

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



**CÁLCULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AIRES
ACONDICIONADOS TIPO CASSETTES Y MINI SPLIT EN EDIFICIO
CENTRAL DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DE FORMACIÓN
PROