de forma tal, que no se tengan un accionamiento individual a la hora que se pongan en funcionamiento, ya que un solo apagador acciona varias luminarias. La condición del problema de sectorización se divide según el fin para el que está destinado un espacio.

#### **Problema de sectorización de circuitos de iluminarias en proyección social**

El problema de sectorización es a veces causado por la reubicación e individualización de aéreas específicas, el cual provoca que las luminarias instaladas no se puedan apagar en forma individual. Ejemplo de ello es cuando varios cubículos u oficinas son controlados mediante el

mismo apagador y solo uno de estos está ocupado, por lo cual se incurre a desperdicios de energía en los que no estén siendo utilizados.

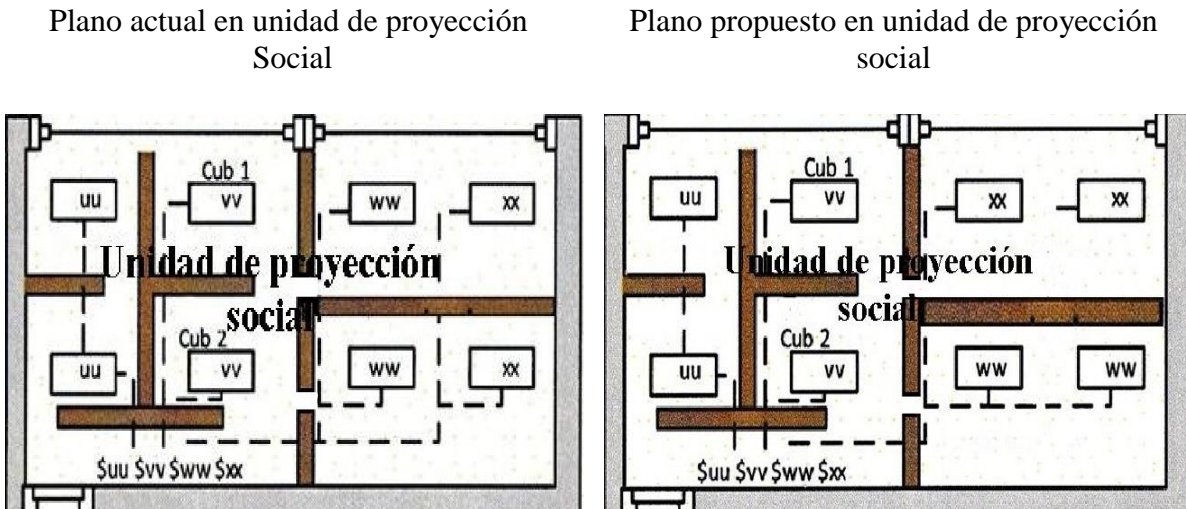


Figura 3.4. Problema de sectorización del circuito.  
Fuente: propia

En la figura 3.4. Se visualiza el problema de sectorización de circuito de luminarias en la unidad de proyección social, específicamente en los circuitos que son controlados por los apagadores \$ww y \$xx, estos dos apagadores controlan dos áreas distintas debido a la individualización de espacio, el problema que se da es que tanto el circuito \$ww como el circuito \$xx controlan dos luminarias como se aprecia en el plano actual, pero una luminaria se encuentra en la sala de defensa y la otra en el taller de arte y cultura, que se encuentra continuo a ella, lo cual genera que cuando una sola sala este ocupada, entonces se desperdicia la iluminación de la sala continua que no está ocupada; con el plano propuesto se lograra controlar cada sala con la intervención de un solo apagador específico.

En el plano propuesto no se incurriría a agregar ningún otro apagador, es suficiente únicamente con la reubicación del circuito eléctrico, de esta manera se estaría ahorrando la mitad de la energía eléctrica en el caso que solo un salón este siendo utilizado.

### Problema de sectorización de circuitos de iluminarias en cubículos

Para el caso de los cubículos el problema de sectorización encontrado es más crítico, ya que el apagador controla varias luminarias que están ubicada en cada cubículo generando un desperdicio de energía mucho mayor al que se está utilizando. Para observar el problema con mayor detalle se muestra la figura 3.5. En donde se visualiza la situación actual.

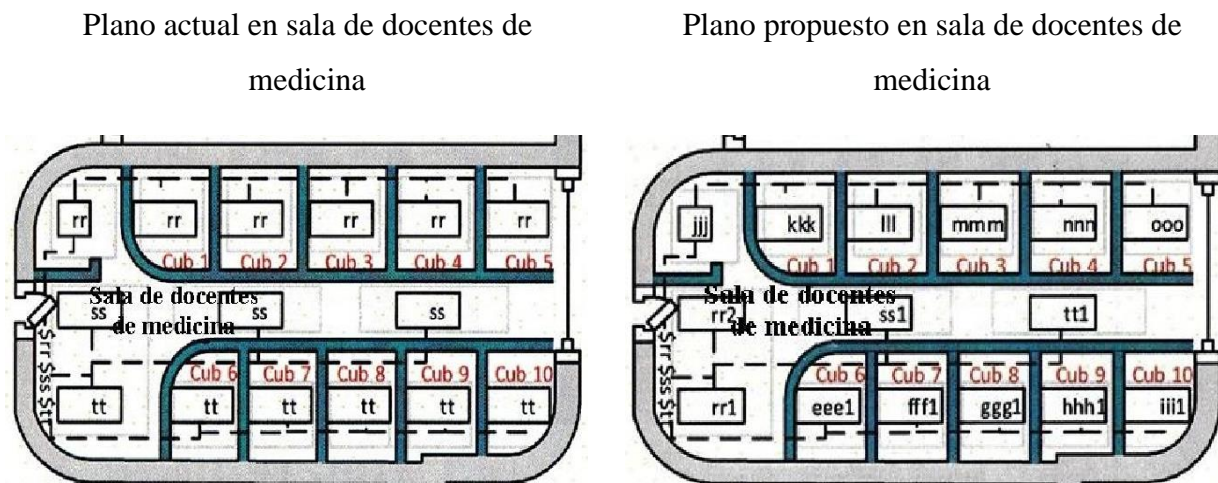


Figura 3.5. Problema de sectorización del circuito.  
Fuente: propia

En la figura 3.5. Se visualiza el problema de sectorización de circuitos de luminarias en la sala de docentes de medicina, Cada uno de los diez cubículos tiene a disposición una luminaria, pero son controladas desde los apagadores \$rr que controlan las luminarias en cinco cubículos (cubículo 1, cubículo 2, cubículo 3, cubículo 4, cubículo 5) de manera simultánea y el apagador \$tt controlas las luminarias de los restantes cinco cubículos (cubículo 6, cubículo 7, cubículo 8,

cubículo 9, cubículo 10) de manera simultánea, cuando deberían ser controlados individualmente como se visualiza en el plano propuesto.

En el plano propuesto se incurriría a agregar diez apagadores más, pero el problema de desperdicio de energía sería solucionado, ya que se puede llegar a un extremo que los dos apagadores estén encendidos, haciendo que los diez cubículos estén iluminados; y solo un cubículo del apagador **\$rr** y uno del apagador **\$tt** estén ocupado por docente, esto desperdiciaría la iluminación de los ochos cubículos restantes que no están ocupado por docentes.

### Problema de sectorización de circuitos de iluminarias en aulas

Uno de los factores que forman parte del problema de sectorización, es el sobrecargo de control de luminarias por un apagador, esto impide el control específico de sectores que no estén siendo utilizados o que no necesiten luz artificial en momentos específico del día.

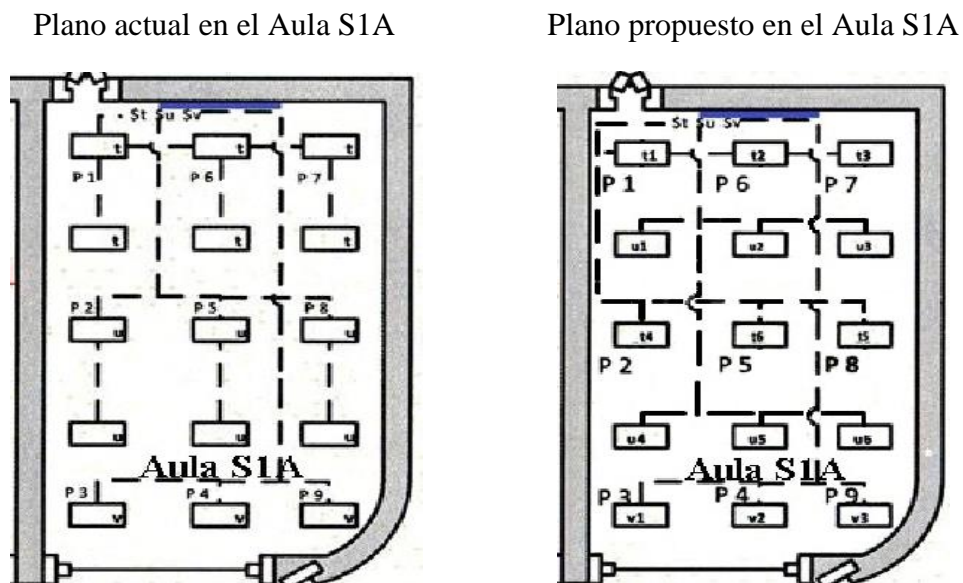


Figura 3.6. Problema de sectorización del circuito.  
Fuente: propia

En el caso de las aulas, el problema de sectorización de circuitos de luminarias está ligado al uso del aula respecto a los circuitos de iluminación. La idea es la siguiente, cuando el aula se utiliza al 100% de su capacidad se necesita el 100% de iluminación, pero teniendo en cuenta en qué momento del día, en el caso en que la luz natural es aprovechada y no es necesario utilizar el 100% de iluminación, es suficiente utilizar un % adecuado de luminarias distribuida equitativamente por toda el aula, lo cual se logra con un control eficiente de los distintos sectores.

Se puede visualizar en el caso del Aula S1A que posee 15 luminarias controladas desde tres apagadores, lo cual no genera sobrecargo en los circuitos, pero se tiende a controlar sectores grandes con un solo apagador. En el caso del plano actual del Aula S1A se puede visualizar que el apagador \$t controla las primeras seis luminarias, el apagar \$u controla las siguientes seis luminarias y el apagador \$v controlan las tres restantes, el problema surge durante el día ya que el aula en su mayorías está al 100 % de su capacidad y por motivos de la iluminación natural no necesita el 100% de iluminación artificial, pero debido a las distribución de los circuitos no se puede utilizar pequeños sectores por todo el aula generando la utilización del 100%.

En el plano propuesto no se incurre agregar otro apagador debido a la dificultad que se tendría, la idea es distribuir las luminarias controladas por el pagador \$t y \$u estratégicamente de manera que cada apagador individual pueda controlar dos zonas específicas y con el apagador \$v controlar el sector del fondo el cual es iluminado por la luz natura. De esta manera se podrá iluminar toda el Aula S1A con el 60% de iluminación al encender únicamente los apagadores \$t y \$v distribuidos por toda el aula en sectores equitativos.



### **3.2.1.2. DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE OFIMÁTICA DEL EDIFICIO DE MEDICINA**

Este diagnóstico investiga el consumo eléctrico generado en el edificio de medicina por todo el equipo de ofimática instalado. Este diagnóstico permite relacionar el tiempo que se utiliza el equipo con la eficiencia para obtener el consumo total del edificio en un día generado por este sistema y medido en kwh.

En el diagnóstico del sistema de equipo ofimático se cuantifica el consumo eléctrico de cada computadora, impresora, fotocopidora, entre otros que se utilizan en oficinas. Es importante realizar este diagnóstico de estos equipos para cada nivel del edificio, posteriormente realizar las debidas comparaciones con el Subtablero de tomas de cada nivel del edificio detallado en el diagnóstico de medición directa, con el objetivo de tener los datos más exactos y realizar la propuesta que mejor se adapte a la situación encontrada.

En este diagnóstico solo se analiza la instalación eléctrica-Electrónica del equipo en el edificio, ya que la instalación estructural de este y su diseño no condiciona el consumo de electricidad del sistema de equipo ofimático. Como es costumbre ya, el diagnostico se presenta en tres etapas para una mejor organización. Estos son:

- Descripción del sistema del equipo ofimático
- Presentación de datos del sistema de equipo ofimático
- Análisis de datos de equipo ofimático

Se desarrolla cada una de las etapas del diagnóstico a continuación.

### **3.2.2.1. Descripción del sistema ofimático**

El sistema ofimático se refiere a todo el equipo eléctrico y electrónico utilizado para desarrollar actividades de oficinas. Este equipo en su mayoría está conformado por computadora, impresora, UPS`s y fotocopiadoras; pero también se incluyen cafeteras, ventiladores, oasis entre otros que se utilizan en oficinas, se incluyen también sistemas de equipos que se utilizan en los laboratorios, Hielera, incubadoras y equipo baño maría que son utilizados en las practicas realizadas en los laboratorios que está ubicado en el primer nivel del edificio.

El objetivo de este diagnóstico es describir el consumo de energía de las instalaciones de equipo ofimático en kilowatt-hora (kwh). Para obtenerlo se investiga la carga en kilowatt (kw) que representa el equipo instalado y el tiempo de utilización (h) que se utiliza en un día promedio, la combinación de ambos proporciona el consumo de energía. La carga en kw se proporciona de la etiqueta de especificaciones técnicas de la fabricante colocada en cada equipo, en ocasiones la etiqueta se encuentra en unidades diferentes de potencia o se encuentra expresada en términos de corriente (amperios) y voltaje (Volts).

En el edificio de medicina se encuentran pocos equipos de ofimática para el uso de oficina, en su mayoría los equipos que demanda mayor consume de energía eléctrica, son los equipos de laboratorio, en donde se encuentran refrigeradoras, incubadoras y equipo de baño maría. Es necesario contabilizar el consumo de electricidad de cada aparato, cuantificándolo con el procedimiento anterior descrito; así lograr visualizar cuanta energía gasta este sistema.

Al concluir con el censo de consumo eléctrico y realizar comparaciones con las gráficas de los subtableros de toma realizado en el diagnóstico de medición directa, se puede observar la

variación del uso de estos equipos durante un día completo, determinar los instantes en donde se utiliza con más frecuencia estos equipos.

Se debe considerarse que los aparatos varían el consumo teórico que indican las especificaciones dependiendo del estado en la que se encuentre y en las condiciones en que operen. Es decir, un aparato en mal estado y muy viejo rinde menos que un nuevo y por lo tanto va consumir más de lo que indica sus especificaciones. La información presentada en las siguientes tablas resume el consumo de electricidad obtenida en el edificio de medicina con respecto al Sistema Ofimática.

#### **3.2.2.2. Presentación de datos de Sistema ofimático**

Se presenta el consumo de energía eléctrica obtenido en el edificio de medicina de la Universidad de El Salvador, Este fue determinado a través de medición indirecta teniendo en cuenta el procedimiento descrito anteriormente, donde se calcula el consumo eléctrico según la información de potencia eléctrica obtenido de las especificaciones técnicas del fabricante y considerando la información del tiempo de uso en horas de todo el equipo utilizado en el edificio.

Los datos de consumo eléctrico se presentan en las tablas desde 3.12 hasta la tabla 3.19, cada tabla representa un área del edificio. A continuación, se hace una descripción general de las tablas que presentan los datos.

Equipo	Carga		Cantidad	Carga Instalada Kw	Rendimiento del Equipo	Especificaciones del equipo		Horas de Uso aproximado	Consumo en KWh al día
	Amperios	watts				Amperios	Watts		
Monitor LCD	1.5		2	0.33	85%	1.275		5	1.40
CPU	7		2	1.54	78%	5.46		5	6.00
UPS	1.06		2	0.23	90%	0.954		5	1.04

Figura 3.7. Descripción de la tabla del consumo eléctrico por equipo de oficina  
Fuente: Propia

- 1) La columna 1 hace referencia al tipo de equipo ofimático instalado en cada área.
- 2) La columna 2 manifiesta el cargo eléctrico que representa cada equipo de oficina instalado, este se detalla en corriente eléctrica (Amperios) o potencia eléctrica (watts) depende de la etiqueta de especificaciones del equipo.
- 3) La columna 3 detalla la cantidad de cada tipo de equipo instalado en el edificio
- 4) La columna 4 hace manifiesto a la cantidad de carga instalada en kilowatts (kw). Resultado de multiplicar la corriente (amperios) de la columna 2 por un voltaje de trabajo de 110 volts, dividiendo dicho resultado entre mil.
- 5) La columna 5 manifiesta el rendimiento promedio del equipo. Ya que los equipos electrónicos no trabajan al 100% de la capacidad especificada por el fabricante, si no a capacidad menor.
- 6) La columna 6 precisa el rendimiento promedio del equipo, pero ahora como carga eléctrica en unidad de corriente (amperios) o potencia eléctrica (watts).

7) La columna 7 detalla las horas de uso promedio de cada equipo de oficina.

8) La columna 8 presenta el consumo de energía eléctrica. Es el resultado de multiplicar la columna 4, 5 y 7, medidas en (kwh).

Tabla 3.13. Consumo eléctrico por ofimático en el departamento de medicina

Equipo	Carga		Cantidad	Carga Instalada Kw	Rendimiento del Equipo	Especificaciones del equipo		Horas de Uso aproximado	Consumo en KWh al día
	Amperios	watts				Amperios	Watts		
Monitor LCD	1.5		2	0.33	85%	1.275		5	1.40
CPU	7		2	1.54	78%	5.46		5	6.00
UPS	1.06		2	0.23	90%	0.954		5	1.04
Impresora	9.52		1	1.05	63%	6		0.2	0.13
Cafetería		109	1	0.11	100%		109	1	0.11
<b>Carga total</b>				<b>3.26</b>	<b>Consumo total</b>				<b>8.68</b>

Fuente: Propia

Tabla 3.14. Consumo eléctrico por ofimático en sala de docentes de medicina

Equipo	Carga		Cantidad	Carga Instalada Kw	Rendimiento del Equipo	Especificaciones del equipo		Horas de Uso aproximado	Consumo en KWh al día
	Amperios	watts				Amperios	Watts		
Cañón	2.8		2	0.62	100%	2.8		2	1.24
Leptón	1.7		4	0.75	100%	100%		2	1.5
Monitor LCD	1.5		7	1.16	85%	1.275		2.1	2.01
CPU	7		7	5.39	78%	5.46		2.1	8.83
UPS	1.06		7	0.82	90%	0.954		2.1	1.55
Impresora	9.58		2	2.11	63%	6		0.2	0.27
<b>Carga total</b>				<b>10.85</b>	<b>Consumo total</b>				<b>15.40</b>

Fuente: Propia

Tabla 3.15. Consumo eléctrico por ofimático en Proyección Social

Equipo	Carga		Cantidad	Carga Instalada Kw	Rendimiento del Equipo	Especificaciones del equipo		Horas de Uso aproximado	Consumo en KWh al día
	Amperios	watts				Amperios	Watts		
Monitor CRT	1.2		2	0.26	85%	1.02		2.1	0.46
CPU	7		2	1.54	78%	5.45		2.1	2.52
UPS	1.06		2	0.23	100%	1.06		2.1	0.48
Monitor LCD	1.5		4	0.66	85%	1.28		2.1	1.18
CPU	7		4	3.08	78%	5.46		2.1	0.89
UPS	1.06		4	0.47	90%	0.95		2.1	0.89
Oasis	5.5		1	0.61	100%	5.5		4	2.44
Cafeterías	8.73		2	1.92	100%	8.73		4	7.68
Ventilador		45	3	0.14	100%		45	2.5	0.35
Carga total				8.91	Consumo total				16.89

Fuente: Propia

Tabla 3.16. Consumo eléctrico por ofimático en proyección académica especiales

Equipo	Carga		Cantidad	Carga Instalada Kw	Rendimiento del Equipo	Especificaciones del equipo		Horas de Uso aproximado	Consumo en KWh al día
	Amperios	watts				Amperios	Watts		
Leptón	1.7		1	0.19	100%	1.7		3	0.57
Ventilador		4.5	1	0.05	100%		4.5	3	0.15
Oasis	5.5		1	0.61	100%	5.5		4	2.44
Monitor LCD	1.5		3	0.5	85%	1.28		5	2.13
CPU	7		3	2.31	78%	5.46		5	9.01
UPS	1.06		3	0.35	90%	0.95		5	1.58
Fotocopiadora	4.6		1	0.51	100%	4.6		0.5	0.26
Impresora	9.58		1	1.05	73%	7		0.2	0.15
Carga total				5.57	Consumo total				16.29

Fuente: Propia

Tabla 3.17. Consumo eléctrico por ofimático en el laboratorio de Enfermedades transmisibles

Equipo	Carga		Cantidad	Carga Instalada Kw	Rendimiento del Equipo	Especificaciones del equipo		Horas de Uso aproximado	Consumo en KWh al día
	Amperios	watts				Amperios	Watts		
Refrigeradora		370 Kwh/año	1	1.01	100%		370 Kwh/año		1.01
Refrigeradora		370 Kwh/año	1	1.12	100%		370 Kwh/año		1.12
Incubadora	5		2	1.10	100%	5		0.0027	0.00279
Equipo baño maría	6		1	0.66	100%	6		1	0.66
Carga total				3.89	Consumo total				2.70

Fuente: Propia

Tabla 3.18. Consumo eléctrico por ofimático en el laboratorio de Bioquímica

Equipo	Carga		Cantidad	Carga Instalada Kw	Rendimiento del Equipo	Especificaciones del equipo		Horas de Uso aproximado	Consumo en KWh al día
	Amperios	watts				Amperios	Watts		
Refrigeradora		425 Kwh/año	1	1.06	100%		425 Kwh/año		1.01
Equipo baño maría	6		2	1.32	100%			1	1.32
Hielera		600	1	0.60	100%		600	8	4.80
Carga total				2.98	Consumo total				7.13

Fuente: Propia

Tabla 3.19. Consumo eléctrico por ofimático en el laboratorio de Bioquímica

Equipo	Carga		Cantidad	Carga Instalada Kw	Rendimiento del Equipo	Especificaciones del equipo		Horas de Uso aproximado	Consumo en KWh al día
	Amperios	watts				Amperios	Watts		
Hielera		600	1	0.60	100%		600	8	4.80
Carga total				0.6	Consumo total				4.8

Fuente: Propia

Tabla 3.20. Consumo eléctrico por ofimático en clínica

Equipo	Carga		Cantidad	Carga Instalada Kw	Rendimiento del Equipo	Especificaciones del equipo		Horas de Uso aproximado	Consumo en KWh al día
	Amperios	watts				Amperios	Watts		
Monitor LCD	1.5		1	0.17	85%	1.275		5	0.70
CPU	7		1	0.77	78%	5.46		5	3.00
UPS	1.06		1	0.35	90%	0.95		5	1.58
Impresora	9.4		1	1.03	52%	4.89		0.2	0.11
Ventilador		45	1	0.05	100%		45%	4	0.2
<b>Carga total</b>				<b>2.37</b>	<b>Consumo total</b>				<b>5.59</b>

Fuente: Propia

### 3.2.2.3. Análisis del Sistema de Ofimático

Ahora se analizan los datos presentados en las tablas anteriores en combinación con información obtenidas en otros diagnósticos, como; El diagnóstico realizado a través de medición directa, El propósito de comparar ambos resultados es ver la concordancia y la similitud que existen entre ambos resultados, cabe destacar que el diagnóstico a través de medición directa se realizó obteniendo resultados considerando el sistema de luminaria, sistema de ofimático y el sistema de climatización. De esta manera nos permite analizar específicamente solo el sistema ofimático de ambos diagnósticos.

La segunda etapa del diagnóstico del sistema ofimático, es la presentación de datos la cual se detallaron por una serie de tablas descritas anteriormente. Cada tabla manifiesta un sector específico del edificio de medicina, detallando todo el equipo ofimático que se utiliza con sus respectivas especificaciones de fábrica, al concluir con el diagnóstico se obtuvieron los datos presentados en la tabla 3.20, donde se describe el total de carga instalada (kw) y el consumo eléctrico en (kwh) correspondiente al consumo ofimático de todo el edificio en un día.



Tabla 3.21. Consumo eléctrico por ofimático en el edificio de medicina

Área	Carga instalada en kw por área	Consumo eléctrico en kwh por área
Departamento de medicina	3.26	8.68
Sala de docentes de medicina	10.40	15.40
Proyección social	8.91	16.89
Proyección académica especiales	5.57	16.29
Enfermedades transmisibles	3.89	2.70
Laboratorio de bioquímica	2.98	7.13
Laboratorio de fisiología	0.6	4.80
Clínica	2.37	5.59
<b>Total</b>	<b>37.98</b>	<b>77.48</b>

Fuente: Propia

Al comparar los resultados obtenidos del sistema ofimático tanto del diagnóstico de medición directa, representada por la gráfica 3.8, y tabla 3.8, con el diagnóstico de medición indirecta representada por la tabla 3.21, se puede observar que el consumo demandado en el diagnóstico de medición directa es bajo con respecto al consumo de energía determinado en el diagnóstico indirecto, aunque la demanda en cada hora solo representa un consumo de voltaje en un instante, por lo cual no se considera acumulativo, pero el mayor consumo de energía se realiza durante el día, esto queda demostrado ya que la demanda máxima de este sistema se registró a las 10 a.m. y obtenida en la medición realizada el 5 de abril del año 2017.

Cada diagnóstico de medición indirecta de las instalaciones Eléctricas-Electrónicas que representa un sistema de consumo, es la base principal para determinar el consumo de energía total del edificio, ya que, ese es el principal objetivo del diagnóstico de medición indirecta, debido a que, no se cuenta con un medidor que indique cuanta es la energía que se consume en un día laboral.

### **3.2.2.4. DIAGNÒSTICO DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÒN**

La climatización de las distintas aéreas del edificio de medicina se realiza con el objetivo del buen funcionamiento de las instalaciones y las maquinarias allí empleadas, la conservación de los materiales empleados y la obtención de un buen resultado en el trabajo de impresión. El diagnostico consiste en medir el consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina de la UES-FMOcc demandado por el sistema de climatización. La realización eficiente de este diagnóstico es de vital importancia para determinar el consumo de energía eléctrica total generado por el edificio, ya que el sistema de climatización es uno de las fuentes que mayor consumo de energía utiliza para su funcionamiento.

Con la obtención de información extraídos de una tesis realizada por estudiantes egresados de la carrera de ingeniería industrial, se presentan datos en donde se estudió el acondicionamiento climático natural e artificial del edificio de medicina de la UES-FMOcc, con el objetivo de diagnosticar como es el funcionamiento de este sistema y además de obtener el consumo de energía electica, el cual genera este sistema en un día completo relacionándolo con el horario de utilización el cual se logró obtener al realizar el diagnóstico de medición directa. Como ya es costumbre el diagnostico se organizan en tres etapas para una descripción, se mencionan en seguida.

- Descripción del sistema de climatización
- Presentación de datos del sistema de climatización
- Análisis de datos del sistema de climatización

Sin nada más que agregar, se comienza con la descripción del sistema de climatización instalados en el edificio.

### **3.2.3.3.1. Descripción del sistema de climatización**

El sistema de climatización artificial puede ser del modo de calefacción (invierno) o del modo de refrigeración (verano), dependiendo si se desea aumentar o disminuir respectivamente, la temperatura del edificio para colocarla en una temperatura confortable para el ser humano, que por lo general esta ronda entre el intervalo de 23 a 26°C (INSHT, 2015, p.14). La ubicación geográfica de El salvador, permite que el clima tanto en invierno como en verano son muy similares causa principal de que debe instalarse en el edificio solo un modo de climatización artificial, el cual corresponde al de refrigeración.


El clima en la ciudad de Santa Ana, El Salvador; ronde un máximo de 33 °C durante los meses más cálidos y una mínima de 16°C durante los meses cálidos, los cuales no son tan frio para utilizar un sistema de calefacción. El sistema de aire acondicionado solo está instalado en algunas áreas del edificio, específicamente en la unidad de proyección social, jefatura y sala de docentes de medicina, lo cual resulta ser un privilegio para algunos empleados y sala de conferencia, y una necesidad en algunas laboratorios e instituciones que mantienen equipos electrónicos a temperatura especificadas por el fabricante, para garantizar el estado del buen funcionamiento.

#### **3.2.2.3.1.1. Característica del equipo de aire acondicionado instalado**

En el edificio de medicina de la UES FMOcc hay instalado un Sistema de Climatización mediante aire acondicionado tipo mono-Split, que abastece a la unidad de proyección social como la jefatura y sala de docentes de medicina. Las especificaciones técnicas del fabricante en los aires acondicionados según las viñetas de las unidades instaladas se describen a continuación.

Tabla 3.22. Especificaciones técnicas: Aire acondicionado marca: YORK, modelo: HABA-T060SA.


Aire acondicionado marca		York	Modelo	HABA – T060SA
Unidad exterior			Unidad	Magnitud
	Capacidad de refrigeración		TR	5
	Capacidad mínima de circuito		A	21.3
	Capacidad máxima circuito		A	35
	Fuente de alimentación		V/PH/Hz	208/230-3-60
	Compresor	Alimentación	V/PH/Hz	208/230-3-60
		Corriente funcionamiento	A	16
		Corriente de arranque	A	125
	Ventilador	Alimentación	V/PH/Hz	208/230-3-60
		Corriente funcionamiento	A	1.3
Potencia de arranque		HP	1/4	
Velocidad nominal		RPM	850	



Fuente: Viñeta de fabricante

Tabla 3.23. Especificaciones técnicas: Aire acondicionado marca: YORK, modelo: H4RA36S06A.

Aire acondicionado marca		York	Modelo	HABA – T060SA
Unidad exterior			Unidad	Magnitud
	Capacidad de refrigeración		TR	3
	Capacidad mínima de circuito		A	21.3
	Capacidad máxima circuito		A	35
	Fuente de alimentación		V/PH/Hz	208/230-3-60
	Compresor	Alimentación	V/PH/Hz	208/230-3-60
		Corriente funcionamiento	A	16.75
		Corriente de arranque	A	87
	Ventilador	Alimentación	V/PH/Hz	208/230-3-60
		Corriente funcionamiento	A	1.3
Potencia de arranque		HP	1/4	
Velocidad nominal		RPM	850	



Fuente: Viñeta de fabricante

8 La unidad TR (Tonelada de refrigeración) es una unidad de potencia equivalente a 12000 BTU/hrs o 3517 Watt, la unidad A (Ampere) es unidad de corriente, las unidades V/PH/Hz son Voltaje/número de fases/frecuencia eléctrica, la unidad HP significa Horse Power (Caballo de potencia) y RPM es Revoluciones Por Minutos

Las antigüedades de las unidades utilizadas se observan en el deterioro de las viñetas de especificaciones técnicas, pero el funcionamiento de cada unidad es normal. El mantenimiento de cada aire acondicionado es externo licitado cada año, sin embargo, se realizan intervenciones preventivas y correctivas por la unidad de mantenimiento de la facultad.

A continuación, se presentan la demanda térmica del edificio de medicina de la UES-FMOcc, con el objetivo de verificar que el equipo de aire acondicionado instalado cumple la demanda térmica o se encuentra en condiciones de sub-demandado o sobre-demandado.

### **3.2.2.3.1.2. Características de temperatura climatológica en la localización del edificio y características de temperatura de operación del edificio**

Las condiciones interiores del edificio definen las condiciones de operación del inmueble y las condiciones exteriores del edificio definen las condiciones climatológicas.

#### ➤ *Características de temperatura de operación del edificio*

Para las condiciones exteriores de diseño se toma en cuenta las normas técnicas de edificación que fijan la temperatura de operación del sistema climatizado para las especificaciones tanto del verano como invierno, sobre las cuales las personas se sienten en un ambiente confortable sin sentir frío ni calor. Estas son las siguientes.

Tabla 3.24. Temperatura de confort para las estaciones de invierno y verano

Estación	Temperatura operativa (°C)
Invierno	21-23
Verano	23-25

Fuente: Instituto Nacional de seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

➤ *Características climatológicas de la localización del edificio*

Las condiciones exteriores para el cálculo de cargas son las condiciones climáticas de la zona donde se encuentra ubicada la UES-FMOcc, en consecuencia, se utiliza la temperatura máxima y mínima extrema percibidas durante el año en el municipio de Santa Ana, El Salvador.

Según datos climatológicos y geográficos obtenidos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN, 2013) brindando los siguientes datos del municipio de Santa Ana.

Tabla 3.25. Datos climatológicos y geográficos de la ciudad de Santa Ana, El Salvador.

Ubicación geográfica		Temperatura	
Latitud	Norte 13° 58.6'	Máxima	33 °C
Longitud	Oeste 89° 34.2'	Promedio	24 °C
Elevación	725 msnm	Mínima	16 °C

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

En la facultad únicamente existe sistema de climatización de tipo de refrigeración debido al clima cálido característico de la zona, ya que, durante los periodos más frío el clima no sobrepasa la temperatura mínima que ronda los 16°C, el cual no justifica instalar un sistema de calefacción. En consecuencia, se señalan solamente las condiciones de diseño para el sistema de refrigeración.

Tabla 3.26. Datos climatológicos y geográficos de la ciudad de Santa Ana, El Salvador.

Temperatura exterior ( $T_{ext}$ )	32°C
Temperatura interior ( $T_{int}$ )	24°C

Fuente: Propia

### **3.2.2.3.1.3. Característica de transmisión térmica en la envolvente del edificio**

La transmisión térmica de un edificio consiste en el intercambio de calor que produce entre los espacios interiores habitables y el ambiente exterior a través de su envolvente térmica. Dicha envolvente se define por el techo, el suelo, las paredes, las ventanas y las puertas que según las características de los materiales de construcción tienen diferente característica de transmisión térmica (Cantidad de energía transmitida a través de cada cerramiento por unidad de superficie). Entre mayor sea el valor de transmisión térmica en los cerramientos, más energía se transmite al interior del espacio climatizado proveniente del ambiente exterior.

El edificio de medicina de la UES-FMOcc cuenta con aire acondicionado para climatizar ciertos lugares, específicamente la unidad de proyección social, jefatura y sala de docentes de medicina. La característica térmica del edificio en sus materiales de construcción es de vital importancia al momento de instalar el aire acondicionado. Si el edificio permite una alta transferencia de energía térmica a través de su envoltura, esto significa que se instale un aire acondicionado de mayor potencia de refrigeración y con consumo de energía eléctrica mayor. Caso contrario se da si el cerramiento del edificio permite una baja transmisión térmica, la capacidad de refrigeración en los aires acondicionados en este caso puede ser de menor potencia de refrigeración y de menor consumo eléctrico.

Para verificar si la transmisión térmica en los cerramientos de la envolvente de un edificio es alta, existen normativas técnicas constructivas en cada país que rigen los valores máximos; este límite permite decir si un edificio es energéticamente eficiente. El Salvador no cuenta con esta normativa por lo cual no se sabe si el edificio de medicina es eficiente energéticamente. Se procede a presentar los datos obtenidos de la transmisión térmica de los cerramientos de edificio.

Tabla 3.27. Transmisión térmica en cerramiento del edificio de Medicina.

Pared exterior	Capa	Espesor	Conductividad	Resistencia
		e(m)	$\lambda$ (W/m.K)	$R_i$ (m <sup>2</sup> . K/M)
	Resistencia superficial exterior			0.040
	Bloque de hormigón	0.2	0.56	0.357
	Resistencia superficial interior			0.130
Resistencia Total				0.527
<b>Transmisión térmica Total(W/m<sup>2</sup>.K)</b>				<b>1.898</b>

Pared interior	Capa	Espesor	Conductividad	Resistencia
		e(m)	$\lambda$ (W/m.K)	$R_i$ (m <sup>2</sup> . K/M)
	Resistencia superficial exterior			0.130
	Bloque de hormigón	0.2	0.56	0.357
	Resistencia superficial interior			0.130
Resistencia Total				0.617
<b>Transmisión térmica Total(W/m<sup>2</sup>.K)</b>				<b>1.621</b>

Techo	Capa	Espesor	Conductividad	Resistencia
		e(m)	$\lambda$ (W/m.K)	$R_i$ (m <sup>2</sup> . K/M)
	Resistencia superficial exterior			0.040
	Lamina de acero	0.005	58.0	0.0010
	Cámara de aire sin ventilador	0.25		0.160
	Panel de yeso (Cielo falso)	0.01	0.81	0.012
	Resistencia superficial interior			0.100
Resistencia Total				0.3121
<b>Transmisión térmica Total(W/m<sup>2</sup>.K)</b>				<b>1.898</b>

Suelo	Capa	Espesor	Conductividad	Resistencia
		e(m)	$\lambda$ (W/m.K)	$R_i$ (m <sup>2</sup> . K/M)
	Resistencia superficial exterior			0.170
	Bloque hueco hormigón	0.2	0.56	0.357
	Revestimiento de hormigón armado	0.15	1.63	0.092
	Resistencia superficial interior			0.170
Resistencia Total				0.789
<b>Transmisión térmica Total(W/m<sup>2</sup>.K)</b>				<b>1.267</b>

Ventanas	Capa	Espesor	Conductividad	Resistencia
		e(m)	$\lambda$ (W/m.K)	$R_i$ (m <sup>2</sup> . K/M)
	Resistencia superficial exterior			0.040
	Bloque de hormigón	0.005	0.95	0.005
	Resistencia superficial interior			0.130
Resistencia Total				0.175
<b>Transmisión térmica Total(W/m<sup>2</sup>.K)</b>				<b>5.714</b>

Puertas	Capa	Espesor	Conductividad	Resistencia
		e(m)	$\lambda$ (W/m.K)	$R_i$ (m <sup>2</sup> . K/M)
	Resistencia superficial exterior			0.040
	Revestimiento de madera	0.01	0.15	0.067
	Cámara de aire sin ventilar	0.02		0.160
	Revestimiento de madera	0.01	0.15	0.067
	Resistencia superficial interior			0.130
Resistencia Total				0.464
<b>Transmisión térmica Total(W/m<sup>2</sup>.K)</b>				<b>1.898</b>

Fuente: Propuesta de plan de ahorro del consumo de energía eléctrica en la UES-FMOcc.



### **3.2.2.3.2. Presentación de los datos del sistema de climatización**

Se presenta en seguida los datos obtenidos en la investigación del sistema de climatización empleado en el edificio de medicina de la UES-FMOcc. Se presentan los datos de la demanda térmica de cada espacio climatizado, unidad de proyección social, jefatura y sala de docentes de medicina; este dato es importante pues la demanda térmica define la capacidad de refrigeración del aire acondicionado que debe instalarse. La capacidad de refrigeración de cada aire acondicionado es el segundo dato presentado; este es importante porque define el consumo de energía del equipo instalado. El consumo de energía es el último dato presentado, este queda definido por la potencia del equipo y el tiempo de utilización que fue determinado al realizar el diagnóstico de medición directa.

#### **3.2.2.3.2.1. Demanda térmica en el edificio de medicina**

La demanda térmica de un edificio para un Sistema de Climatización en modo de refrigeración, es la cantidad de energía que el equipo climatizado debe de extraer en forma de calor del edificio para mantener una temperatura confort que se encuentre entre 23 y 24°C. La demanda térmica de un edificio la representa la energía transferida a este por varios mecanismos en un tiempo determinado, estos mecanismos son: Carga térmica por transmisión con el ambiente exterior ( $Q_{tran}$ ), Carga térmica por renovación de aire ( $Q_{renv}$ ), Carga por infiltración de aire ( $Q_{inft}$ ), Carga térmica por persona ( $Q_{pern}$ ), Carga térmica por radiación solar ( $Q_{rad}$ ) y Carga térmica por equipo electrónico ( $Q_{eqpo}$ ); Sin más que agregar, la demanda térmica de cada uno mencionadas anteriormente se presentan en las siguientes tablas para el Sistema de Climatización en modo refrigeración en el edificio de medicina de la UES-FMOcc.

## Demanda térmica en las unidades del edificio de Medicina

Tabla 3.28. Transmisión térmica en cerramiento del edificio de Medicina.

CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERACION					
EDIFICIO DE MEDICINA: DEPTO. MEDICINA (Jefatura y sala de docentes)					
Condiciones del calculo			Descripción de edificio o unidad		
Temperatura exterior $T_e$ (°C)	Temperatura interior $T_i$ (°C)	Diferencia $\Delta T$ (°C)	Se agrupa la jefatura de Medicina y sala de docentes, por motivo de no encontrarse térmicamente aisladas una con la otra.		
32	24	8			
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie del cerramientos ( $m^2$ )	Coeficiente de transmisión térmica ( $W/m^2\text{°C}$ )	$\Delta T$ (°C)	Carga de refrigeración	
				W	KW
Pared exterior	55.20	1.898	8	839.00	0.839
Pared interior	17.55	1.621	8	228.00	0.228
Techo	72.00	3.204	8	1848.0	1.848
Suelo	72.00	1.267	8	730.00	0.730
Ventanas	6.300	5.714	8	288.00	0.288
Puertas	6.300	2.155	8	104.00	0.104
<b>Total de Transmisión con el ambiente exterior (<math>Q_{inf}</math>)</b>					<b>4.037</b>
Renovación del aire e infiltración del aire	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorífica del aire (J/Kg.K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de refrigeración	
				W	KW
Renovación	0.086	1000	8	688	0.688
Infiltración (25% Renv)	0.0215	1000	8	172	0.172
<b>Total Renovación de aire (<math>Q_{renv}</math>)+Infiltración de aire (<math>Q_{inf}</math>)</b>					<b>0.860</b>
Radiación solar	Superficie de ventana ( $m^2$ )	Carga térmica por $m^2$ ( $W/m^2$ )	Carga de refrigeración		
				W	KW
	6.3	209.3		1318.6	1.3186
<b>Total Radiación solar (<math>Q_{rad}</math>)</b>					<b>1.3186</b>
Calor interno de personas	Nº de personas	Calor sensible por persona (W)	Carga de refrigeración		
				W	KW
Personas	15	100		1500	1.5
<b>Total calor interno de personas (<math>Q_{pern}</math>)</b>					<b>1.5</b>
Calor interno de equipo e iluminación	Nº de aparatos	Potencia unitaria (W)	Carga de refrigeración		
				W	KW
Iluminación				0.348	0.348
Equipo				5450	5.450
<b>Total calor de equipo + iluminación</b>					<b>5.798</b>
<b>Utilización de equipo + iluminación simultanea (70%) (<math>Q_{eqpo}</math>)</b>					<b>4.059</b>
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL DE REFRIGERACIÓN (KW)</b> ( $Q_{tran} + Q_{renv} + Q_{inf} + Q_{rad} + Q_{pern} + Q_{eqpo}$ )				<b>11,775 KW</b>	

Fuente: Propuesta de plan de ahorro del consumo de energía eléctrica en la UES-FMOcc.

Tabla 3.29. Transmisión térmica en cerramiento del edificio de Medicina.

CARGA TÉRMICA PARA REFRIGERACION EDIFICIO DE MEDICINA: UNIDAD DE PROYECCIÓN SOCIAL					
Condiciones del calculo			Descripción de edificio o unidad		
Temperatura exterior Te (°C)	Temperatura interior Ti(°C)	Diferencia $\Delta T(^{\circ}C)$	Unidad ubicada en el segunda nivel del edificio de Medicina, anteriormente conocido como centro de investigación.		
32	24	8			
Transmisión con el ambiente exterior	Superficie del cerramientos ( $m^2$ )	Coeficiente de transmisión térmica ( $W/m^2^{\circ}C$ )	$\Delta T$ (°C)	Carga de refrigeración	
				W	KW
Pared exterior	131.9	1.898	8	2003.0	2.003
Pared interior	-	1.621	8	-	-
Techo	128.0	3.204	8	3281.0	3.281
Suelo	128.0	1.267	8	1298.0	1.298
Ventanas	12.15	5.714	8	556.00	0.556
Puertas	4.000	2.155	8	69.000	0.069
<b>Total de Transmisión con el ambiente exterior (<math>Q_{inf}</math>)</b>					<b>7.207</b>
Renovación del aire e infiltración del aire	Caudal volumétrico de aire (Kg/s)	Capacidad calorífica del aire (J/Kg.K)	$\Delta T$ (°C)	Carga de refrigeración	
				W	KW
Renovación	0.145	1000	8	1160	1.160
Infiltración (25% Renv)	0.0362	1000	8	290	0.290
<b>Total Renovación de aire (<math>Q_{renv}</math>)+Infiltración de aire (<math>Q_{inf}</math>)</b>					<b>1.45</b>
Radiación solar	Superficie de ventana ( $m^2$ )	Carga térmica por $m^2$ ( $W/m^2$ )	Carga de refrigeración		
			W	KW	
	12.15	209.3		2543.0	2.543
<b>Total Radiación solar(<math>Q_{rad}</math>)</b>					<b>2.543</b>
Calor interno de personas	Nº de personas	Calor sensible por persona (W)	Carga de refrigeración		
			W	KW	
Personas	15	100		1500	1.5
<b>Total calor interno de personas (<math>Q_{pern}</math>)</b>					<b>1.5</b>
Calor interno de equipo e iluminación	Nº de aparatos	Potencia unitaria (W)	Carga de refrigeración		
			W	KW	
Iluminación				768	0.768
Equipo				8910	8.91
<b>Total calor de equipo + iluminación</b>					<b>9.678</b>
<b>Utilización de equipo + iluminación simultanea (70%) (<math>Q_{eqpo}</math>)</b>					<b>6.775</b>
<b>CARGA TÉRMICA TOTAL DE REFRIGERACIÓN (KW)</b> ( $Q_{tran} + Q_{renv} + Q_{inf} + Q_{rad} + Q_{pern} + Q_{eqpo}$ )				<b>19.475 KW</b>	

Fuente: Propuesta de plan de ahorro del consumo de energía eléctrica en la UES-FMOcc.

Los datos de la tabla en su mayoría provenientes de fuentes propias y fuentes secundarias, las superficies y volúmenes utilizados para el cálculo de la carga térmica de transmisión, renovación e infiltración fueron obtenidos de una tesis “Propuesta de Plan de Ahorro del Consumo de Energía Eléctrica en la Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador”, elaboradas por estudiantes de ingeniería industrial. Los datos de carga térmica por equipo e iluminación son de fuentes propias, y obtenidas durante un censo de equipo electrónico realizado.

### 3.2.2.3.2.2. Oferta térmica del aire acondicionado

El funcionamiento óptimo del sistema de climatización en cada oficina y departamento climatizado, garantiza el menor consumo de electricidad en dicho sistema, pero, sin sacrificar ni disminuir la calidad del servicio de refrigeración que brinda el aire acondicionado. Esto quiere decir que no por ahorrar energía eléctrica se debe de abstener de utilizar la unidad de aire acondicionado cuando se necesite, si no hacerlo de la manera correcta donde la capacidad instalada (oferta térmica) satisfaga las condiciones de demanda térmica mínima posible. En la tabla 3.27, se muestra las características del aire sistema de climatización utilizado en el edificio.

Tabla 3.30. Característica del sistema de climatización artificial empleado.

Unidad o departamento climatizado	(Capacidad instalada)		Demanda térmica + 10%		Sobre capacidad instalada		Descripción y característica del sistema climatizador instalado
Jefatura y sala de docentes en medicina	21.102	kw	12.953	kw	8.149	kw	Instalado 2 unidades YORK modelo H4RA036S06A con capacidad de 3TR c/u
	6	TR	3.683	TR	2.317	TR	
Unidad de proyección social	28.136	kw	21.423	kw	6.713	kw	Instalado 2 unidades YORK, una HABA-T060SA. de 5TR, y H4RA036S06A de 3TR
	8	TR	6.091	TR	1.909	TR	

Fuente: propia

La tabla anterior resume la información de las características del sistema de climatización, en donde se puede apreciar que la tercera columna detalla la demanda térmica de la unidad de proyección social, jefatura y salas de docentes de medicina climatizadas bajo condiciones actuales (datos substraídos de la tablas 3.25 y 3.26) más un 10%, la segunda columna hace referencia a la capacidad de refrigeración instalada actualmente mediante los aires acondicionados especificado en la última columna. La cuarta columna describe la sobrecapacidad de refrigeración instalada obtenida de la diferencia de la segunda y la tercera columna cuyo valor representa la carga de refrigeración subutilizada. Un valor negativo de sobrecarga de refrigeración representa déficit en la capacidad instalada, lo que significa que la oficina demanda más refrigeración de la que puede brindar el sistema.

#### **3.2.2.3.2.3. Horario de uso actual del sistema de climatización**

El horario de uso del sistema de climatización en cada área climatizado del edificio por uno o más equipo de aire acondicionado, han sido determinado al momento de realizar el diagnóstico de medición directa, específicamente en la obtención de datos del subtablero de aire acondicionado ST-AC, donde se puede observar en la gráfica 3.10, que representa dicho tablero, los momentos de utilización del sistema de climatización. Además, con la información adicional brindada por los trabajadores de dichas áreas, que son los usuarios principales del sistema. El horario de uso no es fijo ya que dependen de factores variables como la estación del año (verano e invierno), fenómenos naturales, días nublados que atrapen radiación solar, lluvias esporádicas y otros que afecten la temperatura ambiente exterior; también de vacaciones de trabajadores, horas libres y otros que permitan que el equipo permanezca apagado.

Tabla 3.31. Horario de uso del sistema de climatización

Unidad o departamento climatizado	07:00 am	07:30 am	08:00 am	08:30 am	09:00 am	09:30 am	10:00 am	10:30 am	11:00 am	11:30 am	12:00 pm	12:30 pm	01:00 pm	01:30 pm	02:00 pm	02:30 pm	03:00 pm	03:30 pm	04:00 pm	04:30 pm	05:00 pm	05:30 pm	06:00 pm	
Jefatura y sala de docentes de medicina																								
Unidad de proyección social																								

Fuente: propia

En la tabla 3.31, mostrada anterior se detalla el horario de uso de las áreas climatizada en el edificio, Tanto la unidad de proyección social como la jefatura y sala de docentes de medicina el horario es de 8:00 am a 12:00 pm, lo apagan de 12:00 pm a 2:00 pm y lo encienden de nuevo de 2:00 pm a 5:00 pm. El intervalo de tiempo que permanece apagado corresponde al descanso por almuerzo de los trabajadores.

#### 3.2.2.3.2.4. Consumo de energía eléctrica del sistema de climatización

La determinación del consumo de energía eléctrica generado por el sistema de climatización instalado en el edificio de medicina de la UES-FMOcc, es un factor importante ya que este es una de las principales fuentes de consumo de energía eléctrica, debido a su utilización por las personas administrativas y docentes que laboran diariamente en la facultad, generando un consumo constante en la jornada educativa. En la tabla 3.29, se resumen la información de las características del sistema de climatización instalado en el edificio.

Tabla 3.32. Consumo diario de energía del sistema de climatización

Unidad o departamento climatizado	Característica del sistema de climatización instalado				Capacidad instalada	Potencia de trabajo	Horas de uso/día	Consumo de energía por día (65%)
	#	Marca	Modelo	Rc/u				
Jefatura y sala de docentes de medicina	2	YORK	H4RA036S06A	3 TR	6 TR	10.551 kw	8 hrs	54.865 kwh
					21.102 kw			
Unidad de proyección social	1	YORK	H4RA036S06A	3 TR	8 TR	14.068 kw	8 hrs	73.154 kwh
	1	YORK	HABA-T060SA	5 TR	28.136 kw			
Total								128.02 kwh

Fuente: propia

El sistema de climatización es utilizado en el edificio de medicina en dos ares, unidad de proyección social, jefatura y sala de docentes de medicina, información presentada en la tabla anterior. La columna # detalla la cantidad de aire acondicionado empleadas en cada área, se detalla también la marca, el modelo y la capacidad de refrigeración individual de cada tipo de aire acondicionado (columna R c/u). La columna *capacidad instalada* es la capacidad de refrigeración total empleada en cada área, que es igual a la suma de las capacidades individuales en los aires acondicionados.

La columna *potencia de trabajo*, es igual a la capacidad de refrigeración instalada dividida entre dos, esto se debe a que la unidad de climatización trabaja con un coeficiente de eficiencia energética para refrigeración  $EER = 2$ ; La interpretación practica seria que por cada 2kwh de energía térmica que se introduce al espacio climatizado, el aire acondicionado necesita consumir 1 kwh de energía eléctrica para evacuarlo al exterior del espacio.

La columna *horas de uso/día* es el resumen de uso detallado en la tabla 3.28 “Horas de uso del sistema de climatización en un día normal”. Y la última columna hace referencia al consumo de energía eléctrica al sistema de climatización día normal. Este consumo es igual a la potencia de trabajo del sistema multiplicada por las horas de uso por día; el consumo corresponde al 65%

del cálculo debido al funcionamiento normal de tiempo de marcha y paro del sistema. Debido al funcionamiento del sistema del aire acondicionado, si un aire acondicionado con el funcionamiento normal trabaja durante 8 horas, 5 de estas horas la maquinaria está en marcha y 3 horas está en paro, y es en el tiempo de marcha cuando se produce el consumo de energía eléctrica, este tiempo ronda el 65% del total (cinco de ocho horas).

### **3.2.2.3.3. Análisis del sistema de climatización**

Para que un sistema de climatización tenga un funcionamiento óptimo, la oferta de refrigeración que debe instalarse debe de cumplir los requisitos de que la demanda térmica sea la mínima posible en las oficinas climatizadas más un 10%. La tabla 3.29, presenta los datos correspondientes a la sobrecarga que existe en los lugares climatizado del edificio, en esa tabla se puede evidenciar la sobrecarga que existe generando un consumo de energía eléctrica de 128.02 kwh en las áreas climatizadas del edificio en el día.

En el diagnóstico de medición indirecta se realizaron dos censos eléctricos y la demanda máxima determinada se dio en la segunda medición realizada el día 5 de abril del año 2017 el cual presento una demanda de 14.628 kw a las 11:00 a.m. Al relacionar este resultado con el tiempo de uso de este sistema se podría tener un consumo similar al determinado en el diagnóstico de medición indirecta, pues bien, el consumo en el diagnóstico de medición directa varia cada hora esto se debe que los aires acondicionados funcionan normalmente de la siguiente manera, si se trabaja durante 8 horas, 5 de estas horas la maquinaria está en marcha y 3 horas está en paro, y es en el tiempo de marcha cuando se produce el consumo de energía eléctrica, por lo cual el resultado obtenido en el diagnóstico de medición indirecta es satisfactorio para utilizarlo en los posteriores cálculos que se realizaran para proponer el sistema solar.



### **3.2.2. DIAGNOSTICO DE LA TARIFA ELECTRICA EN LA UES-FMOcc**

En el diagnóstico de la Tarifa Eléctrica, primero se presentarán los datos del consumo eléctrico realizados cada mes por la Universidad, teniendo en cuenta los tres servicios los cuales abastecen de energía eléctrica toda la infraestructura de la facultad, posteriormente se analizarán solo el servicio que abastece al edificio de ciencias de salud ya que es el edificio bajo estudio.

El diagnóstico de la tarifa eléctrica va orientado en dos líneas. La primera línea es conocer los pagos que realiza la facultad por cada servicio eléctrico a la empresa distribuidoras AES-CLESA, y la segunda línea es proyectar el consumo de electricidad con el propósito de estimar los pagos que se realizaran en los próximos años. Es necesario especificar que el análisis de proyección de consumo eléctrico se realizara para el servicio eléctrico 2, ya que este es el que abastece el edificio de medicina. Para este servicio será necesario proyectar los pagos a realizar en los próximos 20 años por la universidad y posteriormente desglosar el consumo eléctrico para obtener el dato más específico que pueda representar el consumo eléctrico realizado únicamente por el edificio de medicina.

#### **3.2.1.1. Descripción de la tarifa eléctrica**

La Facultad multidisciplinaria de occidente a partir de octubre del año 2016, tiene contratado tres servicios de energía eléctrica, debido a la construcción del edificio de Deportes y Recreación la facultada adquirió el servicio número 3. El servicio eléctrico 1 es en pequeña demanda en baja tensión de uso general, el segundo servicio en gran demanda en media tensión con medidor horario y el servicio 3 es de mediana demanda en media tensión con medidor horario. Los detalles de los tres servicios se describen a continuación.

### **3.2.1.1.1. Descripción de la tarifa del servicio eléctrico 1**

Este servicio es de tipo pequeña demanda en baja tensión de uso general, tiene un límite máximo de potencia instalada de 10 kilovatios. Este servicio es ideal para usuarios con negocios pequeños cuya demanda de potencia e igual o menor de 10 kw (Las características del servicio se especifican en la tabla 3.33).

La tarifa eléctrica que corresponde al servicio 1 de uso general se divide en el siguiente pliego tarifario.

- ✓ Cargo por comercialización
- ✓ Cargo por energía
- ✓ Cargo por distribución

El precio de los componentes del pliego tarifario es impuesto por la SIGUET bajo peritajes técnicos. El cargo por comercialización es un valor fijo cobrado mensualmente; los cargos por energía y distribución es un cobro variable que depende de la cantidad de energía consumida por el usuario, el cobro en estos dos componentes es por cada kwh consumido por el cliente durante el periodo correspondiente de un mes.

### **3.2.1.1.2. Descripción de la tarifa del servicio eléctrico 2**

El servicio número 2 es de tipo en gran demanda en media tensión con medidor horario, este tiene un mínimo de potencia instalada de 50 kw. Este servicio es ideal para grandes negocios cuya demanda de potencia es igual o superior a 50 kw (las especificaciones de este servicio se encuentran en la tabla 3.36).

La tarifa eléctrica de este servicio en media demanda con medidor horario se divide en el siguiente pliego tarifario:

- ✓ Cargo por comercialización
- ✓ Cargo por energía en punta
- ✓ Cargo por energía en resto
- ✓ Cargo por energía en valle
- ✓ Cargo por distribución

El precio de los componentes del pliego tarifario es impuesto por la SIGUET bajo peritajes técnicos. El cargo por comercialización es un valor fijo cobrado mensualmente; los cargo por energía en punta, energía en resto y energía en valle es un cobro variable que depende de la cantidad de energía consumida por los usuarios en los horarios punta (6:00 pm a 10: 59 pm), resto (5:00 am a 5:59 pm) y valle (11:00 pm a 4:59 am); y el cargo por distribución es un cobro variable que depende de la potencia eléctrica máxima demandada por el usuario en el mes, la distribución de energía cobrada por cada kw de potencia eléctrica demandado en este punto pico máximo.

### 3.2.1.1.3. Descripción de la tarifa del servicio eléctrico 3

El servicio número 3 es de tipo mediana demanda en media tensión con medidor horario, este tiene un rango de potencia instalada de  $(10 < \text{kw} < 50)$ . Este servicio es ideal para negocios medianos cuya demanda de potencia es superior a 10 kw, pero menor a los 50 kw (las especificaciones de este servicio se encuentran en la tabla 3.44).

La tarifa eléctrica de este servicio en mediana demanda con medidor horario se divide en el siguiente pliego tarifario:

- ✓ Cargo por comercialización
- ✓ Cargo por energía en punta
- ✓ Cargo por energía en resto
- ✓ Cargo por energía en valle
- ✓ Cargo por distribución

El precio de los componentes del pliego tarifario es impuesto por la SIGUET bajo peritajes técnicos. El cargo por comercialización es un valor fijo cobrado mensualmente; los cargo por energía en punta, energía en resto y energía en valle es un cobro variable que depende de la cantidad de energía consumida por los usuarios en los horarios punta (6:00 pm a 10: 59 pm), resto (5:00 am a 5:59 pm) y valle (11:00 pm a 4:59 am); y el cargo por distribución es un cobro variable que depende de la potencia eléctrica máxima demandada por el usuario en el mes.

### **3.2.1.2. Presentación de datos sobre la tarifa eléctrica**

Se presentan todos los desembolsos efectuados por la UES-FMOcc que realiza a la empresa distribuidora de electricidad AES-CLESA durante los últimos 7 años, ya que es necesario contar con toda la información que permita una visión completa del comportamiento de la factura eléctrica. Es necesario recalcar que se presentará toda la información, pero el análisis recaerá sobre el servicio 2 ya que este es el que abastece de energía eléctrica al edificio de medicina.

La información que se presenta en las siguientes tablas corresponde al consumo de energía eléctrica en la UES-FMOcc y a los desembolsos por el suministro del servicio; representa además los costos de los pliegos tarifarios y otros reportados por la empresa distribuidora de energía al periodo que corresponde desde 2010 hasta 2016. La información se obtuvo a través de fuentes secundarias por medios de la administración financiera de la facultad y a través de los registros de Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET).

#### **3.2.1.2.1. Presentación de datos del servicio eléctrico 1**

Los datos presentados corresponden al suministro de electricidad en pequeña demanda en baja tensión de uso general, en donde se presenta tanto el consumo de energía eléctrica que tuvo la Universidad de El Salvador FMOcc como los pagos realizados por el uso del servicio en el periodo 2010-2016.

## Precios máximos para el suministro de energía del servicio eléctrico 1

En la siguiente tabla se detallan los precios del pliego tarifarios del servicio en pequeña demanda en baja tensión de uso general cobrados por la empresa AES-CLESA por el suministro de electricidad a la Universidad.

Tabla 3.33. Historial de precios máximo por el suministro de servicio eléctrico 1

A partir de:	Cargo cobrado por:	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 de enero	Comercialización (\$/mes)	0.867984	0.879995	0.934739	0.816545	0.822731	0.836763	0.817828
	Energía (\$/kwh)	0.131405	0.131485	0.181470		0.196798	0.199667	0.148909
	Distribución (\$/kwh)	0.037128	0.037426	0.038776	0.038845	0.038901	0.039314	0.061462
15 de enero	Comercialización (\$/mes)	0.867984	0.879995	0.934739	0.816545	0.822731	0.836763	0.817828
	Energía (\$/kwh)	0.131405	0.147036	0.186370	0.201290	0.194709	0.176978	0.120379
	Distribución (\$/kwh)	0.037128	0.037426	0.038776	0.038845	0.038901	0.039314	0.061462
15 de abril	Comercialización (\$/mes)	0.867984	0.879995	0.934739	0.816545	0.822731	0.836763	0.817828
	Energía (\$/kwh)	0.160287	0.170482	0.199931	0.203026	0.194911	0.140008	0.100216
	Distribución (\$/kwh)	0.037120	0.037426	0.038776	0.038845	0.038901	0.039314	0.061462
15 de julio	Comercialización (\$/mes)	0.867984	0.879995	0.934739	0.816545	0.822731	0.836763	0.817828
	Energía (\$/kwh)	0.160287	0.201925	0.199793	0.199464	0.197589	0.148112	0.111886
	Distribución (\$/kwh)	0.037120	0.037426	0.038776	0.038845	0.038901	0.039314	0.061462
15 de octubre	Comercialización (\$/mes)	0.867984	0.879995	0.934739	0.816545	0.822731	0.836763	0.817828
	Energía (\$/kwh)	0.131485	0.181470	0.192960	0.196798	0.199667	0.149103	0.122392
	Distribución (\$/kwh)	0.037120	0.037426	0.038776	0.038845	0.038901	0.039314	0.038764

Nota: El precio del pliego tarifario es establecido por la SIGET a la empresa AES-CLESA

Fuente: Superintendencia general de electricidad y telecomunicaciones (SIGET). La información extraída del sitio

Web:<http://www.siget.gob.sv/index.php/temas-n/documentos/tarifas>.

Estos precios son un límite superior en el cobro de la energía eléctrica realizada por la empresa AES-CLESA y son establecido por la SIGET. Como se puede apreciar en la tabla anterior, estas tarifas se ajustan cinco veces al año para el cobro por energía y una vez al año para el cobro de comercialización y distribución de la energía. El ajuste obedece a variables macroscópicas como el precio del petróleo y el tipo de generación de energía.

## Consumo de energía del servicio eléctrico 1

La siguiente tabla presenta el consumo eléctrico mensual del servicio eléctrico 1. La columna representa el año en que se sirvió la energía y la fila el mes correspondiente de cada año.

Tabla 3.34. Historial de consumo de servicio eléctrico 1.

Mes	Consumo en los años (datos en kwh)						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	1,920	2,912	3,120	2,440	2,584	2,480	2,520
Febrero	2,960	3,440	3,520	2,200	2,976	2,560	2,440
Marzo	4,360	4,320	4,480	3,400	3,320	3,280	2,800
Abril	4,640	4,840	4,320	3,600	4,120	3,600	2,880
Mayo	4,760	4,200	4,200	4,320	3,600	4,040	3,640
Junio	4,720	4,280	4,280	4,040	5,480	4,360	3,720
Julio	4,280	4,160	3,920	3,760	5,120	3,480	3,280
Agosto	3,960	3,400	3,720	3,240	3,800	3,240	2,880
Septiembre	4,440	4,040	3,840	3,680	3,636	3,840	3,680
Octubre	4,360	4,000	4,400	4,080	3,724	3,120	3,560
Noviembre	4,348	4,040	4,040	4,440	3,720	3,960	3,600
Diciembre	4260	4,360	4,160	4,240	3,760	3,800	3,200
Total anual	49,008	47,992	48,000	43,440	45,840	41,760	38,200

Fuente: AES-CLESA

## Pagos realizados por suministro del servicio eléctrico 1

Tabla 3.35. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 1.

Mes	Pagos por electricidad en los años						
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Enero	364.02	552.31	766.48	636.29	628.13	660.46	537.51
Febrero	559.83	698.86	885.88	590.57	789.53	647.57	469.03
Marzo	827.30	895.86	1,130.89	915.43	821.86	799.20	506.10
Abril	878.75	1,005.53	1,094.60	968.99	1,083.22	872.21	518.82
Mayo	1,024.78	953.30	1,107.08	1,170.85	943.50	892.55	612.74
Junio	1,049.21	1,002.91	1,153.60	1,097.85	1,445.09	880.10	587.49
Julio	947.40	969.36	1,049.13	1,015.05	1,349.46	702.76	517.90
Agosto	883.22	885.36	961.82	869.95	1,002.84	673.15	477.78
Septiembre	987.03	1,084.14	1,028.59	983.52	978.00	808.24	627.61
Octubre	972.91	1,073.44	1,180.44	1,095.60	986.35	877.34	908.78
Noviembre	862.20	1,018.38	1,063.29	1,182.74	994.48	842.67	643.56
Diciembre	806.45	1,052.05	1,082.43	1,076.59	1,011.90	820.09	583.59
Total anual	\$10,599.68	\$11,191.50	\$12,504.23	\$11,603.43	\$12,088.36	\$9,476.34	\$6,996.12

Fuente: AES-CLESA

Para el cálculo de la factura mensual se suma el cobro por comercialización, el cobro por energía y el cobro por distribución. Para calcularlos se utiliza el precio máximo establecido por la SIGET y el consumo de energía en la facultad del servicio eléctrico 1. Para ejemplificar el procedimiento se calcula el pago del de diciembre de 2016.

- Cobro por energía

En este mes se tuvo el consumo de energía equivalente a 3,200 kwh y el costo por cada kwh consumido según el pliego tarifario para el mes de diciembre es de US\$ 0.122392/kwh, para calcular el cobro se multiplica el consumo por el costo dando resultado US\$ 391.65.

- Cobro por distribución

Para calcular este se utiliza el consumo de 3,200 kwh y el costo por cada kwh distribuido según el pliego tarifario para diciembre de 2016 fue de US\$ 0.038764, para calcular el cobro se multiplica el valor de la energía distribuida por el costo obteniendo el resultado de US\$ 124.05.

- Cobro por comercialización

El cargo de comercialización corresponde a un costo fijo que se ajusta cada año, para diciembre de 2016 fue de US\$ 0.817828.

El costo de la factura del mes de diciembre de 2016 hace referencia al cargo por energía + el cargo por distribución + el cargo por comercialización + IVA (13% del total). Al realizando la sumatoria de los tres cobros se obtiene  $US\$ 516.51 + IVA = US\$ 583.65$ . Al final los cálculos son similares con los presentados en la tabla de historial de pago del servicio eléctrico 1.



### 3.2.1.2.2. Presentación de datos del servicio eléctrico 2

En esta parte se detalla los precios del pliego tarifario del servicio en gran demanda en media tensión con medidor horario cobrados por la empresa AES-CLESA por el suministro de electricidad que tuvo la UES-FMOcc y los pagos que realizó por el uso del servicio en el periodo 2010-2016. La información se presenta en la siguiente tabla.

#### Precios máximos para el suministro de energía del servicio eléctrico 2

Tabla 3.36. Historial de precios máximos para el suministro del servicio de energía 2

A partir de:	Cargo cobrado por:	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1 de enero	Comercialización (\$/mes)	9.726489	9.861078	10.474530	12.248176	12.340965	12.551438	12.267412
	Energía punta (\$/mes)	0.136878	0.136646	0.180465		0.178704	0.179681	0.135995
	Energía resto (\$/mes)	0.128779	0.132179	0.180021		0.181311	0.184507	0.138022
	Energía valle (\$/mes)	0.103236	0.093247	0.147401		0.173319	0.176012	0.127851
	Distribución (\$/kw-mes)	8.864170	8.935310	9.257709	11.996774	12.051303	12.176678	12.008595
15 de enero	Comercialización (\$/mes)	9.726489	9.861078	10.474530	12.248176	12.340965	12.551438	12.267412
	Energía punta (\$/mes)	0.136878	0.151732	0.181699	0.182658	0.176564	0.160587	0.110805
	Energía resto (\$/mes)	0.128779	0.142320	0.181833	0.185713	0.179654	0.163637	0.110585
	Energía valle (\$/mes)	0.103236	0.123070	0.165970	0.176412	0.170767	0.153707	0.104780
	Distribución (\$/kw-mes)	8.864170	8.935310	9.257709	11.996774	12.051303	12.176678	12.008595
15 de abril	Comercialización (\$/mes)	9.726489	9.861078	10.474530	12.248176	12.340965	12.551438	12.267412
	Energía punta (\$/mes)	0.160090	0.168595	0.191497	0.183115	0.176308	0.126935	0.091659
	Energía resto (\$/mes)	0.157708	0.167293	0.193174	0.187025	0.178966	0.128706	0.091871
	Energía valle (\$/mes)	0.133348	0.145527	0.188685	0.180708	0.175060	0.124727	0.089199
	Distribución (\$/kw-mes)	8.864170	8.935310	9.257709	11.996774	12.051303	12.176678	12.008595
15 julio	Comercialización (\$/mes)	9.726489	9.861078	10.474530	12.248176	12.340965	12.551438	12.267412
	Energía punta (\$/mes)	0.160090	0.203694	0.191508	0.180139	0.178010	0.133529	0.103190
	Energía resto (\$/mes)	0.157708	0.192749	0.194285	0.184504	0.182304	0.136530	0.102446
	Energía valle (\$/mes)	0.133348	0.183925	0.184432	0.174266	0.175009	0.131546	0.098081
	Distribución (\$/kw-mes)	8.864170	8.935310	9.257709	11.996774	12.051303	12.176678	12.008595
15 de octubre	Comercialización (\$/mes)	9.726489	9.861078	10.474530	12.248176	12.340965	12.551438	12.267412
	Energía punta (\$/mes)	0.136646	0.180465	0.186617	0.178704	0.179681	0.135995	0.112080
	Energía resto (\$/mes)	0.132179	0.180021	0.188527	0.181311	0.184507	0.138022	0.112600
	Energía valle (\$/mes)	0.093247	0.147401	0.173066	0.173319	0.176012	0.127851	0.107269
	Distribución (\$/kw-mes)	8.864170	8.935310	9.257709	11.996774	12.051303	12.176678	12.008595

Nota: El precio del pliego tarifario es establecido por la SIGET a la empresa AES-CLESA

Fuente: Superintendencia general de electricidad y telecomunicaciones (SIGET). La información extraída del sitio

Web:<http://www.siget.gob.sv/index.php/temas-n/documentos/tarifas>.

Estos precios son un límite superior en el cobro de la energía eléctrica realizada por la empresa AES-CLESA y son establecidos por la SIGET. Como se puede apreciar en la tabla anterior, estas tarifas se ajustan cinco veces al año para el cobro por comercialización y distribución de la energía. El ajuste obedece a variables macroscópicas como el precio del petróleo y el tipo de generación de energía.

### Consumo de energía y Factor de potencia del servicio eléctrico 2

Para el servicio eléctrico 2 el pliegue tarifario es distinto. Por tanto, se presentan los datos históricos de consumo eléctrico en punta, en resto y en valle; además los datos de potencia máxima del suministro e índice de factor de potencia para el periodo que comprende 2010-2016.

Tabla 3.37. Historial de consumo y factor de potencia del servicio 2. Tabla 1 de 3

Año	Mes	Demanda en kw					Total	Factor de potencia
		Máxima	Suministrada	Resto	Punta	Valle		
2010	Enero	91	91	4,115	2,489	3,048	9,652	0.789
	Febrero	107	107	13,970	3,302	3,404	20,676	0.889
	Marzo	147	147	24,435	6,147	4,826	35,408	0.94
	Abril	152	152	20,828	5,994	4,724	31,546	0.924
	Mayo	168	168	29,007	7,214	4,978	41,199	0.945
	Junio	168	168	29,210	7,468	5,486	42,164	0.952
	Julio	152	152	22,809	5,893	4,877	33,579	0.936
	Agosto	147	147	17,831	4,826	4,572	27,229	0.926
	Septiembre	163	163	27,831	7,112	5,283	40,030	0.951
	Octubre	157	157	25,451	6,858	5,639	37,948	0.941
	Noviembre	157	157	26,568	6,604	5,182	38,354	0.954
	Diciembre	142	142	23,724	6,045	4,775	34,544	0.949
2011	Enero	61	61	4,216	2,997	3,708	10,921	0.822
	Febrero	127	127	14,529	3,658	4,064	22,251	0.916
	Marzo	157	157	25,857	5,994	4,216	36,067	0.943
	Abril	173	173	30,582	7,163	4,521	42,266	0.949
	Mayo	157	157	20,269	5,182	3,810	29,261	0.928
	Junio	157	157	25,969	6,766	5,467	38,202	0
	Julio	122	122	11,582	2,489	2,184	16,255	0.897
	Agosto	137	137	16,815	3,912	3,708	24,435	0.872
	Septiembre	147	147	26,543	5,121	3,007	34,671	0.871
	Octubre	137	137	23,358	4,775	3,221	31,354	0.862
	Noviembre	127	127	21,219	4,735	3,018	28,972	0.871
	Diciembre	127	127	22,301	4,928	2,794	30,023	0.889

Fuente: AES-CLESA

Tabla 3.38. Historial de consumo y factor de potencia del servicio 2. Tabla 2 de 3

Año	Mes	Demanda en kw		Resto	Punta	Valle	Total	Factor de potencia
		Máxima	Suministrada					
2012	Enero	15	15	4,470	1,981	2,337	8,788	0.733
	Febrero	102	102	12,649	2,845	2,591	18,085	0.851
	Marzo	152	152	24,028	5,588	3,251	32,867	0.888
	Abril	152	152	21,082	4,928	3,150	29,160	0.858
	Mayo	152	152	25,451	5,690	3,200	34,341	0.882
	Junio	142	142	26,924	5,334	3,454	35,712	0.881
	Julio	137	137	22,047	4,318	3,200	29,565	0.882
	Agosto	122	122	16,510	3,810	3,150	23,470	0.875
	Septiembre	142	142	24,384	5,385	3,353	33,122	0.896
	Octubre	132	132	26,213	5,639	3,302	35,154	0.903
	Noviembre	132	132	25,095	5,486	3,404	33,985	0.891
	Diciembre	137	137	23,012	4,877	3,404	31,293	0.891
2013	Enero	15	15	6,096	2,235	2,591	10,922	0.797
	Febrero	122	122	14,580	3,099	2,946	20,625	0.873
	Marzo	152	152	25,044	5,690	3,505	34,239	0.902
	Abril	152	152	21,641	5,486	3,200	30,327	0.882
	Mayo	178	178	27,127	6,553	3,353	37,033	0.894
	Junio	152	152	28,550	6,756	3,505	38,811	0.902
	Julio	163	163	24,841	5,385	3,658	33,884	0.869
	Agosto	147	147	19,558	4,521	3,556	27,635	0.796
	Septiembre	173	173	31,140	6,299	3,658	41,097	0.839
	Octubre	168	168	29,616	6,655	3,810	40,081	0.858
	Noviembre	178	178	29,667	6,452	3,556	39,675	0.843
	Diciembre	173	173	26,518	5,791	3,454	35,763	0.827
2014	Enero	25	25	6,452	2,540	2,794	11,786	0.665
	Febrero	122	122	13,360	3,150	2,896	19,406	0.771
	Marzo	157	157	24,079	5,690	3,556	33,325	0.801
	Abril	173	173	31,166	7,178	3,637	41,981	0.852
	Mayo	168	168	20,853	5,522	3,475	29,850	0.799
	Junio	173	173	27,991	6,807	3,556	38,354	0.853
	Julio	147	147	25,044	6,401	3,759	35,204	0.842
	Agosto	142	142	17,780	4,420	3,658	25,858	0.809
	Septiembre	163	163	28,870	5,776	3,866	38,512	0.849
	Octubre	157	157	29,906	7,280	3,907	41,093	0.849
	Noviembre	147	147	28,346	6,147	3,708	38,201	0.861
	Diciembre	152	152	25,400	5,639	3,861	34,900	0.841
2015	Enero	15	15	5,893	2,388	2,743	11,042	0.628
	Febrero	91	91	12,243	3,200	3,150	18,593	0.744
	Marzo	168	168	23,165	5,588	3,353	32,106	0.818
	Abril	168	168	22,301	5,639	3,454	31,394	0.785
	Mayo	173	173	30,587	7,203	3,861	41,651	0.8
	Junio	173	173	31,237	6,462	3,861	41,560	0.836
	Julio	168	168	26,365	5,588	3,962	35,915	0.839
	Agosto	142	142	17,272	4,420	4,064	25,756	0.8
	Septiembre	173	173	30,371	6,241	4,992	41,604	0.843
	Octubre	168	168	29,407	6,042	4,835	40,284	0.852
	Noviembre	157	157	25,221	6,775	5,647	37,643	0.812
	Diciembre	157	157	25,323	6,803	5,669	37,795	0.847

Fuente: AES-CLESA

Tabla 3.39. Historial de consumo y factor de potencia del servicio 2. Tabla 3 de 3

Año	Mes	Demanda en kw		Consumo en kwh				Factor de potencia
		Máxima	Suministrada	Resto	Punta	Valle	Total	
2016	Enero	20	20	5,842	2,642	2,946	11,430	0.637
	Febrero	102	102	12,395	3,150	3,200	18,745	0.746
	Marzo	152	152	25,197	5,436	5,556	31,341	0.828
	Abril	168	168	24,689	5,385	3,505	33,579	0.797
	Mayo	178	178	32,868	6,299	3,759	42,926	0.826
	Junio	188	188	33,172	6,502	3,912	43,586	0.846
	Julio	163	163	25,740	5,512	3,840	35,092	0.828
	Agosto	147	147	19,502	4,254	3,561	27,317	0.788
	Septiembre	157	157	28,570	6,593	3,724	38,887	0.841
	Octubre	157	157	26,518	6,096	3,505	36,119	0.822
	Noviembre	157	157	26,873	6,401	3,556	36,830	0.826
	Diciembre	137	137	24,790	6,350	3,708	34,848	0.847

Fuente: AES-CLESA

### **Pagos realizados por suministro del servicio eléctrico 2**

Se presenta en las siguientes tablas el resumen de los pagos realizados en concepto de energía eléctrica servida a la facultad por la empresa distribuidora AES-CLESA. La información se describe en las siguientes tablas que corresponde al periodo del 2010 - 2016.

Tabla 3.40. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 2. Tabla 1 de 4.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2010	Enero	\$9.82	\$814.84	\$529.90	\$340.72	\$314.66	\$1185.28	\$0.00	\$261.31	-\$20.82	\$0.00	\$0.00	<b>\$2,250.43</b>	<b>\$80,680.08</b>
	Febrero	\$9.73	\$945.63	\$1,799.04	\$451.97	\$351.37	\$2,602.38	\$0.00	\$485.50	-\$37.23	\$0.00	\$176.70	<b>\$4,182.71</b>	
	Marzo	\$9.73	\$1,305.87	\$3,146.69	\$841.36	\$498.22	\$4,486.27	\$0.00	\$754.26	-\$61.66	\$0.00	\$0.00	<b>\$6,494.47</b>	
	Abril	\$9.73	\$1,350.90	\$2,682.21	\$820.50	\$487.73	\$3,990.44	\$0.00	\$701.40	-\$53.83	\$0.00	\$44.12	<b>\$6,042.76</b>	
	Mayo	\$9.73	\$1,485.99	\$4,574.60	\$1,154.83	\$663.86	\$6,393.29	\$0.00	\$1,025.90	-\$78.79	\$0.00	\$2.36	<b>\$8,838.48</b>	
	Junio	\$9.73	\$1,485.99	\$4,606.65	\$1,195.49	\$731.60	\$6,533.74	\$0.00	\$1,050.62	-\$80.70	\$0.00	\$52.13	<b>\$9,051.51</b>	
	Julio	\$9.73	\$1,350.90	\$3,597.19	\$943.38	\$650.31	\$5,190.88	\$0.00	\$856.77	-\$66.07	\$0.00	\$38.94	<b>\$7,381.15</b>	
	Agosto	\$9.73	\$1,305.87	\$2,812.06	\$772.59	\$609.67	\$4,194.32	\$0.00	\$718.56	-\$56.46	\$0.00	\$17.33	<b>\$6,189.35</b>	
	Septiembre	\$9.73	\$1,440.96	\$4,358.29	\$1,138.56	\$704.50	\$6,201.35	\$0.00	\$997.30	-\$77.01	\$0.00	\$19.42	<b>\$8,183.26</b>	
	Octubre	\$9.73	\$1,395.93	\$4,013.79	\$1,097.90	\$751.92	\$5,863.61	\$0.00	\$949.84	-\$72.94	\$0.00	\$37.09	<b>\$8,183.26</b>	
	Noviembre	\$9.72	\$1,395.93	\$3,534.40	\$907.57	\$490.09	\$4,932.06	\$0.00	\$828.08	-\$63.58	\$0.00	\$32.04	<b>\$7,134.25</b>	
Diciembre	\$9.73	\$1,260.84	\$3,135.76	\$826.05	\$445.27	\$4,407.08	\$0.00	\$738.43	-\$78.51	\$0.00	\$2.39	<b>\$6,339.96</b>		
2011	Enero	\$9.76	\$541.62	\$557.32	\$409.55	\$345.79	\$1,312.66	\$0.00	\$242.34	-\$18.52	\$0.00	\$0.00	<b>\$2,087.86</b>	<b>\$81,450.67</b>
	Febrero	\$9.86	\$1,134.78	\$2,057.92	\$551.30	\$492.07	\$3,101.29	\$0.00	\$552.71	-\$42.41	\$0.00	\$5.51	<b>\$4,761.74</b>	
	Marzo	\$9.86	\$1,407.13	\$3,680.00	\$909.54	\$518.91	\$5,108.45	\$0.00	\$849.74	-\$79.07	\$0.00	\$10.78	<b>\$7,306.87</b>	
	Abril	\$9.86	\$1,543.31	\$4,352.37	\$1,086.83	\$556.42	\$5,995.62	\$0.00	\$985.04	-\$83.52	\$0.00	\$28.31	<b>\$8,478.62</b>	
	Mayo	\$9.86	\$1,407.13	\$3,374.03	\$870.68	\$551.61	\$4,796.32	\$0.00	\$807.75	-\$62.96	\$0.00	\$0.00	<b>\$6,958.10</b>	
	Junio	\$9.86	\$1,407.13	\$4,344.51	\$1,140.63	\$795.55	\$6,280.69	\$0.00	\$1,003.04	-\$77.01	\$0.00	\$17.81	<b>\$8,641.52</b>	
	Julio	\$9.86	\$1,089.39	\$1,937.65	\$419.67	\$317.89	\$2,675.21	\$8.03	\$505.05	\$21.68	\$0.00	\$0.00	<b>\$4,309.22</b>	
	Agosto	\$9.86	\$1,225.56	\$3,227.23	\$792.34	\$677.48	\$4,697.05	\$131.52	\$792.25	-\$60.79	\$0.00	\$30.04	<b>\$6,825.49</b>	
	Septiembre	\$9.86	\$1,316.35	\$5,116.14	\$1,043.04	\$553.13	\$6,712.31	\$194.66	\$1,070.35	-\$82.55	\$0.00	\$0.00	<b>\$9,220.98</b>	
	Octubre	\$9.86	\$1,225.57	\$4,502.20	\$972.68	\$592.37	\$6,067.25	\$130.56	\$979.43	-\$75.18	\$0.00	\$0.00	<b>\$8,437.40</b>	
	Noviembre	\$9.86	\$1,134.79	\$4,502.20	\$858.08	\$448.46	\$5,135.44	\$148.93	\$835.78	-\$64.14	\$0.00	\$0.00	<b>\$7,200.66</b>	
Diciembre	\$9.86	\$1,134.78	\$3,828.90	\$889.26	\$411.84	\$5,315.78	\$58.47	\$859.27	-\$246.71	\$0.00	\$90.76	<b>\$7,222.21</b>		

Fuente: AES-CLESA

Tabla 3.41. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 2. Tabla 2 de 4.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2012	Enero	\$14.04	\$137.60	\$804.76	\$357.04	\$344.45	\$1,06.75	\$277.24	\$251.13	-\$19.51	\$0.00	\$0.00	<b>\$2,163.25</b>	<b>\$89,862.75</b>
	Febrero	\$10.47	\$940.59	\$2,298.46	\$516.66	\$426.68	\$3,241.80	\$158.85	\$576.42	-\$44.76	\$0.00	\$82.26	<b>\$4,965.63</b>	
	Marzo	\$10.47	\$1,410.87	\$3,369.16	\$1,015.33	\$539.60	\$5,924.09	\$71.09	\$964.16	-\$74.03	\$0.00	\$0.00	<b>\$8,306.65</b>	
	Abril	\$10.47	\$1,410.87	\$3,833.40	\$895.34	\$522.74	\$5,251.48	\$220.56	\$896.15	-\$68.80	\$0.00	\$0.00	<b>\$7,720.73</b>	
	Mayo	\$10.48	\$1,410.87	\$4,897.81	\$1,085.95	\$599.18	\$6,582.94	\$118.49	\$1,060.05	-\$81.40	\$0.00	\$31.35	<b>\$9,132.78</b>	
	Junio	\$10.47	\$1,316.82	\$5,201.02	\$1,021.44	\$651.79	\$6,874.25	\$130.61	\$1,083.20	-\$83.39	\$0.00	\$0.00	<b>\$9,331.96</b>	
	Julio	\$10.47	\$1,269.79	\$4,268.95	\$826.88	\$603.87	\$5,689.70	\$102.41	\$919.41	-\$71.24	\$0.00	\$0.00	<b>\$7,920.54</b>	
	Agosto	\$10.48	\$1,128.70	\$3,205.20	\$729.64	\$582.68	\$4,517.52	\$112.94	\$750.07	-\$389.11	\$0.00	\$0.00	<b>\$6,130.60</b>	
	Septiembre	\$10.47	\$1,316.82	\$4,737.45	\$1,031.23	\$618.36	\$6,387.04	\$25.55	\$1,006.21	-\$78.73	\$0.00	\$0.00	<b>\$8,667.36</b>	
	Octubre	\$10.47	\$1,222.76	\$5,092.75	\$1,079.88	\$608.99	\$6,781.62	\$0.00	\$1,044.89	-\$81.21	\$0.00	\$22.62	<b>\$9,001.15</b>	
	Noviembre	\$10.48	\$1,222.76	\$4,755.20	\$1,028.32	\$595.46	\$6,379.01	\$0.00	\$992.73	-\$77.33	\$0.00	\$23.97	<b>\$8,551.62</b>	
Diciembre	\$10.47	\$1,269.79	\$4,338.46	\$910.09	\$589.05	\$5,837.60	\$0.00	\$925.34	-\$72.72	\$0.00	\$0.00	<b>\$7,970.48</b>		
2013	Enero	\$10.95	\$152.21	\$1,149.26	\$417.13	\$448.38	\$2,014.77	\$0.00	\$283.16	-\$21.60	\$0.00	\$0.00	<b>\$2,439.49</b>	<b>\$111,151.47</b>
	Febrero	\$12.25	\$1,462.65	\$2,715.84	\$568.48	\$517.81	\$3,802.13	\$0.00	\$694.44	-\$53.60	\$0.00	\$64.56	<b>\$5,982.39</b>	
	Marzo	\$12.25	\$1,828.31	\$4,651.07	\$1,039.25	\$618.36	\$6,308.68	\$0.00	\$1,061.93	-\$82.65	\$0.00	\$19.31	<b>\$9,147.83</b>	
	Abril	\$12.25	\$1,828.31	\$4,018.98	\$1,002.13	\$564.59	\$5,585.70	\$0.00	\$989.20	\$105.23	\$0.00	\$0.00	<b>\$8,520.69</b>	
	Mayo	\$12.25	\$2,133.02	\$5,067.54	\$1,199.49	\$603.48	\$6,870.51	\$0.00	\$1,613.15	\$3,253.47	\$0.00	\$15.17	<b>\$13,897.57</b>	
	Junio	\$12.25	\$1,828.31	\$5,339.49	\$1,237.20	\$633.42	\$7,210.11	\$0.00	\$1,201.43	\$74.07	\$0.00	\$24.71	<b>\$10,350.88</b>	
	Julio	\$12.25	\$1,950.20	\$4,645.93	\$986.04	\$660.96	\$6,292.93	\$0.00	\$1,077.60	-\$128.00	\$0.00	\$33.70	<b>\$9,238.68</b>	
	Agosto	\$12.25	\$1,767.26	\$3,616.75	\$816.68	\$613.21	\$5,056.64	\$525.89	\$1,013.05	\$251.45	\$0.00	\$93.36	<b>\$8,720.00</b>	
	Septiembre	\$12.25	\$2,072.08	\$5,745.53	\$1,134.73	\$637.03	\$7,517.29	\$458.55	\$1,315.62	-\$101.41	\$0.00	\$59.68	<b>\$11,334.06</b>	
	Octubre	\$12.25	\$2,011.14	\$5,464.34	\$1,198.79	\$663.57	\$7,326.70	\$307.72	\$1,262.20	-\$97.02	\$0.00	\$51.13	<b>\$10,874.12</b>	
	Noviembre	\$12.25	\$2,133.02	\$5,394.78	\$1,154.47	\$616.82	\$7,166.07	\$408.47	\$1,273.72	-\$97.82	\$0.00	\$77.79	<b>\$10,973.50</b>	
Diciembre	\$12.25	\$2,072.08	\$4,807.93	\$1,034.91	\$598.71	\$6,441.55	\$470.23	\$1,175.03	-\$541.37	\$0.00	\$42.49	<b>\$9,672.26</b>		

Fuente: AES-CLESA

Tabla 3.42. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 2. Tabla 3 de 4.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2014	Enero	\$12.27	\$305.09	\$1,169.74	\$453.90	\$484.25	\$2,107.89	\$674.52	\$403.01	-\$37.92	\$0.00	\$0.00	<b>\$3,464.86</b>	<b>\$107,360.17</b>
	Febrero	\$12.34	\$1,469.29	\$2,404.83	\$557.50	\$496.00	\$3,458.33	\$446.12	\$709.74	-\$55.68	\$0.00	\$73.26	<b>\$6,113.40</b>	
	Marzo	\$12.34	\$1,897.84	\$4,325.92	\$1,004.58	\$607.25	\$5,937.75	\$587.84	\$1,096.67	-\$467.74	\$0.00	\$0.00	<b>\$9,064.70</b>	
	Abril	\$12.34	\$2,081.50	\$5,599.06	\$1,267.38	\$621.13	\$7,487.54	\$359.40	\$1,295.16	-\$99.47	\$0.00	\$21.76	<b>\$11,158.26</b>	
	Mayo	\$12.34	\$2,020.28	\$3,734.92	\$973.85	\$605.30	\$5,314.07	\$536.72	\$1,031.14	-\$79.16	\$0.00	\$48.33	<b>\$8,883.72</b>	
	Junio	\$12.34	\$2,081.50	\$5,009.40	\$1,200.16	\$622.51	\$6,832.07	\$321.11	\$1,203.55	-\$92.42	\$0.00	\$10.96	<b>\$10,369.11</b>	
	Julio	\$12.34	\$1,775.50	\$4,482.10	\$1,128.51	\$658.09	\$6,268.70	\$367.58	\$1,099.16	-\$87.01	\$0.00	\$34.84	<b>\$9,467.11</b>	
	Agosto	\$12.34	\$1,714.18	\$3,231.13	\$785.44	\$640.15	\$4,656.72	\$423.76	\$884.94	-\$69.30	\$0.00	\$0.00	<b>\$7,622.64</b>	
	Septiembre	\$12.34	\$1,959.06	\$5,263.05	\$1,028.18	\$676.56	\$6,967.79	\$355.36	\$1,221.44	-\$93.80	\$0.00	\$101.04	<b>\$10,523.23</b>	
	Octubre	\$12.34	\$1,897.84	\$5,451.98	\$1,295.85	\$683.68	\$7,431.51	\$379.01	\$1,267.03	-\$167.03	\$0.00	\$25.57	<b>\$10,846.27</b>	
	Noviembre	\$12.34	\$1,775.40	\$5,217.62	\$1,102.41	\$651.98	\$6,972.01	\$271.91	\$1,180.59	-\$90.66	\$0.00	\$49.78	<b>\$10,171.37</b>	
	Diciembre	\$12.34	\$1,836.62	\$4,686.48	\$1,013.19	\$679.55	\$6,379.22	\$376.37	\$1,123.04	-\$86.23	\$0.00	\$34.14	<b>\$9,675.50</b>	
2015	Enero	\$12.40	\$184.16	\$1,087.27	\$429.00	\$482.83	\$1,999.10	\$787.65	\$387.86	-\$60.65	\$0.00	\$0.00	<b>\$3,310.52</b>	<b>\$100,626.11</b>
	Febrero	\$12.55	\$1,113.43	\$2,052.83	\$525.77	\$497.72	\$3,076.32	\$498.36	\$623.09	-\$47.77	\$0.00	\$92.20	<b>\$5,368.18</b>	
	Marzo	\$12.55	\$2,041.30	\$3,790.62	\$897.36	\$515.35	\$5,203.33	\$426.67	\$1,000.80	-\$76.82	\$0.00	\$14.40	<b>\$8,622.23</b>	
	Abril	\$12.55	\$2,041.30	\$3,649.30	\$905.52	\$530.97	\$5,085.79	\$584.87	\$1,004.21	-\$77.09	\$0.00	\$0.00	<b>\$8,651.63</b>	
	Mayo	\$12.55	\$2,103.16	\$4,109.02	\$953.47	\$499.59	\$5,562.08	\$378.22	\$1,054.44	-\$81.11	\$0.00	\$54.83	<b>\$9,084.17</b>	
	Junio	\$12.55	\$2,103.16	\$4,020.38	\$820.22	\$481.55	\$5,322.15	\$340.62	\$1,011.22	-\$77.82	\$0.00	\$0.00	<b>\$8,711.88</b>	
	Julio	\$12.55	\$2,041.30	\$3,393.36	\$709.31	\$494.22	\$4,596.89	\$280.41	\$910.79	-\$69.90	\$0.00	\$74.76	<b>\$7,846.80</b>	
	Agosto	\$12.55	\$1,732.01	\$2,336.35	\$585.44	\$530.14	\$3,451.93	\$314.13	\$718.25	-\$55.90	\$0.00	\$14.30	<b>\$6,187.18</b>	
	Septiembre	\$12.55	\$1,911.73	\$4,146.55	\$833.35	\$656.68	\$5,636.58	\$321.58	\$1,024.72	-\$87.01	\$0.00	\$10.96	<b>\$8,831.11</b>	
	Octubre	\$12.55	\$1,838.68	\$4,058.81	\$821.68	\$618.16	\$5,498.13	\$263.92	\$989.73	-\$55.53	\$0.00	15.12	\$8,562.95	
	Noviembre	\$12.55	\$1,911.74	\$3,481.05	\$921.37	\$721.97	\$5,124.39	\$483.84	979.23	-\$105.41	\$0.00	\$6.92	<b>\$8,413.26</b>	
	Diciembre	\$12.55	\$1,789.97	\$3,495.13	\$925.17	\$724.79	\$5,145.09	\$401.63	\$955.40	-\$20.83	\$0.00	\$90.76	<b>\$8,374.57</b>	

Fuente: AES-CLESA

Tabla 3.43. Historial de pago por consumo del servicio eléctrico 2. Tabla 4 de 4.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2016	Enero	\$12.47	\$246.52	\$806.32	\$359.25	\$376.70	\$1,542.27	\$579.89	\$309.55	-\$23.82	\$0.00	\$0.00	<b>\$2,666.33</b>	<b>\$73,490.74</b>
	Febrero	\$12.26	\$1,220.07	\$1,438.74	\$364.86	\$350.11	\$2,153.71	\$339.40	\$484.31	-\$38.28	\$0.00	\$0.00	<b>\$4,172.47</b>	
	Marzo	\$12.26	\$1,830.11	\$2,786.39	\$602.29	\$372.60	\$3,761.28	\$270.81	\$763.68	-\$59.08	\$0.00	\$25.12	<b>\$6,604.20</b>	
	Abril	\$12.26	\$2,013.12	\$2,730.21	\$596.66	\$367.27	\$3,694.14	\$380.50	\$793.00	-\$60.82	\$0.00	\$0.00	<b>\$6,832.23</b>	
	Mayo	\$12.26	\$2,135.12	\$3,137.73	\$600.72	\$346.66	\$4,085.10	\$302.36	\$849.53	-\$65.73	\$0.00	\$60.49	<b>\$7,379.14</b>	
	Junio	\$12.26	\$2,257.14	\$3,047.58	\$596.00	\$348.91	\$3,992.49	\$215.59	\$842.07	-\$65.24	\$0.00	\$18.16	<b>\$7,272.49</b>	
	Julio	\$12.26	\$1,052.12	\$2,364.79	\$505.21	\$342.57	\$3,212.57	\$231.30	\$586.07	-\$57.83	\$0.00	\$10.27	<b>\$6,064.03</b>	
	Agosto	\$12.26	\$1,769.11	\$1,964.65	\$441.15	\$344.17	\$2,749.97	\$303.00	\$628.46	-\$48.75	\$0.00	\$15.28	<b>\$5,434.99</b>	
	Septiembre	\$12.26	\$1,891.10	\$2,926.87	\$680.42	\$365.22	\$3,972.51	\$234.38	\$794.33	-\$62.07	\$0.00	\$7.92	<b>\$6,850.46</b>	
	Octubre	\$12.26	\$1,891.11	\$2,716.62	\$629.05	\$343.78	\$3,689.42	\$269.33	\$762.07	-\$58.34	\$0.00	\$0.00	<b>\$6,565.86</b>	
	Noviembre	\$12.26	\$1,891.12	\$2,980.44	\$707.91	\$376.00	\$4,064.35	\$300.76	\$814.90	-\$64.99	\$0.00	\$38.39	<b>\$7,056.80</b>	
	diciembre	\$12.26	\$1,647.10	\$2,791.35	\$ 711.71	\$397.75	\$3,900.81	\$304.27	\$762.38	-\$57.45	\$0.00	\$22.37	<b>\$6,591.74</b>	
2017	Enero													
	Febrero													
	Marzo													
	Abril													
	Mayo													
	Junio													
	Julio													
	Agosto													
	Septiembre													
	Octubre													
	Noviembre													
	Diciembre													

Fuente: AES-CLES



Para el cálculo de la factura mensual se suman los cargos cobrados por la distribuidora eléctrica, es una suma de todas las columnas presentadas en la tabla anterior. Para el cálculo de cada cargo en la factura (cada columna), la empresa AES-CLESA hace referencia a los precios máximos establecidas por la SIGET. Como ejemplo se calcula para el mes de diciembre del año 2016.

- Cargo por comercialización

Este es un cobro fijo que se ajusta cinco veces al año, para diciembre del 2016 fue de US\$ 12.267412.

- Cargo por distribución de potencia

Resulta de multiplicar la potencia máxima suministrada en diciembre de 2016 (137 kw) por el costo de distribución del pliego tarifario del mismo mes (US\$ 12.008595/kw-mes). El resultado es igual a US\$1,645.17,

- Cargo por energía

Resulta de multiplicar la energía consumida por la facultad en los horarios punta (6,350), resto (24,790) y valle (3,708) resumido en la tabla del historial de consumo; por los costos para el kwh consumido en punta (0.112080), resto (0.112600) y en valle (0.107269) del pliego tarifario de octubre de 2015. Los resultados son US\$ 711.71 por punta, US\$ 2,791.35 por resto y US\$ 397.75 por valle. El total de cargo por energía es US\$3,900.81

- Multa de Factor de Potencia (FP)

La multa de factor de potencia establece incrementar en 1% el costo total de energía por cada centésima que el índice de FP es menor a 0.9, si el índice es menor que 0.75 se incrementa

en 15% el costo total de la energía más 2% por cada centésima menor al 0.75. Si el FP es menor de 0.6 se considera la suspensión del servicio. Para diciembre de 2016 el FP es de 0.822 representa 7,2 centésima debajo del óptimo 0.9 e incurre a una multa de 7.8% del cobro por energía ( $4408.02 * 7.8\% = 343.83$ )

La factura mensual es igual a la suma del cargo de comercialización + cargo por distribución de potencia + cargo por energía (puta + resto + valle) + IVA (de los cargos anteriores) + otros cobros + interés por mora. El pago para el mes de diciembre de 2016 es de:

$$\text{Pago de diciembre 2016} = \text{US\$ } 5864.44 + (\text{US\$ } 5864.44 * 13\%) - \$57.45 + \$22.37$$

$$\text{Pago de diciembre 2016} = \text{US\$ } 5864.44 + \$762.38 - \$35.08$$

$$\text{Pago de diciembre 2016} = \text{US\$ } \mathbf{65.74}$$

### **3.2.1.2.2. Presentación de datos del servicio eléctrico 3**

En esta parte se detalla los precios del pliego tarifario del servicio en mediana demanda en media tensión con medidor horario cobrados por la empresa AES-CLESA por el suministro de electricidad que tuvo la UES-FMOcc a partir del mes de octubre del año 2016 y los pagos que realizó por el uso del servicio. La información se presenta en la siguiente tabla.

### Precios máximos para el suministro de energía del servicio eléctrico 3

Tabla 3.44. Historial de precios máximos para el suministro del servicio de energía 3

A partir de:	Cargo cobrado por:	2016	2017
1 de enero	Comercialización (\$/mes)	0.817828	
	Energía punta (\$/mes)	0.135995	
	Energía resto (\$/mes)	0.138022	
	Energía valle (\$/mes)	0.127851	
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	
15 de enero	Comercialización (\$/mes)	0.817828	
	Energía punta (\$/mes)	0.110805	
	Energía resto (\$/mes)	0.110585	
	Energía valle (\$/mes)	0.104780	
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	
15 de abril	Comercialización (\$/mes)	0.817828	
	Energía punta (\$/mes)	0.091659	
	Energía resto (\$/mes)	0.091871	
	Energía valle (\$/mes)	0.089199	
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	
15 julio	Comercialización (\$/mes)	0.817828	
	Energía punta (\$/mes)	0.103190	
	Energía resto (\$/mes)	0.102446	
	Energía valle (\$/mes)	0.098081	
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	
15 de octubre	Comercialización (\$/mes)	0.817828	
	Energía punta (\$/mes)	0.112080	
	Energía resto (\$/mes)	0.112600	
	Energía valle (\$/mes)	0.107269	
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	

Nota: El precio del pliegue tarifario es establecido por la SIGET a la empresa AES-CLESA

Fuente: Superintendencia general de electricidad y telecomunicaciones (SIGET). La información extraída del sitio Web:<http://www.siget.gob.sv/index.php/temas-n/documentos/tarifas>.

Estos precios son un límite superior en el cobro de la energía eléctrica realizada por la empresa AES-CLESA y son establecido por la SIGET. Como se puede apreciar en la tabla anterior, estas tarifas se ajustan cinco veces al año para el cobro por energía (punta, resto y valle) y una vez al año para el cobro de comercialización y distribución de la energía. El ajuste obedece a variables macroscópicas como el precio del petróleo y el tipo de generación de energía.

### Consumo de energía y Factor de potencia del servicio eléctrico 3

El servicio eléctrico 3 corresponde a un pliego tarifario distinto. Por tanto, se presentan los datos históricos de consumo eléctrico en punta, en resto y en valle; además de la potencia máxima del suministro e índice de factor de potencia para los últimos tres meses del año 2016.

Tabla 3.45. Historial de consumo y factor de potencia del servicio 3.

Año	Mes	Demanda en kw					Factor de potencia	
		Máxima	Suministrada	Resto	Punta	Valle		
2016	Enero	-	-	-	-	-	-	
	Febrero	-	-	-	-	-	-	
	Marzo	-	-	-	-	-	-	
	Abril	-	-	-	-	-	-	
	Mayo	-	-	-	-	-	-	
	Junio	-	-	-	-	-	-	
	Julio	-	-	-	-	-	-	
	Agosto	-	-	-	-	-	-	
	Septiembre	-	-	-	-	-	-	
	Octubre	2.69	2.69	45	35	4	84	0.981
	Noviembre	3.10	3.10	187	85	16	288	0.986
	Diciembre	2.89	2.89	202	65	13	280	0.986

Fuente: AES-CLESA

Tabla 3.46. Pagos mensuales por suministro de servicio eléctrico 3.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				IVA	Interés por mora	Total Mensual
				Resto	Punta	Valle	Total			
2016	Enero	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Febrero	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Marzo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Abril	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Mayo	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Junio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Julio	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Septiembre	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Octubre	\$0.82	\$32.30	\$5.04	\$3.92	\$0.43	\$9.39	\$5.53	\$0.00	<b>\$48.04</b>
	Noviembre	\$0.82	\$37.23	\$21.06	\$9.53	\$1.72	\$32.31	\$9.15	\$2.11	<b>\$81.62</b>
	diciembre	\$0.82	\$34.70	\$22.75	\$7.28	\$1.37	\$31.40	\$8.71	\$2.00	<b>\$77.62</b>
Total Anual									<b>\$207.28</b>	

Fuente: AES-CLESA

Para el cálculo de la factura mensual del servicio eléctrico 3, se suman los cargos cobrados por la distribuidora eléctrica, es una suma de todas las columnas presentadas en la tabla anterior. Para el cálculo de cada cargo en la factura (cada columna), la empresa AES-CLESA hace referencia a los precios máximos establecidas por la SIGET. Como ejemplo se calcula para el mes de diciembre del año 2016.

- Cargo por comercialización

Este es un cobro fijo que se establece cada año, para el año 2016 el costo de comercialización es de US\$ 0.817820

- Cargo por distribución

Resulta de multiplicar la potencia máxima suministrada en diciembre de 2016 (2.89 kw) por el costo de distribución del pliego tarifario del mismo mes (US\$ 12.008595/kw-mes). El resultado es igual a US\$ 34.70.

- Cargo por energía

Resulta de multiplicar la energía consumida por la facultad en los horarios punta (65), resto (202) y valle (13) resumido en la tabla del historial de consumo; por los costos para el kwh consumido en punta (0.112080), resto (0.112600) y en valle (0.107269) del pliego tarifario de diciembre de 2016. Los resultados son US\$ 7.28 por punta, US\$ 22.75 por resto y US\$ 1.37 por valle. El total de cargo por energía es US\$31.4

La factura mensual es igual a la suma del cargo de comercialización + cargo por distribución de potencia + cargo por energía (puta + resto + valle) + IVA (de los cargos anteriores) + otros cobros + interés por mora. El pago para el mes de diciembre de 2016 es de:

Pago de diciembre 2016 = US\$ 66.92 + (US\$ 66.92\*13%) + \$1.98

Pago de diciembre 2016 = US\$ 66.92 + \$ 8.70+ \$1.98

Pago de diciembre 2016 = **US\$ 77.60**

### **3.2.1.3. Análisis de la tarifa eléctrica**

La Universidad de El Salvador FMOcc ha contratado tres servicios de energía eléctrica por lo cual ha pagado un promedio de \$ 100,000 en los últimos años. Estos pagos de factura por el servicio de energía eléctrica van incrementándose año tras año, debido a que el consumo eléctrico va incrementándose. El análisis financiero del diseño del suministro de energía eléctrica que se implementara al final del proyecto, requiere una proyección de los pagos realizados por la UES-FMOcc en los próximos 20 años. Para determinar el monto a pagar por el consumo de energía eléctrica del edificio de medicina es necesario analizar el servicio eléctrico 2 para determinar la cantidad más representativo por cada año.

La proyección de los pagos se realizará solo para el servicio eléctrico 2, debido que este servicio es el que abastece el edificio bajo estudio. Para estimar los pagos de la factura eléctrica que realiza la facultad en el periodo de evaluación comprendido entre los años del 2017 – 2037 con el error menor posible, debe de estudiarse cuál es el comportamiento que tiene el consumo de energía eléctrica del servicio 2 y cuál fue el que tuvo anteriormente, ya que, el pago depende en gran medida del consumo.

### **3.2.1.3.1. Proyecciones de factura del servicio eléctrico 2**

Lo que importa de conocer es el pago que la universidad hará en los próximos 20 años en concepto de electricidad debido al consumo de energía generado por el edificio de medicina, no se puede obtener una estimación directa solo del consumo del edificio, debido a que no se encuentra un medidor individual y para individualizar responsabilidades es necesario realizar un análisis más concreto. El pago en energía eléctrica depende directamente del consumo de electricidad y de los precios máximos por energía impuesta por la SIGET, ambos varían bajo sus propios términos; Un aumento en los pagos de la factura eléctrica puede producirse por un aumento en el consumo de energía, por un aumento en los precios máximos o por un aumento en ambos; por tanto proyectar directamente los pagos de la factura podría aumentar el error en la estimación al no saber cuál de los componentes se incrementó, si se pagó más porque se consumió más energía, si se pagó más porque la energía está más cara o se pagó más porque se dieron ambas situaciones, por tanto, se analizan y proyectan el consumo y precios máximos para tener una estimación lo más cercano a la real.

#### ***Proyecciones del consumo de energía para el servicio eléctrico 2***

A continuación, se presenta los pronósticos para las cinco variables del servicio 2. Se utilizó el método adictivo de Holt-Winters calculado mediante el software de análisis estadístico SPSS de IBM, que proporciona los valores de la constante de suavización para el nivel (alfa), para la tendencia (gamma) y para la estacionalidad (delta); así como los valores de entrada para el nivel inicial ( $l_0$ ), para la tendencia inicial ( $b_0$ ) y las estacionalidades mensuales iniciales ( $SM_{i-L}$ ), de tal forma que se minimice RMSE (raíz del error cuadrático medio), cuyo valor mínimo proporciona las mejores estimaciones desde el punto de vista estadístico.

Tabla 3.47. Descripción del modelo utilizado para proyectar el consumo del servicio eléctrico 2.

Variable bajo análisis	Descripción del modelo	Parámetro del modelo de suavización		Estadístico de ajuste del modelo (error)	
Consumo de energía en horario Resto. Servicio en gran demanda de media tensión (UES-FMOcc)	Adictivo de HOLT WINTERS con intervalo de confianza de 95%	Alfa ( $\alpha$ )	0.110	MAE	1953.54 kwh
		Gamma ( $\gamma$ )	1.237E-7	MAPE	10.45%
		Delta ( $\delta$ )	0.001	RMSE	2720.72 kwh
Consumo de energía en horario Punta. Servicio en gran demanda de media tensión (UES-FMOcc)	Adictivo de HOLT WINTERS con intervalo de confianza de 95%	Alfa ( $\alpha$ )	0.302	MAE	482.00 kwh
		Gamma ( $\gamma$ )	1.890E-5	MAPE	10.94%
		Delta ( $\delta$ )	0.001	RMSE	677.91kwh
Consumo de energía en horario Valle. Servicio en gran demanda de media tensión (UES-FMOcc)	Adictivo de HOLT WINTERS con intervalo de confianza de 95%	Alfa ( $\alpha$ )	0.418	MAE	298.15 kwh
		Gamma ( $\gamma$ )	0.002	MAPE	8.61%
		Delta ( $\delta$ )	0.001	RMSE	441.20 kwh
Potencia eléctrica máxima servida al mes. Servicio de gran demanda en media tensión (UES-FMOcc)	Adictivo de HOLT WINTERS con intervalo de confianza de 95%	Alfa ( $\alpha$ )	0.300	MAE	10.73 kwh
		Gamma ( $\gamma$ )	3.465E-5	MAPE	12.57%
		Delta ( $\delta$ )	0.000	RMSE	14,70 kwh
Índice de factor de potencia. Servicio de Gran demanda en media tensión (UES-FMOcc)	Adictivo de HOLT WINTERS con intervalo de confianza de 95%	Alfa ( $\alpha$ )	0.641	MAE	0.015
		Gamma ( $\gamma$ )	0.000	MAPE	1.75 %
		Delta ( $\delta$ )	0.001	RMSE	0.02

Fuente: AES-CLESA

Una de las desventajas de utilizar SPSS es que no proporciona los valores iniciales para el nivel, la tendencia y las estacionalidades, pero busca los valores que minimicen el error. En las siguientes tablas se detalla la proyección del consumo de energía eléctrica realizado por el servicio 2, que corresponden al periodo 2010-2018. Es necesario especificar que el consumo de energía eléctrica aumenta con el uso de las instalaciones o con el aumento en los equipos instalados en el edificio, por lo cual el año utilizados para realizar las proyecciones de los pagos de energía eléctrica para los próximos años será el año 2017, ya que, sería erróneo proyectar los 20 años porque el consumo aumentaría constantemente y es necesario destacar que el edificio ya es utilizado al máximo cada año.



Tabla 3.48. Proyecciones de consumo por el servicio eléctrico 2, periodo 2010-2018. Tabla 1 de 3.

Año	Mes	Potencia máxima en Kw		Consumo de energía eléctrica en kwh						Factor de Potencia	
		Real	Estimado	Resto		Punta		Valle		Real	Estimado
				Real	Estimado	Real	Estimado	Real	Estimado		
2010	Enero	91	<b>34</b>	4,115	<b>4,178</b>	2,489	<b>2,870</b>	3,048	<b>3,304</b>	0.789	<b>0.777</b>
	Febrero	107	<b>125</b>	13,970	<b>12,503</b>	3,302	<b>3,765</b>	3,404	<b>3,644</b>	0.889	<b>0.89</b>
	Marzo	147	<b>162</b>	24,437	<b>22,857</b>	6,147	<b>6,129</b>	4,826	<b>4,068</b>	0.94	<b>0.931</b>
	Abril	152	<b>165</b>	20,828	<b>23,460</b>	5,994	<b>6,499</b>	4,724	<b>4,499</b>	0.924	<b>0.931</b>
	Mayo	168	<b>166</b>	29,007	<b>24,819</b>	7,214	<b>6,705</b>	4,978	<b>4,610</b>	0.945	<b>0.933</b>
	Junio	168	<b>164</b>	29,210	<b>27,876</b>	7,468	<b>7,198</b>	5,486	<b>5,162</b>	0.952	<b>0.948</b>
	Julio	152	<b>153</b>	22,809	<b>22,540</b>	5,893	<b>5,513</b>	4,877	<b>4,849</b>	0.936	<b>0.942</b>
	Agosto	147	<b>139</b>	17,831	<b>16,940</b>	4,826	<b>4,647</b>	4,572	<b>4,799</b>	0.926	<b>0.905</b>
	Septiembre	163	<b>156</b>	27,635	<b>28,201</b>	7,112	<b>6,498</b>	5,283	<b>4,792</b>	0.951	<b>0.947</b>
	Octubre	157	<b>163</b>	25,451	<b>27,414</b>	6,858	<b>6,977</b>	5,639	<b>5,190</b>	0.941	<b>0.95</b>
	Noviembre	157	<b>156</b>	26,568	<b>26,540</b>	6,604	<b>6,687</b>	5,182	<b>5,221</b>	0.954	<b>0.948</b>
	Diciembre	142	<b>155</b>	27,724	<b>24,579</b>	6,045	<b>6,266</b>	4,775	<b>5,063</b>	0.949	<b>0.947</b>
2011	Enero	61	<b>40</b>	4,216	<b>5,114</b>	2,997	<b>2,859</b>	3,708	<b>3,864</b>	0.822	<b>0.787</b>
	Febrero	127	<b>120</b>	14,529	<b>13,348</b>	3,658	<b>3,911</b>	4,064	<b>4,247</b>	0.916	<b>0.915</b>
	Marzo	157	<b>165</b>	25,857	<b>23,671</b>	5,994	<b>6,338</b>	4,216	<b>4,697</b>	0.943	<b>0.957</b>
	Abril	173	<b>170</b>	30,582	<b>24,337</b>	7,163	<b>6,599</b>	4,521	<b>4,610</b>	0.949	<b>0.943</b>
	Mayo	157	<b>176</b>	20,269	<b>26,680</b>	5,182	<b>7,128</b>	3,810	<b>4,590</b>	0.928	<b>0.953</b>
	Junio	157	<b>167</b>	25,969	<b>28,567</b>	6,766	<b>6,880</b>	5,467	<b>4,664</b>	0.00	<b>0.944</b>
	Julio	122	<b>152</b>	11,582	<b>22,797</b>	2,489	<b>5,078</b>	2,184	<b>4,550</b>	0.897	<b>0.906</b>
	Agosto	137	<b>130</b>	16,815	<b>15,932</b>	3,912	<b>3,315</b>	3,708	<b>3,496</b>	0.872	<b>0.867</b>
	Septiembre	147	<b>146</b>	26,543	<b>27,991</b>	5,121	<b>5,293</b>	3,007	<b>3,672</b>	0.871	<b>0.899</b>
	Octubre	137	<b>151</b>	23,358	<b>26,394</b>	4,775	<b>5,535</b>	3,221	<b>3,583</b>	0.862	<b>0.881</b>
	Noviembre	127	<b>142</b>	21,219	<b>25,403</b>	4,735	<b>5,051</b>	3,018	<b>3,271</b>	0.871	<b>0.873</b>
	Diciembre	127	<b>136</b>	22,301	<b>22,978</b>	4,928	<b>4,559</b>	2,794	<b>3,020</b>	0.889	<b>0.867</b>
2012	Enero	15	<b>22</b>	4,470	<b>3,532</b>	1,981	<b>1,331</b>	2,337	<b>1,844</b>	0.733	<b>0.720</b>
	Febrero	102	<b>94</b>	12,649	<b>11,970</b>	2,845	<b>2,537</b>	2,591	<b>2,495</b>	0.851	<b>0.834</b>
	Marzo	152	<b>139</b>	24,028	<b>22,239</b>	5,588	<b>5,134</b>	3,251	<b>3,059</b>	0.888	<b>0.886</b>
	Abril	152	<b>150</b>	21,082	<b>22,864</b>	4,928	<b>5,636</b>	3,150	<b>3,251</b>	0.858	<b>0.882</b>
	Mayo	152	<b>156</b>	25,451	<b>24,312</b>	5,690	<b>5,779</b>	3,200	<b>3,224</b>	0.882	<b>0.873</b>
	Junio	142	<b>152</b>	26,924	<b>27,034</b>	5,334	<b>6,093</b>	3,454	<b>3,613</b>	0.881	<b>0.886</b>
	Julio	137	<b>136</b>	22,047	<b>21,530</b>	4,318	<b>4,095</b>	3,200	<b>3,092</b>	0.882	<b>0.874</b>
	Agosto	122	<b>123</b>	16,510	<b>15,969</b>	3,810	<b>3,184</b>	3,150	<b>3,074</b>	0.875	<b>0.846</b>
	Septiembre	142	<b>138</b>	24,384	<b>27,188</b>	5,385	<b>5,170</b>	3,353	<b>3,192</b>	0.896	<b>0.893</b>
	Octubre	132	<b>144</b>	26,213	<b>26,152</b>	5,639	<b>5,527</b>	3,302	<b>3,449</b>	0.903	<b>0.895</b>
	Noviembre	132	<b>135</b>	25,095	<b>25,501</b>	5,486	<b>5,308</b>	3,404	<b>3,227</b>	0.891	<b>0.904</b>
	Diciembre	137	<b>132</b>	23,012	<b>23,495</b>	4,877	<b>4,966</b>	3,404	<b>3,156</b>	0.891	<b>0.891</b>

Fuente: Propia

Tabla 3.49. Proyecciones de consumo por el servicio eléctrico 2, periodo 2010-2018. Tabla 2 de 3.

Año	Mes	Potencia máxima en Kw		Consumo de energía eléctrica en kwh						Factor de Potencia	
		Real	Estimado	Resto		Punta		Valle		Real	Estimado
				Real	Estimado	Real	Estimado	Real	Estimado		
2013	Enero	15	<b>23</b>	6,096	<b>4,072</b>	2,235	<b>1,599</b>	2,591	<b>2,179</b>	0.797	<b>0.730</b>
	Febrero	122	<b>94</b>	14,580	<b>12,629</b>	3,099	<b>2,801</b>	2,946	<b>2,797</b>	0.873	<b>0.878</b>
	Marzo	152	<b>145</b>	25,044	<b>23,039</b>	5,690	<b>5,395</b>	3,505	<b>3,384</b>	0.902	<b>0.917</b>
	Abril	152	<b>155</b>	21,641	<b>23,685</b>	5,486	<b>5,848</b>	3,200	<b>3,547</b>	0.882	<b>0.902</b>
	Mayo	178	<b>159</b>	27,127	<b>25,107</b>	6,553	<b>6,096</b>	3,353	<b>3,417</b>	0.894	<b>0.896</b>
	Junio	152	<b>162</b>	28,550	<b>27,925</b>	6,756	<b>6,575</b>	3,505	<b>3,790</b>	0.902	<b>0.902</b>
	Julio	163	<b>146</b>	24,841	<b>22,503</b>	5,385	<b>4,861</b>	3,648	<b>3,217</b>	0.869	<b>0.893</b>
	Agosto	147	<b>138</b>	19,558	<b>17,142</b>	4,521	<b>4,041</b>	3,556	<b>3,339</b>	0.796	<b>0.845</b>
	Septiembre	173	<b>155</b>	31,140	<b>28,565</b>	6,299	<b>5,983</b>	3,658	<b>3,516</b>	0.839	<b>0.842</b>
	Octubre	168	<b>166</b>	29,616	<b>28,123</b>	6,655	<b>6,370</b>	3,810	<b>3,766</b>	0.858	<b>0.840</b>
	Noviembre	178	<b>161</b>	29,667	<b>27,630</b>	6,452	<b>6,203</b>	3,556	<b>3,625</b>	0.843	<b>0.856</b>
	Diciembre	173	<b>165</b>	26,518	<b>25,893</b>	5,791	<b>5,882</b>	3,454	<b>3,452</b>	0.827	<b>0.842</b>
2014	Enero	25	<b>56</b>	6,452	<b>6,594</b>	2,540	<b>2,515</b>	2,794	<b>2,373</b>	0.665	<b>0.672</b>
	Febrero	122	<b>120</b>	13,360	<b>14,913</b>	3,150	<b>3,532</b>	2,896	<b>2,995</b>	0.771	<b>0.773</b>
	Marzo	157	<b>163</b>	24,079	<b>24,937</b>	5,690	<b>5,920</b>	3,556	<b>3,479</b>	0.801	<b>0.813</b>
	Abril	173	<b>169</b>	31,166	<b>25,264</b>	7,178	<b>6,215</b>	3,637	<b>3,624</b>	0.852	<b>0.800</b>
	Mayo	168	<b>175</b>	20,853	<b>27,565</b>	5,522	<b>6,864</b>	3,475	<b>3,645</b>	0.799	<b>0.840</b>
	Junio	173	<b>170</b>	27,991	<b>29,420</b>	6,807	<b>6,799</b>	3,556	<b>3,974</b>	0.853	<b>0.821</b>
	Julio	147	<b>159</b>	25,044	<b>23,773</b>	6,401	<b>5,033</b>	3,759	<b>3,347</b>	0.842	<b>0.833</b>
	Agosto	142	<b>142</b>	17,780	<b>18,294</b>	4,420	<b>4,468</b>	3,658	<b>3,457</b>	0.809	<b>0.806</b>
	Septiembre	163	<b>157</b>	28,870	<b>29,395</b>	5,776	<b>6,250</b>	3,866	<b>3,628</b>	0.849	<b>0.836</b>
	Octubre	157	<b>163</b>	29,906	<b>28,611</b>	7,280	<b>6,399</b>	3,907	<b>3,918</b>	0.849	<b>0.845</b>
	Noviembre	147	<b>156</b>	28,346	<b>28,097</b>	6,147	<b>6,412</b>	3,708	<b>3,755</b>	0.861	<b>0.852</b>
	Diciembre	152	<b>152</b>	25,400	<b>26,161</b>	5,639	<b>5,936</b>	3,861	<b>3,592</b>	0.841	<b>0.853</b>
2015	Enero	15	<b>41</b>	5,893	<b>6,709</b>	2,388	<b>2,507</b>	2,743	<b>2,625</b>	0.628	<b>0.684</b>
	Febrero	91	<b>107</b>	12,243	<b>14,952</b>	3,200	<b>3,480</b>	3,150	<b>3,121</b>	0.744	<b>0.753</b>
	Marzo	168	<b>145</b>	23,165	<b>24,849</b>	5,588	<b>5,899</b>	3,353	<b>3,659</b>	0.818	<b>0.789</b>
	Abril	168	<b>159</b>	22,301	<b>25,092</b>	5,639	<b>6,170</b>	3,454	<b>3,644</b>	0.785	<b>0.802</b>
	Mayo	173	<b>167</b>	30,587	<b>26,424</b>	7,203	<b>6,366</b>	3,861	<b>3,580</b>	0.8	<b>0.798</b>
	Junio	173	<b>166</b>	31,237	<b>29,481</b>	6,462	<b>6,960</b>	3,861	<b>4,098</b>	0.836	<b>0.827</b>
	Julio	168	<b>156</b>	26,365	<b>24,187</b>	5,588	<b>5,043</b>	3,962	<b>3,547</b>	0.839	<b>0.824</b>
	Agosto	142	<b>146</b>	17,272	<b>18,807</b>	4,420	<b>4,228</b>	4,064	<b>3,659</b>	0.8	<b>0.801</b>
	Septiembre	173	<b>159</b>	30,371	<b>29,795</b>	6,241	<b>6,082</b>	4,992	<b>3,916</b>	0.843	<b>0.834</b>
	Octubre	168	<b>164</b>	29,407	<b>29,071</b>	6,042	<b>6,375</b>	4,835	<b>4,107</b>	0.852	<b>0.835</b>
	Noviembre	157	<b>159</b>	25,221	<b>28,413</b>	6,775	<b>6,121</b>	5,647	<b>3,949</b>	0.812	<b>0.839</b>
	Diciembre	157	<b>157</b>	25,323	<b>26,449</b>	6,803	<b>5,725</b>	5,669	<b>3,806</b>	0.847	<b>0.834</b>

Fuente: Propia

Tabla 3.50. Proyecciones de consumo por el servicio eléctrico 2, periodo 2010-2018. Tabla 3 de 3.

Año	Mes	Potencia máxima en Kw		Consumo de energía eléctrica en kwh						Factor de Potencia	
				Resto		Punta		Valle			
		Real	Estimado	Real	Estimado	Real	Estimado	Real	Estimado	Real	Estimado
2016	Enero	20	<b>46</b>	5,842	<b>7,080</b>	2,642	<b>2,386</b>	2,946	<b>2,727</b>	0.637	<b>0.673</b>
	Febrero	102	<b>120</b>	12,395	<b>15,412</b>	3,150	<b>3,480</b>	3,200	<b>3,174</b>	0.746	<b>0.778</b>
	Marzo	152	<b>163</b>	25,197	<b>25,608</b>	5,436	<b>5,899</b>	5,556	<b>3,700</b>	0.828	<b>0.820</b>
	Abril	168	<b>170</b>	24,689	<b>26,035</b>	5,385	<b>6,170</b>	3,505	<b>3,813</b>	0.797	<b>0.814</b>
	Mayo	178	<b>175</b>	32,868	<b>27,681</b>	6,299	<b>6,366</b>	3,759	<b>3,830</b>	0.826	<b>0.821</b>
	Junio	188	<b>172</b>	33,172	<b>30,277</b>	6,502	<b>6,960</b>	3,912	<b>4,230</b>	0.846	<b>0.828</b>
	Julio	163	<b>160</b>	25,740	<b>24,791</b>	5,512	<b>5,043</b>	3,840	<b>3,780</b>	0.828	<b>0.819</b>
	Agosto	147	<b>147</b>	19,502	<b>19,167</b>	4,254	<b>4,228</b>	3,561	<b>3,718</b>	0.788	<b>0.786</b>
	Septiembre	157	<b>161</b>	28,570	<b>30,326</b>	6,593	<b>6,082</b>	3,724	<b>3,806</b>	0.841	<b>0.814</b>
	Octubre	157	<b>166</b>	26,518	<b>29,601</b>	6,096	<b>6,375</b>	3,505	<b>3,997</b>	0.822	<b>0.815</b>
	Noviembre	157	<b>161</b>	26,873	<b>28,943</b>	6,401	<b>6,121</b>	3,556	<b>3,838</b>	0.826	<b>0.819</b>
	Diciembre	137	<b>159</b>	24,790	<b>26,980</b>	6,350	<b>5,725</b>	3,708	<b>3,696</b>	0.847	<b>0.814</b>
2017	Enero		<b>48</b>		<b>7,611</b>		<b>2,386</b>		<b>2,617</b>		<b>0.653</b>
	Febrero		<b>122</b>		<b>15,943</b>		<b>3,395</b>		<b>3,063</b>		<b>0.758</b>
	Marzo		<b>164</b>		<b>26,139</b>		<b>5,899</b>		<b>3,589</b>		<b>0.800</b>
	Abril		<b>172</b>		<b>26,566</b>		<b>6,264</b>		<b>3,703</b>		<b>0.794</b>
	Mayo		<b>177</b>		<b>28,211</b>		<b>6,621</b>		<b>3,719</b>		<b>0.801</b>
	Junio		<b>174</b>		<b>30,808</b>		<b>6,961</b>		<b>4,120</b>		<b>0.808</b>
	Julio		<b>162</b>		<b>25,321</b>		<b>5,195</b>		<b>3,669</b>		<b>0.799</b>
	Agosto		<b>149</b>		<b>19,698</b>		<b>4,215</b>		<b>3,608</b>		<b>0.766</b>
	Septiembre		<b>163</b>		<b>30,856</b>		<b>6,012</b>		<b>3,695</b>		<b>0.795</b>
	Octubre		<b>168</b>		<b>30,132</b>		<b>6,305</b>		<b>3,886</b>		<b>0.795</b>
	Noviembre		<b>163</b>		<b>29,474</b>		<b>6,051</b>		<b>3,728</b>		<b>0.799</b>
	Diciembre		<b>161</b>		<b>27,510</b>		<b>5,654</b>		<b>3,585</b>		<b>0.794</b>
2018	Enero		<b>50</b>		<b>6,980</b>		<b>2,315</b>		<b>2,923</b>		<b>0.675</b>
	Febrero		<b>124</b>		<b>15,512</b>		<b>3,324</b>		<b>3,674</b>		<b>0.785</b>
	Marzo		<b>165</b>		<b>26,668</b>		<b>5,828</b>		<b>3,965</b>		<b>0.799</b>
	Abril		<b>174</b>		<b>27,805</b>		<b>6,193</b>		<b>3,910</b>		<b>0.803</b>
	Mayo		<b>178</b>		<b>27,681</b>		<b>6,550</b>		<b>3,939</b>		<b>0.798</b>
	Junio		<b>176</b>		<b>30,277</b>		<b>6,890</b>		<b>4,532</b>		<b>0.806</b>
	Julio		<b>164</b>		<b>24,791</b>		<b>5,124</b>		<b>3,689</b>		<b>0.809</b>
	Agosto		<b>151</b>		<b>19,167</b>		<b>4,145</b>		<b>3,718</b>		<b>0.810</b>
	Septiembre		<b>165</b>		<b>31,326</b>		<b>5,941</b>		<b>4,201</b>		<b>0.808</b>
	Octubre		<b>170</b>		<b>29,331</b>		<b>6,234</b>		<b>3,998</b>		<b>0.801</b>
	Noviembre		<b>165</b>		<b>28,957</b>		<b>5,980</b>		<b>4,136</b>		<b>0.798</b>
	Diciembre		<b>163</b>		<b>27,981</b>		<b>6,634</b>		<b>4,395</b>		<b>0.795</b>

Fuente: Propia

## ***Proyecciones de precios máximos de energía para el servicio eléctrico 2***

La proyección de los precios máximos para la tarifa impuesta por la SIGET para el cobro de energía eléctrica, no dependen de la utilización de un modelo de pronóstico, debido a que se desconocen las causas de variación en los precios o de la variación de los factores externos que influyen en los precios, como: el precio del petróleo, el tipo de generación de energía eléctrica (hidráulica, fotovoltaica, geotérmica, eólica), entre otras.

Para realizar los pronósticos de los precios máximos de energía que tendrá en los últimos años, es necesario utilizar el promedio de los datos de la tabla 3.36, como pronóstico de precios máximos por energía en la tarifa de resto, punta y valle; ya que, se considera una buena aproximación para el precio de la energía en los próximos años. Aunque el precio de la energía ha venido en aumento en los últimos años, en el ajuste de la tarifa del año 2015 se ha percibido una considerable reducción influenciada por los precios bajos del petróleo, debido a esto el costo de la electricidad por medio del bunker ha disminuido.

Los recursos fósiles ya están en su etapa de declive, lo cual haría pensar que el precio de la electricidad producida por medios de sus derivados se incrementara en las medida que este aumente su precio, lo cual es un análisis correcto; pero también se considera que El Salvador como muchos otros países está buscando generar electricidad por medios renovables que producen electricidad más barata que la generada por medios convencionales como los derivados del petróleo, lo cual mantendrá el promedio descrito.

Tabla 3.51. Proyecciones de precios máximos para el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 1 de 3.

A partir de:	Cargo cobrado por:	Proyección de los precios máximo de tarifa eléctrica						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1 de enero	Comercialización (\$/mes)	12.267412	13.084134	13.358900	13.639437	13.925865	14.218309	14.516893
	Energía punta (\$/mes)	0.135995	0.162579	0.165994	0.169479	0.173039	0.176672	0.180382
	Energía resto (\$/mes)	0.138022	0.160945	0.164325	0.167776	0.171299	0.174897	0.178569
	Energía valle (\$/mes)	0.127851	0.137718	0.140610	0.143563	0.146577	0.149656	0.152798
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	12.693468	12.960031	13.232192	13.510068	13.793779	14.083449
15 de enero	Comercialización (\$/mes)	12.267412	13.084134	13.358900	13.639437	13.925865	14.213909	14.516893
	Energía punta (\$/mes)	0.110805	0.165823	0.169306	0.172861	0.176491	0.180198	0.183982
	Energía resto (\$/mes)	0.110585	0.164035	0.167480	0.170997	0.174588	0.178254	0.181997
	Energía valle (\$/mes)	0.104780	0.147820	0.150924	0.154094	0.157330	0.160633	0.164007
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	12.693468	12.960031	13.232192	13.510068	13.793779	14.083449
15 de abril	Comercialización (\$/mes)	12.267412	13.084134	13.358900	13.639437	13.925865	14.218309	16.444782
	Energía punta (\$/mes)	0.091659	0.172626	0.1762151	0.179952	0.183731	0.187589	0.216964
	Energía resto (\$/mes)	0.091871	0.173528	0.177173	0.180893	0.184692	0.188570	0.218099
	Energía valle (\$/mes)	0.089199	0.158755	0.162089	0.165493	0.168969	0.172517	0.199532
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	12.693468	12.960031	13.232192	13.510068	13.793779	15.953775
15 julio	Comercialización (\$/mes)	12.267412	13.084134	13.358900	13.639437	13.925865	14.218309	16.444782
	Energía punta (\$/mes)	0.103190	0.178647	0.182398	0.186228	0.190139	0.194132	0.224532
	Energía resto (\$/mes)	0.102446	0.178772	0.182526	0.186359	0.190272	0.194268	0.224689
	Energía valle (\$/mes)	0.098081	0.163874	0.167315	0.170829	0.174416	0.178079	0.205965
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	12.693468	12.960031	13.232192	13.100068	13.793779	15.953775
15 de octubre	Comercialización (\$/mes)	12.267412	13.084134	13.358900	13.639437	13.925865	14.218309	16.444782
	Energía punta (\$/mes)	0.112080	0.169022	0.172572	0.176196	17.9896	0.183674	0.212436
	Energía resto (\$/mes)	0.112600	0.168778	0.172322	0.175941	0.179636	0.183408	0.212129
	Energía valle (\$/mes)	0.107269	0.148046	0.151155	0.154330	0.157570	0.160879	0.186072
	Distribución (\$/kw-mes)	12.008595	12.693468	12.960031	13.232192	13.510068	13.793779	15.953775

Fuente: Propia

Tabla 3.52. Proyecciones de precios máximos para el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 2 de 3.

A partir de:	Cargo cobrado por:	Proyección de los precios máximo de tarifa eléctrica						
		2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029
1 de enero	Comercialización (\$/mes)	14.516893	15.133005	15.450798	15.775264	16.106545	16.444782	16.790123
	Energía punta (\$/mes)	0.184171	0.188038	0.191987	0.196019	0.196019	0.204338	0.208629
	Energía resto (\$/mes)	0.182319	0.186148	0.190057	0.194048	0.194048	0.202284	0.206532
	Energía valle (\$/mes)	0.156007	0.159283	0.162628	0.166043	0.166043	0.173090	0.176725
	Distribución (\$/kw-mes)	14.379201	14.681164	14.989469	15.304248	15.625637	15.953775	16.288805
15 de enero	Comercialización (\$/mes)	14.516893	15.133005	15.450798	15.775264	16.106545	16.444782	16.790123
	Energía punta (\$/mes)	0.183982	0.191790	0.195818	0.199930	0.204128	0.208415	0.212792
	Energía resto (\$/mes)	0.181997	0.189721	0.193705	0.197773	0.201927	0.206167	0.210497
	Energía valle (\$/mes)	0.164007	0.170967	0.174558	0.178223	0.178223	0.185787	0.189689
	Distribución (\$/kw-mes)	14.083449	14.681164	14.989469	15.304248	15.625637	15.953775	16.288805
15 de abril	Comercialización (\$/mes)	14.516893	15.133005	15.450798	15.775264	16.106545	16.444782	16.790123
	Energía punta (\$/mes)	0.191529	0.199658	0.203850	0.208131	0.212502	0.216964	0.221521
	Energía resto (\$/mes)	0.192530	0.200702	0.204916	0.209220	0.213613	0.218099	0.222679
	Energía valle (\$/mes)	0.176140	0.183615	0.187471	0.191408	0.195428	0.199532	0.203722
	Distribución (\$/kw-mes)	14.083449	14.681164	14.989469	15.304248	15.625637	15.953775	16.288805
15 julio	Comercialización (\$/mes)	14.516893	15.133005	15.450798	15.775264	16.106545	16.444782	16.790123
	Energía punta (\$/mes)	0.198209	0.206621	0.210960	0.215390	0.219914	0.224532	0.229247
	Energía resto (\$/mes)	0.198348	0.206766	0.211108	0.215541	0.220068	0.224689	0.229407
	Energía valle (\$/mes)	0.181819	0.189535	0.193516	0.197579	0.201729	0.205965	0.210290
	Distribución (\$/kw-mes)	14.083449	14.681164	14.989469	15.304248	15.625637	15.953775	16.288805
15 de octubre	Comercialización (\$/mes)	14.821748	15.133005	15.450798	15.775264	16.106545	16.444782	16.790123
	Energía punta (\$/mes)	0.191469	0.195490	0.199595	0.203787	0.208066	0.212436	0.216897
	Energía resto (\$/mes)	0.191192	0.195207	0.199307	0.203492	0.207765	0.212129	0.216583
	Energía valle (\$/mes)	0.167707	0.171229	0.174825	0.178496	0.182245	0.186072	0.189979
	Distribución (\$/kw-mes)	14.379201	14.681164	14.989469	15.304248	15.625637	15.953775	16.288805

Fuente: Propia

Tabla 3.53. Proyecciones de precios máximos para el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 3 de 3.

A partir de:	Cargo cobrado por:	Proyección de los precios máximo de tarifa eléctrica						
		2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1 de enero	Comercialización (\$/mes)	17.142715	17.501712	17.870269	18.245545	18.628702	19.019904	19.501612
	Energía punta (\$/mes)	0.213010	0.217483	0.222051	0.226714	0.231475	0.236336	0.241476
	Energía resto (\$/mes)	0.210869	0.215297	0.219819	0.224435	0.229148	0.233960	0.239145
	Energía valle (\$/mes)	0.180437	0.184226	0.188094	0.192044	0.196077	0.200195	0.202644
	Distribución (\$/kw-mes)	16.630869	16.980118	17.336700	17.700771	18.072487	18.452009	19.062497
15 de enero	Comercialización (\$/mes)	17.142715	17.502712	17.870269	18.245545	18.628702	19.019904	19.501612
	Energía punta (\$/mes)	0.217260	0.221823	0.226481	0.231237	0.236093	0.241051	0.246193
	Energía resto (\$/mes)	0.214917	0.219430	0.224038	0.228743	0.233547	0.238451	0.244546
	Energía valle (\$/mes)	0.193672	0.197739	0.201892	0.206132	0.210460	0.214880	0.220489
	Distribución (\$/kw-mes)	16.630869	16.980118	17.336700	17.700771	18.072487	18.452009	19.062497
15 de abril	Comercialización (\$/mes)	17.142715	17.502712	17.870269	18.245545	18.628702	19.019904	19.501612
	Energía punta (\$/mes)	0.226173	0.230922	0.235772	0.240723	0.245778	0.250939	0.255978
	Energía resto (\$/mes)	0.227355	0.232130	0.237005	0.241982	0.247063	0.252252	0.257090
	Energía valle (\$/mes)	0.2080000	0.212368	0.216828	0.221381	0.226030	0.230777	0.237130
	Distribución (\$/kw-mes)	16.630869	16.980118	17.336700	17.700771	18.072483	18.452009	19.062497
15 julio	Comercialización (\$/mes)	17.142715	17.502712	17.870269	18.245545	18.628702	19.019904	19.501612
	Energía punta (\$/mes)	0.234061	0.238976	0.243995	0.249119	0.254350	0.259692	0.265366
	Energía resto (\$/mes)	0.234225	0.239144	0.244166	0.249293	0.254528	0.259873	0.265523
	Energía valle (\$/mes)	0.214706	0.219215	0.223819	0.228519	0.233318	0.238217	0.243354
	Distribución (\$/kw-mes)	16.630869	16.980118	17.336700	17.700771	18.072487	18.452009	19.062497
15 de octubre	Comercialización (\$/mes)	17.142715	17.502712	17.870269	18.245545	18.628702	19.019904	19.501612
	Energía punta (\$/mes)	0.221451	0.226102	0.230850	0.235698	0.240648	0.245701	0.253645
	Energía resto (\$/mes)	0.221131	0.225775	0.230517	0.235357	0.240300	0.245346	0.253357
	Energía valle (\$/mes)	0.193969	0.198042	0.202201	0.206447	0.210783	0.215209	0.222783
	Distribución (\$/kw-mes)	16.288805	16.980118	17.336700	17.700771	18.072487	18.452009	19.062497

Fuente: Propia

### ***Proyecciones de pagos por suministro de energía del servicio eléctrico 2***

Las proyecciones surgen de combinar el consumo eléctrico detallado en las tablas 3.48 a 3.50 con las proyecciones de los precios máximos para el suministro eléctrico descrito en las tablas 3.51 a 3.53. La proyección de consumo de energía eléctrica se considera válida únicamente en los años 2017, Pero para realizar la evaluación financiera requiere proyecciones hasta el año 2036. Para evaluar los años entre el periodo 2019-2036 se utiliza la misma estimación del año 2017 como fija para los siguientes años hasta el 2036. Las proyecciones se muestran en las siguientes tablas.



Tabla 3.54. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 1 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2017	Enero	\$ 12.82	\$ 609.28	\$1,224.95	\$376.37	\$360.41	\$1,961.73	\$674.84	\$428.37	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$3,635.39	<b>\$112,275.35</b>
	Febrero	\$ 13.08	\$1,548.60	\$2,615.21	\$551.20	\$452.77	\$3,619.18	\$513.92	\$745.06	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$6,388.18	
	Marzo	\$ 13.08	\$2,081.73	\$4,287.71	\$966.42	\$530.53	\$5,784.66	\$578.47	\$1,904.27	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$9,510.55	
	Abril	\$ 13.08	\$2,183.28	\$4,357.75	\$1,026.94	\$547.38	\$5,932.07	\$628.80	\$1,143.18	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$9,848.75	
	Mayo	\$ 13.08	\$2,246.74	\$4,895.41	\$1,130.70	\$590.41	\$6,616.52	\$655.04	\$1,243.82	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$10,723.54	
	Junio	\$ 13.08	\$2,208.66	\$5,346.06	\$1,189.39	\$654.07	\$7,189.52	\$661.44	\$1,314.19	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$11,335.23	
	Julio	\$ 13.08	\$2,056.34	\$4,393.91	\$884.53	\$582.47	\$5,860.91	\$591.95	\$1,112.64	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$9,583.26	
	Agosto	\$ 13.08	\$1,891.33	\$3,521.44	\$740.49	\$591.26	\$4,853.19	\$650.33	\$967.77	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$8,324.04	
	Septiembre	\$ 13.08	\$2,069.04	\$5,516.18	\$1,061.34	\$605.51	\$7,183.03	\$754.22	\$1,307.26	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$11,274.49	
	Octubre	\$ 13.08	\$2,132.50	\$5,386.75	\$1,113.68	\$636.81	\$7,137.24	\$749.41	\$1,308.93	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$11,289.50	
	Noviembre	\$ 13.08	\$2,069.04	\$4,974.56	\$1,010.75	\$551.92	\$6,537.23	\$660.26	\$1,211.09	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$10,439.04	
	Diciembre	\$ 13.08	\$2,043.65	\$4,643.08	\$943.82	\$530.75	\$6,117.65	\$648.47	\$1,151.71	-\$88.12	\$0.00	\$36.49	\$9,922.90	
2018	Enero	\$ 13.08	\$622.08	\$1,250.68	\$384.28	\$367.98	\$2,002.94	\$689.01	\$437.37	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$3,711.76	<b>\$114,633.58</b>
	Febrero	\$ 13.36	\$1,581.12	\$2,670.13	\$562.77	\$462.28	\$3,695.18	\$524.72	\$760.71	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$6,522.37	
	Marzo	\$ 13.36	\$2,125.45	\$4,370.13	\$986.71	\$541.67	\$5,906.13	\$590.61	\$1,127.46	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$9,710.29	
	Abril	\$ 13.36	\$2,229.13	\$4,449.26	\$1,048.51	\$558.87	\$6,056.64	\$642.00	\$1,167.19	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$10,055.60	
	Mayo	\$ 13.36	\$2,293.93	\$4,998.21	\$1,154.44	\$602.81	\$6,755.46	\$668.79	\$1,269.94	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$10,948.76	
	Junio	\$ 13.36	\$2,255.05	\$5,458.33	\$1,214.37	\$667.81	\$7,340.51	\$675.33	\$1,341.80	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$11,573.33	
	Julio	\$ 13.36	\$2,099.53	\$4,486.19	\$903.11	\$594.71	\$5,984.01	\$604.38	\$1,136.01	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$9,784.57	
	Agosto	\$ 13.36	\$1,931.04	\$3,595.39	\$756.04	\$603.67	\$4,955.10	\$663.98	\$988.09	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$8,498.85	
	Septiembre	\$ 13.36	\$2,112.49	\$5,632.02	\$1,083.63	\$618.23	\$7,333.88	\$770.06	\$1,334.72	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$11,511.79	
	Octubre	\$ 13.36	\$2,177.29	\$5,499.87	\$1,137.07	\$650.19	\$7,287.13	\$765.15	\$1,336.42	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$11,526.63	
	Noviembre	\$ 13.36	\$2,112.49	\$5,079.03	\$1,031.98	\$563.51	\$6,674.52	\$674.13	\$1,236.53	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$10,658.31	
	Diciembre	\$ 13.36	\$2,086.57	\$4,740.59	\$963.64	\$541.89	\$6,246.12	\$662.09	\$1,175.90	-\$89.97	\$0.00	\$37.25	\$10,131.32	

Fuente: Propia

Tabla 3.55. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 2 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2019	Enero	\$13.36	\$635.15	\$1,276.94	\$392.34	\$375.70	\$2,044.98	\$703.48	\$446.55	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$3,789.69	<b>\$117,040.83</b>
	Febrero	\$13.67	\$1,614.33	\$2,726.20	\$574.59	\$471.99	\$3,772.78	\$535.73	\$776.69	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$6,659.34	
	Marzo	\$13.67	\$2,170.08	\$4,469.68	\$1,007.43	\$553.04	\$6,030.15	\$603.02	\$1,151.14	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$9,914.20	
	Abril	\$13.67	\$2,275.94	\$4,542.70	\$1,070.53	\$570.61	\$6,183.84	\$655.49	\$1,191.70	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$10,266.78	
	Mayo	\$13.67	\$2,342.10	\$5,103.18	\$1,178.69	\$615.47	\$6,897.34	\$682.84	\$1,296.61	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$11,178.70	
	Junio	\$13.67	\$2,302.40	\$5,572.96	\$1,239.87	\$681.83	\$7,494.66	\$689.51	\$1,369.97	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$11,816.35	
	Julio	\$13.67	\$2,143.62	\$4,580.40	\$922.07	\$607.19	\$6,109.66	\$617.08	\$1,159.86	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$9,990.03	
	Agosto	\$13.67	\$1,971.60	\$3,670.90	\$771.92	\$616.35	\$5,059.17	\$677.93	\$1,008.85	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$8,677.36	
	Septiembre	\$13.67	\$2,156.85	\$5,750.29	\$1,106.38	\$631.21	\$7,487.88	\$786.23	\$1,362.74	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$11,753.51	
	Octubre	\$13.67	\$2,223.01	\$5,615.37	\$1,160.95	\$663.84	\$7,440.16	\$781.22	\$1,364.49	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$11,768.69	
	Noviembre	\$13.67	\$2,156.85	\$5,185.69	\$1,053.65	\$575.34	\$6,814.68	\$688.28	\$1,262.49	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$10,882.11	
	Diciembre	\$13.67	\$2,130.38	\$4,840.14	\$983.88	\$553.27	\$6,377.29	\$675.99	\$1,200.59	-\$91.86	\$0.00	\$38.03	\$10,344.06	
2020	Enero	\$13.67	\$648.48	\$1,303.76	\$400.58	\$383.59	\$2,087.93	\$718.25	\$455.93	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$3,869.27	<b>\$119,498.68</b>
	Febrero	\$13.93	\$1,648.23	\$2,783.45	\$586.66	\$481.90	\$3,852.01	\$546.98	\$793.00	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$6,799.19	
	Marzo	\$13.93	\$2,215.65	\$4,563.54	\$1,028.59	\$564.66	\$6,156.79	\$615.68	\$1,175.31	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$10,122.40	
	Abril	\$13.93	\$2,323.73	\$4,638.09	\$1,093.01	\$582.59	\$6,313.69	\$669.25	\$1,216.73	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$10,482.37	
	Mayo	\$13.93	\$2,391.28	\$5,210.34	\$1,203.44	\$628.39	\$7,042.17	\$697.18	\$1,323.84	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$11,413.44	
	Junio	\$13.93	\$2,350.75	\$5,689.99	\$1,265.91	\$696.15	\$7,652.05	\$703.99	\$1,398.74	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$12,064.50	
	Julio	\$13.93	\$2,188.63	\$4,676.58	\$941.44	\$619.95	\$6,237.97	\$630.03	\$1,184.22	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$10,199.82	
	Agosto	\$13.93	\$2,013.00	\$3,747.99	\$788.13	\$629.29	\$5,165.41	\$692.16	\$1,030.03	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$8,859.57	
	Septiembre	\$13.93	\$2,202.14	\$5,871.05	\$1,129.62	\$644.47	\$7,645.14	\$802.74	\$1,391.36	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$12,000.35	
	Octubre	\$13.93	\$2,269.69	\$5,733.29	\$1,185.33	\$677.78	\$7,596.40	\$797.62	\$1,393.14	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$12,015.82	
	Noviembre	\$13.93	\$2,202.14	\$5,294.59	\$1,075.78	\$587.42	\$6,957.79	\$702.74	\$1,289.01	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$11,110.65	
	Diciembre	\$13.93	\$2,175.12	\$4,941.78	\$1,004.54	\$564.89	\$6,511.21	\$690.19	\$1,225.81	-\$93.79	\$0.00	\$38.83	\$10,561.30	

Fuente: Propia

Tabla 3.56. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 3 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2021	Enero	\$13.93	\$662.10	\$1,331.14	\$409.00	\$391.65	\$2,131.79	\$733.33	\$465.00	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$3,950.54	\$122,008.20
	Febrero	\$14.22	\$1,682.84	\$2,848.90	\$598.98	\$492.02	\$3,932.90	\$558.47	\$809.65	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$6,941.97	
	Marzo	\$14.22	\$2,262.18	\$4,659.38	\$1,050.19	\$576.51	\$6,286.08	\$628.61	\$1,200.00	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$10,334.98	
	Abril	\$14.22	\$2,372.53	\$4,735.49	\$1,115.96	\$594.83	\$6,446.28	\$683.31	\$1,242.28	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$10,702.51	
	Mayo	\$14.22	\$2,441.50	\$5,319.76	\$1,228.71	\$641.56	\$7,190.06	\$711.82	\$1,351.64	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$11,653.13	
	Junio	\$14.22	\$2,400.12	\$5,809.48	\$1,292.49	\$710.77	\$7,812.74	\$718.77	\$1,428.12	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$12,317.86	
	Julio	\$14.22	\$2,234.59	\$4,774.79	\$961.21	\$632.96	\$6,368.96	\$643.27	\$1,209.09	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$10,414.02	
	Agosto	\$14.22	\$2,055.27	\$3,826.69	\$804.68	\$642.51	\$5,273.88	\$706.70	\$1,051.66	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$9,045.62	
	Septiembre	\$14.22	\$2,248.39	\$5,994.34	\$1,153.34	\$658.00	\$7,805.68	\$819.60	\$1,420.58	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$12,252.36	
	Octubre	\$14.22	\$2,317.35	\$5,853.69	\$1,210.22	\$692.02	\$7,755.93	\$814.37	\$1,422.40	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$12,268.16	
	Noviembre	\$14.22	\$2,248.39	\$5,405.78	\$1,098.37	\$599.76	\$7,103.91	\$717.49	\$1,316.08	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$11,343.98	
	diciembre	\$14.22	\$2,220.80	\$5,045.56	\$1,025.63	\$576.75	\$6,647.94	\$704.68	\$1,251.55	-\$95.76	\$0.00	\$39.65	\$10,783.08	
2022	Enero	\$14.22	\$676.01	\$1,359.09	\$417.59	\$399.87	\$2,176.55	\$748.73	\$475.28	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$4,033.50	\$125,570.34
	Febrero	\$14.52	\$1,718.18	\$2,901.58	\$611.56	\$502.35	\$4,015.49	\$570.20	\$826.65	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$7,087.75	
	Marzo	\$14.52	\$2,300.69	\$4,757.22	\$1,072.25	\$588.62	\$6,418.09	\$641.81	\$1,225.20	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$10,552.02	
	Abril	\$14.52	\$2,422.35	\$4,834.94	\$1,139.40	\$607.32	\$6,581.66	\$697.66	\$1,268.37	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$10,927.27	
	Mayo	\$14.52	\$2,492.77	\$5,431.48	\$1,254.51	\$655.06	\$7,341.05	\$726.76	\$1,380.03	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$11,897.84	
	Junio	\$14.52	\$2,450.52	\$5,931.48	\$1,319.63	\$725.70	\$7,979.81	\$733.87	\$1,458.11	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$12,576.54	
	Julio	\$14.52	\$2,281.52	\$4,875.06	\$981.39	\$646.26	\$6,502.71	\$656.77	\$1,234.48	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$10,632.71	
	Agosto	\$14.52	\$2,098.43	\$3,907.05	\$821.58	\$656.00	\$5,384.63	\$721.54	\$1,073.75	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$9,235.58	
	Septiembre	\$14.52	\$2,295.60	\$6,120.22	\$1,177.56	\$671.82	\$7,969.60	\$836.81	\$1,450.41	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$12,509.65	
	Octubre	\$14.52	\$2,366.02	\$5,976.61	\$1,235.63	\$706.55	\$7,918.79	\$831.47	\$1,452.27	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$12,525.78	
	Noviembre	\$14.52	\$2,295.60	\$5,519.30	\$1,121.43	\$612.35	\$7,253.08	\$732.56	\$1,343.71	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$11,582.18	
	Diciembre	\$14.52	\$2,267.44	\$5,151.52	\$1,047.17	\$588.86	\$6,787.55	\$719.48	\$1,277.83	-\$97.77	\$0.00	\$40.48	\$11,009.53	

Fuente: Propia

Tabla 3.57. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 4 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2023	Enero	\$14.52	\$690.20	\$1,387.63	\$426.35	\$408.27	\$2,222.25	\$764.46	\$485.26	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$4,118.20	<b>\$127,186.31</b>
	Febrero	\$14.82	\$1,754.26	\$2,962.51	\$624.40	\$512.90	\$4,099.81	\$582.17	\$844.01	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$7,236.58	
	Marzo	\$14.82	\$2,358.19	\$4,857.13	\$1,094.76	\$600.98	\$6,552.87	\$655.29	\$1,250.93	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$10,773.61	
	Abril	\$14.82	\$2,473.22	\$4,936.47	\$1,163.33	\$620.07	\$6,719.87	\$712.31	\$1,295.00	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$11,156.73	
	Mayo	\$14.82	\$2,545.12	\$5,545.54	\$1,280.86	\$668.82	\$7,495.22	\$742.03	\$1,409.01	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$12,147.71	
	Junio	\$14.82	\$2,501.98	\$6,056.04	\$1,347.35	\$740.94	\$8,144.33	\$749.28	\$1,488.73	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$12,840.65	
	Julio	\$14.82	\$2,329.43	\$4,977.44	\$1,002.00	\$659.83	\$6,639.27	\$670.57	\$1,260.40	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$10,856.00	
	Agosto	\$14.82	\$2,142.50	\$3,989.10	\$838.83	\$669.78	\$5,497.71	\$736.69	\$1,096.30	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$9,429.53	
	Septiembre	\$14.82	\$2,343.81	\$6,248.74	\$1,202.29	\$685.93	\$8,136.96	\$854.38	\$1,480.87	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$12,772.35	
	Octubre	\$14.82	\$2,415.71	\$6,102.12	\$1,261.58	\$721.39	\$8,085.09	\$848.93	\$1,482.76	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$12,788.82	
	Noviembre	\$14.82	\$2,343.81	\$5,635.20	\$1,144.98	\$625.21	\$7,405.39	\$747.95	\$1,371.93	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$11,825.41	
	Diciembre	\$14.82	\$2,315.05	\$5,259.70	\$1,069.16	\$601.23	\$6,930.09	\$734.59	\$1,304.66	-\$99.82	\$0.00	\$41.33	\$11,240.72	
2024	Enero	\$14.82	\$704.70	\$1,416.77	\$435.31	\$416.84	\$2,268.92	\$780.51	\$495.45	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$4,204.68	<b>\$129,857.19</b>
	Febrero	\$15.13	\$1,791.10	\$3,024.73	\$637.51	\$523.67	\$4,185.91	\$594.40	\$861.74	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$7,388.56	
	Marzo	\$15.13	\$2,407.71	\$4,959.13	\$1,117.75	\$613.60	\$6,690.48	\$669.05	\$1,277.17	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$10,999.84	
	Abril	\$15.13	\$2,525.16	\$5,040.14	\$1,187.76	\$633.09	\$6,860.99	\$727.26	\$1,322.20	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$11,391.02	
	Mayo	\$15.13	\$2,598.57	\$5,661.99	\$1,307.76	\$682.87	\$7,652.62	\$757.61	\$1,438.60	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$12,402.81	
	Junio	\$15.13	\$2,554.52	\$6,183.22	\$1,375.64	\$756.49	\$8,315.35	\$765.01	\$1,519.99	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$13,110.28	
	Julio	\$15.13	\$2,378.35	\$5,081.97	\$1,023.05	\$673.68	\$6,778.70	\$684.65	\$1,286.87	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$11,083.98	
	Agosto	\$15.13	\$2,187.49	\$4,072.87	\$856.44	\$683.84	\$5,613.15	\$752.16	\$1,119.32	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$9,627.53	
	Septiembre	\$15.13	\$2,393.03	\$6,379.97	\$1,227.54	\$700.33	\$8,307.84	\$872.32	\$1,511.97	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$13,040.57	
	Octubre	\$15.13	\$2,466.44	\$6,230.27	\$1,288.08	\$736.53	\$8,254.88	\$866.76	\$1,513.90	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$13,057.39	
	Noviembre	\$15.13	\$2,393.03	\$5,753.54	\$1,169.03	\$638.34	\$7,560.91	\$763.65	\$1,400.74	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$12,073.74	
	Diciembre	\$15.13	\$2,363.67	\$5,370.15	\$1,091.62	\$613.86	\$7,075.63	\$750.02	\$1,332.06	-\$101.92	\$0.00	\$42.20	\$11,476.79	

Fuente: Propia

Tabla 3.58. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 5 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2025	Enero	\$15.13	\$719.49	\$1,446.52	\$444.45	\$425.60	\$2,316.57	\$796.90	\$505.85	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$4,292.96	<b>\$132,584.16</b>
	Febrero	\$15.45	\$1,828.72	\$3,088.25	\$650.90	\$534.67	\$4,273.82	\$606.88	\$879.83	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$7,543.72	
	Marzo	\$15.45	\$2,458.27	\$5,063.27	\$1,141.23	\$626.49	\$6,830.99	\$683.10	\$1,304.02	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$11,230.85	
	Abril	\$15.45	\$2,578.19	\$5,145.98	\$1,212.70	\$646.39	\$7,005.07	\$742.54	\$1,349.96	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$11,630.23	
	Mayo	\$15.45	\$2,653.14	\$5,780.90	\$1,335.22	\$697.21	\$7,813.33	\$773.52	\$1,468.81	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$12,663.27	
	Junio	\$15.45	\$2,608.17	\$6,313.06	\$1,404.53	\$772.38	\$8,489.97	\$781.08	\$1,551.91	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$13,385.60	
	Julio	\$15.45	\$2,428.29	\$5,188.69	\$1,044.53	\$687.83	\$6,921.05	\$699.03	\$1,313.90	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$11,316.74	
	Agosto	\$15.45	\$2,233.43	\$4,158.40	\$874.43	\$698.20	\$5,731.03	\$767.96	\$1,142.82	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$9,829.71	
	Septiembre	\$15.45	\$2,443.28	\$6,513.95	\$1,253.31	\$715.04	\$8,482.30	\$890.64	\$1,543.72	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$13,314.41	
	Octubre	\$15.45	\$2,518.23	\$6,361.10	\$1,315.13	\$752.00	\$8,428.23	\$884.96	\$1,545.69	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$13,331.58	
	Noviembre	\$15.45	\$2,443.28	\$5,874.37	\$1,193.58	\$651.75	\$7,719.70	\$779.69	\$1,430.16	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$12,327.30	
	diciembre	\$15.45	\$2,413.30	\$5,482.93	\$1,114.54	\$626.75	\$7,224.22	\$765.77	\$1,360.04	-\$104.06	\$0.00	\$43.08	\$11,717.80	
2026	Enero	\$15.45	\$734.12	\$1,476.90	\$453.78	\$434.54	\$2,365.22	\$813.64	\$516.58	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$4,383.14	<b>\$135,368.61</b>
	Febrero	\$15.78	\$1,867.12	\$3,153.10	\$664.57	\$545.90	\$4,363.57	\$619.63	\$898.31	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$7,702.16	
	Marzo	\$15.78	\$2,509.90	\$5,169.60	\$1,165.19	\$639.64	\$6,974.43	\$697.44	\$1,331.40	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$11,466.70	
	Abril	\$15.78	\$2,632.33	\$5,254.05	\$1,238.17	\$659.69	\$7,152.18	\$758.13	\$1,378.31	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$11,874.48	
	Mayo	\$15.78	\$2,708.85	\$5,902.29	\$1,363.26	\$711.85	\$7,977.40	\$789.79	\$1,499.65	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$12,929.19	
	Junio	\$15.78	\$2,662.93	\$6,445.64	\$1,434.02	\$788.60	\$8,668.26	\$797.48	\$1,584.50	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$13,666.71	
	Julio	\$15.78	\$2,479.29	\$5,297.65	\$1,066.46	\$702.28	\$7,066.39	\$713.71	\$1,341.49	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$11,554.41	
	Agosto	\$15.78	\$2,280.33	\$4,245.73	\$892.79	\$712.87	\$5,851.39	\$784.09	\$1,166.83	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$10,036.17	
	Septiembre	\$15.78	\$2,494.59	\$6,650.74	\$1,279.63	\$730.06	\$8,660.43	\$909.35	\$1,576.14	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$13,594.04	
	Octubre	\$15.78	\$2,571.11	\$6,494.69	\$1,342.74	\$767.79	\$8,605.22	\$903.55	\$1,578.15	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$13,611.56	
	Noviembre	\$15.78	\$2,494.59	\$5,997.73	\$1,218.64	\$665.43	\$7,881.80	\$796.06	\$1,460.19	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$12,586.17	
	Diciembre	\$15.78	\$2,463.98	\$5,598.07	\$1,137.94	\$639.91	\$7,375.92	\$781.85	\$1,388.60	-\$106.24	\$0.00	\$43.99	\$11,963.88	

Fuente: Propia

Tabla 3.59. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 6 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2027	Enero	\$15.78	\$750.03	\$1,507.92	\$463.31	\$443.66	\$2,414.89	\$830.72	\$527.32	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$4,475.18	\$138,211.32
	Febrero	\$16.11	\$1,906.33	\$3,219.31	\$678.52	\$557.36	\$4,455.19	\$632.64	\$917.17	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$7,863.88	
	Marzo	\$16.11	\$2,562.60	\$5,278.16	\$1,189.66	\$653.08	\$7,120.90	\$712.09	\$1,359.36	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$11,707.50	
	Abril	\$16.11	\$2,687.61	\$5,364.38	\$1,264.17	\$673.82	\$7,302.37	\$774.05	\$1,407.26	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$12,123.84	
	Mayo	\$16.11	\$2,765.74	\$6,026.24	\$1,391.89	\$726.80	\$8,144.93	\$806.35	\$1,531.15	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$13,200.72	
	Junio	\$16.11	\$2,718.86	\$6,581.00	\$1,464.14	\$805.16	\$8,850.30	\$814.23	\$1,617.77	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$13,953.71	
	Julio	\$16.11	\$2,531.35	\$5,408.90	\$1,088.86	\$717.02	\$7,214.78	\$728.69	\$1,369.66	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$11,797.03	
	Agosto	\$16.11	\$2,328.22	\$4,334.89	\$911.54	\$727.84	\$5,974.27	\$800.55	\$1,191.33	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$10,246.92	
	Septiembre	\$16.11	\$2,546.98	\$6,790.40	\$1,306.51	\$745.39	\$8,842.30	\$928.44	\$1,609.24	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$13,879.51	
	Octubre	\$16.11	\$2,625.11	\$6,631.08	\$1,370.94	\$783.92	\$8,785.94	\$922.52	\$1,611.30	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$13,897.42	
	Noviembre	\$16.11	\$2,546.98	\$6,123.68	\$1,244.24	\$679.41	\$8,047.33	\$812.78	\$1,490.85	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$12,850.49	
	diciembre	\$16.11	\$2,515.73	\$5,715.63	\$1,161.84	\$653.35	\$7,530.82	\$798.27	\$1,417.76	-\$108.47	\$0.00	\$44.91	\$12,215.13	
2028	Enero	\$16.11	\$765.78	\$1,539.58	\$473.04	\$452.98	\$2,465.60	\$848.17	\$538.40	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$4,569.17	\$141,113.72
	Febrero	\$16.44	\$1,946.36	\$3,286.92	\$692.77	\$569.07	\$4,548.76	\$645.92	\$936.43	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$8,029.02	
	Marzo	\$16.44	\$2,616.42	\$5,389.00	\$1,214.64	\$666.79	\$7,270.43	\$727.04	\$1,387.90	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$11,953.34	
	Abril	\$16.44	\$2,744.05	\$5,477.03	\$1,290.71	\$687.97	\$7,455.71	\$790.31	\$1,436.81	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$12,378.43	
	Mayo	\$16.44	\$2,823.82	\$6,152.79	\$1,421.12	\$742.06	\$8,315.97	\$823.28	\$1,563.30	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$13,477.92	
	Junio	\$16.44	\$2,775.96	\$6,719.20	\$1,494.89	\$822.07	\$9,036.16	\$831.33	\$1,651.75	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$14,246.75	
	Julio	\$16.44	\$2,584.51	\$5,522.49	\$1,111.73	\$732.08	\$7,366.30	\$744.00	\$1,398.42	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$12,044.78	
	Agosto	\$16.44	\$2,377.11	\$4,425.92	\$930.68	\$743.12	\$6,099.72	\$817.36	\$1,216.34	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$10,462.08	
	Septiembre	\$16.44	\$2,600.47	\$6,933.00	\$1,333.94	\$761.04	\$9,027.98	\$947.94	\$1,643.13	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$14,170.97	
	Octubre	\$16.44	\$2,680.23	\$6,770.33	\$1,399.73	\$800.38	\$8,970.44	\$941.90	\$1,645.13	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$14,189.25	
	Noviembre	\$16.44	\$2,600.47	\$6,252.28	\$1,270.36	\$693.68	\$8,216.32	\$829.85	\$1,522.16	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$13,120.35	
	Diciembre	\$16.44	\$2,568.56	\$5,835.66	\$1,186.24	\$667.07	\$7,688.97	\$815.03	\$1,447.53	-\$110.75	\$0.00	\$45.86	\$12,471.64	

Fuente: Propia

Tabla 3.60. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 7 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2029	Enero	\$16.44	\$781.86	\$1,571.91	\$482.98	\$462.49	\$2,517.38	\$865.98	\$549.70	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$4,665.10	<b>\$144,077.08</b>
	Febrero	\$16.79	\$1,987.23	\$3,355.95	\$707.32	\$581.02	\$4,644.29	\$659.49	\$956.10	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$8,197.64	
	Marzo	\$16.79	\$2,671.36	\$5,502.17	\$1,240.15	\$680.79	\$7,423.11	\$742.31	\$1,417.05	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$12,204.36	
	Abril	\$16.79	\$2,801.67	\$5,592.05	\$1,317.82	\$702.42	\$7,612.29	\$806.90	\$1,466.98	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$12,638.37	
	Mayo	\$16.79	\$2,883.12	\$6,282.00	\$1,450.96	\$757.64	\$8,490.60	\$840.57	\$1,596.13	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$13,760.95	
	Junio	\$16.79	\$2,834.25	\$6,860.30	\$1,526.28	\$839.33	\$9,225.91	\$848.78	\$1,686.43	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$14,545.90	
	Julio	\$16.79	\$2,638.79	\$5,638.46	\$1,135.07	\$747.46	\$7,520.99	\$759.62	\$1,427.79	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$12,297.72	
	Agosto	\$16.79	\$2,427.03	\$4,518.87	\$950.23	\$758.73	\$6,227.83	\$834.53	\$1,241.89	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$10,681.81	
	Septiembre	\$16.79	\$2,655.08	\$7,078.60	\$1,361.96	\$777.02	\$9,217.58	\$967.85	\$1,677.54	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$14,468.58	
	Octubre	\$16.79	\$2,736.52	\$6,912.51	\$1,429.13	\$817.19	\$9,158.83	\$961.68	\$1,679.68	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$14,487.24	
	Noviembre	\$16.79	\$2,655.08	\$6,383.57	\$1,297.04	\$708.24	\$8,388.85	\$847.27	\$1,554.13	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$13,395.86	
	diciembre	\$16.79	\$2,622.50	\$5,958.21	\$1,211.15	\$681.08	\$7,850.44	\$832.15	\$1,477.93	-\$113.08	\$0.00	\$46.82	\$12,733.55	
2030	Enero	\$16.79	\$798.28	\$1,604.92	\$493.12	\$472.20	\$2,570.24	\$884.16	\$561.25	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$4,763.07	<b>147,102.6</b>
	Febrero	\$17.14	\$2,028.97	\$3,426.42	\$722.17	\$593.22	\$4,741.81	\$673.34	\$976.18	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$8,369.65	
	Marzo	\$17.14	\$2,727.46	\$5,617.71	\$1,266.19	\$695.09	\$7,578.99	\$757.90	\$1,446.81	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$12,460.65	
	Abril	\$17.14	\$2,860.51	\$5,709.48	\$1,345.49	\$717.17	\$7,772.14	\$823.85	\$1,497.79	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$12,903.78	
	Mayo	\$17.14	\$2,943.66	\$6,413.92	\$1,481.43	\$773.55	\$8,668.90	\$858.22	\$1,629.64	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$14,049.91	
	Junio	\$17.14	\$2,893.77	\$7,004.37	\$1,558.33	\$856.96	\$9,419.66	\$866.61	\$1,721.85	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$14,851.38	
	Julio	\$17.14	\$2,694.20	\$5,756.87	\$1,158.91	\$763.15	\$7,678.93	\$775.57	\$1,457.77	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$12,555.96	
	Agosto	\$17.14	\$2,478.00	\$4,613.76	\$970.18	\$774.66	\$6,358.60	\$852.05	\$1,267.97	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$10,906.11	
	Septiembre	\$17.14	\$2,710.83	\$7,227.25	\$1,390.56	\$793.34	\$9,411.15	\$988.17	\$1,712.76	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$14,772.40	
	Octubre	\$17.14	\$2,793.99	\$7,057.67	\$1,459.14	\$834.35	\$9,351.16	\$981.87	\$1,714.95	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$14,791.46	
	Noviembre	\$17.14	\$2,710.83	\$6,517.63	\$1,324.28	\$723.12	\$8,565.03	\$867.07	\$1,586.76	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$13,677.18	
	Diciembre	\$17.14	\$2,677.57	\$6,083.33	\$1,236.59	\$695.38	\$8,015.30	\$849.62	\$1,508.97	-\$115.45	\$0.00	\$47.80	\$13,000.95	

Fuente: Propia

Tabla 3.61. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 8 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2031	Enero	\$17.14	\$815.05	\$1,638.63	\$503.47	\$482.12	\$2,624.22	\$902.73	\$573.03	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$4,863.10	<b>\$150,191.86</b>
	Febrero	\$17.50	\$2,071.57	\$3,498.38	\$737.34	\$605.68	\$4,841.40	\$687.48	\$996.68	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$8,545.56	
	Marzo	\$17.50	\$2,784.74	\$5,735.69	\$1,292.78	\$709.69	\$7,738.16	\$773.82	\$1,477.19	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$12,722.34	
	Abril	\$17.50	\$2,920.58	\$5,829.38	\$1,373.75	\$732.23	\$7,935.36	\$841.15	\$1,529.24	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$13,174.76	
	Mayo	\$17.50	\$3,005.48	\$6,548.62	\$1,512.54	\$789.80	\$8,850.96	\$876.24	\$1,663.87	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$14,344.98	
	Junio	\$17.50	\$2,954.54	\$7,151.46	\$1,591.05	\$874.96	\$9,617.47	\$884.81	\$1,758.01	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$15,163.26	
	Julio	\$17.50	\$2,750.78	\$5,877.76	\$1,183.25	\$779.18	\$7,840.19	\$791.86	\$1,488.39	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$12,819.65	
	Agosto	\$17.50	\$2,530.04	\$4,710.65	\$990.56	\$790.93	\$6,492.14	\$869.95	\$1,294.60	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$11,135.16	
	Septiembre	\$17.50	\$2,767.76	\$7,379.02	\$1,419.76	\$810.00	\$9,608.78	\$1,008.92	\$1,748.73	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$15,082.62	
	Octubre	\$17.50	\$2,852.66	\$7,205.88	\$1,489.78	\$851.87	\$9,547.53	\$1,002.49	\$1,750.97	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$15,102.08	
	Noviembre	\$17.50	\$2,767.76	\$6,654.50	\$1,352.09	\$738.30	\$8,744.89	\$883.23	\$1,620.08	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$13,964.39	
	Diciembre	\$17.50	\$2,733.80	\$6,211.08	\$1,262.55	\$709.98	\$8,183.61	\$867.46	\$1,540.65	-\$117.88	\$0.00	\$48.81	\$13,273.95	
2032	Enero	\$17.50	\$832.16	\$1,673.04	\$514.05	\$492.24	\$2,679.33	\$921.69	\$585.07	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$4,965.23	<b>\$153,345.89</b>
	Febrero	\$17.87	\$2,115.08	\$3,571.84	\$752.00	\$618.40	\$4,943.06	\$701.91	\$1,017.61	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$8,725.01	
	Marzo	\$17.87	\$2,843.22	\$5,856.13	\$1,319.93	\$724.59	\$7,900.65	\$790.07	\$1,508.21	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$12,989.50	
	Abril	\$17.87	\$2,981.91	\$5,951.80	\$1,402.60	\$747.61	\$8,102.01	\$858.81	\$1,561.36	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$13,451.44	
	Mayo	\$17.87	\$3,068.60	\$6,686.14	\$1,544.30	\$896.38	\$9,036.82	\$894.65	\$1,698.81	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$14,646.23	
	Junio	\$17.87	\$3,016.59	\$7,301.64	\$1,624.47	\$893.33	\$9,819.44	\$903.39	\$1,794.93	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$15,481.70	
	Julio	\$17.87	\$2,808.55	\$6,001.19	\$1,208.09	\$795.54	\$8,004.82	\$808.49	\$1,519.64	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$13,088.85	
	Agosto	\$17.87	\$2,583.17	\$4,809.58	\$1,011.36	\$807.54	\$6,628.48	\$888.22	\$1,321.78	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$11,369.00	
	Septiembre	\$17.87	\$2,825.88	\$7,533.98	\$1,449.57	\$827.01	\$9,810.56	\$1,030.11	\$1,785.45	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$15,399.35	
	Octubre	\$17.87	\$2,912.57	\$7,357.20	\$1,521.06	\$869.76	\$9,748.02	\$1,023.54	\$1,787.74	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$15,419.22	
	Noviembre	\$17.87	\$2,825.88	\$6,794.24	\$1,380.48	\$753.81	\$8,928.53	\$901.78	\$1,654.11	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$14,257.65	
	Diciembre	\$17.87	\$2,791.21	\$6,341.51	\$1,289.07	\$724.89	\$8,355.47	\$885.68	\$1,573.01	-\$120.35	\$0.00	\$49.83	\$13,552.72	

Fuente: Propia



Tabla 3.62. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 9 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Cargo por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
				Resto	Punta	Valle	Total							
2033	Enero	\$17.87	\$849.64	\$1,708.17	\$524.84	\$502.58	\$2,735.59	\$941.04	\$597.35	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$5,069.49	\$156,566.20
	Febrero	\$18.25	\$2,159.49	\$3,646.85	\$768.63	\$631.38	\$5,046.86	\$716.65	\$1,038.98	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$8,908.23	
	Marzo	\$18.25	\$2,902.93	\$5,979.11	\$1,347.65	\$739.81	\$8,066.57	\$806.66	\$1,539.89	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$13,262.30	
	Abril	\$18.25	\$3,044.53	\$6,076.79	\$1,432.05	\$763.31	\$8,272.15	\$876.85	\$1,594.15	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$13,733.81	
	Mayo	\$18.25	\$3,133.04	\$6,826.55	\$1,576.73	\$823.32	\$9,226.60	\$913.43	\$1,734.49	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$14,953.81	
	Junio	\$18.25	\$3,079.93	\$7,454.97	\$1,658.58	\$912.09	\$10,025.64	\$922.36	\$1,832.62	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$15,806.80	
	Julio	\$18.25	\$2,867.52	\$6,127.22	\$1,233.46	\$812.25	\$8,172.93	\$825.47	\$1,551.56	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$13,363.73	
	Agosto	\$18.25	\$2,637.41	\$4,910.58	\$1,032.60	\$824.50	\$6,767.68	\$906.87	\$1,349.54	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$11,607.75	
	Septiembre	\$18.25	\$2,885.23	\$7,692.19	\$1,480.01	\$844.38	\$10,016.58	\$1,051.74	\$1,822.95	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$15,722.75	
	Octubre	\$18.25	\$2,973.73	\$7,511.70	\$1,553.01	\$888.02	\$9,952.73	\$1,045.04	\$1,825.28	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$15,743.03	
	Noviembre	\$18.25	\$2,885.23	\$6,936.92	\$1,409.47	\$769.64	\$9,116.03	\$920.72	\$1,688.84	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$14,557.07	
	diciembre	\$18.25	\$2,849.82	\$6,474.68	\$1,316.14	\$740.11	\$8,530.93	\$904.28	\$1,606.04	-\$122.88	\$0.00	\$50.88	\$13,837.32	
2034	Enero	\$18.25	\$867.48	\$1,744.04	\$535.86	\$513.13	\$2,793.03	\$960.81	\$609.90	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$5,175.96	\$159,854.11
	Febrero	\$18.63	\$2,204.84	\$3,723.43	\$784.77	\$644.64	\$5,152.84	\$731.70	\$1,060.79	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$9,095.29	
	Marzo	\$18.63	\$3,108.47	\$6,104.68	\$1,375.95	\$755.34	\$8,235.97	\$823.60	\$1,572.23	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$13,540.81	
	Abril	\$18.63	\$3,198.83	\$6,204.40	\$1,462.13	\$779.34	\$8,445.87	\$895.26	\$1,627.62	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$14,022.34	
	Mayo	\$18.63	\$3,144.61	\$6,969.90	\$1,609.85	\$840.61	\$9,420.36	\$932.62	\$1,770.91	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$15,267.84	
	Junio	\$18.63	\$2,927.74	\$7,611.53	\$1,693.41	\$931.24	\$10,236.18	\$941.73	\$1,871.10	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$16,138.74	
	Julio	\$18.63	\$2,692.80	\$6,255.89	\$1,259.37	\$829.30	\$8,344.56	\$842.80	\$1,584.14	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$13,644.36	
	Agosto	\$18.63	\$2,945.82	\$5,013.70	\$1,054.28	\$841.81	\$6,909.79	\$925.91	\$1,377.88	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$11,851.50	
	Septiembre	\$18.63	\$2,945.82	\$7,853.73	\$1,511.10	\$862.11	\$10,226.94	\$1,073.83	\$1,861.23	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$16,052.94	
	Octubre	\$18.63	\$3,036.18	\$7,669.45	\$1,585.62	\$906.67	\$10,161.74	\$1,066.98	\$1,863.61	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$16,073.63	
	Noviembre	\$18.63	\$2,945.82	\$7,082.60	\$1,439.07	\$785.80	\$9,307.47	\$940.05	\$1,724.31	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$14,862.77	
	Diciembre	\$18.63	\$2,909.67	\$6,610.65	\$1,343.78	\$755.66	\$8,710.09	\$923.27	\$1,639.77	-\$125.46	\$0.00	\$51.95	\$14,127.92	

Fuente: Propia

Tabla 3.63. Proyecciones de pagos mensuales por el servicio eléctrico 2, periodo 2017-2036. Tabla 10 de 10.

Año	Mes	Cargo comercial	Cargo por distribución	Resto	Punta	Valle	Total	Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total Mensual	Total Anual
Febrero	\$19.02	\$2,251.15	\$3,801.63	\$801.25	\$658.18	\$5,261.06	\$747.07	\$1,083.07	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$9,286.32		
Marzo	\$19.02	\$3,026.13	\$6,232.87	\$1,404.85	\$771.20	\$8,408.92	\$840.89	\$1,605.24	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$13,825.15		
Abril	\$19.02	\$3,173.75	\$6,334.69	\$1,492.83	\$795.70	\$8,623.22	\$914.06	\$1,661.80	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$14,316.80		
Mayo	\$19.02	\$3,266.01	\$7,116.27	\$1,643.65	\$858.26	\$9,618.18	\$952.20	\$1,808.10	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$15,588.46		
Junio	\$19.02	\$3,210.65	\$7,771.20	\$1,728.97	\$950.80	\$10,451.14	\$961.51	\$1,910.40	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$16,477.67		
Julio	\$19.02	\$2,989.23	\$6,387.26	\$1,285.81	\$846.72	\$8,519.79	\$860.50	\$1,617.41	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$13,930.90		
Agosto	\$19.02	\$2,749.35	\$5,118.99	\$1,076.42	\$859.49	\$7,054.90	\$945.36	\$1,406.82	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$12,100.40		
Septiembre	\$19.02	\$3,007.68	\$8,018.66	\$1,542.83	\$880.21	\$10,441.70	\$1,096.38	\$1,900.32	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$16,390.05		
Octubre	\$19.02	\$3,099.94	\$7,830.51	\$1,618.92	\$925.71	\$10,375.14	\$1,089.36	\$1,902.75	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$16,411.19		
Noviembre	\$19.02	\$3,007.77	\$7,231.33	\$1,469.29	\$802.30	\$9,502.92	\$959.80	\$1,760.52	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$15,174.89		
Diciembre	\$19.02	\$2,970.77	\$6,749.47	\$1,372.00	\$771.53	\$8,893.00	\$942.66	\$1,674.20	-\$128.09	\$0.00	\$53.04	\$14,424.60		
2036	Enero	\$19.02	\$915.00	\$1,837.87	\$553.62	\$530.32	\$2,921.81	\$1,002.18	\$631.54	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$5,413.35	\$166,824.09
	Febrero	\$19.41	\$2,325.62	\$3,925.05	\$812.87	\$639.97	\$5,377.89	\$763.66	\$1,103.25	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$9,513.53	
	Marzo	\$19.41	\$3,126.25	\$6,435.23	\$1,425.21	\$749.04	\$8,609.48	\$860.95	\$1,640.09	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$14,157.48	
	Abril	\$19.41	\$3,278.75	\$6,540.36	\$1,514.47	\$877.68	\$8,932.51	\$946.85	\$1,713.08	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$14,813.40	
	Mayo	\$19.41	\$3,374.06	\$7,486.24	\$1,739.18	\$905.03	\$10,130.45	\$1,002.91	\$1,888.49	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$15,129.49	
	Junio	\$19.41	\$3,316.87	\$8,175.40	\$1,829.45	\$997.61	\$11,007.46	\$1,012.69	\$1,996.34	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$17,276.57	
	Julio	\$19.41	\$3,088.12	\$6,719.33	\$1,360.54	\$892.87	\$8,972.74	\$906.25	\$1,688.25	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$14,598.57	
	Agosto	\$19.41	\$2,840.31	\$5,227.18	\$1,100.59	\$878.02	\$7,205.79	\$965.58	\$1,434.04	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$12,388.93	
	Septiembre	\$19.41	\$3,104.19	\$8,188.13	\$1,505.19	\$899.19	\$10,593.11	\$1,112.28	\$1,927.77	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$16,680.56	
	Octubre	\$19.41	\$3,202.50	\$7,642.83	\$1,579.43	\$865.73	\$10,087.99	\$1,059.24	\$1,867.99	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$16,150.93	
	Noviembre	\$19.41	\$3,107.19	\$7,475.93	\$1,515.07	\$830.53	\$9,921.53	\$1,002.07	\$1,826.53	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$15,800.53	
	Diciembre	\$19.41	\$3,069.06	\$6,977.77	\$1,414.75	\$798.68	\$9,191.20	\$974.27	\$1,723.01	-\$130.74	\$0.00	\$54.54	\$14,900.75	

Fuente: Propia

En los pronósticos para el cargo en otros y en cargo de interés por mora se ha utilizado el promedio mensual pagado en el año 2014, ya que, no se sabe cómo es su variación a través del tiempo, pero en el cargo por otro se ha sustituido los valores de cobro de \$105.23 en abril, \$3,253.47 en mayo y \$74.07 en junio (todos de 2013); ya que son todos por la sustitución de un transformador para el edificio de carreras múltiples. Se ha sustituido por el descuento de -\$84.53 que el promedio para ese año.

### **3.2.1.3.2. Oportunidades de disminuir la factura eléctrica**

Estimar los pagos realizados por la universidad a la empresa AES-CLESA que presta el servicio eléctrico, especificando el pago realizado por el consumo de energía eléctrica correspondiente al edificio de medicina, se vuelve una tarea demasiado complicada. Debido que no existe un medidor para verificar la energía que consume el edificio, mucho menos un cobro de tarifa eléctrica para el consumo. Por lo cual realizar este análisis implica deducir oportunidades de disminuir el cobro en la factura del servicio eléctrico 2, relacionándolo con el consumo de energía eléctrica determinado por medio de los diagnóstico de medición indirecta para un día.

La implementación del sistema solar que se instalará en el techo del edificio de medicina, traerá grandes beneficios económicos a la universidad debido que existe la oportunidad de disminuir la factura eléctrica, lo anterior se refiere a disminuir los cargo por los que se componen la factura eléctrica cobrados cada mes. La factura depende de cómo se dé consume la electricidad en la UES-FMOcc, del tipo de servicio contratado, de la calidad del suministro eléctrico por parte de la empresa distribuidora, de factores electromagnéticos de cargas eléctricas instaladas que pueden causar multas, de retazos de los pagos del servicio, entre otros.

Este sistema solar permitirá abastecer de electricidad a todas las instalaciones del edificio, por lo cual el ahorro de energía será el principal beneficio económico que tendrá la universidad en la factura eléctrica del servicio eléctrico 2. La disminución en el consumo eléctrico acarrea otras oportunidades de disminuir la factura eléctrica por lo que se describen a continuación cada una de ellas.

### **Disminución de los cobros por distribución de potencia demandada**

El cobro por distribución de potencia es igual al valor de la potencia máxima demandada en el mes por el precio del kw de potencia eléctrica impuesta por la SIGET, por tanto, se disminuirá el cobro en el rubro cargo por distribución por cada kw que se logre disminuir en ese punto de demanda máxima. Actualmente este cobro equivale a \$12.008595 y la demanda máxima entre 20 y 175 kw registrada en el año 2016, en consecuencia, se tiene un amplio rango donde disminuir el cobro por distribución de potencia. La oportunidad de disminuir la potencia se da al abastecer de energía por medio del sistema solar, debido a que se abastecerá de energía equipos eléctricos-electrónicos los sistemas de iluminación, de climatización y de ofimático.

### **Disminución en el cobro por energía consumida**

La energía consumida depende por la potencia demandada por los equipos eléctricos-electrónicos instalados en el edificio de medicina y por el tiempo de uso que se les dé a estos. La energía consumida por estos equipos se mide en kwh, por lo cual se disminuirá el cargo por energía por cada kwh que se logre abastecer con la implementación del generador fotovoltaico. El servicio de energía eléctrico 2 abastece a la mayor parte de la universidad, pero gran parte de

la energía consumida por este servicio se concentra en los dos edificios principales los cuales son; edificio de Ciencias de la Salud y el de Usos Múltiples. Al abastecer el consumo de energía eléctrica al edificio de medicina se logrará disminuir el cobro en la factura eléctrica, pues es por el que más se paga en concepto de electricidad mensualmente.

### **Disminución en los cobros por multas en factor de potencia**

Otro componente que representa una oportunidad para reducir la factura eléctrica cada mes sin duda, son los cobros por multas en concepto de factor de potencia. La multa de factor de potencia establece incrementar en 1% el costo total de energía por cada centésima que el índice de FP sea menor a 0.9, si el índice es menor que 0.75 se incrementa en 15% el costo total de la energía más 2% por cada centésima menor al 0.75. Si el FP es menor de 0.6 se considera la suspensión del servicio.

El factor de potencia bajo se debe a la instalación de demasiada carga inductiva en el sistema eléctrico de la facultad. En el año 2015 se canceló un monto de \$5,801.90 por esta multa, aunque para el año 2016 se registró un declive realizando un pago de \$3,461.59, esto representa una oportunidad de disminuir este cobro. La implementación del generador fotovoltaico traerá este beneficio ya que la energía que consumen estas cargas inductivas será abastecida por el sistema solar, además una recomendación es cambiar las lámparas fluorescentes por luminarias led, de esta forma se corregirá en gran medida este problema y amortizar un porcentaje lo son los cobros adquiridos por esta multa.

### **3.3. Conclusiones: Diagnostico del consumo eléctrico actual en el edificio de medicina**

Con el desarrollo de cada uno de los diagnósticos en este capítulo se ha obtenido información fundamental para implementar el desarrollo del suministro de energía eléctrica a proponer. Es importante recalcar que en cada diagnostico se obtuvo información diferente pero fundamental que se debe de tener en cuenta al momento de elegir decisiones que busque sobretodo el bien para los intereses de la Universidad UES-FMOcc.

#### **3.3.1. Consumo máximo registrada en el edificio de medicina**

Según los datos encontrados en el muestreo realizados en las líneas secundarias que alimentan los subtableros del edificio de medicina, la demanda máxima registrada presento un consumo de 31,29 kw y esta se presente a las 10:00 a.m. Ahora bien; ¿Que tan confiable es este dato?, el dato representa un consumo muy alto, pero debido al equipo instalado y lo grande de la infraestructura del edificio se puede decir que el consumo es normal.

La potencia del suministro de energía eléctrica puede depender de la demanda máxima registrada en el muestreo, por lo cual sería necesario instalar un sistema solar que proporcionara una potencia mayor a la registrada como demanda máxima. Pero existe algunos factores que puede influir en el consumo registrado por el edificio, cada factor puede contribuir aumentar, así como a disminuir el consumo registrado.

#### *Medición*

Las mediciones efectuadas se realizaron en los subtableros que alimentan al edificio, por lo cual las mediciones se realizaron en las líneas secundarias utilizando un intervalo de tiempo de 5 minutos. Esto significa que los datos obtenidos no son los más exactos, porque debido a la

complejidad de la instalación eléctrica fue imposible realizar las mediciones en las líneas primarias, lo cual significa que en un instante del tiempo el consumo puede variar afectando directamente la medición registrada.

### *Época del año*

Otro factor importante es la época del año en la cual se realizó la medición, El consumo de energía debe de ser distinto cuando se hacen presentes las lluvias, ya que, la utilización del sistema de iluminación aumenta considerablemente durante el día y la lógica hace referencia que el sistema de climatización no debería ser utilizado cuando se hacen presente las lluvias, aunque la realidad es otra, debido a que las personas no poseen la cultura energética necesaria para que el aire acondicionado no sea utilizado.

### **3.3.2. Consumo eléctrico en el edificio de medicina**

El saber la carga instalada en una luminaria, equipo y área, relacionándola con el tiempo de uso de dicha unidad se puede obtener el consumo de energía eléctrica. Este es el método utilizado en los diagnóstico de medición indirecta presentado en este capítulo para determinar el consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina. En cada diagnóstico se analizó detalladamente cada sistema de consumo eléctrico con el fin de obtener los datos más exacto; Ya que, los datos obtenidos es la base principal para elaborar el diseño de suministro de energía eléctrica mediante el uso de la energía solar. La tabla 3.40, detalla el consumo de energía de cada sistema.

Tabla 3.64. Consumo eléctrico en el edificio de medicina

Sistema de consumo de energía	Área	Consumo por área (kwh)	Consumo por sistema (kwh)
Sistema de Iluminación	Nivel 1	106.52	174.72
	Nivel 2	68.2	
Sistema de Ofimático	Departamento de medicina	8.68	77.41
	Sala de docentes de medicina	15.40	
	Proyección social	16.89	
	Proyección académica especiales	16.29	
	Enfermedades transmisibles	2.70	
	Laboratorio de bioquímica	7.13	
	Clínica	5.59	
Sistema de Climatización	Jefatura y sala de docentes de medicina	54.865	128.02
	Unidad de proyección social	73.154	
<b>Consumo de energía eléctrica en el edificio de medicina</b>			<b>380.15</b>

Fuente: propia

El consumo de energía eléctrica será la base principal para determinar el número de paneles solares a utilizar en el suministro de energía eléctrica, relacionándolo con otros factores importantes que se debe considerar, como lo es la irradiación solar disponible en la zona y las posibles pérdidas de energía que se da en los equipos.

### 3.3.3. Facturación eléctrica con tendencia creciente

Los pronósticos de los pagos de la factura eléctrica para el periodo 2017-2036 en el servicio 2 “Tarifa de gran demanda en media tensión con medidor horario”, se resumen en el siguiente gráfico.



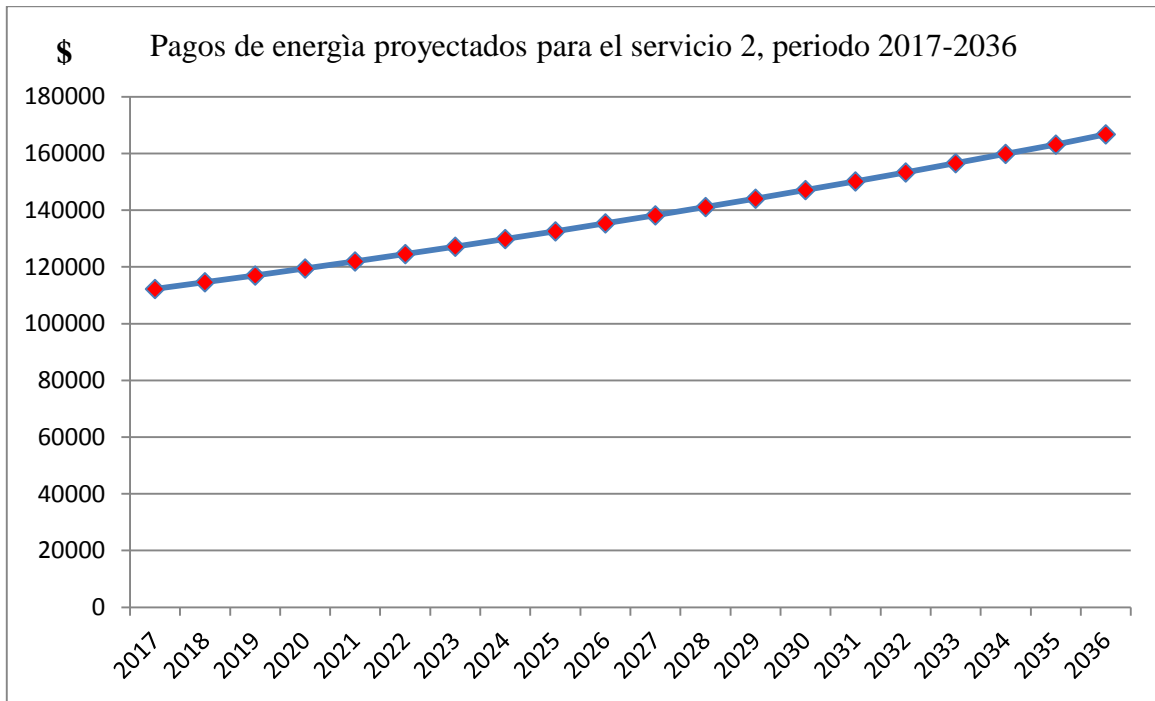


Grafico 3.12. Pagos de energía proyectada para el servicio 2, periodo 2017-2036  
Fuente: Propia

La grafica detalla claramente la tendencia creciente en los pronósticos de pago de la factura eléctrica para los próximos años del servicio eléctrico 2, el incremento de los futuros pagos de este servicio es directamente proporcional al incremento que presentara la tarifa eléctrica en los próximos 20 años. En la gráfica se aprecia que los pagos realizados por el consumo de energía aumentan, de \$112,275.35 en el año 2017 hasta \$166,824.09 en el año 2036 según pronostico, determinando una diferencia de \$ 54,548.74 en los próximos 20 años.

## **Pronostico de consumo de energía para el periodo 2017-2036**

La factura eléctrica depende de dos factores: del consumo de electricidad y del costo de la energía que actualmente presenta un costo elevado. Así un aumento en la factura puede producirse por dos factores principales, por un aumento en el consumo de energía eléctrica, por un aumento en el costo de la energía y en ocasiones especiales por un aumento en ambos factores. En el diagnóstico de la tarifa eléctrica se proyectaron ambos factores para el periodo 2017-2036 con pronósticos cuantitativos, pero el aumento del consumo de energía eléctrica se proyecta únicamente para el año 2017 y 2026, debido que no es confiable utilizar pronósticos cuantitativos para periodos grandes. En la realización de los pronostico se utilizó el año 2017 presumiendo que la universidad mantendrá un consumo similar en los próximos 20 años, ya que el consumo de energía puede aumentar si se instalan nuevos equipos en el edificio. El pronóstico en el aumento de la energía únicamente se proyecta debido a la inflación, aunque en los últimos años se debe al aumento que ha tenido el petróleo en el mercado. El pronóstico en el aumento de la energía se realizó para el periodo de 2017-2037 y estos pronósticos se utilizan para proyectar los pagos que realizara la universidad en los próximos 20 años.

## 2.7. Referencia del capítulo 3

**SIGET, (2016).** Precio del pliego tarifario establecido por la SIGET a la empresa AES-CLESA. Extraído el 12 de diciembre del 2017 desde:  
<http://www.siget.gob.sv/index.php/temas-n/documentos/tarifas>.

**Snet, (2017).** Climatología en El Salvador. Extraído el 12 de diciembre del 2017 desde:  
<http://www.snet.gob.sv/meteorologia/climaelsal.htm>

**Wikipedia la enciclopedia libre, (2016).** Luminarias fluorescentes. Extraído el 17 de febrero del 2017 desde:  
[http://es.m.wikipedia.org/wiki/Luminarias\\_fluorescentes](http://es.m.wikipedia.org/wiki/Luminarias_fluorescentes)

**Wikipedia la enciclopedia libre, (2016).** Coordenadas geográficas de la ciudad de Santa Ana. Extraído el 9 de marzo del 2017 desde:  
[http://es.m.wikipedia.org/wiki/Santa\\_Ana\\_\(El\\_Salvador\)](http://es.m.wikipedia.org/wiki/Santa_Ana_(El_Salvador))

## **CAPÍTULO 4: APLICACIÓN DEL DISEÑO DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL EDIFICIO DE MEDICINA**

### **4.1. Introducción**

La energía solar en los últimos años, ha sido utilizada como fuente de energía para producir electricidad, producto de la sobreexplotación de los recursos no renovables y los efectos generado por su consumo. Actualmente se puede percibir una creciente conciencia social de sacar provecho a este tipo de energía, esto es posible de visualizar por la mayor cantidad de sistema de generación en base a energía solar instalados y en procesos de instalación en nuestro país, los cuales son utilizados como sistemas auxiliares o principales, dependiendo de la ubicación y los recursos de quien los utilice.

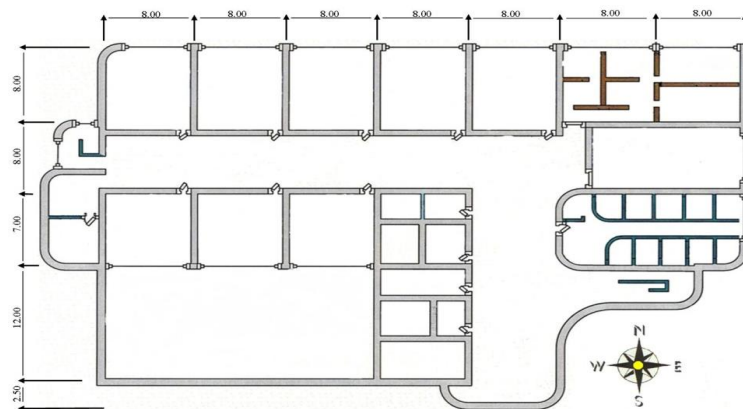
En el presente capítulo se realiza el diseño y dimensionado del sistema fotovoltaico conectado a red sobre la cubierta del edificio de ciencias de la salud realizándose la conexión sobre la red interior del edificio, ya que el destino de la energía generada por el sistema fotovoltaico será el autoconsumo de dicho edificio. La energía proporcionada por el suministro eléctrico será la suficiente para abastecer todo el edificio, así como todas las actividades asignadas en donde se demande energía eléctrica.

En este apartado también se describirá la potencia que proporcionará el sistema fotovoltaico al edificio de medicina, el cual dependerá de los resultados encontrados en los diagnósticos descritos en el capítulo 3. Además de la elección del equipo y cableado utilizado para generar la potencia, así como el equipo encargado para la protección de las posibles sobrecargas de tensión que puede producir el sistema. También se detalla la inversión económica inicial que tendrá la implementación del suministro de energía.

## 4.2. Emplazamiento de la instalación

La ubicación del suministro de energía eléctrica a instalar, se realizará sobre el techo de la segunda planta del edificio de medicina de la Universidad de El Salvador FMOcc, debido a dos factores fundamentales, el primero es que no existe terreno apropiado para instalarlo sobre el suelo, ya que, el terreno debe de estar libre de árboles para captar la mayor cantidad de sol durante el día. El segundo factor es que, existe un riesgo instalarlo sobre el suelo por la cantidad de estudiantes que estarían expuestos al sistema y proteger el generador con mayas elevaría el costo de la inversión, además de las talas de árboles que sería necesaria efectuar.

Figura 4.1. Dimensiones del edificio de medicina.



Fuente: propia

Las dimensiones del edificio de medicina están detalladas en la figura 4.1, el rectángulo mayor 12mX24m representa el techo del primer nivel del edificio, por lo cual esa área no será ocupada por los paneles debido que presenta una gran cantidad de árboles al costado sur que genera sombra durante el día. La construcción del edificio se realizó teniendo en cuenta los puntos cardinales, pero el techo del edificio se encuentra inclinado a diferentes direcciones por lo cual estos datos se tendrán en cuenta a la hora de instalar los paneles.

### **4.3. Cálculo de la instalación del suministro eléctrico**

En el siguiente apartado se detalla en qué consiste el proyecto a realizar, detallando la descripción de la instalación, equipo a utilizar, los cálculos necesarios y decisiones tomadas en base a dichos cálculos. Pues lo importante es puntualizar lo requerido para diseñar el suministro de energía eléctrica que mejor se acople al consumo de energía determinada en el edificio de medicina.

#### **4.3.1. Elección de los paneles fotovoltaicos**

La obtención de la información requerida para la elaboración de la instalación de un sistema de energía solar, permite dar uno de los pasos más importante en la creación del sistema fotovoltaico, el cual es la elección del panel solar a utilizar para el aprovechamiento de los recursos energéticos solares que se disponen en la zona donde se instalara el centro de producción. Para la elección de los paneles solares a utilizar, hay que tener en cuenta varias consideraciones.

##### *Terreno a ocupar*

Se debe estudiarse la cantidad de terreno de la que se dispone a la hora de dimensionar el campo de paneles solares, en este caso, la situación del campo de paneles será sobre el techo del edificio, por lo que existirán limitaciones de espacio más obvias.

El edificio de medicina posee un área aproximadamente de  $1,960 m^2$ , parte de esta area pertenece al techo del primer nivel del edificio. Ahora bien, teniendo en cuenta que uno de los objetivos a la hora de diseñar este tipo de instalaciones es la optimización de los recursos, se

debe ubicar la distribución de los paneles solares sobre el techo del edificio en las zonas libres de sombra, para lograr la mayor captación de los rayos solares y evitar talar un árbol.

### *Tecnología a utilizar*


La existencia de varios tipos de paneles solares fotovoltaicos dependen del tipo de célula solar del que están compuestos: silicio monocristalino, silicio policristalino y silicio amorfo. Para el diseño del proyecto se utilizarán paneles de tipo monocristalino que, aunque son paneles caros su rendimiento es el más alto del mercado llegando hasta casi el 20%.

### *Presupuesto*

La última y más importante de todas, a la hora del diseño de este tipo de instalaciones es el costo económico que se tendrá, ya que se puede elaborar un diseño de suministro eléctrico de gran envergadura y calidad, sin embargo, el costo económico es una gran limitante y tomar decisiones acertadas pueden contribuir a la reducción del costo total del proyecto a implementar.

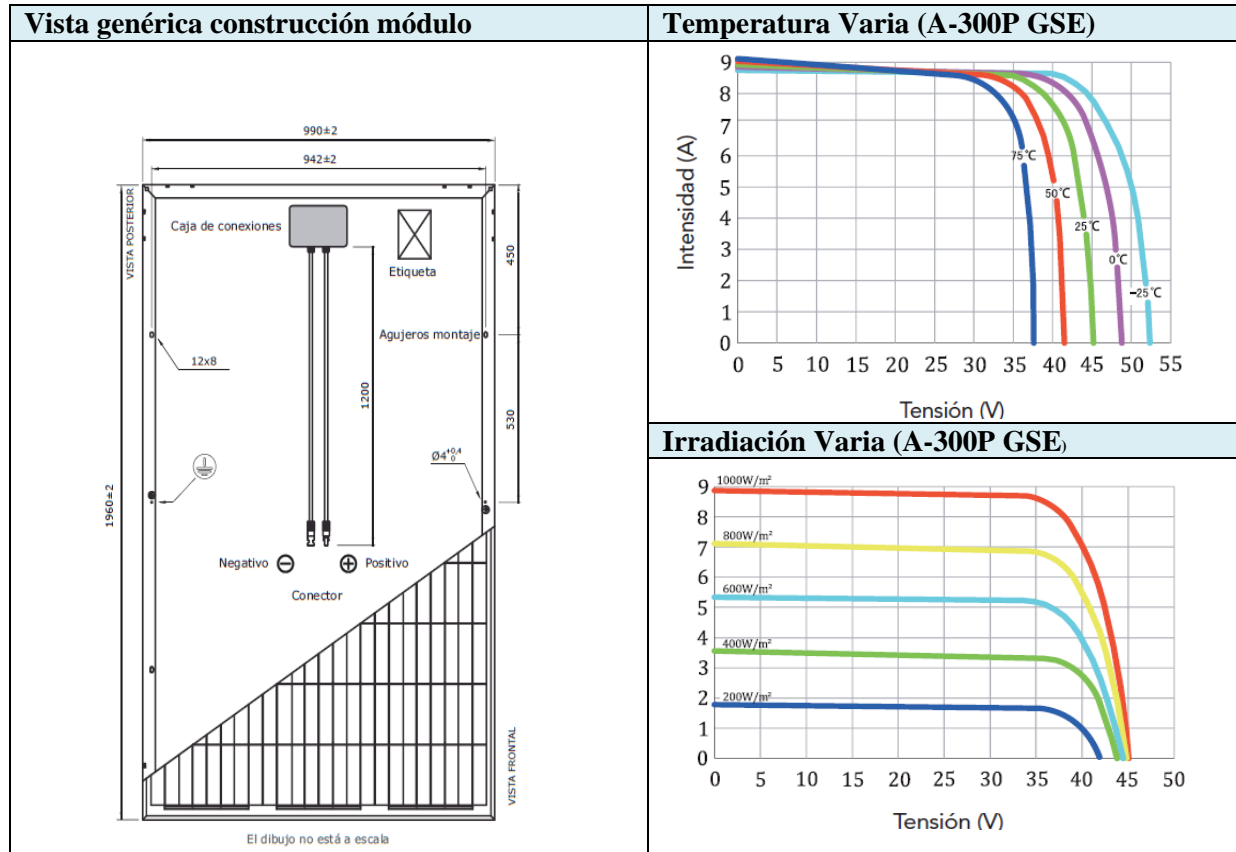
Teniendo en cuenta estas consideraciones se ha elegido el panel solar fotovoltaico monocristalino A-300P GSE de ATERSA, empresa española con amplia experiencia en fabricación de todos tipos de dispositivos para instalaciones solares. Este tipo de módulo está creado especialmente para alimentar sistemas de 24VCC y 48VCC, como instalaciones autónomas batería de potencia elevada, bombeo directo de agua y sistemas de inyección directa de la energía a la red eléctrica como es el caso de este proyecto

Tabla 4.1. Características del panel solar seleccionado

Característica eléctricas	A-300P GSE	Modulo solar
Potencia Máxima (Pmax)	300 W	
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	36.50 V	
Corriente Máxima Potencia (Imp)	8.22 A	
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	45.00 V	
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8.89 A	
Eficiencia del Módulo (%)	15.46	
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5	
Máxima Serie de Fusibles (A)	15	
Máxima Tensión del Sistema	DC 1000 V (IEC)	
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	46±2	

Especificaciones mecánicas	Característica de temperatura
Dimensiones (± 2.0 mm.) 1960x990x42 mm.	Coef. Temp. de Isc (TK Isc) 0.0681% /°C
Peso 22.5 kg	Coef. Temp. de Voc (TK Voc) -0.2941% /°C
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento) 5400 Pa	Coef. Temp. de Pmax (TK Pmax) -0.3845% /°C
Máx. carga estática, posterior (viento) 2400 Pa	Temperatura de Funcionamiento -40 a +85 °C

Materiales de construcción	Embalaje
Cubierta frontal (material/tipo/espesor) Cristal templado/grado PV/3.2 mm.	Módulos/contenedor 20' 288 pzas
Células (cantidad/tipo/dimensiones) 72 células (6x12)/Policristalina/156 x 156 mm.	Módulos/contenedor 40' 636 pzas
Marco (material/color) Aleación de aluminio anodizado/plata	
Caja de conexiones (protección/n° diodos) IP65/3 diodos	
Cable (longitud/sección)/ Conectar 1200 mm./ 4 mm <sup>2</sup> / Compatible MC4	
Cubierta frontal (material/tipo/espesor) Cristal templado/grado PV/3.2 mm.	



Fuente: ATERSA



### 4.3.2. Orientación de los paneles fotovoltaicos

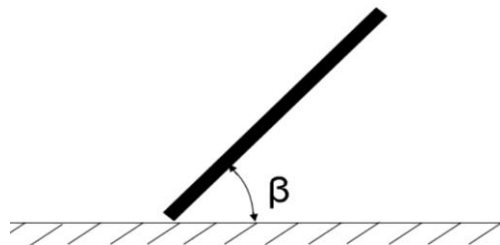
Al momento de diseñar un sistema de energía solar, es muy importante decidir la orientación de los paneles ya que interesa que los paneles capturen la mayor cantidad de radiación solar posible. La construcción del edificio se realizó teniendo en cuenta los puntos cardinales. Debido a esto el emplazamiento del edificio impone la orientación de los paneles, por lo cual no se necesita realizar ningún cálculo. Los paneles solares se instalarán orientados hacia el sur.

### 4.3.3. Inclinación de los paneles fotovoltaicos

La inclinación de los paneles solares es otro punto importante para el diseño de estas instalaciones fotovoltaicas, ya que, la electricidad proporcionada por el módulo fotovoltaico puede variar dependiendo de la estación, clima y localización. Para ello es necesario instalar el módulo fotovoltaico con el ángulo de inclinación más adecuado para recibir la mayor exposición directa del sol.

Según el manual de uso de los módulos fotovoltaicos de ATERSA, la inclinación de los módulos solares se define mediante el ángulo de inclinación  $\beta$ , que es el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es  $0^\circ$  para módulo horizontal y  $90^\circ$  para módulos verticales.

Figura 4.2. Inclinación de los módulos.



Fuente: Propia

El ángulo de inclinación del módulo fotovoltaico  $\beta$  debe ser de al menos los mismos grados que la latitud del lugar de instalación. Para establecer el mejor ángulo de inclinación, se recomienda al menos una inclinación de 5 grados para la limpieza natural del módulo. Las zonas de alta latitud requieren 10 grados de inclinación adicionales a los grados de latitud para alcanzar la inclinación óptima en invierno. La inclinación recomendada del módulo varía de acuerdo a la localización de la instalación y según el método de “mes peor”, la inclinación óptima aproximada de los paneles respecto a la horizontal, viene expresada en la siguiente tabla.

Tabla 4.2. Inclinación de los paneles según la latitud.

Nº	Periodo de diseño	Angulo de inclinación
1	Diciembre	$\alpha + 10^\circ$
2	Julio	$\alpha - 15^\circ$
3	Anual	$\alpha - 10^\circ$

Fuente: ATERSA

Para encontrar el grado de inclinación más adecuado para el aprovechamiento de la energía solar de los módulos fotovoltaicos a instalar, hay que tener en cuenta que la latitud varía de  $-90^\circ$  a  $90^\circ$  en todo el globo terrestre. La latitud del ecuador es  $0^\circ$ , la latitud del Polo Sur es  $-90^\circ$  y la latitud del Polo Norte es  $90^\circ$ . Los valores de latitud positivos corresponden a las ubicaciones geográficas al norte del Ecuador. Los valores de latitud negativos corresponden a las ubicaciones geográficas al sur de la línea ecuatorial.

Utilizando el método del “mes peor” para obtener la inclinación óptima de los paneles solares en la instalación y sabiendo que el grado de latitud para la ciudad de Santa Ana es de  $\alpha = 13.59^\circ$ , el cálculo del ángulo de inclinación para este sistema se muestra en la siguiente tabla para cada periodo de diseño.

Tabla 4.3. Inclinación de los paneles.

Periodo de diseño	Angulo de inclinación
Diciembre	$\alpha + 10^\circ = 13.59 + 10^\circ = 23,59^\circ$
Julio	$\alpha - 15^\circ = 13.59 - 15^\circ = - 1,41^\circ$
Anual	$\alpha - 10^\circ = 13.59 - 10^\circ = 3.59^\circ$

Fuente: Propia

Para aprovechar al máximo la captación de los rayos solares, el ángulo de inclinación se modificará según el periodo del año. Por tanto, la estructura de soporte a utilizar para colocar los paneles tendrá la capacidad de poder cambiar de ángulo cuando estén funcionando en invierno o verano a manos de los responsables de mantenimiento de la instalación.

#### *Invierno*

El ángulo de inclinación en el que se debe colocar los paneles solares en el periodo de invierno será orientado hacia el sur a  $5^\circ$ , este ángulo cambia con respecto al determinado. Debido a factores como la inclinación mínima de  $5^\circ$  que debe de tener los paneles por limpieza natural del mismo panel.

#### *Verano*

El ángulo de inclinación en el que se debe colocar los paneles solares en el periodo de verano será orientado hacia el sur a  $20^\circ$ , este ángulo cambia con respecto al determinado. Debido a que la estructura de soporte seleccionado solo puede variar el ángulo desde un mínimo de  $5^\circ$  a  $25^\circ$ , además se debe de considerar los  $5^\circ$  de inclinación que tiene el techo del edificio.

#### 4.3.4. Distancia mínima entre filas de módulos

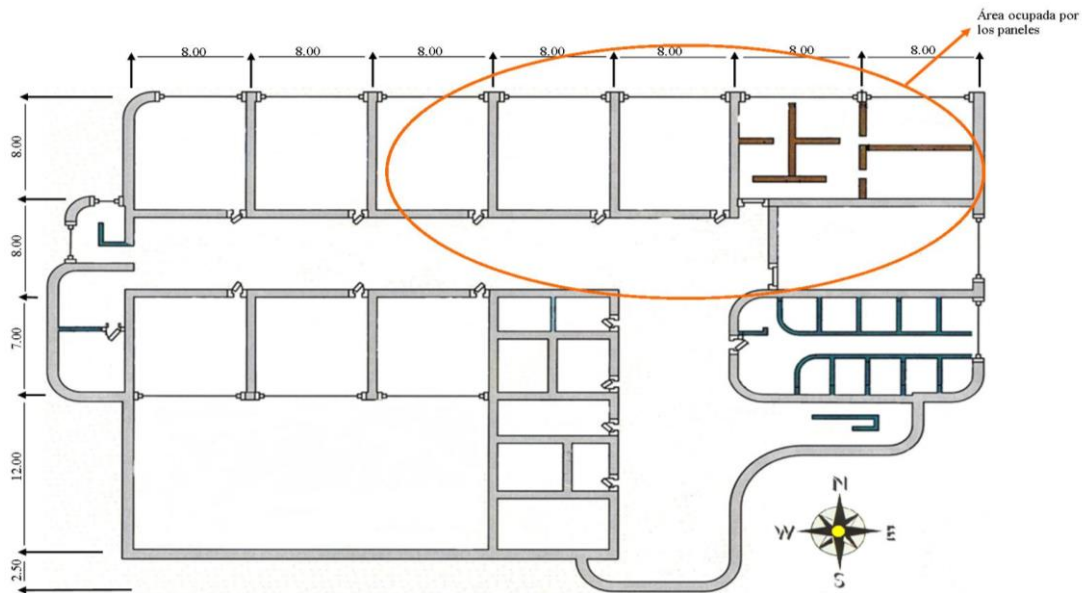
En este apartado se calculará la distancia mínima de separación entre las distintas filas de módulos solares que componen el generador fotovoltaico para que no se produzcan sombras de unos módulos sobre otros, la infraestructura del edificio de medicina es amplia, pero para ubicar de mejor forma los paneles sobre el techo es necesario tener en cuenta dos factores los cuales son:

*Sombra:* El lugar donde se realizará la instalación del sistema solar debe de estar libre de sombra durante todo el día, ya que alrededor del edificio se encuentran muchos árboles y talar un árbol significa deteriorar el medio ambiente.

*Resistencia:* Debido a la infraestructura arquitectónica del edificio y de la cantidad de paneles a instalar, se considera la resistencia que debe de tener el techo donde se ubicaran los paneles y para ello el área donde se instalaran los paneles tienen que ser reforzadas continuamente por las paredes.

Con respecto al proyecto, al tener dos posiciones, una para verano y otra para invierno, los paneles han de colocarse a una distancia aceptable para ambos periodos. Pero en este caso el cálculo de la distancia mínima entre cada fila de módulos solares que componen el generador se realizará solo para la época de verano, ya que en esa época el módulo tendrá un ángulo de inclinación de  $20^\circ$ , lo cual puede generar sombra entre los paneles al no considerar la separación. Con respecto en la época de invierno los  $5^\circ$  que tendrá los módulos no es suficiente para generar sombra en los demás módulos.

Figura 4.3. Área ocupada por los paneles



Fuente: Propia

Según el Pliego de Condiciones Técnicas del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA), la distancia “d”, medida sobre la horizontal, entre unas filas de módulos obstáculo, de altura “h”, que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia “d” será superior al valor obtenido por la expresión:

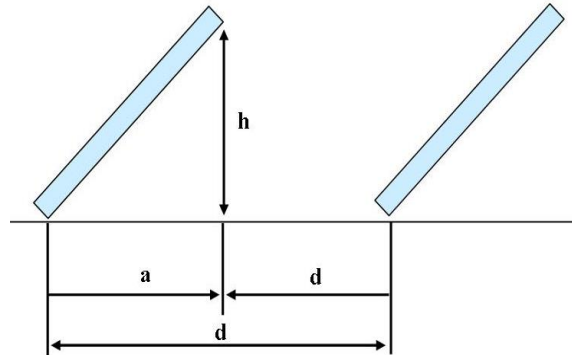
$$d = \frac{h}{\text{tag}(61^\circ - \text{latitud})}^8$$

---

<sup>8</sup> Solsticio representa el momento del año en que el sol, en su movimiento aparente, pasa por uno de los puntos de la eclipta más alejados del ecuador y en el que se da la máxima diferencia de duración entre el día y la noche. Anualmente se producen dos solsticios el solsticio de verano y el solsticio de invierno.

En la siguiente figura se detallan todas las medidas a considerar para calcular la distancia mínima de separación de las filas de los módulos solares que componen el generador para que no se produzcan sombras de unos módulos sobre otros.

Figura 4.4. Esquemas de distancias mínimas.



Fuente: Propia

La distancia de separación entre filas de módulos depende del ángulo de inclinación de éstos, así que cuanto más inclinado esté el panel, deberá guardarse mayor distancia entre filas. Como los paneles estarán fijos al techo de medicina, los paneles se colocarán a la distancia que marque la ecuación anterior para un ángulo de  $15^\circ$  ya que es la inclinación determinada. Por lo tanto, sabiendo que la longitud del panel solar es de 1962 mm y forma un ángulo con la horizontal de  $15^\circ$ , la altura “h” de los paneles será.

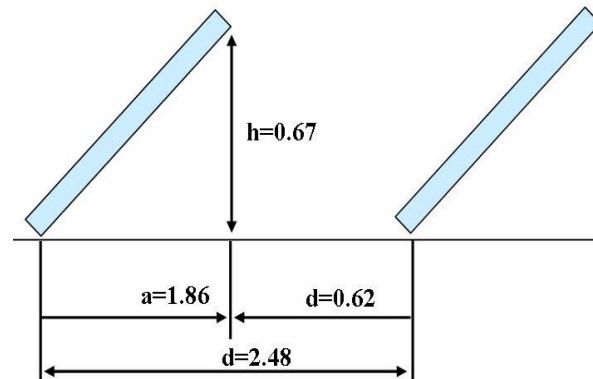
$$h = (\text{Sen}20^\circ)(1.962) = 0.67m$$

Conocida la altura que tendrán los paneles en su inclinación máxima y la latitud del lugar ( $13.59^\circ$ ), la distancia “d” entre paneles será de:

$$d = \frac{h}{\text{tag}(61^\circ - \text{latitud})} = \frac{0.67}{\text{tag}(61^\circ - 13.59^\circ)} = 0.62m$$

Por tanto la distancia entre los extremos inferiores de dos paneles consecutivos resultará de la suma de la distancia  $d = 0.62\text{m}$  y la proyección de la longitud del panel sobre el suelo, es decir,  $b = \sqrt{(1.962)^2 - (0.62)^2} = 1.86$ ; cada panel estará separado una distancia de  $2.48\text{m}$ .

Figura 4.5. Dimensiones entre paneles.




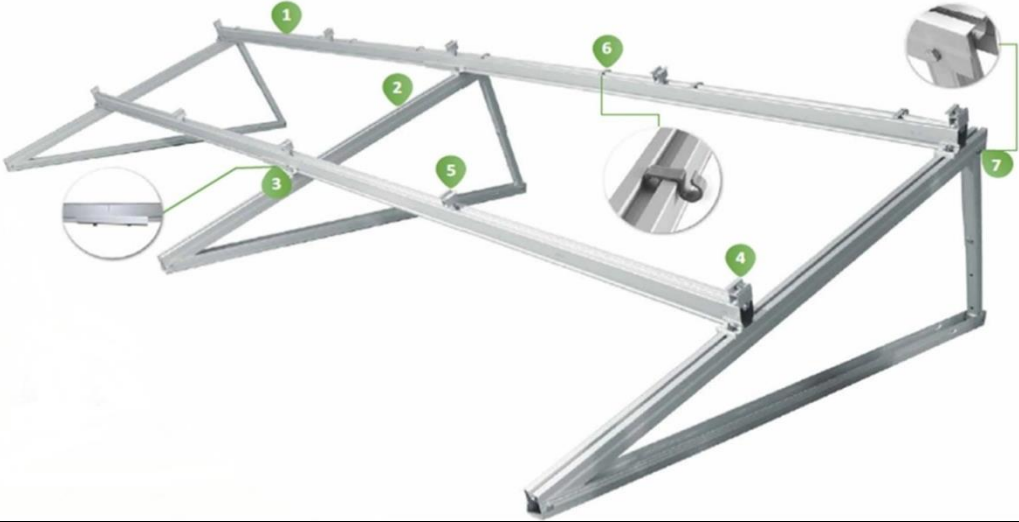








Fuente: Propia

#### 4.3.5. Estructura de soporte

La estructura de soporte que se utilizará en la instalación de los paneles solares en el techo del edificio de medicina, será una estructura de montaje modular construido en aluminio que ofrece una opción duradera, dinámica y de fácil instalación, distribuida por la empresa CONNERA. La estructura de soporte distribuida por esta empresa permite una instalación con menor tiempo, ya que la estructura es entregada pre-ensamblada para facilitar su instalación y además es diseñada para realizar el montaje de los paneles con solo dos herramientas.

Tanto la estructura soporte como los topes de sujeción de los módulos solares, no deberán ofrecer sombra alguna sobre los módulos. Además, la constitución tanto de la estructura soporte como el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos.

Tabla 4.4. Estructura de soporte CONNERA.

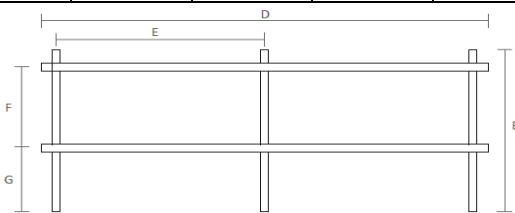
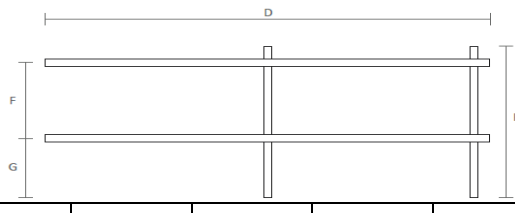
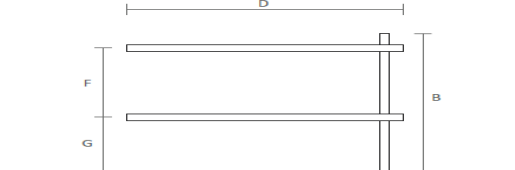
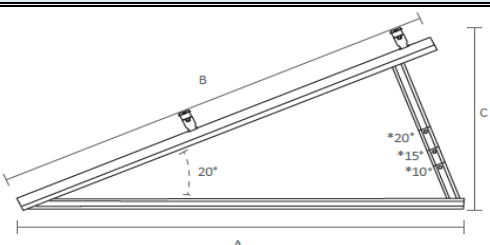
Estructura solar		
		
Componentes de la estructura solar		
Riel de soporte	Soporte triangular con inclinación ajustable	
		
Junta para riel de soporte	Fijador final	
		
Fijador intermedio	Clip para cable	
		
Tornillo para unión del soporte triangular	Ancla 10 x 200 mm	
		

Fuente: Propia



La estructura de soporte CONNERA está diseñada para soportar vientos continuos de hasta 120 km/h, con soportes triangulares espaciados cada 2 metros. Cada estructura básica está diseñada para sujetar cuatro módulos, pero también se encuentran estructuras adicionales que se puede adaptar a una estructura básica, ya sea para sujetar cuatro o dos módulos adicionales, estas estructuras pueden ser instaladas fácilmente en techos planos y techos inclinados.

Tabla 4.5. Dimensiones de la estructura de soporte.

Código	Dimensiones de la estructura de soporte (cm)							Peso (Kg)
	Estructura básica de aluminio para 4 módulos fotovoltaicos							
<b>Vista superior</b>								
VENTO4BASIC	A	B	C	D	E	F	G	21.2
	163	150	65	420	200	79	60	
								
VENTO4ADIC	163	150	65	420		79	60	17.6
								
VENTO2ADIC	163	150	65	420		79	60	9
								
<b>Vista lateral</b>								
								

Fuente: Propia

Para comenzar cada fila de montaje es necesario partir siempre de una estructura básica (VENTO4BASIC), ya que servirá de apoyo para la interconexión de las estructuras adicionales. Cada estructura adicional incluye un juego de juntas riel para la interconexión con la estructura básica u otra estructura adicional.

#### 4.3.6. Cálculo del número de paneles

La cantidad de paneles solares a instalar para abastecer la demanda de energía eléctrica del edificio de medicina se determinará mediante dos métodos, cada método tiene sus propias características que se detallan al proceder el cálculo, pero el cálculo se basa siempre en el consumo de energía eléctrico, el cual fue determinado mediante los diagnósticos de medición indirecta realizados en el capítulo tres.

##### 4.3.6.1. Método 1

La determinación del número de paneles solares a instalar depende de conocer los valores de la radiación solar, ya que, para evaluar la energía que un panel puede producir diariamente en una determinada localidad resulta útil el concepto del número de horas de sol pico (H.S.P) del lugar en cuestión y que no es otra cosa que el valor de la energía H total incidente sobre una superficie horizontal de  $1 m^2$ .

Tabla 4.6. Radiación Solar Mensual para la Ciudad de Santa Ana.

Radiación Solar Mensual para la Ciudad de Santa Ana ( $kwh/m^2/dia$ )												
Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
5.5	5.7	5.9	5.4	4.6	4.6	5.0	5.0	5.2	5.3	5.5	5.4	5.3

Fuente: Consejo Nacional de Energía

Otro factor importante para determinar el número de módulos fotovoltaico es la determinación del promedio diario año (kwh) de energía consumida, para determinar este valor sea utilizado el consumo de energía del servicio eléctrico 2, debido que el sistema fotovoltaico será conectado a red solo abastecerá el horario de consumo en resto. Se ha determinado un porcentaje que corresponde al consumido en horario resto realizado en cada mes del año 2016, el porcentaje encontrado se multiplico por el consumo de energía eléctrico determinado en los diagnostico de medición indirecta y posteriormente por los días de cada mes del año 2016.

Tabla 4.7. Consumo total de energía al año y promedio diario año.

Año	Mes	Consumo en kwh				Consumo en valle (%)	Días del mes	Consumo en kwh/día	Consumo en kwh/mes
		Resto	Punta	Valle	Total				
2016	Enero	5,842	2,642	2,946	11,430	51.11	31	380.15	6023
	Febrero	12,395	3,150	3,200	18,745	66.12	29	380.15	7289
	Marzo	25,197	5,436	5,556	31,341	80.38	31	380.15	9473
	Abril	24,689	5,385	3,505	33,579	73.53	30	380.15	8386
	Mayo	32,868	6,299	3,759	42,926	76.57	31	380.15	9024
	Junio	33,172	6,502	3,912	43,586	76.11	30	380.15	8680
	Julio	25,740	5,512	3,840	35,092	73.35	31	380.15	8644
	Agosto	19,502	4,254	3,561	27,317	71.39	31	380.15	8413
	Septiembre	28,570	6,593	3,724	38,887	73.47	30	380.15	8379
	Octubre	26,518	6,096	3,505	36,119	73.41	31	380.15	8651
	Noviembre	26,873	6,401	3,556	36,830	72.96	30	380.15	8321
	Diciembre	24,790	6,350	3,708	34,848	71.14	31	380.15	8384
<b>Consumo total al año (kwh)</b>								<b>99,667</b>	
<b>Promedio diario año (kwh)</b>								<b>272.31</b>	

Fuente: Propia

La estimación de posibles perdida en un sistema solar por diversos factores afecta el rendimiento del sistema, debido a esto, es importante considerar cada una de las posibles pérdidas para obtener el número de módulos más exacto para abastecer la demanda. Cada uno de estos factores se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 4.8. Estimación de pérdidas en una instalación.

Estimación de posibles pérdidas	
Parámetro	Porcentaje
Angulares	3
Polvo y suciedad	3-6
Temperatura	5-14
Diferencia entre modulo	2
Interconexión y cableado	3
No seguimiento del PMP y umbrales de arranque	3
Rendimiento del inversor	6

Fuente: Instalaciones fotovoltaicas conectado a red

El rendimiento total del sistema “Fr” contiene las pérdidas energéticas asociadas a la temperatura de operación del generador y a los rendimientos del inversor. Usualmente en un sistema fotovoltaico se utiliza un porcentaje entre el 0.7 y 0.78. Debido a que el sistema a proponer tendrá en cuenta cada parámetro de desperdicio de energía buscando alternativas factibles para reducir al mínimo el desperdicio, el rendimiento global del sistema para calcular la cantidad de paneles se considera de 0.82.

Producción de energía por día de un módulo solar

$$\text{Energía por día} = Kwp * Hsp * Fr$$

Donde:

Kwp = Watts Pico

Hsp = Horas sol pico promedio anual

Fr = Factor de rendimiento

$$Kwp = \frac{\text{Promedio diario de energia en kwh}}{Hsp * Fr}$$

$$\text{Kwp} = \frac{272.31}{5.3 * 0.82}$$

$$\text{Kwp} = 62.66 \text{ Kwp}$$

La potencia del generador fotovoltaico que se debe de instalar en el techo del edificio de medicina es de 62.66 Kwp, con esta potencia se abastecerá de energía eléctrica durante toda la vida útil del suministro sin ningún inconveniente.

$$\text{Kwp} = 62.66 \text{ Kwp} * \frac{1000\text{Wp}}{1 \text{ Kwp}} = 62,660 \text{ Wp}$$

En el suministro de energía eléctrica propuesto se utilizarán paneles solares monocristalino A-300P GSE de ATERSA, productos de empresa española con amplia experiencia en fabricación de todos tipos de dispositivos para instalaciones solares, para determinar el número de paneles a utilizar, se hará uso de la siguiente relación.

$$\text{Nº Paneles} = \text{Potencia pico} / \text{Potencia de un panel solar}$$

$$\text{Nº} = \frac{62,660\text{Wp}}{300\text{Wp}}$$

$$\text{Nº} = \mathbf{209}$$

#### **4.3.6.2. Método 2**

La cantidad de paneles a utilizar en sistema fotovoltaico se puede determinar fácilmente utilizando los índices de producción final (Yf) para los sistemas fotovoltaicos. Este índice asido determinado con el objetivo que sean utilizados por inversionistas y ejecutores de proyectos, a fin de que sustenten en datos confiables, los cálculos de la energía a generar por un sistema fotovoltaico.

El índice de producción final (Yf) se define como la cantidad de kw-h, que genera un kw pico de paneles fotovoltaicos, en el lapso de un año en una localidad geográfica específica, sus unidades son por lo tanto kw-h/kw pico. Este índice contempla las pérdidas en los paneles solares, el cableado, los inversores y representa la energía alterna que se inyecta a la red en un año, por cada kw pico de paneles fotovoltaicos instalados. Este valor absoluto coincide matemáticamente con las horas de luz solar promedio anuales, que pueden referirse a base diaria.

Para el cálculo de los módulos solares es necesario conocer índice de productividad, para la ciudad de Santa Ana es de  $Yf = 1600 \text{ kw-h/kwp}$ . Además, obtener el consumo de energía al año, este valor es de  $99,667 \text{ kw-h}$  determinado en la tabla 4.7.

$$Kwp = \frac{E}{Yf}$$

Donde:

Kwp = Watts Pico

E = Energía consumida al año

Yf = Índice de productividad

$$Kwp = \frac{99,667 \text{ kw} - \text{h}}{1600 \text{ kw} - \text{h/kwp}}$$

$$Kwp = 62.29 \text{ kwp}$$

---

<sup>9</sup> El índice de producción final (Yf), asido extraído de la Tabla 6, Trabajo de graduación: “Índice de Producción de Energía Fotovoltaica en el AMSS”.

La potencia del generador fotovoltaico que se debe de instalar en el techo del edificio de medicina determinado por el índice de productividad es de 62.29 Kwp, con esta potencia se abastecerá de energía eléctrica durante toda la vida útil del suministro sin ningún inconveniente.

$$\text{Kwp} = 62.29 \text{ Kwp} * \frac{1000\text{Wp}}{1 \text{ Kwp}} = 62,290 \text{ Wp}$$

El número de paneles a utilizar se determina dividiendo la potencia pico del generador entre la potencia pico de panel solar a utilizar en el suministro de energía eléctrica.

$$\text{N}^\circ \text{ Paneles} = \text{Potencia pico} / \text{Potencia de un panel solar}$$

$$\text{N}^\circ = \frac{62,290\text{Wp}}{300\text{Wp}}$$

$$\text{N}^\circ = \mathbf{208}$$

#### **4.3.6.3. Característica de la instalación fotovoltaica**

La utilización de una instalación de energía solar fotovoltaica posibilita la conversión directa de energía solar en energía eléctrica. Aprovechando los recursos energéticos solares que se disponen en la zona donde se instalara el centro de producción. Los dos métodos utilizados para determinar la cantidad de paneles solares a instalar han permitido obtener una cantidad de panel similar, pero para obtener una carga equitativamente distribuida es necesario colocar más paneles de los obtenidos en el cálculo.

La potencia total que se extraerá del cálculo de explotación fotovoltaica será de 64.8 kwp. Para generar esta potencia se dispondrá de 216 paneles ATERSA de 300 Wp, Los paneles se dispondrán en 18 ramales conectados en paralelo formados por 12 paneles conectados en serie cada uno. Estos 18 ramales se separarán en tres grupos a la hora de definir el esquema eléctrico

de protección y cableado uniéndose cada ramal de cada grupo del generador en “cajas de conexión de grupo” y a su vez los conductores que salgan de cada caja de conexión de grupo llegarán a una “caja de conexión de generador fotovoltaico” donde llegarán las conexiones de todos los paneles solares y saldrán los conductores hacia el inversor.

#### **4.3.7. Elección del inversor**

Una de las decisiones más importantes que se debe de tomar en el diseño del suministro eléctrico es la elección correcta del inversor. Para la elección de un inversor que cumpla con los requerimientos técnicos que imponen los paneles solares, es necesario calcular las tensiones y corrientes máximas y mínimas que podrán tenerse a la salida el generador teniendo en cuenta tanto el funcionamiento normal de los paneles solares a la hora de entregar la máxima potencia como el funcionamiento de los paneles solares cuando están sometidos a condiciones de temperatura distintas a las establecidas en las condiciones estándar de medida.

##### **4.3.7.1. Tensión y corriente en el punto de máxima potencia.**

Uno de los puntos a considerar a la hora de la elección del inversor será que esté equipado con un dispositivo electrónico de seguimiento del punto de máxima potencia de los paneles para así obtener la máxima eficiencia energética del generador, por lo tanto, se considerará que, en condiciones normales de funcionamiento, se entregará la máxima potencia a una tensión dada en la hoja de características del panel solar.

La tensión normal de funcionamiento o tensión de máxima potencia del generador fotovoltaico conociendo la disposición de paneles en serie y paralelo a la cual deberá funcionar el inversor en condiciones normales vendrá dada al multiplicar la tensión de punto de máxima



potencia ( $V_{mpp}$ ) de cada panel por el número de paneles en serie en cada ramal del generador fotovoltaico:

$$V_{mppTOTAL} = V_{mpp} * N_s = 36.5V * 12 = 438V$$

De igual forma la corriente que suministra el generador fotovoltaico cuando proporciona la máxima potencia vendrá dada al multiplicar la corriente de punto de máxima potencia ( $I_{mpp}$ ) de cada panel por el número de paneles en paralelo o ramales:

$$I_{mppTOTAL} = I_{mpp} * N_p = 8.22A * 18 = 147.96$$

#### **4.3.7.2. Corrección de tensión y corriente debidas a la temperatura**

En el techo del edificio de medicina se considerará un rango de temperaturas ambiente de entre 16 °C como mínimo en invierno y 33 °C como máximo en verano, con estas temperaturas la temperatura de célula será distinta a 25° C, valor considerado como condición estándar de medida y para el cual se muestran los parámetros fundamentales de los paneles solares. Debido este factor la temperatura de trabajo que alcanza las células de los paneles fotovoltaicos es distinta afectando la tensión y corriente entregada por el sistema solar.

La temperatura de trabajo que alcanzan las células de los paneles fotovoltaicos según lo manifiesta Jorge Alberto Zetino Chicas Catedrático de la escuela de Ingeniería eléctrica de la Universidad de El salvador, no sobre pasa los 5°C y 70°C, considerando la temperatura ambiente en la que puede estar expuesta los paneles solares tanto en la época de invierno como en verano.

Para conocer la tensión de circuito abierto que se medirá a la salida de cada panel cuando están trabajando bajo estas condiciones de temperatura de célula diferente a 25° C, se aplicará el

coeficiente de temperatura para la tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) proporcionado por el fabricante sobre la siguiente ecuación:

$$V_{oc}(x^{\circ}c) = V_{oc}(25^{\circ}c) + \Delta T * \Delta V_{oc}(T)$$

Donde:

$V_{oc}(x^{\circ}c)$  = es la tensión a circuito abierto del panel a una temperatura de célula X.

$V_{oc}(25^{\circ}c)$  = es la tensión a circuito abierto del panel en condiciones estándar de medida.

$\Delta T$  = es la variación de la temperatura de trabajo del panel y las condiciones estándar.

$\Delta V_{oc}(T)$  = es el coeficiente de temperatura de la tensión de circuito abierto del panel.

La corriente de cortocircuito que se producirá a la salida de cada panel cuando están trabajando bajo estas condiciones de temperatura de célula diferente a 25 °C, se aplicará el coeficiente de temperatura para la corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) proporcionado por el fabricante sobre la siguiente ecuación:

$$I_{sc}(x^{\circ}c) = I_{sc}(25^{\circ}c) + \Delta T * \Delta I_{sc}(T)$$

Donde:

$I_{sc}(x^{\circ}c)$  = es la corriente de cortocircuito del panel a una temperatura de célula X.

$I_{sc}(25^{\circ}c)$  = es la corriente de cortocircuito del panel en condiciones estándar de medida.

$\Delta T$  = es la variación de la temperatura de trabajo del panel y las condiciones estándar

$\Delta I_{sc}(T)$  = es el coeficiente de temperatura de la corriente de cortocircuito del panel.

Por tanto, para una temperatura ambiente de 16 °C en la ciudad de Santa Ana en la época de invierno, la temperatura de las células de los paneles es de 5 °C afectando el rendimiento de la

tensión y la corriente del sistema fotovoltaico. Teniendo en cuenta las características del panel solar y con esta temperatura de célula, la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito del panel serán:

$$V_{oc} (5^{\circ}c) = V_{oc} (25^{\circ}c) + \Delta T * \Delta V_{oc} (T) = (45) + (5-25) (-0.2941) = 50.88$$

$$I_{sc} (5^{\circ}c) = I_{sc} (25^{\circ}c) + \Delta T * \Delta I_{sc} (T) = (8.89) + (5-25) (0.0681) = 7.53$$

Ahora multiplicando el número de paneles en serie de cada ramal del generador por la tensión de circuito abierto de cada panel para una temperatura ambiente de 16° C, se obtiene la tensión de circuito a la salida del generador fotovoltaico durante el invierno y multiplicando el número ramales en paralelo del generador fotovoltaico por la corriente de cortocircuito de cada panel para una temperatura ambiente de 16° C, se obtienen la corriente de cortocircuito a la salida del generador durante el invierno:

$$V_{oc} (5^{\circ}c) \text{ TOTAL} = V_{oc} (5^{\circ}c) * N_s = (50.88) (12 \text{ paneles}) = 610.6V$$

$$I_{sc} (5^{\circ}c) \text{ TOTAL} = I_{sc} (5^{\circ}c) * N_p = (7.53) (18 \text{ ramales}) = 135.5A$$

Ahora para obtener la tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico durante el periodo de verano, se considerará la temperatura de 33° C indicada anteriormente, por lo que la temperatura de las células que componen los paneles solares es de 70°C afectando el rendimiento de la tensión y la corriente del sistema fotovoltaico. Para esta temperatura de célula, la tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito del panel serán.

$$V_{oc} (70^{\circ}c) = V_{oc} (25^{\circ}c) + \Delta T * \Delta V_{oc} (T) = (45) + (70-25) (-0.2941) = 31.77$$

$$I_{sc} (70^{\circ}c) = I_{sc} (25^{\circ}c) + \Delta T * \Delta I_{sc} (T) = (8.89) + (70-25) (0.0681) = 11,96$$

Realizando el mismo procedimiento el cual consiste en multiplicando el número de paneles en serie de cada ramal del generador por la tensión de circuito abierto de cada panel para una temperatura ambiente de 33° C, se obtiene la tensión de circuito a la salida del generador fotovoltaico durante el verano y multiplicando el número ramales en paralelo del generador fotovoltaico por la corriente de cortocircuito de cada panel para una temperatura ambiente de 33° C, se obtienen la corriente de cortocircuito a la salida del generador durante el invierno:

$$V_{oc} (70^{\circ}c) TOTAL = V_{oc} (70^{\circ}c) * N_s = (31.77) (12 \text{ paneles}) = 381.2V$$

$$I_{sc} (70^{\circ}c) TOTAL = I_{sc} (70^{\circ}c) * N_p = (11.96) (18 \text{ ramales}) = 215.3V$$

Por último, se debe tener en cuenta los valores de tensión de máxima potencia que se alcanzarán en la instalación ya que éstos variarán al igual que los valores de tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito según varíe la temperatura ambiente. Para obtener el coeficiente de variación para tensión de máxima potencia respecto a la temperatura se utilizará la igualdad  $V_{mpp} = 0.82 * V_{oc}$  ya que la variación también lo cumplirá y por tanto  $\Delta V_{mpp} (T) = 0,82 * \Delta V_{oc} (T)$ .

Las tensiones que cada uno de los módulos solares alcanzarán en el punto de máxima potencia cuando se encuentren a temperatura ambiente de 16° C (temperatura de célula fotovoltaica 5°C) y de 33°C (temperatura de célula fotovoltaica 70°C) se obtiene mediante las siguientes expresiones:

$$V_{mpp} (5^{\circ}c) = V_{mpp} (25^{\circ}c) + \Delta T * \Delta V_{mpp} (T) (0.82) = (45) + (5-25) (-0.2941) (0.82) = 49.82V$$

$$V_{mpp} (70^{\circ}c) = V_{mpp} (25^{\circ}c) + \Delta T * \Delta V_{mpp} (T) = (45) + (70-25) (-0.2941) (0.82) = 34.15V$$

Por tanto, el rango de tensiones del punto de máxima potencia que deberá ser soportado por el inversor será calculado multiplicando los valores de tensión de máxima potencia de cada módulo solar obtenidos para las diferentes condiciones por el número de paneles conectados en serie en cada uno de los ramales, obteniéndose así, la tensión máxima y mínima que proporcionará el generador fotovoltaico en condiciones de máxima potencia:

$$V_{mpp} (5^{\circ}c) TOTAL = V_{mpp} (5^{\circ}c) * N_s = (49.82) (12 \text{ paneles}) = 597.8V$$

$$V_{mpp} (70^{\circ}c) TOTAL = V_{mpp} (70^{\circ}c) * N_s = (34.15) (12 \text{ paneles}) = 409.8V$$

#### 4.3.7.3. Inversor elegido

Para la elección del inversor a instalar para la conversión de potencia continua a potencia alterna del generador solar fotovoltaico y posterior inyección a la red eléctrica, deberán considerarse los siguientes valores de interés obtenido mediante procedimiento anterior:


Tabla 4.9. Valores de tensión de circuito abierto y corriente de cortocircuito.

Época	Tensión de máxima potencia	Tensión de circuito abierto	Corriente de cortocircuito
Invierno (16°C)	$V_{mpp} (5^{\circ}c) = 597.8V$	$V_{oc} (5^{\circ}c) = 610.6V$	$I_{sc} (5^{\circ}c) = 135.5A$
Verano (33°C)	$V_{mpp} (70^{\circ}c) = 409.8V$	$V_{oc} (70^{\circ}c) = 381.2V$	$I_{sc} (70^{\circ}c) = 215.3A$

Fuente: Propia

Los datos correspondientes a los valores de tensión y corriente determinados, se han utilizado para elegir el inversor de ZIGOR Sunzet 60 Kw (trifásico) T/TL, cuya tabla de especificaciones técnicas es la siguiente:

Tabla 4.10. Características del inversor ZIGOR Sunzet 60 Kw (trifásico) T/TL seleccionado

 <b>CARACTERÍSTICAS ELECTRICAS</b>	
Rango de potencia campo FV recomendado	52 - 65 kWp
Máxima potencia PV recomendada	+5% a +15%
Potencia nomina DC	65
Tensión Nominal AC	380-400 V Trifásico
Frecuencia Nominal	50 Hz
Factor de Potencia	1 Ajustable $\pm$ 0.8
Máxima corriente de línea AC	135
Distorsión corriente AC	< 3% THD a potencia nominal
Máxima tensión circuito abierto	800 V DC <sup>2</sup>
Rango de seguimiento de potencia (MPPT) DC	350 a 700 V
Máxima corriente de entrada DC	225A
Número máximo de equipos en paralelo	Nx100 KW
Eficiencia pico	98 % (sin transformador) modelo TL
	96 % (con transformador) modelo T
Eficiencia europea	> 94.95% T/ 96,78% TL
<b>CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES Y MECÁNICAS</b>	
Rango de temperatura ambiente	0°C a + 50°C (3)
Tipo o grado de protección ambiental	IP21
Armario	Estándar Zigor
Peso T	1020 Kg
Dimensiones (Alto x Ancho x Fondo en mm) T	2150 X 800 X 600 mm
Altitud de funcionamiento	<1000m sin pérdida de potencia
Humedad relativa	0 a 95% sin condensación
<b>CARACTERÍSTICAS GENERALES</b>	
Método de refrigeración	Ventilación forzada interna
	Control de ventilador externo (6A Max.)
Funciones de protección	Inversión de polaridad
	Sobre / Sub-tensión AC
	Sobre / Sub-frecuencia
	Sobretensión DC
Pantalla de usuario	Estándar LCD
Seccionadores (AC y DC)	Integrados en el sistema (opción)
Software de comunicaciones	Software gráfico para comunicaciones
Mediciones externas	2 Entradas analógicas para monitorización
	Entradas / Salidas digitales

Fuente: Zigor

Para la elección del inversor ZIGOR Sunzet 60 Kw (trifásico) T/TL se han tenido en cuenta varios puntos a destacar:

- El rango de tensiones en el que el inversor puede trabajar oscila entre 350 y 700V, por tanto, trabajará perfectamente bajo cualquiera de las condiciones en las que se encuentren los paneles fotovoltaicos ya que cuando los paneles estén entregando la máxima potencia, la tensión total que producirán en dicho punto de máxima potencia oscilará entre  $V_{mpp} (5^{\circ}c) = 597.8V$  y  $V_{mpp} (70^{\circ}c) = 409.8V$  que está dentro del rango de tensiones. Además, si los paneles están trabajando en condiciones invernales, como máximo suministrarán una tensión de circuito abierto de  $V_{oc} (5^{\circ}c) = 610.6V$  que también se encuentra en el rango de tensión de funcionamiento del inversor. Por otro lado, cuando los paneles trabajen bajo condiciones de altas temperaturas, la tensión máxima de circuito abierto que ofrecerán será de  $V_{oc} (70^{\circ}c) = 381.2V$  que está dentro del rango de tensiones.

- La máxima tensión de entrada es de 800VDC, por tanto, cumple perfectamente los requerimientos técnicos de la instalación solar ya como máximo los paneles solares suministrarán una tensión de circuito abierto de  $V_{oc} (5^{\circ}c) = 610.6V$  bajo condiciones ambientales invernales.

- La corriente máxima de entrada del inversor es de 225A, éste valor es superior a la máxima corriente proporcionada por los paneles solares de  $I_{sc} (70^{\circ}c) = 215.3A$  que será la producida en condiciones de cortocircuito cuando las células de los paneles están a 70°C a una temperatura de 33°C.

- La potencia nominal de paneles para la que está diseñado este inversor es 60kWp, pero permite un rango de potencias de funcionamiento de paneles de entre 52kWp y 65kWp en el cual

el rendimiento del inversor seguirá siendo máximo ya que se supone que los paneles no entregarán la máxima potencia siempre, el generador fotovoltaico en este caso suministrará una potencia de 64,8kWp como máximo, valor que está dentro del rango de potencias para que el inversor está dimensionado y en el caso de llegar a producir la máxima potencia, el inversor funcionará a pleno rendimiento.

#### **4.3.8. Calibre de los conductores.**

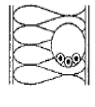
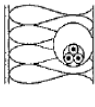

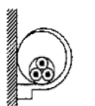


La propuesta de la instalación fotovoltaica a implementar se ha dividido en varios tramos de conexión entre los diferentes equipos y cajas de conexión que componen el diseño. Con respecto al cableado del sistema solar poseerán diferentes secciones de conductores por cada tramo, puesto que la carga que circula por cada uno de ellos será diferentes dependiendo los equipos que interconecten.

Como se decía anteriormente el generador fotovoltaico está formado por 18 ramales compuesto por 12 paneles de 300Wp conectados en serie, los 18 ramales están conectados en paralelo, las conexiones de cada 6 ramales irán a una caja de conexión en grupo, y la conexión de las tres cajas de conexión en grupo irán a la caja de conexión del generador fotovoltaico. Se establecerán 4 tramos diferenciados en la instalación; tres de ellos para corriente continua y un último tramo para corriente alterna.

Para los tramos de corriente continua se utilizarán conductores de tipo 0,6/1kV de cobre con aislamiento en PVC. El tipo de instalación será de conductores aislados en tubos o canales en montajes superficiales o empotrados en obra, En la tabla siguiente según la norma ITC-BT-19 es utilizada para determinar el número de conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrado en obra.



Tabla 4.11. Intensidad admisible (A) al aire 40°C. N° de conductores con carga y naturaleza del aislamiento.

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
D		Cables multiconductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0,3 D						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
Cobre	$mm^2$		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1,5		11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5		15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4		20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6		25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10		34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16		45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25		59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35			77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50			94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70					149	160	171	188	202	224	244	321
	95					180	194	207	230	245	271	296	391
	120					208	225	240	267	284	314	348	455
	150					236	260	278	310	338	363	404	525
185					268	297	317	354	386	415	464	601	
240					315	350	374	419	455	490	552	711	

Fuente: Reglamento eléctrico e instrucciones técnicas complementarias

Para el cálculo de la sección en los tramos de corriente continua se utilizará la ecuación:



$$s = \frac{2 \cdot L \cdot I_{cc}}{u \cdot C}$$

Donde:

- $s$  es la sección teórica del conductor en [mm<sup>2</sup>].
- $L$  es la longitud del conductor [m].
- $I_{cc}$  es la corriente máxima que va a circular por los conductores y es la de cortocircuito de los paneles [A].
- $u$  es la caída de tensión [V] que como máximo podrán tener los conductores. Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, la máxima caída de tensión permitida en conductores de continua es del 1,5%.
- $C$  es la conductividad del elemento que forma el conductor, en éste caso siempre se utilizará cobre y su conductividad es 56m/Ω\*mm<sup>2</sup>.

En el último tramo de la instalación donde ya se ha producido la conversión de potencia continua a potencia alterna, la instalación del cableado será diferente, en éste tramo los conductores de tipo 0,6/1kV estarán enterrados, debido que es más adecuado intervenir las líneas primarias enterradas que bajan desde el transformador al tablero general. Estos cables estarán constituidos de cobre con aislamiento PVC y el diseño se basará en la norma ITC-BT-07 para redes subterráneas para distribución en baja tensión.

Tabla 4.12. Intensidad máxima admisible, en amperios, para cables con conductores de cobre en instalación enterrada.

Sección nominal <i>mm</i> <sup>2</sup>	Terna de cables unipolares (1) y (2)			1 cable tripolar o tetrapolar (3)		
	Tipo de aislamiento					
						
	XLPE	EPR	PVC	XLPE	EPR	PVC
6	72	70	63	66	64	56
10	96	94	85	88	85	75
16	125	120	110	115	110	97
25	160	155	140	150	140	125
35	190	185	170	180	175	150
50	230	225	200	215	205	180
70	280	270	245	260	250	220
95	335	325	290	310	305	265
120	380	375	335	355	350	305
150	425	415	370	400	390	340
185	480	470	420	450	440	385
240	550	540	485	520	505	445
300	620	610	550	590	565	505
400	705	690	615	665	645	570
500	790	775	685	-	-	-
630	885	870	770	-	-	-

Fuente: Reglamento eléctrico e instrucciones técnicas complementarias (ITC)

#### 4.3.8.1. Módulos solares → Caja de conexión de grupo.

Está comprendida entre la salida de cada uno de los ramales del generador conectados en serie y una caja de conexión en grupo donde llegaran las salidas de los 6 ramales de módulos conectados en serie. En cada caja de conexión de subgrupo se alojarán los elementos encargados de la protección de cada uno de los 3 grupos de ramales por separado y la protección del cableado de la interconexión de grupos formados por 3 ramales. A las cajas de conexión de subgrupo llegarán 12 conductores; 6 correspondientes a los polos positivos de cada ramal y 6

correspondientes a los negativos y saldrán 2 conductores, uno de polaridad negativa y otro positiva.

$L$  es la longitud del conductor [m]. Se tomará como longitud del cable la distancia del módulo más alejado hasta su caja de conexión, **20 m**.

$I_{cc}$  es la corriente máxima que va a circular por los conductores y es la de cortocircuito de los paneles [A]. Cada ramal suministrará una corriente máxima igual a la de cortocircuito de cada uno de los módulos que lo forman, 8,89A.

$U$  es la caída de tensión (V) que como máximo podrán tener los conductores. Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, la máxima caída de tensión permitida en conductores de corriente continua es del **1,5%**. En este tramo existirá una tensión igual a la tensión de punto de máxima potencia de cada panel  $V_{mpp} = 36,5$ , por el número de paneles en serie que forman cada ramal, 10 paneles, por lo tanto, la tensión en este tramo es de  $36,5V \times 12 \text{ paneles} = 438V$ .

$C$  es la conductividad del elemento que forma el conductor, en éste caso siempre se utilizará cobre y su conductividad es **56m/Ω\*mm<sup>2</sup>**.

$$s = \frac{2 \cdot (20)(8.89)}{(0.015(438))(56)}$$

$$s = 0.97mm^2$$

Atendiendo a la tabla 4.11, extraída del reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (TC-BT-19), la sección normalizada inmediatamente superior a la calculada es de  $1.5 mm^2$ . La corriente máxima admisible del conductor aislados en tubos o canales en montaje superficial o empotrados en obra es de 15 A.

#### 4.3.8.2. Caja de conexión de grupo → Caja de conexión de generador fotovoltaico.

Estará comprendido entre cada caja de conexión de grupo donde se unen 7 ramales hasta la caja de conexión de generador fotovoltaico donde se unen los conductores de las 3 cajas de conexión de grupo.

A esta caja de conexión de generador llegan 2 conductores de cada una de las cajas de conexión de grupo, uno positivo y otro negativo. En total llegan 6 conductores y salen 2 únicos conductores, uno positivo y otro negativo, hacia el inversor. En ésta caja de conexión de generador se encuentran los elementos necesarios para la protección del generador fotovoltaico completo.

Los parámetros para el cálculo de la sección mínima de los conductores de este tramo son los siguientes:

$L$  es la longitud del conductor [m]. Se tomará como longitud del cable la distancia entre la caja de conexión de grupo más alejada y la caja de conexión de generador, en este caso es de 44m.

$I_{cc}$  es la corriente máxima que va a circular por los conductores y es la de cortocircuito de los paneles [A]. Cada ramal suministrará una corriente máxima igual a la de cortocircuito de cada uno de los módulos que lo forman, 8,89A, pero en este tramo se unen 6 ramales por lo tanto la corriente máxima que circulará por los conductores será de  $8,89A \times 6 \text{ ramales} = 53.34A$ .

$U$  es la caída de tensión (V) que como máximo podrán tener los conductores. En este tramo la caída de tensión es igual al tramo anterior en donde se multiplicó la tensión en el punto máximo del panel por el número de paneles conectados en serie  $36,5V \times 12 \text{ paneles} = 438V$ .

$C$  es la conductividad del cobre  $56\text{m}/\Omega*\text{mm}^2$ .

$$s = \frac{2(44)(53.34)}{(0.015)(438)(56)}$$

$$s = 12.76\text{mm}^2$$

Atendiendo a la tabla 4.11, extraída del reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (TC-BT-19), la sección normalizada inmediatamente superior a la calculada es de  $16\text{mm}^2$ . La corriente máxima admisible del conductor aislados en tubos o canales en montaje superficial o empotrados en obra es de 66 A.

#### **4.3.8.3. Caja de conexión de generador fotovoltaico → Inversor.**

Estará comprendido entre la caja de conexión de generador fotovoltaico de donde salen verticalmente hacia abajo por la pared oeste del edificio los dos conductores principales que transportan la potencia que el generador fotovoltaico está suministrando, hasta la caseta del inversor situada en la base del edificio junto al tablero general que controla todo los subtableros que abastecen de energía al edificio. Al inversor llegan dos cables, uno positivo y otro negativo correspondiente al final de circuito de corriente continua y a la salida comienza el último tramo correspondiente al circuito de corriente alterna.

Los parámetros para el cálculo de la sección mínima de los conductores de este tramo son los siguientes:

$L$  es la longitud del conductor [m]. Se tomará como longitud del cable la distancia entre la caja de conexión de generador y el lugar donde estará ubicado el inversor, 15m.

***I<sub>cc</sub>*** es la corriente máxima que va a circular por los conductores y es la de cortocircuito de los paneles [A]. Cada ramal suministrará una corriente máxima igual a la de cortocircuito de cada uno de los módulos que lo forman, 8,89A, pero cada conjunto de 6 ramales puede llegar a suministrar 53.34A, si en la caja de conexión del generador se conectan todos los ramales, la corriente máxima que se puede alcanzar será  $8,89 \times 18 \text{ ramales} = 160.02 \text{ A}$ .

***U*** es la caída de tensión (V) que como máximo podrán tener los conductores. En este tramo la caída de tensión es igual al tramo anterior en donde se multiplicó la tensión en el punto máximo del panel por el número de paneles conectados en serie  $36,5 \text{ V} \times 12 \text{ paneles} = 438 \text{ V}$ .

***C*** es la conductividad del cobre  **$56 \text{ m}/\Omega \cdot \text{mm}^2$** .

$$s = \frac{2(15)(160.02)}{(0.015)(438)(56)}$$

$$s = 13.04 \text{ mm}^2$$

Atendiendo a la tabla 4.11, extraída del reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (TC-BT-19), la sección normalizada inmediatamente superior a la calculada es de  $16 \text{ mm}^2$ . La corriente máxima admisible de los conductores aislados en tubos o canales en montaje superficial o empotrado en obra es de 66 A, valor inferior a la máxima corriente que circulará por los conductores de este tramo que será 160.02 A, con lo cual el conductor de  $16 \text{ mm}^2$  no es válido, se escogerá la sección inmediatamente superior de conductor que admita una intensidad máxima superior a 160.02 A.

La sección escogida será de  $95 \text{ mm}^2$  ya que, admite una corriente máxima de 194 A y valor superior a los 160.02 A que podrían circular por este tramo.

#### 4.3.8.4. Inversor → Red de baja tensión.

Estará comprendido desde la salida trifásica del inversor hasta el punto de conexión a la red de media tensión donde se inyectará la potencia continua producida por el generador fotovoltaico convertida a alterna por el inversor. Este circuito será en corriente alterna y su instalación será diferente a los demás tramos diseñados anteriormente.

Los parámetros para el cálculo de la sección mínima de los conductores de este tramo son:

-  $L$  es la longitud del conductor [m]. Se tomará como longitud del cable, la distancia entre la ubicación del inversor y el punto de conexión a la red de media tensión situado en el cuarto donde está ubicado el tablero general, que administra los subtableros individuales de cada sistema, 25 m.

-  $P$  es la potencia máxima que transporta el cable [W]. Será la potencia alterna máxima que puede entregar el inversor a su salida, 65,000 W.

-  $UL$  es la tensión de línea de la red [V]. A la salida del inversor la tensión será constante con valor 400V.

- $u$  es la caída de tensión [V] que como máximo podrán tener los conductores. Según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, la máxima caída de tensión permitida en conductores de alterna es del 2%. A la salida del inversor existirá una tensión alterna constante de 400V, valor al cual se inyectará a la red de baja tensión, por lo tanto, la caída de tensión máxima admisible en este tramo será de  $u = 0,02 \times 400V = 8V$ .

- $C$  es la conductividad del elemento que forma el conductor, en éste caso siempre se utilizará cobre y su conductividad es  $56m/\Omega \cdot mm^2$ .



El cableado del último tramo se realizará con conductores de cobre aislado en PVC enterrado bajo tubo y al tratarse de un tramo de corriente alterna, la sección mínima que los conductores deben tener será de:

$$s = \frac{L.P}{C . u. UL}$$
$$s = \frac{(25) * (65,000)}{(56) * (8) * (400)}$$
$$s = 9.06 \text{ mm}^2$$

Atendiendo a la tabla 4.12, extraída del reglamento electrotécnico para baja tensión e instrucciones técnicas complementarias (TC-BT-19), la sección normalizada inmediatamente superior a la calculada es de  $10 \text{ mm}^2$ . La corriente máxima admisible de los conductores aislados en tubos o canales en montaje superficial o empotrado en obra es de 50 A,

La corriente que circulará desde el inversor hasta el punto de conexión a la red de baja tensión vendrá dada por la potencia máxima que el inversor puede entregar a la red, que corresponde a 64.8 kW y la tensión a la cual se realizará la conexión, 400V, teniendo en cuenta que según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, el factor de potencia proporcionado por las instalaciones solares fotovoltaicas debe ser igual a la unidad:

$$I = \frac{64,800}{\sqrt{3} * 400} = 93.53A$$

Ahora bien, el valor de corriente máxima admisible por cables tripolares o tetrapolares tipo 0,6/1kV de sección  $10 \text{ mm}^2$  enterrado con aislamiento en PVC según muestra la tabla perteneciente a la norma ITC-BT-07 es de 75A. Debido a esta consideración la sección escogida

será de  $25 \text{ mm}^2$  con aislamiento de PVC que admite una corriente de 125 A. El cable seleccionado considera el factor corriente Fr que puede variar un 0.97 debido a la profundidad de la instalación, lo cual la intensidad máxima por el conductor es de  $I_{\text{admisible}} = 125 \text{ A} \cdot 0.97 = 121.25 \text{ A}$ , Valor superior al valor de la corriente máxima que circula por el tramo.

#### 4.3.8.5. Calibre de los conductores de protección.

Según la norma ITC-BT-19, los conductores de protección deberán ser del mismo material que los conductores activos utilizados en la instalación, en este caso serán de cobre e irán alojados en la canalización utilizada para los conductores activos de la instalación. La sección de los conductores de protección viene dada por la tabla siguiente:

Tabla 4.13. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.

Sección de los conductores de fase de la instalación $S \text{ (mm}^2\text{)}$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p \text{ (mm}^2\text{)}$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

Fuente: Reglamento eléctrico e instrucciones técnicas complementarias (ITC)

El diseño del suministro de energía eléctrica estará compuesto por cuatro tramos, Por tanto, los conductores de protección tendrán diferente sección dependiendo el tramo de cableado donde se encuentren:

**1) Módulos solares → Caja de conexión de grupo.**

$$S \text{ conductores de fase} = 1.5 \text{ mm}^2 \rightarrow S \text{ conductores de protección} = 1.5 \text{ mm}^2$$

**2) Caja de conexión de grupo → Caja de conexión de generador fotovoltaico.**

$$S \text{ conductores de fase} = 16 \text{ mm}^2 \rightarrow S \text{ conductores de protección} = 16 \text{ mm}^2$$

**3) Caja de conexión de generador fotovoltaico → Inversor.**

$S$  conductores de fase =  $95 \text{ mm}^2$  →  $S$  conductores de protección =  $50 \text{ mm}^2$

**4) Inversor → Red de baja tensión.**

$S$  conductores de fase =  $25 \text{ mm}^2$  →  $S$  conductores de protección =  $16 \text{ mm}^2$

#### **4.3.9. Protección contra intensidades**

Para proporcionar seguridad tanto a los equipos que forman la instalación solar fotovoltaica como al personal encargado que realizara el debido mantenimiento y correcta operación, es necesario proporcionar una serie de elementos de protección que aseguren una explotación correcta de la instalación fotovoltaica. Al igual que para el cálculo del cableado de la instalación, el cálculo de protecciones se realizará independientemente para cada uno de los circuitos que forman la instalación, diferenciando entre tramos de corriente continua y de corriente alterna.

Para la protección de la instalación fotovoltaica es necesario instalar fusibles e interruptores para cada tramo, ya que las protecciones deberán ser distintas dependiendo la naturaleza continua o alterna del tramo y al valor de corriente admisible por los conductores. Según la norma ITC-BT-22 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, un dispositivo protege contra sobrecargas a un conductor si se verifican las siguientes condiciones:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

Donde:

- $I_B$  es la corriente de empleo o de utilización.
- $I_N$  es la corriente nominal del dispositivo de protección.
- $I_Z$  es la corriente máxima admisible por el elemento a proteger
- $I_2$  es la corriente convencional de funcionamiento del dispositivo de protección. (Fusión de los fusibles y disparo de los interruptores automáticos).

#### **4.3.8.1. Protección de corriente continúa**

La interrupción de corrientes presenta mayores problemas con redes en corriente continua que en corriente alterna. En la corriente alterna existe un paso natural de la corriente por el cero en cada semiperíodo, al cual corresponde un apagado espontáneo del arco que se forma cuando se abre el circuito. En la corriente continua esto no sucede y, para extinguir el arco, es preciso que la corriente disminuya hasta anularse. Es necesario que la interrupción se realice gradualmente, sin bruscas anulaciones de la corriente que darían lugar a elevadas sobretensiones.

##### **4.3.8.1.4. Módulos solares → Caja de conexión de grupo.**

Este tramo estará protegido contra sobre intensidades mediante fusibles en cada uno de los ramales módulos del generador fotovoltaico que provoquen la apertura del circuito en caso de producirse una corriente superior a la admisible por los equipos o conductores de la instalación. Cada ramal poseerá dos fusibles de idénticas características eléctricas, uno para el conductor de polaridad positiva y otro para el de polaridad negativa. La sección del conductor que forma este tramo de instalación es de  $1,5 \text{ mm}^2$ , por lo que los parámetros a utilizar para el dimensionado de los fusibles serán:

$$-I_B = I_{MPP-Modulo} = 8.22 \text{ A}$$

$$-I_Z = I_{MAX} - \text{admisible} = 15 \text{ A}$$

Por tanto, para que se cumpla la condición, como mínimo la corriente nominal del fusible será:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$8.22 \text{ A} \leq I_N \leq 15 \text{ A} \rightarrow I_N = 10 \text{ A}$$



A continuación, se calculará la corriente convencional de fusión de este fusible comprobándose si la dimensión del fusible es la correcta o por el contrario debe buscarse un valor mayor que cumpla  $I_2 \leq 1.45 * I_Z$ :

$$I_2 \leq 1.45 * I_N = 1.45 * 10 = 14.5 \text{ A}$$

$$I_2 \leq 1.45 * I_Z \rightarrow 14.5 \text{ A} \leq 1.45 * 15 \text{ A} \rightarrow 14.5 \text{ A} \leq 21.75 \text{ A}$$

Por consiguiente, se utilizarán fusibles de 10 A en cada uno de los 18 ramales de paneles conectados en serie que forman el generador solar fotovoltaico.

Tabla 4.14. Fusible de corriente continua y símbolo normalizado.

Fusible		
Imagen	Símbolo	Característica
		Fusible de cerámica
		10 Amperios
		250 Vca
		6 mm de diámetro
		32 mm de largo

Fuente: Propia

#### 4.3.8.1.5. **Caja de conexión de grupo → Caja de conexión de generador fotovoltaico.**


Este tramo del sistema solar estará protegido por tres elementos para evitar posibles sobretensiones que pueden ocurrir:

*Descargador:* Las instalaciones fotovoltaicas que se caracterizan por ocupar extensas superficies están especialmente expuestas a las descargas atmosféricas y las consiguientes sobretensiones transitorias. Las consecuencias de estas sobretensiones son la reducción del rendimiento y la vida útil de la instalación. El uso de protecciones contra sobretensiones garantiza la optimización del rendimiento de la instalación y en consecuencia se muestra como una decisión altamente rentable.

La protección a utilizar se destina a las redes de alimentación fotovoltaica contra las sobretensiones transitorias debidas a descargas atmosféricas indirectas que se producen a una determinada distancia de la instalación fotovoltaica e inducen una sobretensión.

Para la elección de la protección contra sobretensiones a utilizar en la instalación, se tendrá en cuenta la tensión máxima de funcionamiento que puede producirse en el generador fotovoltaico para escoger un descargador que soporte dicha tensión. Esta tensión máxima aparece cuando los paneles trabajan en condiciones de circuito abierto y a una temperatura ambiente de 16° C, esto produce una tensión igual a 610.6 V, por tanto, se elegirá un descargador con una tensión de régimen permanente superior a este valor.

Tabla 4.15. Descargador PST31PV.

Descargador PST31PV		Imagen
Características técnicas		
Tensión de régimen perm. max.	Uc	
Corriente de descarga nominal 15 impulso 8/20 μs	In	
Corriente de descarga máxima	Imax	
Corriente de rayo max. Por polo 1 impulso 10/350 μs	Iimp	
Tensión residual (a Iimp)	Ures	
Nivel de protección (a In)	Up	

Fuente: Equipo Solartec

*Interruptor-Seccionador:*

Los interruptores de continua que se instalarán en este tramo de la instalación, tendrán la función de aislar zonas del generador para labores de mantenimiento de los módulos solares como limpieza y reparación de incidencias. Se colocarán 3 interruptores de este tipo, uno por cada subgrupo de 6 ramales del generador fotovoltaico y al abrirlos proporcionarán un aislamiento eficaz de los ramales pertenecientes a subgrupo del interruptor.



Para la elección de los interruptores-seccionadores se tendrán en cuenta dos parámetros, la tensión de servicio de la línea y la corriente que deben ser capaces de interrumpir al abrirse. Para esta instalación dichos parámetros vendrán dados por la corriente de cortocircuito que pueda producirse en cada panel por el número de ramales que conecta el interruptor-seccionador y la tensión máxima de servicio será la tensión máxima que puede darse en la instalación, es decir, bajo condiciones de circuito abierto y a una temperatura ambiente de 16° C cuando la célula solar está a una temperatura de 5 °C.

$$I_{sc} = 6 \text{ ramales} * 8.89 \text{ A} = 53.34 \text{ A}$$

$$V_{oc} = 610.6 \text{ V}$$

Para este circuito se ha escogido un switch disconnectors DS de marca Iskra con 8 polos cuya máxima tensión de servicio son 690 V y capaz de interrumpir una corriente mínima de 16 A y una máxima de 80 A.

Tabla 4.16. Switch disconnectors DS.

Switch disconnectors DS		
Características		Imagen
Tensión	Baja	
Vac	690 v	
Corriente	Mínima 16 A	
	Máxima 80A	
Numero de polos	8	

Fuente: Propia

*Fusible:*

Además de un descargador de sobretensiones y un interruptor seccionador, en cada línea de este tramo de corriente continua donde se conectan subgrupos de 6 ramales de módulos del generador fotovoltaico, se instalarán fusibles para la protección contra sobre intensidades para evitar que se sobrepasen valores de corrientes superiores a las admisibles por los conductores y equipos de la instalación.

Al igual que en el tramo anterior, se colocarán dos fusibles por cada tramo, uno para cada uno de los conductores de polaridad positiva y otro para cada uno de los conductores de polaridad negativa. La sección del conductor que forma este tramo de instalación es de  $16 \text{ mm}^2$ , por lo que los parámetros a utilizar para el dimensionado de los fusibles serán:



$$-I_B = 6 \text{ ramales} * I_{MPP-Modulo} = 49.32 \text{ A}$$

$$-I_Z = I_{MAX} - \text{admisible} = 66 \text{ A}$$

Por tanto, para que se cumpla la condición, como mínimo la corriente nominal del fusible será:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$49.32 \text{ A} \leq I_N \leq 66\text{A} \rightarrow I_N = 60 \text{ A}$$



A continuación, se calculará la corriente convencional de fusión de este fusible comprobándose si la dimensión del fusible es la correcta o por el contrario debe buscarse un valor mayor que cumpla  $I_2 \leq 1.45 * I_Z$ :

$$I_2 \leq 1.6 * I_N = 1.6 * 50 = 80 \text{ A}$$

$$I_2 \leq 1.45 * I_Z \rightarrow 80 \text{ A} \leq 1.45 * 66\text{A} \rightarrow 80 \text{ A} \leq 95.7 \text{ A}$$

Por consiguiente, se utilizarán fusibles de 50 A en cada línea del tramo entre la caja de conexión de grupo y la caja de conexión de generador fotovoltaico.

Tabla 4.17. Fusible de corriente continua y símbolo normalizado.


Fusible		
Imagen	Símbolo	Característica
		Fusible de cristal chapado oro
		50 Amperios
		250 Vca
		10.3 mm de diámetro
		38.10 mm de largo

Fuente: Propia

### *Caja de conexión de grupo*

A cada una de las cajas de conexión seleccionada de marca RITTAL de grupo llegan 12 conductores de  $1,5 \text{ mm}^2$ , seis de polaridad positiva y seis de polaridad negativa, en cada conductor se encuentra conectado un fusible de 10A. Tras los fusibles se produce la interconexión de los conductores de  $1,5 \text{ mm}^2$  pasando a dos únicos conductores de  $16 \text{ mm}^2$  a la salida de cada una de las cajas de conexión de grupo y se instalan un descargador SOLARTEC PST31PV, el interruptor-seccionador DS Iskra y un fusible de 40A en cada conductor.

Tabla 4.18. Armario RITTAL.

Armarios AE – AE 1180.500		<b><i>RITTAL</i></b>
Característica	Imagen	
Material de chapa de acero		
Índice de protección IP 66		
Índice de protección contra impacto IK 08		
Altura 1,000 mm		
Anchura 800 mm		
Profundidad 300 mm		
Para superficie o empotrados en pared		
Cierre con llave		

Fuente: Propia

#### 4.3.8.1.6. **Caja de conexión de generador fotovoltaico → Inversor.**

Este último tramo de corriente continua conecta las tres cajas de conexión de grupo del generador fotovoltaico con el inversor de la instalación, constará de dos únicos conductores, uno de polaridad positiva y otro de polaridad negativa. Este tramo consta de los siguientes elementos de protección que se instalara en la caja general del sistema fotovoltaico.

### *Controlador permanente de aislamiento.*



Los vigilantes de aislamiento, o controladores permanentes de aislamiento, miden el nivel de aislamiento de una red donde el neutro está aislado. De esta manera se garantiza una acción correctiva ante un primer defecto de aislamiento. La medida se realiza mediante la inyección de una tensión de CC o CA de baja frecuencia entre la red y tierra. El controlador permanente de aislamiento está formado por dos dispositivos; un vigilante de aislamiento y un interruptor de continua.

### *Vigilante de aislamiento.*

El vigilante de aislamiento realiza una medición continua del aislamiento existente entre el conductor de polaridad positiva y el conductor de polaridad negativa, es decir, mide la resistencia existente entre ambos conductores y cuando ésta es inferior a un valor determinado, manda una señal al interruptor de corriente continua.

El generador fotovoltaico a instalar en el techo del edificio de medicina, tendrá una tensión máxima de funcionamiento que se producirá en el circuito cuando la temperatura ambiente sea mínima y en condiciones de circuito abierto 610.6 Vcc. Por tanto, el vigilante de aislamiento de corriente continua seleccionado se presenta en la tabla 4.19, con sus respectivas características necesaria para este tipo de instalación.

Tabla 4.19. Vigilante de aislamiento FAC650.

Vigilante de aislamiento FAC650		
Características principales	Imagen	
Conecta uno o dos relés de salida cuando detecta defecto		
Detección fallo simétrico.		
Margen de tensión oscila entre 450 a 650 Vcc		
Contactos de salida libres de potencial		
Actuación de contactos de salida seleccionables según modelo.		
Amplio margen de tensión de alimentación.		
Tiempos de reconexión seleccionables (1 - 60 min).		
Display LCD con medición continua de aislamiento.		
Fusible de protección.		

Fuente: Propia

*Interruptor de corriente continua:*

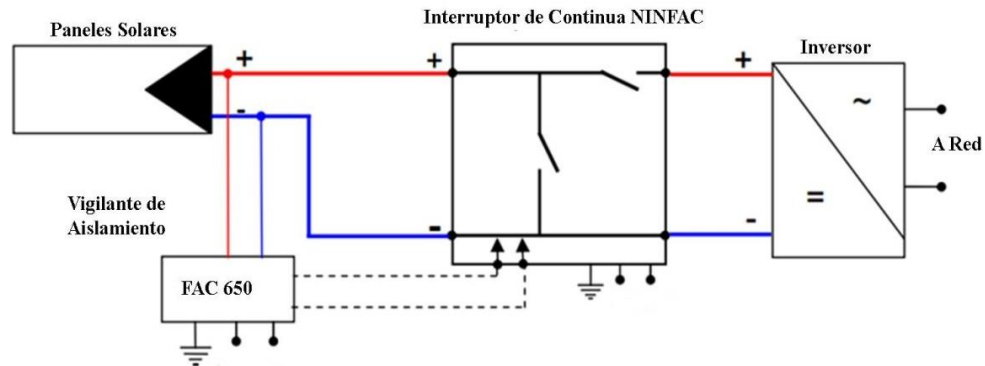
El interruptor de corriente continua, al recibir la orden de actuar procedente del vigilante de aislamiento, desconecta el inversor de los paneles solares y cortocircuita la tensión de paneles. Ello permite prevenir de posibles descargas eléctricas al personal de instalación y mantenimiento, al reducir la tensión de los paneles de un valor elevado (cientos de voltios) a un valor cercano a cero voltios. También puede realizar la función de conexión a tierra o desconexión de paneles al inversor.

Tabla 4.20. Interruptor de continuidad NINFAC.

Interruptor de continuidad NINFAC		
Características funcionales		Imagen
Activación y desactivación por impulso de cierre de contacto		
Contacto de alta capacidad		
Sin límites de maniobras		
Tiempo pulso de maniobra: 100 mseg. (min.)		
Características constructivas		
Caja metálica con borne de conexión a tierra		
Bornes de potencia.		
Led Rojo indicativo cortocircuito		
Led Verde encendido si hay tensión en los paneles		
Diversos modelos de funcionamiento		
Configuración B	Descripción de configuración B	
	<p>Cuando recibe la orden de actuación, el contacto RL1 desconecta el positivo de paneles del inversor, temporiza un segundo y cortocircuita la tensión de paneles.</p>	
Configuración T	Descripción de configuración T	
	<p>El cortocircuito se conecta a la borne de tierra.</p>	
Configuración T2	Descripción de configuración T2	
	<p>El relé de tierra RT, desconecta el negativo del inversor y lo une a tierra.</p>	
Configuración S	Descripción de configuración S	
	<p>Solo separa los paneles del inversor, no se realiza el cortocircuito.</p>	
<p>En todas las configuraciones se puede añadir la función de reenganche (/R) caso de que el vigilante de aislamiento no la lleve.</p>		

Fuente: Propia

Figura 4.6. Esquema de conexión de interruptor de corriente continua.



Fuente: Propia

### *Magnetotérmico:*

Estos dispositivos son aparatos modulares con distinto número de polos: unipolares, bipolares, tripolares y tetrapolares. Tienen incorporados un disipador térmico y otro magnético, para sobre intensidades pequeñas y prolongadas actúa la protección térmica y para sobre intensidades elevadas actúa la protección magnética. Normalmente no admiten disipadores indirectos. Se fabrican con diversos sistemas de montaje, para colocación en cuadro y para montaje saliente.

Como se señaló, según la norma ITC-BT-22 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, un dispositivo protege contra sobrecargas a un conductor si se verifican las siguientes condiciones, en este caso el dispositivo de protección es un magnetotérmico:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

En la protección por magnetotérmico normalizado no es necesario comprobar la segunda condición ya que  $I_2 = 1,45 \times I_z$  y por tanto siempre se cumple, solo es necesario comprobar la primera condición. Para este tramo la sección del conductor de la instalación es de  $95\text{mm}^2$ , por lo que los parámetros a utilizar para el dimensionado de los fusibles serán:

$$-I_B = 18 \text{ ramales} * I_{MPP\text{-Modulo}} = 147.96 \text{ A}$$

$$-I_z = I_{MAX} - \text{admisible} = 194\text{A}$$



Por tanto, para que se cumpla la condición, como mínimo la corriente nominal del magnetotérmico será:

$$I_B \leq I_N \leq I_z$$

$$147.96 \text{ A} \leq I_N \leq 194\text{A} \rightarrow I_N = 160\text{A}$$

Por consiguiente, se utilizarán un magnetotérmico de 160 A en la línea que une el generador fotovoltaico con el inversor.

Tabla 4.21. Magnetotérmico T714E160.

Magnetotérmico T714E160		
Características		Imagen
Altura	130 mm	
Ancho	108 mm	
Profundidad	74 mm	
Polo	3	
Poder de corte $I_{cu}$	16 Ka	
Voltaje	690 Vac	
Corriente $I_n$	160 A	
Serie	Megatiker	


Fuente: Propia

La tensión del magnetotérmico varía dependiendo del número de polos que se conecten en serie. La tensión máxima que se puede generar a la salida del generador fotovoltaico serán 610.6 V, en condiciones de circuito abierto y temperatura ambiente mínima, por tanto, se conectarán los tres polos en serie ya que cada polo en serie conectado soporta una tensión de servicio de 250Vcc y con los tres polos conectados se logrará una tensión máxima de servicio de 750Vcc, suficiente para la tensión máxima que puedan generar los módulos solares.

*Caja de conexión general:*

Para albergar los distintos equipos utilizados en la protección de este último tramo de corriente continua se dispondrán de una caja de conexión de generador fotovoltaico. A esta caja llegarán 6 conductores de  $16\text{mm}^2$  tres de polaridad positiva y tres de polaridad negativa y saldrán dos únicos conductores hacia la caseta del inversor situada en el cuarto donde se encuentra el tablero general de  $95\text{mm}^2$ .

Tabla 4.22. Armarios AE – AE 1037.500.

Armarios AE – AE 1037.500		<b><i>RITTAL</i></b>
Característica	Imagen	
Material de chapa de acero		
Índice de protección IP 66		
Índice de protección contra impacto IK 08		
Altura 800 mm		
Anchura 400 mm		
Profundidad 300 mm		
Para superficie o empotrados en pared		
Cierre con llave		

Fuente: Propia



#### 4.3.9.2. Protección de corriente alterna

Para proporcionar seguridad tanto a los equipos que forman la instalación solar fotovoltaica como al personal encargado que realizara el debido mantenimiento y correcta operación del tramo de corriente continua, es necesario proporcionar una serie de elementos de protección que aseguren una explotación correcta de la instalación fotovoltaica y para cumplir los requisitos de conexión de la empresa encargada de aprobar el proyecto.

##### *Interruptor general manual:*

Este interruptor será magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión, Este interruptor será accesible en todo momento, con objeto de poder realizar la desconexión manual.

El interruptor magnetotérmico es similar al utilizado en el tramo anterior del circuito con la diferencia que este magnetotérmico estará diseñado para funcionar con corriente alterna. Para la elección del interruptor magnetotérmico se utilizarán las ecuaciones utilizada anteriormente:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

En la protección por magnetotérmico normalizado no es necesario comprobar la segunda condición ya que  $I_2 = 1,45 \times I_Z$  y por tanto siempre se cumple, solo es necesario comprobar la primera condición. Para este tramo la sección del conductor de la instalación es de  $25\text{mm}^2$  y la corriente máxima admisible por los conductores es  $I_Z = I_{\text{MAX\_admisibile}} = 121.25 \text{ A}$ .

La corriente máxima de este tramo vendrá dada por la potencia máxima que el inversor puede entregar a la red, que es de 64.8 kW y la tensión a la cual se realizará la conexión, 400V

especificación técnica del inversor, teniendo en cuenta que según el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE, el factor de potencia proporcionado por las instalaciones solares fotovoltaicas debe ser igual a la unidad:

$$I = \frac{64,800}{\sqrt{3} * 400} = 93.53A$$



Por tanto, para que se cumpla la condición, como mínimo la corriente nominal del magnetotérmico será:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$93.53 A \leq I_N \leq 121.25 A \rightarrow I_N = 100A$$

Por consiguiente, se utilizarán un magnetotermico de 100 A en la línea que une el inversor con la red eléctrica. Además de las condiciones estándar que deben cumplir todos los interruptores de este tipo, el magnetotérmico utilizado en este último tramo debe tener una capacidad de corte igual o superior a la intensidad de cortocircuito que como norma defina la compañía distribuidora, que por lo general no sobrepasa los 10 Ka,

Tabla 4.23. Interruptor Magnetotérmico T714E100.


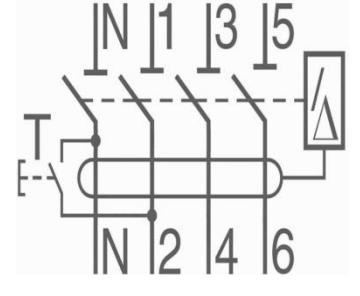

Magnetotérmico industrial DX-H 	
Características	Imagen
Altura 130 mm	
Ancho 108 mm	
Profundidad 74 mm	
Tetra polar 400 Vac	
Poder de corte I <sub>cu</sub> 12.5 Ka	
Curva C y D	
Corriente I <sub>n</sub> 100 A	

Fuente: Propia

*Interruptor automático diferencial:*

Los interruptores diferenciales proporcionan protección a las personas contra descargas eléctricas, tanto en el caso de contactos directos como contactos indirectos y también protección a las instalaciones ya que detectan las fugas a tierra midiendo la corriente que circula por los conductores.

Tabla 4.24. Interruptor diferencial.

SCHNEIDER ELECTRIC		
Características	Esquema de conexión	Imagen
Altura 120 mm		
Ancho 108 mm		
Profundidad 60 mm		
Tetra polar 400 Vac		
Sensibilidad 300 mA		
Ancho por polo 18 mm		
Corriente In 100 A		

Fuente: Propia

*Fusible:*

Además de utilizar un interruptor magnetotermico y uno diferencial en la conexión del inversor con la red, se instalará fusibles para la protección contra sobre intensidades para evitar que se sobrepasen valores de la corriente superiores a la admisible por los conductores y equipo de la instalación. Para la elección del interruptor fusible siempre se utilizarán las ecuaciones mencionadas anteriormente:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_Z$$

La sección de los conductores de este tramo es de  $25 \text{ mm}^2$ , por tanto la corriente máxima admisible por los conductores es  $I_Z = I_{MAX\_admisible} = 121.25 \text{ A}$ . Además la corriente normal de funcionamiento calculada anteriormente es de  $93.53 \text{ A}$ , por tanto:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$



$$93.53 \text{ A} \leq I_N \leq 121.25 \text{ A} \rightarrow I_N = 100 \text{ A}$$

Es necesario calculará la corriente convencional de fusión de este fusible comprobándose si la dimensión del fusible es la correcta o por el contrario debe buscarse un valor mayor que cumpla  $I_2 \leq 1,45 * I_Z$ :

$$I_2 \leq 1.6 * I_N = 1.6 * 100 = 160 \text{ A}$$

$$I_2 \leq 1.45 * I_Z \rightarrow 160 \text{ A} \leq 1.45 * 121.25 \text{ A} \rightarrow 160 \text{ A} \leq 175.81 \text{ A}$$

Tabla 4.25. Fusible de corriente alterna y porta fusible.


Fusible		
Imagen	Porta fusible	Característica
		Fusible de cerámica
		100 Amperios
		250 Vca
		6 mm de diámetro
		32 mm de largo

Fuente: Propia

### Medidor Trifásico

El equipo encargado de la protección del tramo de corriente alterna se situarán en un armario dentro de la caseta del inversor, al igual que el contador que se utilizará para contabilizar la potencia que la instalación entrega a la red de baja tensión.

Tabla 4.26. Medidor trifásico.

OMNIPOWER Trifásico		
imagen	Característica	
	Conexión	4 hilos /3 fases 3 hilos
	Registro de datos	En intervalos de 5, 15, 30 o 60 minutos
	Clase de protección	IP 54
	Rango de intensidad	10(60)A, 5(85)A, 10(85)A, 5(100)A
	Tensión de ref./frecuencia	1, 2, 3 x 230/400 V – 50/60 Hz
	Profundidad de registro	Eventos de estado con 200 registros

Fuente: Propia

El medidor trifásico registra el consumo de energía eléctrica del usuario a través de un contometro o numerador y será utilizado para medir la energía inyectada del suministro de energía solar al edificio de medicina, este equipo estará instalado en uno de los armarios del inversor.

#### **4.4. Egresos para la implementación del suministro eléctrico**

Esta parte tiene por objetivo identificar la suma total de dinero que se necesita para implementar el generador fotovoltaico que se instalara sobre el techo del edificio de medicina de la Universidad de El Salvador FMOcc. La estimación de gastos se realizará durante los 20 años que tendrá de vida útil el proyecto, para ello es de vital importancia contabilizar en forma monetaria todos los egresos necesarios para llevar a cabo la ejecución.

##### **4.4.1. Presupuesto para la implementación del suministro eléctrico**

En este apartado se hace referencia a los egresos económicos que se deben de realizar para obtener los equipos y materiales que estén ligados a la implementación del suministro de energía eléctrica, para obtener un control detallado y específico del presupuesto, este se ha dividido en dos categorías; presupuesto de equipos principales y el presupuesto de materiales y equipos secundarios.

###### **4.3.1.1. Presupuesto de equipos principales**

Para implementar el generador fotovoltaico es necesario adquirir algunos equipos principales y estos representan el costo económico más elevado del proyecto, El equipo principal incluye todas las herramientas necesarias y para completar el generador solar es necesario complementarlas con materiales y equipos secundarios. En el apartado anterior se ha planteado un listado de todos aquellos materiales y equipos que forman parte de la implementación del suministro de energía eléctrica. Por lo que a continuación se detallaran la estimación de los costos del equipo principal

Tabla 4.27. Presupuesto del equipo principal utilizado en el sistema solar.

Equipos Principales de Instalación Fotovoltaica					
Artículo	Cantidad	Unidad	Vida útil	Precio Unitario	Precio Total
Módulos fotovoltaicos ATERSA A-170M de 300W	216	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 319.93	\$ 69,104.88
Inversor ZIGOR Sunzet 60 Kw (trifásico) T/TL	1	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 23,781.88	\$ 23,781.88
Estructura de soporte para módulos, marca CONNERA	54	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 305.00	\$ 16,470.00
<b>Total Equipos Principales</b>					<b>\$ 109,356.79</b>

Fuente: Propia

#### 4.4.1.2. Presupuesto de materiales y equipos secundarios

Este parte corresponde a todos los materiales tales como cable, canaletas, cajas y también a los equipos secundarios como lo es un descargador y un vigilante de aislamiento, estos materiales y equipos son utilizados para conectar los equipos que forman parte del generador fotovoltaico y para brindar la protección debida a las posibles sobrecargas de tensión que puede generar el sistema solar.

- Equipos de conexión y cableado

El equipo de conexión y cableado se detalla en este apartado ya que no representa un costo elevado en comparación al equipo principal. Estos materiales y equipos secundarios representan el complemento del sistema solar y poseen una vida útil mayor a los 20 años. A continuación, se detallan la estimación de los costos de materiales y del equipo secundario encargado de la conexión.

Tabla 4.28. Presupuesto de materiales y equipos secundarios. Tabla 1 de 2.

Equipos de conexión y cableado					
Artículo	Cantidad	Unidad	Vida útil	Precio Unitario	Precio Total
Canaletas LAGRAND de PVC blanco 32 x 12.5mm	250	m	Mayor a 20 años	\$ 1.95	\$ 487.50
Caja de conexión de grupo IP66 Rittal AE-1180.500 800 x 1, 000 x 300 mm.	3	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 135.00	\$ 405.00
Caja de conexión General IP66 Rittal AE-1037.500 400 x 800 x 300 mm.	1	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 115.00	\$ 115.00
Medidor trifásico bidireccional protegido con cuadro de poliéster	1	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 304.00	\$ 304.00
Cable H07V-K cobre. $s = 1,5 \text{ mm}^2$ (Para conexiones entre módulos solares y caja de conexión de grupo)	1,200	m	Mayor a 20 años	\$ 0.17	\$ 204.00
Cable H07V-K cobre. $s = 2 \times 16 \text{ mm}^2$ (Para conexiones entre caja de grupo y caja de conexión de generador fotovoltaico)	250	m	Mayor a 20 años	\$ 1.69	\$ 422.50
Cable H07V-K cobre. $s = 2 \times 95 \text{ mm}^2$ (Para conexiones entre caja de conexión de generador fotovoltaico e inversor)	40	m	Mayor a 20 años	\$ 4.51	\$ 180.4
Cable RV-K 0,6/1kV cobre. $s = 3 \times 25 \text{ mm}^2$ (Para conexiones entre el inversor y la red de baja tensión)	45	m	Mayor a 20 años	\$ 4.67	\$ 210.15
Tubo PVC de 2" utilizado para enterrar cableado	6	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 5.95	\$ 35.70
<b>Total equipos de conexión y cableado</b>					<b>\$ 2,364.25</b>

Fuente: Propia

- Puesta a tierra y protecciones

Esta protección y puesta tierra protege todo el generador solar de las posibles sobrecargas de tensión, cuando en el generador se da una sobrecarga la energía existente es inyectada a la tierra por medio de los descargadores utilizados en los diferentes tramos del sistema solar.



Tabla 4.29. Presupuesto de materiales y equipos secundarios. Tabla 2 de 2.

Puesta a tierra y protecciones					
Articulo	Cantidad	Unidad	Vida útil	Precio Unitario	Precio Total
Conductor para protección RZ1-K de cobre. $s = 1,5mm^2$	800	m	Mayor a 20 años	\$ 0.17	\$ 136.00
Conductor para protección RZ1-K de cobre. $s = 16mm^2$	200	m	Mayor a 20 años	\$ 2.25	\$ 450.00
Conductor para protección RZ1-K de cobre. $s = 95mm^2$	35	m	Mayor a 20 años	\$ 11.43	\$ 400.05
Conductor para protección RZ1-K de cobre. $s = 25mm^2$	25	m	Mayor a 20 años	\$ 3.47	\$ 86.75
Fusible para corriente continua de 10A con porta fusible EAGLE	36	Ud.	Según operaciones	\$ 7.75	\$ 279.00
Descargador SOLARTEC modelo PST31PV para 1000VDC	6	Ud.	Mayor a 20 años	33.53	\$ 201.18
Switch disconnectors DS con 8 polos de 32 A	3	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 50,00	\$ 150.00
Fusible para corriente alterna de 50A con porta fusible EAGLE	6	Ud.	Según operaciones	\$8.70	\$ 89.16
Vigilante de aislamiento PROAT modelo FAC650	1	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 40,00	\$ 40,00
Interruptor de corriente continua para vigilante de aislamiento NINFAC	1	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 35.00	\$ 35.00
Interruptor magnetotérmico T714E160 marca BTICINO tripolar	1	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 39.09	\$ 39.09
Interruptor magnetotérmico DX-H trifásico LEGRAND de 100 A	1	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 41.21	\$ 41.21
Interruptor diferencial tetra polar SCHNEIDER ELECTRIC de 100 A y Sensibilidad 300 mA	1	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 79.93	\$ 79.93
Fusible para corriente alterna de 100A con porta fusible EAGLE	3	Ud.	Mayor a 20 años	\$ 13.99	\$ 41.97
<b>Total puesta a tierra y protecciones</b>					<b>\$ 2,069.25</b>

Fuente: Propia

#### **4.4.2. Costo para la implementación del suministro eléctrico**

El sistema solar contempla la etapa de instalación y ejecución, en cada etapa es necesario considerar costos que se generan para tener en buen funcionamiento el generador fotovoltaico. El costo que estas dos etapas generan está ligado a material estructural, mano de obra y al mantenimiento que se debe de aplicar durante la vida útil el cual corresponde a veinte años.

##### **4.4.2.1. Costo por la instalación del suministro de energía eléctrica**

Para llevar a cabo el plan del suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina; implica implementar algunos cambios ya sea en la instalación eléctrica, como en la infraestructura del edificio de medicina para reforzar el área en la cual estarán ubicado los paneles solares. La instalación de los paneles solares relaciona dos costos económicos que son los siguientes:

- Costo por material estructural y transporte:

Los materiales estructurales son aquellos que en las acciones correctivas son utilizados para hacer modificaciones a la infraestructura del edificio de medicina de la facultad y que en su función es hacer que el entorno de los espacios este adecuado. Además, se estima el costo que se incurrirá al transporte de todo el equipo utilizado en la instalación.

- Costo por mano de obra:

Estimando los costos en función de la mano de obra contratada para realizar la estación del generador fotovoltaico, se estima que por cada persona contratada eventualmente se tendría un desembolso económico. Debido a que la instalación del generador fotovoltaico se puede

coordinar con los proveedores del equipo, he decidido solamente estimar un costo económico que represente la instalación.

Tabla 4.30. Presupuesto de la instalación del generador solar.

Instalación del generador fotovoltaico de 64,8 KW	Precio Total
Costo por mano de obra	\$ 8,000.00
Costo por material estructural y transporte	\$ 12,000.00
<b>Total</b>	<b>\$ 20,000.00</b>

Fuente: Propia

#### 4.4.2.2. Costo de mantenimiento del suministro de energía eléctrica

El costo de mantenimiento cumple un rol importante en la realización de un proyecto, ya que es fundamental efectuar actividades de mantenimiento en este caso al generador fotovoltaico para que su funcionamiento este siempre al máximo y de esta forma evitar daños a los equipos que forman parte de él. Al suministro de energía eléctrica se le aplicara el mantenimiento correctivo, preventivo y operacional con el objetivo de brindar la energía necesaria al edificio de medicina durante toda su vida útil.

- Costo de mantenimiento correctivo

Teniendo en cuenta que algunos de los materiales necesarios para poder implementar el suministro de energía eléctrica planteado posee según sus especificaciones técnicas una vida útil menor a la cantidad de años el cual el suministro de energía eléctrica está proyectado, esto indica que algunos de los materiales en un tiempo determinado deberá ser sustituido con el fin de dar al proyecto el mantenimiento correctivo. Pero de todos los materiales y equipos utilizados para la

implementación del proyecto, los fusibles son los únicos que deben de ser sustituidos lo cual no requiere un costo económico elevado.

Tabla 4.31. Costo de mantenimiento correctivo de los fusibles.

Equipos y materiales					
Artículo	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Sustitución cada 3 años	Costo de mantenimiento
Fusible para corriente continua de 10A con porta fusible EAGLE	36	Ud.	\$ 7.75	6	\$1,674.00
Fusible para corriente alterna de 50A con porta fusible EAGLE	6	Ud.	\$8.70	6	\$313.20
Fusible para corriente alterna de 100A con porta fusible EAGLE	3	Ud.	\$ 13.99	6	\$251.82
Costo de mantenimiento preventivo					\$2,239.02

Fuente: Propia

Los fusibles no representan un costo económico elevado, en algunas ocasiones un fusible puede llegar a durar hasta cinco años y a veces menos, en este caso se considera que los fusibles se sustituirán cada 3 años y será para prevenir cualquier riesgo existente. En la tabla 4.31, presenta un costo de mantenimiento preventivo solamente de los fusibles y ese costo cubrirá los veinte años de operación del sistema solar.

- Costo de mantenimiento preventivo y operacional

Con respecto al mantenimiento preventivo y operativo el presupuesto de mantenimiento aumenta, debido a las actividades que se deben de implementar en cada época del año, para mantener en un funcionamiento óptimo el sistema solar. El monto económico presupuestado para las actividades de mantenimiento, será el considerado durante los próximos 20 años de vida útil del proyecto.

La determinación del costo anual para las diferentes labores de mantenimiento necesarias para el perfecto funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica, se determina considerando el 0,125% del presupuesto total de la instalación y del costo de la instalación; este porcentaje considerado se debe a que según estudios el 25% del costo total del proyecto debe de ser considerado para el mantenimiento.

$$\text{Costo P y O} = 0,125\% (\text{Presupuesto} + \text{costo de instalacion})$$

$$\text{Costo P y O} = 1.25\% (\$133,790.29)$$

$$\text{Costo P y O} = \$1,672.4$$

El mantenimiento preventivo se debe de realizar eventualmente cada mes para mantener la superficie de los paneles limpias, estas actividades del mantenimiento pueden ser realizadas por el área de mantenimiento que posee la UES-FMOcc, esta área presenta un grupo limitados de personas encargadas de cubrir ciertas necesidades como lo es un cambio o una reparación del sistema eléctrico, aspecto de fontanería, carpintería, mecánica, entre otros;

Con respecto al mantenimiento preventivo y operacional que se debe de realizar cada seis meses para cambiar la inclinación de los paneles y revisar los equipos principales, estas actividades la deben de realizar personas expertas y que sean trabajadores de la empresa distribuidoras de los equipos para aplicar la garantía por si fuese el caso que se avería algún equipo principal.

Teniendo ya calculado el costo de mantenimiento preventivo y operacional para cada año, se obtiene el costo total durante los veinte años de funcionamiento del generador fotovoltaico, el cual asciende a \$33,448.00, a esta cantidad de dinero se le agrega el costo de mantenimiento de los fusibles obteniendo el monto económico correspondiente a actividades de mantenimiento de **\$35,687.**

#### 4.4.3. Estimación de egresos totales

La implementación del sistema fotovoltaico genera los egresos que corresponde a los años comprendidos en el periodo 2017-2036, estos egresos conformados por diversos equipos, materiales, mano de obra y por el mantenimiento que se debe de aplicar al sistema solar se detallan a continuación:

Tabla 4.32. Costo total para la implementación del suministro de energía eléctrica

Año de compra	Tipo de egresos				Costo total de inversión por año
	Presupuesto		Costo		
	Equipos principales	Materiales y equipos secundarios	Instalación	Mantenimiento	
2017	\$ 109,356.79	\$4,433.50	\$20,000.00	\$1,672.40	\$135,462.69
2018				\$1,672.40	\$1,672.40
2019				\$1,672.40	\$1,672.40
2020				\$2,045.57	\$2,045.57
2021				\$1,672.40	\$1,672.40
2022				\$1,672.40	\$1,672.40
2023				\$2,045.57	\$2,045.57
2024				\$1,672.40	\$1,672.40
2025				\$1,672.40	\$1,672.40
2026				\$2,045.57	\$2,045.57
2027				\$1,672.40	\$1,672.40
2028				\$1,672.40	\$1,672.40
2029				\$2,045.57	\$2,045.57
2030				\$1,672.40	\$1,672.40
2031				\$1,672.40	\$1,672.40
2032				\$2,045.57	\$2,045.57
2033				\$1,672.40	\$1,672.40
2034				\$1,672.40	\$1,672.40
2035				\$2,045.57	\$2,045.57
2036				\$1,672.40	\$1,672.40
<b>Costo total</b>					<b>\$169,477.31</b>

Fuente: Propia

La implementación del generador fotovoltaico genera un egreso que corresponde a los años comprendidos en el periodo 2017-2036, estos egresos conformados por diversos equipos,

materiales, mano de obra y por el mantenimiento que se debe de aplicar al sistema solar, haciendo un total de \$169,477.31.

#### **4.5. Ingresos por ahorro de energía eléctrica**

Los ingresos de efectivos estimados corresponden a las disminuciones de la factura eléctrica que la universidad dejara de pagar en los años evaluados, los ingresos se calculan sobre las proyecciones de la factura eléctrica que corresponden al servicio de energía 2 de la UES-FMOcc. En el capítulo 3 se detallan las proyecciones de los pagos estimados que realizara la facultad en el periodo comprendido entre 2017-2036, desglosado en diferentes cargos que la empresa distribuidora cobra por el servicio y los ahorros pertenecen a la disminución de los diferentes componentes cobrado por el suministro de energía.

##### **4.5.1. Ahorro por disminución en el cobro por distribución de potencia**

El cobro por distribución de potencia es el pico de potencia máxima suministrada cada mes a la universidad por la tarifa de cobro en el servicio de energía eléctrica 2 impuesta por la SIGET a AES-CLESA. El ahorro en efectivo se manifiesta, ya sea, si disminuye la potencia máxima demandada y/o si se disminuye la tarifa de cobro por este cargo. La potencia disminuirá al implementar el suministro de energía eléctrica por medios fotovoltaicos, el cual abastecerá de energía al edificio de medicina. La disminución de potencia demanda se estima que será de un 17.5%.

#### **4.5.2. Ahorro por disminución en el cobro de energía eléctrica**

El ahorro en el cobro de energía eléctrica es el ingreso de efectivo más importante, en este cobro se estima un ahorro del 23.67% en el horario resto apartar de la implementación del suministro de energía. Se debe de recalcar que la energía generada por el sistema solar será proporcionada únicamente al edificio de medicina y será en el horario resto. En el capítulo 3 se detalla cómo se distribuye el porcentaje de ahorro de energía correspondiente al horario resto.

#### **4.5.3. Ahorro por disminución en el cobro de factor de potencia**

El índice de factor de potencia es afectado por la presencia de cargas reactivas como los condensadores o inductores. Algunos ejemplos típicos de circuitos que contienen cargas inductivas o elementos capacitivos son los motores, los transformadores y los sistemas de iluminación. Este proyecto está enfocado únicamente en el edificio de medicina y se sustituirá las luminarias fluorescentes por luminarias LED y teniendo en cuenta que los aires acondicionados son utilizados únicamente en el día y esta energía consumida será proporcionada por el sistema solar, en consecuencia, se presume que la corrección del factor de potencia será del 14% correspondiente al servicio de energía 2.

#### **4.5.4. Ahorro por disminución en el cobro de IVA**

Finalmente, con el subtotal de ingresos planteados anteriormente, se obtendrá uno más. Este corresponde al 13% de IVA que dejará de pagarse por el no pago del consumo de energía ahorrado con la implementación del sistema solar, que abastecerá de energía al edificio de medicina.



El ingreso de efectivo en cada año, corresponde a la suma de los ingresos individuales descritos. En las siguientes tablas se detallan los ingresos estimados para cada componente. En cada año se describe la proyección de los cobros (Pago por la electricidad) el porcentaje de ahorro y el ahorro en efectivo por los diferentes componentes. Para calcular el ahorro de efectivo en cada año se utilizan las proyecciones de pagos presentados en el capítulo 3, multiplicándolos por el porcentaje de ahorro de cada componente descrito anteriormente en este apartado.

Tabla 4.33. Proyección de ingresos anuales por disminución en el cobro de electricidad 2017-2036. Tabla 1 de 2.

Año	Carga comercial	Carga por distribución	Carga por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total anual	
			Resto	Punta	Valle	Total							
2017	Cobro	\$156.70	\$23,140.48	\$51,163.01	\$10,995.63	\$6,334.77	\$68,603.41	\$7,777.15	\$13,842.29	-\$1,057.44	\$0,00	\$473.88	\$112,275.35
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%	16.39%	-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$4,049.58	\$12,110.28	-	-	-	\$1,166.57	\$2,252.44	-	-	-	<b>\$19,578.87</b>
2018	Cobro	\$160.04	\$23,626.17	\$52,229.83				\$7,930.25	\$13,312.14		\$0,00		\$114,633.58
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%		-	-	-	17.43%
	Ahorro	-	\$4,134.58	\$12,362.80	-	-	-	\$1,189.54	\$2,299.30	-	-	-	<b>\$19,986.22</b>
2019	Cobro	\$163.73	\$24,122.31	\$53,334.45				\$8,096.80			\$0,00		\$117,040.83
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%		-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$4,221.40	\$12,624.26	-	-	-	\$1,214.52	\$2,347.82		-	-	<b>\$20,408.00</b>
2020	Cobro	\$166.9	\$24,628.84	\$54,454.45				\$8,266.81			\$0,00		\$119,498.68
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%			-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$4,310.05	\$12,889.37	-	-	-	\$1,240.02	\$2,397.13		-	-	<b>\$20,836.57</b>
2021	Cobro	\$170.35	\$25,146.06	\$55,605.00				\$8,440.42			\$0,00		\$122,008.20
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%			-	-	17.43%
	Ahorro	-	\$4,400.56	\$13,161.70	-	-	-	\$1,266.06	\$2,447.68		-	-	<b>\$21,276.00</b>
2022	Cobro	\$170.64	\$25,665.13	\$56,765.55				\$8,617.66			\$0,00		\$125,570.34
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%			-	-	17.30%
	Ahorro	-	\$4,491.40	\$13,436.41	-	-	-	\$1,292.65	\$2,498.66		-	-	<b>\$21,719.12</b>
2023	Cobro	\$177.54	\$26,212.74	\$57,957.62				\$8,798.65			\$0,00		\$127,186.31
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%			-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$4,587.22	\$13,718.57	-	-	-	\$1,319.80	\$2,551.32		-	-	<b>\$22,176.91</b>
2024	Cobro	\$181.25	\$26,763.77	\$59,174.75				\$8,983.40			\$0,00		\$129,857.19
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%			-	-	17.45%
	Ahorro	-	\$4,683.66	\$14,006.66	-	-	-	\$1,347.51	\$2,604.92		-	-	\$22,702.75
2025	Cobro	\$185.08	\$27,325.79	\$60,417.42				\$9,171.63			\$0,00		\$132,584.16
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%			-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$4,782.01	\$14,300.80	-	-	-	\$1,375.74	\$2,659.61		-	-	<b>\$23,118.16</b>
2026	Cobro	\$189.03	\$27,899.14	\$61,686.19				\$9,364.72			\$0,00		\$135,368.61
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	-	15%			-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$4,882.34	\$14,601.12	-	-	-	\$1,404.71	\$2,715.46		-	-	<b>\$23,603.63</b>

Fuente: Propia

Tabla 4.34. Proyección de ingresos anuales por disminución en el cobro de electricidad 2017-2036. Tabla 2 de 2.

Año	Carga comercial	Carga por distribución	Carga por consumo de energía				Multa Factor de potencia	IVA	Otros	Cliente corporativo	Interés por mora	Total anual
			Resto	Punta	Valle	Total						
2017	Cobro	\$192.99	\$28,485.54	\$62,991.59			\$9,561.33			\$0.00		\$138,211.32
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$4,984.97	\$14,919.11	-	-	-	\$1,434.20	\$2,773.98	-	-	-
2018	Cobro	\$192.95	\$29,083.74	\$64,304.2			\$9,762.13			\$0.00		\$141,113.72
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$5,089.65	\$15,220.80	-	-	-	\$1,464.32	\$2,830.72	-	-	-
2019	Cobro	\$201.13	\$29,694.49	\$65,654.6			\$9,967.13			\$0.00		\$144,077.08
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$5,196.54	\$15,540.44	-	-	-	\$1,495.07	\$2,890.17	-	-	-
2020	Cobro	\$205.33	\$30,318.07	\$67,033.33			\$10,178.43			\$0.00		\$147,102.6
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.43%
	Ahorro	-	\$5,305.66	\$15,866.80	-	-	-	\$1,526.76	\$2,950.90	-	-	-
2021	Cobro	\$209.64	\$30,954.76	\$68,441.05			\$10,390.14			\$0.00		\$150,191.86
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$5,417.08	\$16,200.02	-	-	-	\$1,558.52	\$3,012.83	-	-	-
2022	Cobro	\$214.07	\$31,604.74	\$69,878.29			\$10,608.34			\$0.00		\$153,345.89
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$5,530.83	\$16,540.19	-	-	-	\$1,591.22	\$3,076.09	-	-	-
2023	Cobro	\$218.62	\$32,268.50	\$71,345.73			\$10,831.11			\$0.00		\$156,566.20
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$5,646.98	\$16,887.53	-	-	-	\$1,624.67	\$3,140.69	-	-	-
2024	Cobro	\$223.18	\$32,928	\$72,844.00			\$11,058.56			\$0.00		\$159,854.11
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$5,762.41	\$17,242.18	-	-	-	\$1,658.78	\$3,206.24	-	-	-
2025	Cobro	\$227.85	\$33,638.13	\$74,373.55			\$11,290.77			\$0.00		\$163,211.09
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.44%
	Ahorro	-	\$5,886.67	\$17,604.22	-	-	-	\$1,693.62	\$3,273.99	-	-	-
2026	Cobro	\$232.53	\$34,747.92	\$76,331.32			\$11,608.93			\$0.00		\$166,824.09
	% ahorro	-	17.5%	23.67%	-	-	15%		-	-	-	17.46%
	Ahorro	-	\$6,080.89	\$18,067.62	-	-	-	\$1,741.34	\$3,365.68	-	-	-

Fuente: Propia

#### **4.6. Análisis financiera**

El análisis financiero del suministro de energía eléctrica consiste en comprobar si todo lo que se ha planteado es posible realizarlo y poder obtener utilidades además de otros beneficios como lo es el menor impacto sobre nuestro ecosistema. El propósito de este análisis es conocer si el suministro de energía a través de los ingresos económicos durante toda su vida útil genera suficiente rentabilidad como para llevarlo a cabo.

En este apartado se obtendrá las diferentes variables importantes para comprobar si es o no una buena inversión, como lo es el Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI) y Relación Beneficio/Costo (B/C). Estas variables son utilizadas para encontrar de manera verídica la factibilidad o el rendimiento del proyecto.

Para realizar el análisis financiero y poder calcular los parámetros antes citados, primero han de conocerse los ingresos producidos por la generación de energía eléctrica a partir de la captación de la radiación solar por parte de los paneles solares, estos ingresos representan el ahorro económico que tendrá la universidad en el pago de energía eléctrica en el servicio eléctrico 2, ya que parte de la energía será abastecida por el generador solar.

El análisis financiero también considera los egresos que pertenecen al costo de quipos principales, materiales y equipos secundarios, instalación y al mantenimiento. Esta serie de costos denominados egresos son utilizados para llevar a cabo todas las actividades de implementación.

El análisis financiero se llevará a cabo considerando el financiamiento del proyecto a través de la Universidad de El Salvador FMOcc. Este financiamiento calcula el desembolso que año tras año la UES FMOcc realizara para llevar a cabo las actividades programadas en un tiempo determinado, es decir esta opción de financiamiento tiene como fin buscar que la universidad vaya desembolsando los diferentes costos de implementación presentado cada año.

#### **4.6.1. Flujo de caja**

El flujo de caja hace referencia al resultado de todos los costos en la parte de egresos para la implementación del suministro eléctrico, en donde se determinó el presupuesto de equipos principales, materiales y equipos secundarios. Además de los costos de la instalación y el costo de mantenimiento que se requiere para llevar a cabo el suministro eléctrico.

El flujo de caja se estructura en varias columnas que representa los momentos en que se generan los costos y beneficios. Cada momento reflejan dos cosas: los movimientos de caja ocurridos durante un año y los desembolsos que se deben de estar realizando para que las actividades de los periodos siguientes puedan ocurrir.

Las presentaciones de los flujos de caja se sitúan en 21 columna, cada columna representa un año y debido a que el suministro de energía se evaluó para 20 años, la *columna 0* refleja todos los desembolsos previos a la puesta en marcha del proyecto, esta columna va antes de las demás y representa la inversión inicial del proyecto. En este caso como la caja de flujo relaciona egresos (costo de implementación) e ingresos (ahorro de energía) los valores del primer término se expresan de forma negativa ya que estos representan los desembolsos monetarios que se realiza para poner en marcha el proyecto.

Tabla 4.35. Flujo de caja.

	0	1	2	3	4	5	6
Equipos principales	-109,356.79						
Materiales y equipos	-4,433.50						
Instalación	-20,000.00						
Mantenimiento		-1,672.40	-1,672.40	-2,045.57	-1,672.40	-1,672.40	-2,045.57
Ahorro		19,578.87	19,986.22	20,408.00	20,836.57	21,276.00	21,719.12
<b>Flujo</b>	<b>-133,790.29</b>	<b>17,906.47</b>	<b>18,313.82</b>	<b>18,362.43</b>	<b>19,164.17</b>	<b>19,603.6</b>	<b>19,673.55</b>
	7	8	9	10	11	12	13
Equipo principales							
Materiales y equipo s							
Instalación							
Mantenimiento	-1,672.40	-1,672.40	-2,045.57	-1,672.40	-1,672.40	-2,045.57	-1,672.40
Ahorro	22,176.91	22,702.75	23,118.16	23,603.63	24,112.26	24,605.49	25,122.19
<b>Flujo</b>	<b>20,504.51</b>	<b>21,030.35</b>	<b>21,072.59</b>	<b>21,931.23</b>	<b>22,439.66</b>	<b>22,559.92</b>	<b>23,449.79</b>
	14	15	16	17	18	19	20
Equipo principales							
Materiales y equipo s							
Instalación							
Mantenimiento	-1,672.40	-2,045.57	-1,672.40	-1,672.40	-2,045.57	-1,672.40	-1,672.40
Ahorro	25,650.12	26,188.45	26,738.33	27,299.87	27,869.61	28,458.50	29,255.53
<b>Flujo</b>	<b>23,977.72</b>	<b>24,142.88</b>	<b>25,065.93</b>	<b>25,627.47</b>	<b>26,197.10</b>	<b>26,786.10</b>	<b>27,583.13</b>

Fuente: propia

## 5.6.2. Valor Presente Neto

A continuación, se procede a calcular mediante los flujos de caja mostrados anteriormente el VPN para determinar si la inversión es redituable, para ello este criterio de evaluación financiera deberá definir el rendimiento a evaluar la cual está compuesta por la inversión inicial y la tasa de retorno.

La inversión inicial es igual al valor presente en el flujo de la columna 0, y la tasa de retorno a utilizar representa la inflación que es iguala 2.3% y un 10% correspondiente a la tasa que se exige de ganancia sobre todos los recursos invertidos en el proyecto.

Este indicador financiero se puede determinar con la ayuda de dos métodos, el primero es hacer uso de la plantilla de Excel en la opción del menú insertar se selecciona financiera y posteriormente se elige VPN en el nombre de la función. La segunda opción y la utilizado es hacer uso de la fórmula original correspondiente al Valor Presente Neto la cual se muestra a continuación:

$$VPN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{FNE_n}{(1+i)^n}$$

Donde:

**I** = Es el valor de la inversión

**N** = Es el número de años de la inversión

**n** = Es el valor del año actual

**FNE** = Es el flujo neto de efectivo en el año n

**i** = Es el valor de la tasa de interés con la que se está comparando

A continuación, se procede a calcular el Valor Presente Neto, para calcular este criterio de evaluación se necesita aparte de tener el valor de la inversión inicial el valor actual generado por el flujo de caja del uno hasta el veinte y la tasa a utilizar es la suma de porcentaje de la inflación y el porcentaje de ganancia que se espera del proyecto siendo este valor igual a 10%.

$$VPN = -133,790.29 + \frac{17,906.47}{(1 + 0.123)^1} + \frac{18,313.82}{(1 + 0.123)^2} + \frac{18,362.43}{(1 + 0.123)^3}$$

$$VPN = -133,790.29 + 150,398.83$$

$$VPN = 16,608.54$$

Como se puede observar al inicio del cálculo el procedimiento se ha realizado solamente para los primeros tres años, pero ese procedimiento es el que se realiza hasta concluir con los veinte años. Con respecto al resultado de **\$16,608.54** obtenido, indica que el proyecto es rentable y se interpreta como el exceso al valor obtenido por sobre lo exigido al capital invertido ya que es mayor a cero lo cual indica que el plan recupera la inversión inicial sujeta a la tasa de inflación y ganancia, siendo esta la primer alternativa rentable.

### **5.6.3. Tasa Interna de retorno**

El segundo criterio para evaluar la rentabilidad de un proyecto lo constituye la TIR, esta es aquella tasa que está ganando un interés sobre el saldo no recuperado de la inversión en cualquier momento de la inversión del proyecto y mide la rentabilidad como porcentaje. En este caso como se exigía el 12.3% de retorno a la inversión y el valor presente neto mostro que la inversión rendía eso y \$16,608.54 mas. Es decir que da una rentabilidad superior al 12.3% exigido.

Para calcular este indicador financiero existen dos metodologías, el primero y el utilizado en este apartado se describe en una plantilla de Excel, el cual a través de una serie de pasos simultáneos se logra obtener el valor. El otro método de cálculo que conlleva a determinar este mismo criterio de evaluación se da mediante la fórmula propia que lo describe la cual se presenta a continuación:



$$0 = -I + \sum_{n=1}^N \left( \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \right) = VPN$$

Donde:

**I** = Es el valor de la inversión

**N** = Es el número de año de la inversión

**n** = El valor del año actual

**FNE** = Es el flujo neto de efectivo en el año n

**i** = ES el valor de la tasa interna de retorno

Para calcular este criterio financiero y obtener la tasa máxima exigible, se utilizó la platilla de Excel, donde se usó la función del menú formulas, se selecciona financiero en categoría de función y se elige TIR. En el cuadro argumentos de función se selecciona el rango de valores que se desea actualizar, a partir del momento 0, y se obtiene la tasa interna de retorno máxima.

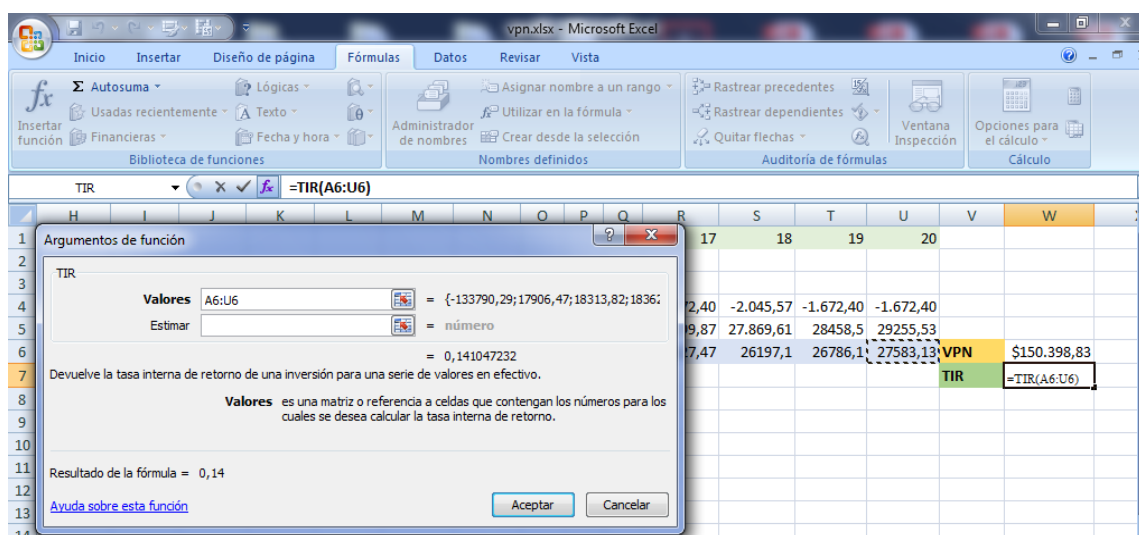


Figura 4.7. Calculo de la TIR, aplicado en Excel  
Fuente: Propia.

El resultado obtenido es la tasa máxima exigible al proyecto la cual resulto ser igual a **14.1%**. Este resultado quiere decir que al proyecto de suministro de energía no se le puede exigir una tasa mayor a la calculada anteriormente ya que este dejaría de ser rentable.

#### **5.6.4. Tiempo de Recuperación de la Inversión.**

Este método también es conocido como el Periodo de Recuperación de la Inversión. Este indicador mide tanto la liquidez del proyecto como también el riesgo relativo pues permite anticipar los eventos en el corto plazo. Este método permite medir el plazo de tiempo que se requieren para que los flujos netos de efectivos de la inversión recuperen su costo o inversión inicial, calculado a partir de los flujos de efectivo.

Al realizar o invertir en cualquier proyecto, lo primero que se espera es reconocer un beneficio o utilidades, en segundo lugar, se espera que esas utilidades lleguen a manos del inversionista lo más rápido que sea posible, este tiempo es por supuesto determinado por el inversionista, ya que, no es lo mismo para unos, recibirlo en un corto, mediano o largo plazo, es por ello que dependiendo del tiempo es aceptado o rechazado

Para determinar el Tiempo de recuperación de la Inversión, como primer paso se coloca la inversión inicial correspondiente al saldo de inversión, posteriormente se procede a colocar en la columna de flujo anual todos los flujos de caja que se tiene durante los veinte años, ahora para calcular el primer valor de la columna rentabilidad exigida se obtiene de multiplicar el primer valor de saldo de la inversión (inversión inicial) por la rentabilidad exigida en este caso (inflación + **10%**) que es igual a 12.3%, ahora para calcular el primer valor de la devolución de la inversión se resta de la rentabilidad exigida el primer valor de flujo anual, con el resultado obtenido se puede calcular el siguiente valor de saldo de la inversión la cual se genera de restar el

primer valor de saldo de inversión con el primer de la devolución del inversión. Usando el mismo procedimiento de cálculo se completa la tabla de modo que cuando se obtenga el primer valor negativo correspondiente al saldo de la inversión indicara que en ese año el proyecto de suministro eléctrico empezara a generar utilidades habiendo recuperado la inversión inicial y otros costos presentado en su implementación.

Tabla 4.35. Supuesto de rentabilidad y recuperación de la inversión.

Años	Saldo Inversión	Flujo anual	Rentabilidad Exigida	Devolución inversión
1	133,790.29	17,906.47	16,456.20	1,450.27
2	132,340.02	18,313.82	16,277.82	2,036.01
3	130,304.02	18,362.43	16,027.39	2,335.04
4	127,968.98	19,164.17	15,740.18	3,423.99
5	124,544.99	19,603.60	15,319.03	4,284.57
6	120,260.42	19,673.55	14,792.03	4,881.52
7	115,378.90	20,504.51	14,191.60	6,312.91
8	109,065.99	21,030.35	13,515.12	7,515.23
9	101,550.76	21,072.59	12,490.74	8,581.85
10	92,968.91	21,931.23	11,435.18	10,496.05
11	82,472.86	22,439.66	10,144.16	12,295.50
12	70,177.36	22,559.92	8,631.82	13,928.10
13	56,249.26	23,449.79	6,918.66	16,531.13
14	39,718.13	23,977.72	4,885.32	19,092.40
15	20,625.73	24,142.88	2,536.96	21,605.92
16	-980.19	25,065.93	-120.56	25,186.49
17	-26,466.68	25,627.47	-3,255.40	28,882.87
18	-55,349.55	26,197.10	-6,807.99	33,005.09
19	-88,354.64	26,786.10	-10,867.62	37,653.72
10	-126,008.36	27,583.13	-15,499.02	43,082.15

Fuente: Propia

La tabla 4.35, muestra el primer valor negativo calculado en la columna saldo de inversión, este indica que a partir del año 16 el suministro de energía eléctrica empezara a generar ganancias habiendo todos los costos de implementación.

### 5.6.5. Método de la relación Beneficio/Costo.

Este último criterio de evaluación es una técnica importante dentro del ámbito de la teoría de la decisión, ya que muestra la cantidad de dinero actualizado que recibirá el suministro de energía eléctrica por cada unidad monetaria invertida. Para obtener este indicador es necesario determinar por separado los valores actuales de los ingresos, así como los valores actuales de los egresos, luego se divide la suma de los valores actuales de los costos e los ingresos. Cabe mencionar que para calcularlos se utiliza la misma tasa con la cual se determina los anteriores indicadores, la tasa que se utilizó está compuesta por el porcentaje de inflación (2.3%) y ganancia (10%) siendo el 12.3% la que se emplea.

De forma más directa, este indicador mide la relación que existe entre los ingresos del suministro de energía eléctrico y los costos incurridos a lo largo de su vida útil incluyendo la inversión total. El resultado obtenido de este método toma valores mayores, menores o iguales a 1, lo que implica que:

- ✓ **B/C > 1:** Índice que por cada dólar invertido en el proyecto se obtiene más de un dólar de beneficio.
- ✓ **B/C < 1:** Índice que por cada dólar invertido en el proyecto se obtiene menos de un dólar de beneficio.
- ✓ **B/C = 1:** implica que los ingresos son iguales que los egresos, entonces el proyecto es indiferente.

Este indicador se puede determinar con la ayuda de dos métodos, el primero se trata en calcular los valores actualizados de los costos e ingresos mediante la plantilla de Excel. La

segunda opción y la utilizada es hacer uso de la fórmula original correspondiente al Valor Presente Neto la cual se muestra a continuación:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{Vi}{(1+i)^n}}{\sum_{i=0}^n \frac{Ci}{(1+i)^n}}$$

Donde:

**B/C** = Relación Beneficio/Costo

**Vi** = Valor de la producción

**Ci** = Egreso ( $i = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, n$ )

**i** = Tasa de descuento

Para calcular este indicador financiero se considera a bien hacer uso de la fórmula, es necesario especificar que esta fórmula es la misma que se utiliza para determinar el VPN con la única diferencia que se calculan tanto los ingresos y costos actualizados, posteriormente se dividen los ingresos brutos actualizados (beneficios) entre los costos actualizados.

El valor que corresponde al costo actualizado corresponde únicamente al valor inicial de inversión, esto significa que los gastos que se realizarán durante los veinte años correspondientes al mantenimiento, en ningún momento superarán los ingresos durante ese mismo periodo, por lo cual el monto económico que representa los costos es de \$133 790.29.

Por otra parte, el valor correspondiente a ingresos actualizados o beneficio corresponden al ahorro obtenido en términos monetarios de cada año (periodo uno hasta el periodo veinte) siendo estos valores traído al presente y a realizar la sumatoria se obtiene 150,398.80, este valor representa el numerador de la relación Beneficio (B)-Costo(C).

Tabla 4.36. Presentación de la relación Beneficio/Costo.

Año	Inversión Inicial	Beneficio (VPN)	Beneficio acumulado (VPN)
0	133,790.29	-	-
1	-	15,945.21	15,945.21
2	-	14,521.75	30,466.96
3	-	12,965.52	43,432.48
4	-	12,049.55	55,482.03
5	-	10,975.82	66,457.85
6	-	9,808.56	76,266.39
7	-	9,103.14	85,369.53
8	-	8,313.97	93,683.51
9	-	7,418.23	101,101.74
10	-	6,874.88	107,976.62
11	-	6,263.70	114,240.32
12	-	5,607.64	119,848.07
13	-	5,190.43	125,038.51
14	-	4,725.98	129,764.48
15	-	4,237.33	134,001.81
16	-	3,917.49	137,919.30
17	-	3,566.56	141,485.86
18	-	3,146.51	144,732.38
19	-	2,955.30	147,688.31
20	-	2,710.49	150,398.80
<b>Costo (C)</b>	<b>\$133 790.29</b>	<b>Beneficio (B)</b>	<b>150,398.80</b>
		<b>Beneficio/Costo</b>	<b>1.12</b>

Fuente: Propia

La relación Beneficio/Costo tiene como resultado \$1.12, según los índices correspondientes a este indicador financiero indica que por cada dólar invertido en el diseño del suministro de energía eléctrica se obtendrá una ganancia de \$0.12.

#### 5.6.6. Conclusión análisis financiero

Para implementar el suministro de energía eléctrico en el edificio de medicina mediante el uso de la energía solar se debe de considerar este análisis financiero, en donde tal como se esperaba este análisis arrojan datos que según el criterio de evaluación cada indicador en análisis, resulto ser favorable. En la tabla 3.36, se presentan resumidos los valores de los criterios evaluados, el VPN, TIR, PRI y B/C.

Tabla 4.37. Resultados de los indicadores financiero.

N°	Indicador financiero	Resultado
1	Valor Presente Neto	\$16,608.54
2	Tasa Interna de retorno	14.1%.
3	Tiempo de Recuperación de la Inversión	16 años
4	Método de la relación Beneficio/Costo	1.12

Fuente: Propia

Como conclusión a los resultados obtenidos en cada uno de estos indicadores financieros no queda más que decir que; la implementación del suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina mediante el uso de la energía solar en la FMOcc traerá grande beneficios económicos a la institución, esto sería el inicio de la solución para hacerle frente a los desembolso que hace la universidad cada mes, debido a la gran cantidad de energía consumida relacionado con el elevado costo que presenta la tarifa energética actualmente.

## 4.8. Referencia del capítulo 4

### **Instalaciones Eléctricas Fotovoltaicas, (2017).**

Reglamento Eléctrico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 A BT 51. Extraído el 17 de diciembre de 2016 desde:

<http://www.iet.es/wpcontent/uploads/2013/03/REGlamento-RBT-SEPT-2003.pdf>

**Vidri, (2017).** Canaletas de 32X12.5-MIL. Extraído el 23 de febrero de 2017 desde:

<https://www.vidri.com.sv/tienda/CANALETA-DE-32X12.5-MIL%C3%8DMETROS/p/29629>

**Vidri, (2017).** Fusibles. Extraído el 23 de febrero de 2017 desde:

<https://www.vidri.com.sv/tienda/Fusibles/c/20190>

**Teknosolar, (2017).** Módulos Fotovoltaicos.

Extraído el 2 de marzo de 2017 desde:

<http://www.teknosolar.com/placa-solar-atersa-a-300p-300w>

**Dinamisol, (2017).** Estructuras de soporte para paneles solares. Extraído el 2 de marzo de 2017 desde:

<https://www.damiasolar.com/productos/para-superficie-plana-o-poco-inclinada-40>

**Aquitosolar, (2017).** Medidor trifásico. Extraído el 5 de marzo de 2017 desde:

<http://www.aquitosolar.cl/medidores-energia-solar/503-KSOP3FNB.html>

**Sumidelec, (2017).** Cables de conexión y de protección contra sobrecargas de tensión. Extraído el 6 de marzo de 2017 desde:

<https://www.sumidelec.com/cable-15mm-normal-750v>

**Ilumitec, (2017).** Interruptores diferenciales y magnetotermico. Extraído el 6 de marzo de 2017 desde:

<http://www.ilumitec.es/catalogsearch/result/?cat=0&q=Interruptor+diferencial>

**Asociación Bancaria Salvadoreña ABANSA, (2009).** Inflación anual de El Salvador. Extraído el 6 de marzo de 2017 desde:

<http://www.abansa.org.sv/archivo.ashxpub=1&codigo=280>



## **CAPÍTULO 5: PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE SUMINISTRO ELÉCTRICO EN EL EDIFICIO DE MEDICINA**

### **5.1. Introducción**

La Facultad Multidisciplinaria de Occidente de la Universidad de El Salvador mensualmente consume una gran cantidad de energía eléctrica. Esto provoca que el presupuesto adquirido por la universidad cada año sea afectado enormemente por los gastos corriente adquirido. Las causas del consumo de energía eléctrica son muchas, pero una de las posibles soluciones más exactas es abastecer la energía consumida por medio de energía generada a base de recursos renovable.

El capítulo 5 presenta el plan de implementación del diseño de suministro de energía eléctrica en el edificio de medicina de la UES-FMOcc basado en la creación de un sistema que produzca energía eléctrica, utilizando módulos fotovoltaicos de alto rendimiento. El plan pretende atacar puntos específicos, en este caso abastecer toda la energía demandada por el edificio de medicina, para lograr reducir los gastos corrientes presentados cada mes.

Para implementar el diseño del suministro eléctrico es necesario presentar actividades y definir estrategias que permita explotar al máximo el sistema solar, así como definir programas de mantenimientos utilizados para controlar el buen funcionamiento del sistema fotovoltaico. También presentar los planos unifilares que presente el circuito eléctrico de la instalación proyectada y la disposición de los módulos sobre el techo del edificio de medicina que formaran parte del sistema fotovoltaico.

## **5.2. Objetivos de la implementación del suministro de energía eléctrica**

### **5.2.1. Objetivo General**

- ✓ Implementar el diseño del suministro de energía eléctrica para el edificio de medicina mediante el uso de la energía solar en la facultad multidisciplinaria de occidente.

### **5.2.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Definir estrategia para aprovechar al máximo los recursos energéticos emitidos por el sol durante todo el año.
- ✓ Definir actividades a realizar para la implementación del suministro de energía eléctrica.
- ✓ Diseñar los planos que representen la conexión y distribución del generador fotovoltaico sobre el techo del edificio de medicina.

### **5.3. Estrategias para la implementación del suministro eléctrico**

Al implementar un proyecto se debe tener en cuenta muchos aspectos importantes, por ejemplo, que es lo que se necesita para que el proyecto funcione, que se necesita para brindarle seguridad al proyecto y cuáles son las actividades que se necesitan para aprovechar al máximo los beneficios del mismo; estos aspectos son muy diferentes pero juntos con seguridad forman un proyecto exitoso.

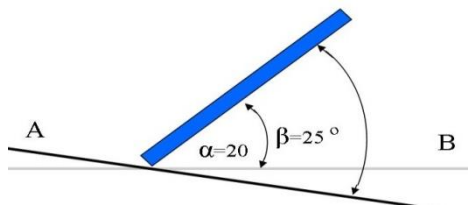
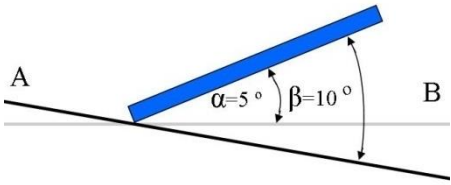
Para el buen aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles en la zona, mediante la captación de los rayos solares utilizando paneles fotovoltaicos, es necesario implementar estrategias que sean efectivas para llevar a cabo el suministro eléctrico. Las estrategias planteadas tienen como objetivo principal aprovechar al máximo los recursos energéticos emitidos por el sol, además de controlar el buen funcionamiento del sistema solar sin incrementar el costo del mismo.

En cada estrategia se debe considerar los equipos utilizados en la instalación del sistema, ya que, el aumento o disminución del aprovechamiento de los recursos emitidos por el sol dependen del equipo utilizado y de la administración del usuario, debido a que, el suministro de energía eléctrica será dependiente de la universidad.

### Estrategia 1: Variación del Angulo de inclinación

Para captar los rayos solares que emite el sol sobre el globo terrestre durante todo el año, es necesario seguir la trayectoria del sol en la distinta época del año. Debido a esto la inclinación del módulo debe de variar para explotar al máximo la instalación solar tanto en invierno como en verano. Ya que el buen aprovechamiento de los recursos energéticos depende de la captación directa que debe de tener el panel de los rayos solares y esto se logra a un Angulo de 90° con respecto al sol.

Tabla 5.1. Variación del ángulo de inclinación

Inclinación del panel en verano		Inclinación del panel en invierno	
			
A	Inclinación del techo		
B	Horizontal		
$\alpha$	Angulo de inclinación del panel con respecto a la horizontal		
$\beta$	Angulo de inclinación del panel con respecto al techo		

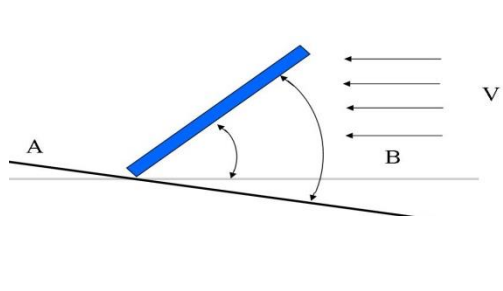
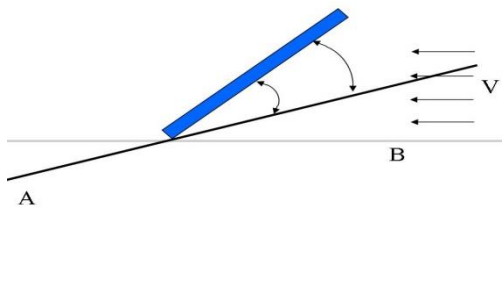
Fuente: propia

Las posiciones del Angulo de inclinación se modificarán dos veces al año, una para verano y otra para invierno, los paneles han de colocarse a una distancia aceptable para ambos periodos. La primera variación de la inclinación deberá efectuarse a finales del mes de marzo y será para aprovechar los rayos del sol emitidos en invierno, y la segunda variación deberá efectuarse al final del mes de septiembre.

## Estrategia 2: Ubicación de los paneles solares sobre el techo

La instalación de los paneles fotovoltaico se ubicara sobre el techo del segundo nivel del edificio de medicina el cual posee una área aproximadamente  $1,384 \text{ m}^2$ , la ubicación de los módulos se realizara en el área que esté libre de sombra durante todo el día. Pero un factor importante en la elección del área es la inclinación de techo, debido a que el techo tiene un 5% de inclinación dirigido hacia el norte y hacia el sur.

Tabla 5.2. Ubicación del panel sobre el techo del edificio de medicina

Panel sobre el techo inclinado hacia el norte		Panel sobre el techo inclinado hacia el sur
		
A	Inclinación del techo	
B	Horizontal	
V	Filtración del viento por debajo del módulo solar	

Fuente: propia

La filtración del aire por debajo de los paneles solares es un factor importante para el rendimiento de un sistema solar, debido que un panel solar en su funcionamiento genera calor aumentando la temperatura de las células solares y la filtración del aire por debajo del módulo permite reducir el calor generado por el mismo panel y por el techo. Si los panes se ubicaran en el sector del techo inclinados hacia el sur la filtración del aire fuese obstaculizado por el techo y los mismos módulos. Debido a este factor los paneles solares se ubicarán sobre el techo inclinado hacia el norte, permitiendo mayor filtración del aire.

### **Estrategia 3: Organización del mantenimiento**

El buen funcionamiento del sistema solar fotovoltaico a lo largo de su vida útil, depende de mantener un mantenimiento periódico aplicables a los equipos que forman el sistema solar. Los mantenimientos aplicables a este tipo de instalación son: preventivo, correctivo y operacional. Cada mantenimiento genera un costo económico y para disminuirlo es necesario coordinar los mantenimientos a realizar.

El mantenimiento operativo se realizará dos veces al año por lo que se harán coincidir las visitas para el mantenimiento preventivo con las del mantenimiento operativo evitando así el transporte de dos equipos diferentes de técnicos para realizarlo y de esta forma aplicando los dos mantenimientos en el mismo periodo se lograra reducir posibles costos por el programa de mantenimiento.

El mantenimiento correctivo no se realizará de forma periódica como los anteriores, ya que, este mantenimiento se requiere cuando exista una avería en el sistema solar, por lo tanto, la aplicación de este mantenimiento por averías de los equipos o por reducción de la potencia del generador solar son incierto.

Por esta causa la estrategia de organización del mantenimiento se puede aplicar solo al mantenimiento preventivo y operacional, estos dos mantenimientos se aplicarán al inicio de cada periodo de invierno y verano para lograr el funcionamiento óptimo de la instalación para los dos periodos mencionados.

## **5.4. Actividades para la implementación del suministro eléctrico**

### **5.4.1. Montaje de equipo**

En este apartado se mostrará cómo se realizarán las conexiones de los diferentes equipos de la instalación fotovoltaica, además la distribución de los equipos que componen el sistema solar.

#### **5.4.1.1. Módulos fotovoltaicos.**

Los paneles solares serán distribuidos en filas para facilitar la conexión de los mismos en serie o paralelo según proceda. Los módulos solares serán montados sobre la estructura soporte pertinente horizontalmente, fijándose de forma segura a la estructura con un mínimo de cuatro puntos. Las grapas y tornillos para asegurar los módulos no deben entrar en contacto con el cristal ni deformar el marco, una vez fijados se inclinarán el ángulo idóneo de funcionamiento.

Una vez colocados sobre los soportes, los módulos serán conectados en serie y paralelo según se determinó en el apartado del Capítulo 4. Cada uno de los conductores de conexión entre los diferentes paneles estará alojados en canaletas de plástico. Además, se deberá verificar que cada módulo posee lo siguiente especificaciones y características:

- Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, y llevarán de forma claramente visible el modelo y nombre o logotipo del fabricante.
- Se comprobará que todos los módulos posean diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células, ya que la sombra parcial sobre los módulos puede causar una tensión inversa a través de las células o módulos, y la corriente debe pasar a través de las células sombreadas. Esto puede provocar un calentamiento indeseado. El diodo de bypass cableado

en paralelo con una tira fuerza la corriente a pasar a través del diodo, evitando el modulo sombreado y minimizando el calentamiento y la pérdida de corriente.

- Antes de la instalación se comprobará que su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar de medida deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 10\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo y se procederá a una inspección para comprobar que no existe ningún módulo con roturas o manchas.

#### **5.4.1.2. Estructura soporte.**

La estructura soporte para los módulos solares del generador fotovoltaico estará provista de todos los elementos de sujeción pertinentes para la instalación de los paneles y serán realizados del mismo material que el de la propia estructura. Se colocarán sobre el techo del edificio y distribuido estratégicamente en tres ramales aprovechando el lugar más adecuado para su montaje.

#### **5.4.1.3. Inversor.**

El inversor encargado de la conversión de corriente continua a corriente alterna para la inyección a la red de media tensión de la potencia producida por el generador fotovoltaico es un dispositivo electrónico sensible y que debe estar protegido contra daños externos. El inversor elegido marca ZIGOR Sunzet 60 KW (trifásico) T/TL posee un índice de protección IP21, lo cual indica que no está suficientemente protegido frente a elementos atmosféricos adversos como puede ser lluvia o partículas de polvo, por tanto, se instalará en el interior del cuarto donde se ubica el tablero general, fuera de humedades excesivas, protegido de la intemperie y sin polvo o suciedad excesiva.



La conexión del inversor con el campo de paneles solares y con la red de baja tensión será realizada por personal técnico cualificado por la importancia y dedicación que esto conlleva, específicamente por los técnicos encargados de la instalación de la empresa que distribuye el producto.

Todo el cableado que proviene del generador fotovoltaico estará alojado en las canaletas fijadas a la pared del edificio de medicina utilizadas para la conducción del cableado, incluso en el interior del cuarto donde está ubicado el inversor, no se dejará ninguna sección de conductor fuera de dichas canaletas. El cableado del último tramo entre el inversor y la conexión a la red de media tensión será enterrado bajo tubo corrugado de PVC interceptando las líneas primarias que bajan del transformador al tablero general.

#### **5.4.1.4. Conductores.**

Cada uno de los conductores a utilizar en el proyecto serán de cobre flexible con aislamiento en PVC y cada conductor poseerán las secciones calculadas en el capítulo 4, con el objetivo de proteger el sistema fotovoltaico de las posibles sobrecargas de tensión que pueden presentarse en cualquier instante.

#### **5.4.1.5. Protección.**

Los elementos de protección estarán alojados en diferentes cajas de conexión destinadas a la protección contra manipulación y agentes atmosféricos dañinos para los mismos. Se instalarán dos tipos de cajas de conexión, para la conexión de grupo y para la conexión del generador fotovoltaico.

Se utilizarán 3 cajas de conexión de grupo, en cada una de las cuales, se instalarán los equipos encargados de la protección de 6 ramales del generador fotovoltaico, cada ramal está compuesto por 12 paneles solares conectados en serie y cada caja de conexión estará ubicada al principio de cada ramal:

- 12 fusibles de corriente continúa de 10A.
- 1 descargador para la protección contra sobretensiones.
- 1 interruptor-seccionador.
- 1 fusible de corriente continúa de 50A.

Se instalará una sola caja de conexión de generador fotovoltaico donde llegarán las conexiones de todas las cajas de conexión de grupo del generador, este armario estará ubicado en la segunda planta justo en la dirección donde se encuentra el cuarto donde estará ubicado el inversor y en este único armario se instalará:

- 1 vigilante de aislamiento.
- 1 interruptor de corriente continúa.
- 1 magnetotérmico de 160A.
- 1 descargador para la protección contra sobretensiones.

Los equipos de corriente alterna destinados a la protección del punto de conexión a la red de baja tensión se instalarán en la caseta del inversor:

- 1 interruptor general manual de 100A.
- 1 interruptor diferencial de 100A y 300mA de sensibilidad.
- 3 fusibles de corriente alterna de 100A.
- 1 descargador para la protección contra sobretensiones.

#### **5.4.1.6. Puesta a tierra.**

La puesta a tierra de la conexión de la instalación fotovoltaica a la red de baja tensión se realizará de forma que no se altere la de la compañía eléctrica distribuidora con el fin de no transmitir defectos a la misma. Además, las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

La norma ITC-BT-40, determina que las centrales de instalaciones generadoras deberán estar provistas de sistema de puesta a tierra que, en todo momento aseguren que las tensiones que se puedan presentar en las masas metálicas de la instalación no superen los valores establecidos en la norma MIE-RAT 13 del reglamento sobre condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación.

#### **5.4.2. Programa de mantenimiento**

Para el buen funcionamiento de la instalación solar fotovoltaica a lo largo de su vida útil, es necesario realizar un mantenimiento periódico de los diferentes equipos que la componen, para ello se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años. Para esta instalación cuya inclinación de paneles deberá ser variada a lo largo del año, el programa de mantenimiento además deberá tener en cuenta que, en los meses de octubre y abril, los operarios deben realizar las acciones necesarias para el funcionamiento eficiente de la instalación.

#### **5.4.2.1. Mantenimiento preventivo.**

Se realizará periódicamente una inspección visual de la instalación solar fotovoltaica, verificación de que todos los componentes y equipos de la misma funcionan correctamente. Esta actividad deberá realizarse dos veces al año, semestralmente al tratarse de una instalación fotovoltaica que está compuesta por una variedad de equipos y cables, es necesario realizar las siguientes revisiones:

- Comprobación del estado de los módulos solares utilizando el interruptor seccionador para labores correctivas si fuese necesario.
- Comprobación del estado de los soportes de los módulos.
- Comprobación de las protecciones eléctricas y estado de las conexiones.
- Comprobación del estado del inversor.

#### **5.4.2.2. Mantenimiento correctivo.**

En el mantenimiento correctivo, el personal técnico se encargará de la sustitución o arreglo de los equipos de la instalación que hayan sido dañados para asegurar su buen funcionamiento.

Este mantenimiento no se realizará de forma periódica, sino que será cada vez que el usuario de la instalación lo requiera por alguna avería de los equipos que componen la instalación, en este caso, el mantenimiento correctivo es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlo o repararlos.

El mantenimiento correctivo presenta costo por reparación y repuestos no presupuestados, pues puede implicar el cambio de una pieza del equipo en caso de ser necesario. Pero al

realizarse durante el periodo de garantía de la instalación, carecerá de costes para el usuario si se han cumplido todas las condiciones de garantía antes citadas.

#### **5.4.2.3. Mantenimiento de operación.**

El mantenimiento de operación será aquel donde se realizarán las actividades de regulación de la instalación fotovoltaica requeridas para el funcionamiento óptimo de la misma. Estas actividades de regulación serán aquellas realizadas para variar el ángulo de inclinación de los módulos solares dependiendo en la época del año a la que se encuentren funcionando y por lo general se realizara dos veces al año.

#### **5.4.2. Garantía de los equipos de la instalación.**

La garantía de los equipos que forman la instalación solar fotovoltaica permanecerá vigente a la hora de reparar los equipos que hayan sufrido cualquier avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones y siempre que se presente el correspondiente certificado de garantía con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

La garantía de los equipos puede darse en forma de reparación o de sustitución parcial o total del equipo averiado siempre y cuando no haya finalizado el periodo de validez de la garantía. En las tablas 5.3, se presentan cada uno de las garantías de los equipos principales que conforman el sistema solar.

Tabla 5.3. Garantía de los principales equipos

Panel Fotovoltaico	
Marca	ATERSA
Modelo	A-300P GSE
Garantía	10 Años
Vida útil	25 Años
Soporte Solar	
Marca	CONNERA
Serie	Soporte Solar Aura
Garantía	15 años
Vida útil	25 Años
Inversor Trifásico	
Marca	ZIGOR
Modelo	Sunzet 60 Kva (trifásico) T/TL *
Garantía	5 Años
Vida útil	20 Años

Fuente: propia

La garantía de los equipos de la instalación cubrirá todos los gastos, desde las piezas averiadas hasta la mano de obra llevada a cabo por los operarios y podrá anularse si la instalación ha sufrido alguna reparación o modificación por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador.

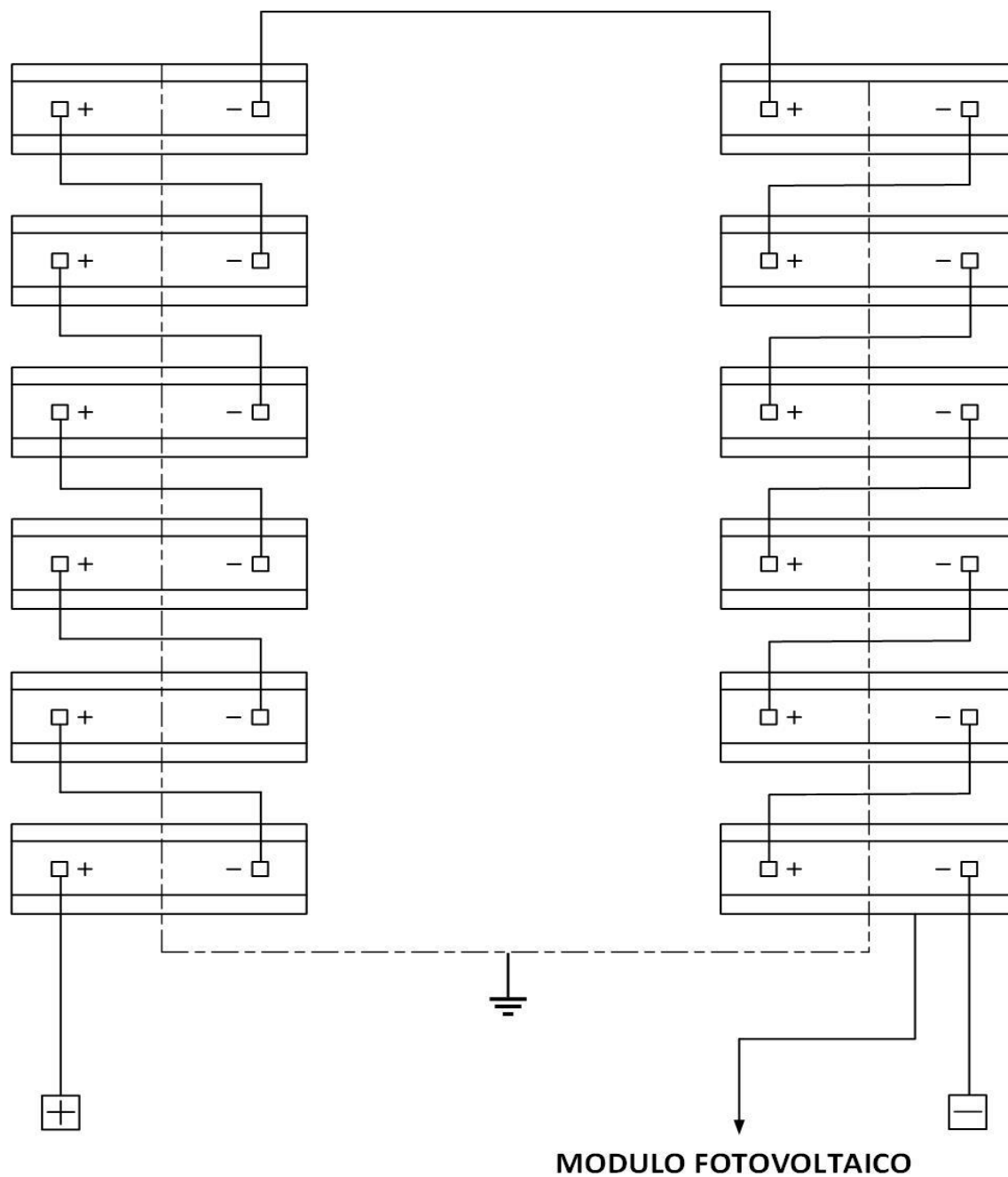
## 5.5. Planos

Este apartado alberga los planos y esquemas más representativos del generador fotovoltaico proyectado, para especificar de mejor manera la instalación solar se presenta a continuación tres únicos planos.

**Diagrama de Conexión:** Este plano manifiesta la forma en que se conectan doce módulos fotovoltaicos en serie para generar una tensión de  $438V$  y cumplir con los requisitos del inversor, los doce módulos forman un ramal y cada subgenerador representado en el diagrama unifilar este compuesto por seis ramales.

**Diagrama Unifilar:** Este plano representa toda la conexión del circuito eléctrico de la instalación fotovoltaica, identificándose cada uno de los tramos que la conforman desde los paneles fotovoltaicos hasta el punto de conexión a la red de baja tensión, así como cada una de las protecciones que incorpora la instalación.

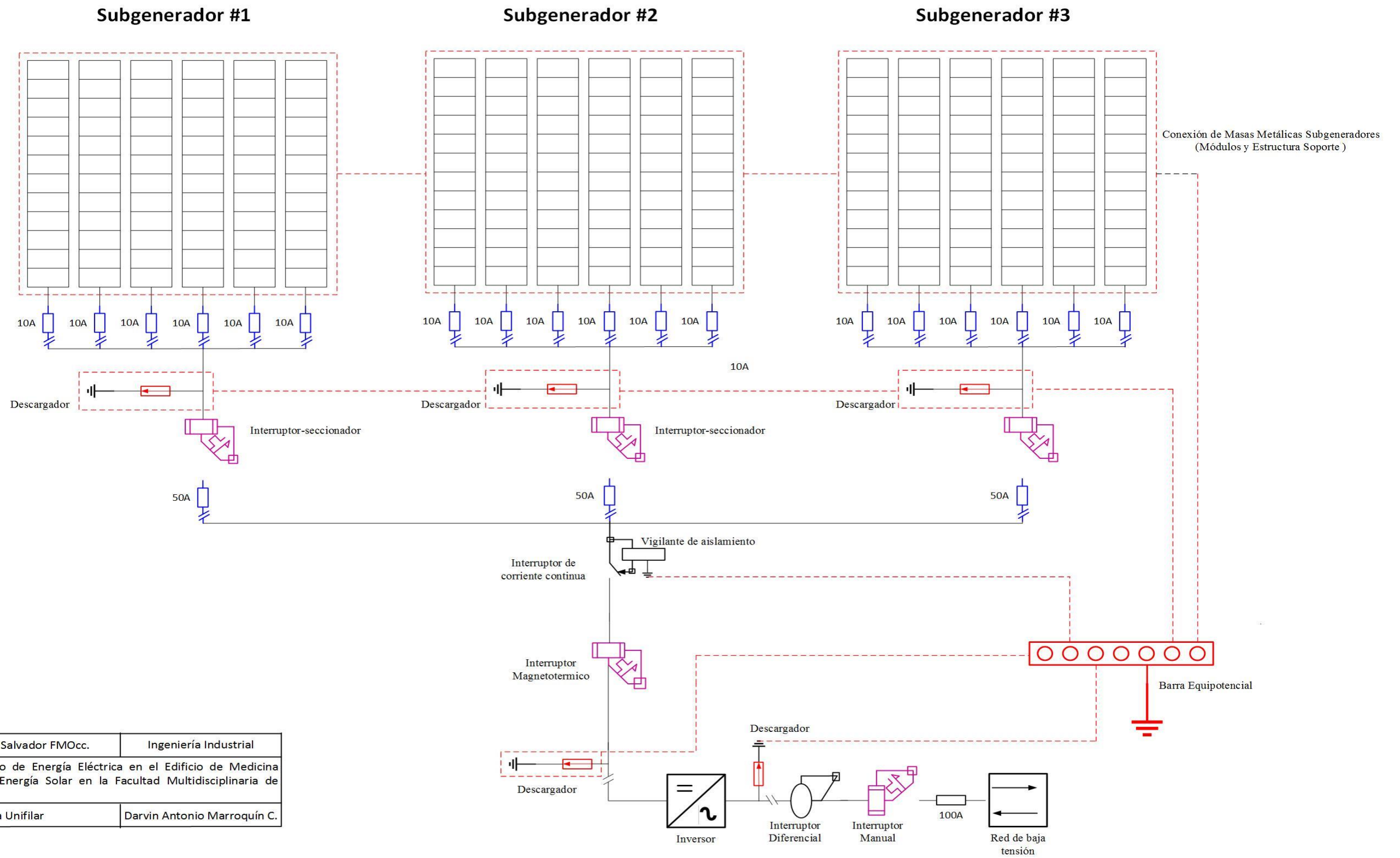
**Disposición de los módulos:** En este último plano se mostrará cómo se distribuirán los módulos solares y las cajas de conexión y generador fotovoltaico sobre el techo del edificio de Ciencias de la Salud de la Universidad de El Salvador FMOcc. El sistema solar tendrá un peso aproximadamente de  $6,004.8$  Kg distribuido en una superficie de  $510 m^2$ .



**CONEXIÓN ELECTRICA DE 1 DE LOS 18 RAMALES  
DE 12 PANELES FOTOVOLTAICOS**

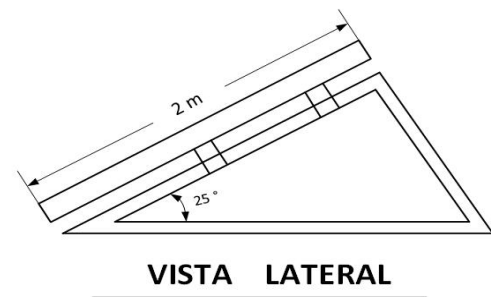
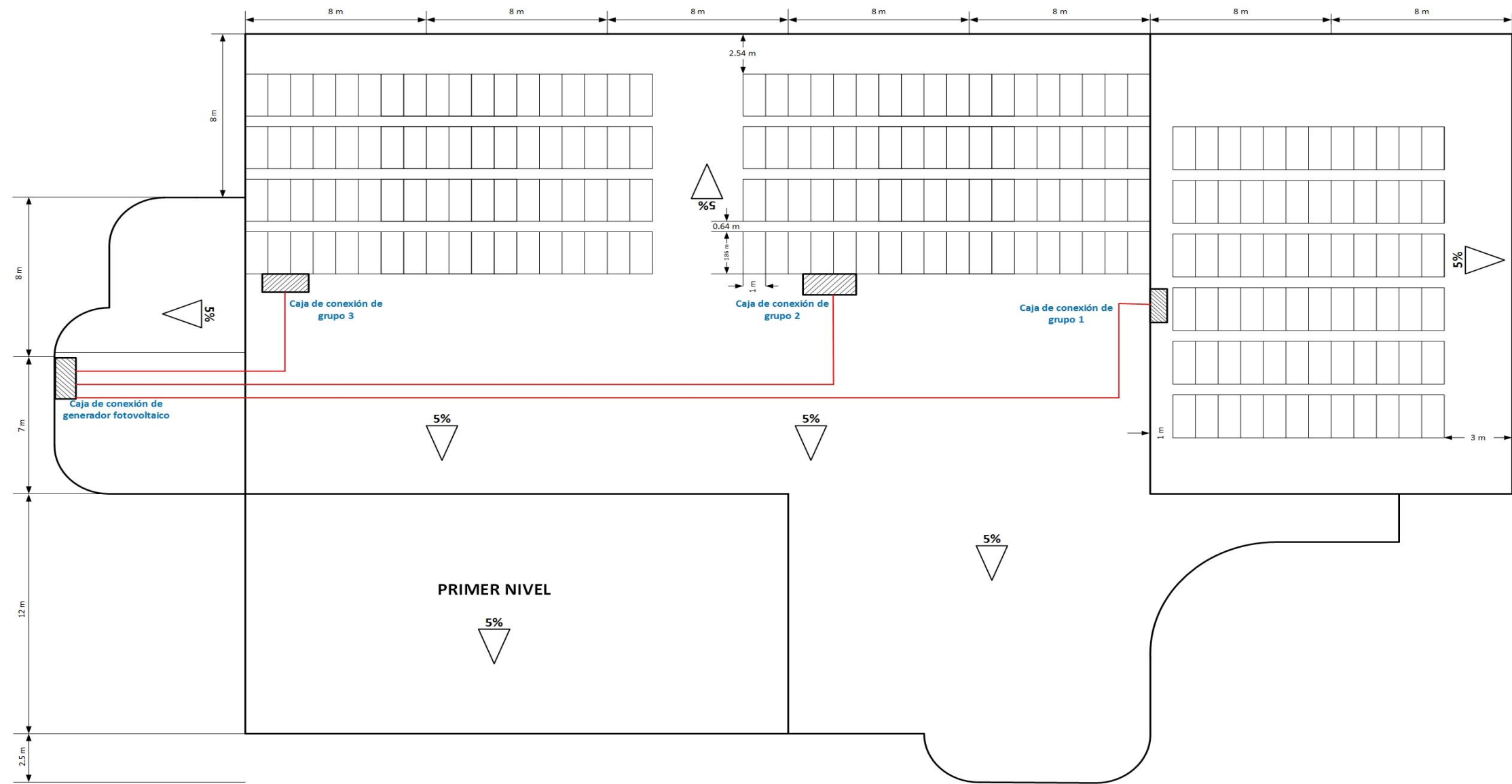
Plano 5. Conexión eléctrica de 1 de los 18 ramales de 12 paneles fotovoltaicos





Universidad de El Salvador FMOcc.	Ingeniería Industrial
"Diseño del Suministro de Energía Eléctrica en el Edificio de Medicina Mediante el Uso de Energía Solar en la Facultad Multidisciplinaria de Occidente"	
Diagrama Unifilar	Darvin Antonio Marroquín C.

Plano 6. Conexión eléctrica del generador fotovoltaico



Universidad de El Salvador FMOcc.	Ingeniería Industrial
"Diseño del Suministro de Energía Eléctrica en el Edificio de Medicina Mediante el Uso de Energía Solar en la Facultad Multidisciplinaria de Occidente"	
Disposición de los Módulos Fotovoltaicos	Darvin Antonio Marroquín C.

Plano 7. Disposición de los módulos sobre el techo del edificio de medicina.

## 5.7. Referencia del capítulo 5

**ATERSA, (2016).** Módulo OPTIMUM GSE Manual de instalaciones. Extraído el 13 de marzo de 2017 desde:

<https://www.atersa.com>

**Hispania Solar, (2012).** Paneles solares y fijaciones.

Extraído el 13 de marzo de 2017 desde:

<https://www.hispaniasolar.es/pdf/catalogos%202010/catalogo>

**Instalaciones Eléctricas Fotovoltaicas, (2017).**

Reglamento Eléctrico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 A BT 51. Extraído el 17 de diciembre de 2016 desde:

<http://www.iet.es/wpcontent/uploads/2013/03/REGLAMENTO-RBT-SEPT-2003.pdf>

## Conclusiones

- Según el estudio realizado el consumo de energía eléctrica determinado en el edificio de medicina corresponde a 380.4 kwh consumido en día laboral y para suplir ese nivel de consumo se necesita adquirir, un sistema solar conectado a red que genere una potencia de 64.8 kwp.
- Para generar la potencia que se instalara en el sistema solar, se necesita adquirir 216 paneles fotovoltaico monocristalino A-300P GSE de ATERSA. Y un inversor ZIGOR Sunzet 60 Kw (trifásico), además de los equipos secundarios y cableados de protección.
- La implementación del sistema solar resulto ser rentable, en los indicadores del análisis financiero se pueden evidenciar, esto se debe al ahorro de energía al implementar este tipo de tecnología con inversiones bajas de capital y programas adecuado de mantenimiento y operación
- Cabe destacar que al implementar el sistema solar se obtienen importantes beneficios, como lo es el ahorro de energía eléctrica que este abastecerá al edificio de medicina, así como el beneficio que tendrá el medio ambiente, debido a que la energía solar es considerada no contaminante.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda llevar a cabo el cambio de las luminarias fluorescentes instaladas en el edificio de medicina por lámparas led debido a los beneficios, por su eficiencia y durabilidad. Al realizar una comparación entre las lámparas, las lámparas led poseen muchas ventajas, alcanzan elevados niveles de eficiencias, no generan calor, han mejorado enormemente su nivel lumínico, no generan residuos tóxicos, poseen mayor durabilidad y un bajo consumo energético
- La Universidad de El Salvador FMOcc se debe de enfocar en reducir los gastos corrientes que afectan directamente el presupuesto debido al alto consumo de energía eléctrica, implementando un sistema solar conectado a red además del edificio de Ciencia de la Salud en el edificio de Economía y el de usos Múltiples. Debido a que estos tres edificios consumen la mayor parte de energía del servicio eléctrico 2, esto se puede percibir debido a lo grande de la infraestructura y al equipo instalado en él.
- Es necesario, que la Universidad de El Salvador FMOcc, aunque no lleve a cabo este proyecto de investigación, inicie los procesos pertinentes para buscar nuevas alternativas, ya que los gastos corrientes correspondiente a energía eléctrica anual, si todo sigue igual, puede ocasionar un grave problema debido a grandes desembolsos que realizara la universidad en un futuro.
- Es necesario realizar un análisis de la resistencia del techo donde se ubicarán los paneles, para determinar si es necesario realizar modificaciones y reforzar la infraestructura del techo del edificio. debido al peso de 6,004.8 Kg distribuido en una superficie de 510  $m^2$ .

# **ANEXOS**

**FORMULARIO No. CTS-4**

**FORMULARIO PARA CARACTERIZAR Y CERTIFICAR PROYECTOS  
CON FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA EN LA GENERACIÓN  
DE ENERGÍA ELÉCTRICA MEDIANTE  
EL APROVECHAMIENTO DEL RECURSO SOLAR**

Indicación general:

- Todas las fotocopias que se solicitan, deberán estar debidamente certificadas por un notario.
- El presente formulario es una guía de la información y documentación que debe acompañar la solicitud para la certificación del proyecto a desarrollar con fuente renovable de energía para gozar de los beneficios e incentivos fiscales mediante el aprovechamiento del recurso solar.

**I. INFORMACIÓN DEL SOLICITANTE**

1. Nombre del solicitante	
a) Sociedad:	
b) Representante Legal o Apoderado:	
c) Persona Natural:	
2. Documento Único de Identidad (DUI) o Número de Pasaporte (extranjeros):	
3. Número de Identificación Tributaria (NIT):	
4. Domicilio:	
5. Teléfonos:	
6. Fax:	
7. Correo Electrónico:	
8. Documentos a anexar	a) Copia certificada por notario del Testimonio de Escritura Pública de Constitución de la Sociedad, debidamente inscrita en el Registro correspondiente, u otro documento auténtico que pruebe la existencia de la referida entidad. (En caso que aplique). b) Documentación que acredite la personería del que actúa en representación de otro. (En caso que aplique). c) Copia certificada por notario de las matrículas de comercio y de establecimiento vigentes. d) Copia certificada por notario del Documento Único de Identidad (DUI) del solicitante, representante legal o apoderado; o de su pasaporte, en caso de tratarse de persona extranjera. e) Copia certificada por notario de la Tarjeta de Identidad Tributaria.
9. Designación del lugar para recibir notificaciones:	

**II. DATOS DEL PROYECTO:**

Descripción Técnica-Económica del Proyecto:

<b>1.</b> Fuente de energía primaria que será utilizada:	
<b>2.</b> Nombre del proyecto:	
<b>3.</b> Ubicación geográfica	
3.1. Cantón (Caserío):	
3.2. Municipio:	
3.3. Departamento:	
<p>a) Extensión del área, coordenadas Lambert de delimitación en longitud y latitud; elevación media del área en metros sobre el nivel del mar (msnm).</p> <p>b) Se deberá mostrar una cuadrícula geográfica de escala 1:25, 000 que incluya el área del proyecto con los asentamientos humanos y otros elementos activos de la zona.</p> <p>c) Adjuntar copia de mapa en escala 1:25, 000 señalando la ubicación de los generadores.</p> <p>Nota: cuando el proyecto sea para uso residencial o industrial no se requerirá la información de los literales a, b y c, solamente se deberá indicar la dirección exacta donde se instalarán los paneles solares.</p>	
<b>4.</b> Utilización o destino que se dará a la energía eléctrica.	
<b>5.</b> Presupuesto de costos de construcción del Proyecto (detallado).	
<b>6.</b> Cronograma de barras (Gantt) detallado de la construcción del Proyecto y la Fecha de entrada de operación comercial.	



**7. Características generales del sistema de generación:**

<u>Descripción</u>	
1. Fabricante	
2. Modelo y tipo	
3. Módulo fotovoltaico cantidad de paneles	
4. Número de celdas conectadas en serie	
5. Número de celdas conectadas en paralelo	
6. Distancia entre celdas	
7. Dimensiones de cada celda	
8. Ancho del panel (mm)	
9. Largo del panel (mm)	
10. Espesor del panel (mm)	
11. Material base del módulo fotovoltaico	
12. Montaje	
13. Regulador de carga	
14. Batería (cantidad)	
15. Potencia Máxima Total (W)	
16. Eficiencia (%)	
17. Voltaje de generación (Volts)	
18. Voltaje de distribución (Transmisión) (Volts)	
19. Energía generada al año (kWh)	

**8. Características generales de las facilidades existentes en la zona para transmisión, transformación y/o distribución de la energía eléctrica asociada al proyecto de generación.**

**9. Informe sobre la Capacidad Técnica y Financiera del solicitante para la construcción y operación del proyecto.**

Si el proyecto es para uso residencial o industrial no se requerirá la información de los literales 9.1, 9.2 solamente se deberá presentar la documentación que demuestre la capacidad técnica necesaria para la ejecución del proyecto en sus fases de construcción y que posea capacidad financiera necesaria para la ejecución de todas las actividades del proyecto.

**9.1. REQUISITOS SOBRE LA CAPACIDAD TÉCNICA:**

9.1.1. **Requisitos Técnicos:** Naturaleza compatible del solicitante y capacidad técnica para la construcción y operación del proyecto en términos de disponibilidad de conocimientos o experiencia, infraestructura y personal; y capacidad para atender los compromisos asociados del proyecto.

9.1.2. **Naturaleza de la Actividad Principal de la Firma:** Naturaleza de las actividades realizadas por el solicitante. El solicitante deberá describir con suficiente detalle la naturaleza de la actividad económica principal a la cual se dedican o de todas sus actividades en conjunto.

9.1.3. **Capacidad Técnica para la Construcción y Operación del Proyecto:** La entidad deberá presentar la documentación que demuestre la capacidad técnica necesaria para la Ejecución del proyecto en sus fases de Construcción, Operación y Abandono.

**9.2. REQUISITOS DE CAPACIDAD FINANCIERA**

9.2.1. **Requisitos Financieros:** El solicitante deberá demostrar que posee capacidad financiera necesaria para la ejecución de todas las actividades del proyecto, presentando un análisis e interpretación de los estados financieros de los 2 últimos años de operación.

9.2.2. **Estimativo de costos y programa de desembolsos:** Deberá presentarse el estimado de costos y programa de desembolsos de las inversiones en la construcción del proyecto correspondientes al programa técnico propuesto y el correspondiente análisis financiero con los indicadores de TIR, VAN, B/C y Tiempo de Recuperación de Capital.

9.2.3. **Financiamiento:** Deberá presentar una descripción de cómo proyecta obtener el financiamiento necesario para la construcción del proyecto. Deberá anexar constancias de intención de financiamiento de las instituciones bancarias u organismos que ofrecen el mismo.

**10. Descripción de las servidumbres requeridas y Estatus actual que indiquen que puede contar con ellas, cuando aplique.**

**11. Constancia autenticada sobre el derecho de uso o la propiedad de los terrenos en los cuales se situará el proyecto. En su caso, los interesados deberán anexar constancia extendida por el propietario de los terrenos declarando la factibilidad de su compra-venta o el permiso necesario para utilizar los terrenos en forma permanente, para la ejecución y operación del proyecto, cuando aplique.**

12. Copia autenticada del Permiso Ambiental y copia del Estudio de Impacto Ambiental aprobado por el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, cuando aplique.

13. Plan de abandono del proyecto, cuando aplique.

14. Cualquier otra información que el solicitante considere necesaria o importante.

### **III. CONDICIONES ESPECIALES**

Estarán excluidos de la certificación cualesquiera otros aprovechamientos del recurso solar ajenos a la generación de energía eléctrica.

**IV. ANEXO.** Se deberá incluir como anexo, una carta de conformidad a lo siguiente:

#### DECLARACION ESPECIAL

La Superintendencia General de Electricidad y Telecomunicaciones (SIGET), cuando lo estime conveniente, podrá requerir la información y/o documentación adicional que estime necesaria para una adecuada evaluación de la solicitud de certificación, dentro del marco del cuerpo legal aplicable, y el solicitante estará obligado a suministrarla, so pena de declarar inadmisibles tal solicitud.

El solicitante releva a la SIGET de cualquier responsabilidad en las decisiones que tome con respecto a su certificación.

El suscrito garantiza que toda la información presentada en este documento es verdadera y autoriza a la SIGET a investigar por cualquier medio la certeza y exactitud de la misma.

En fe de todo lo expresado, firmo el presente documento en la ciudad de San Salvador, a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año 20\_\_.

\_\_\_\_\_  
Nombre y firma del solicitante, Representante Legal o Apoderado

*Nota: La firma deberá ser autenticada por un notario.*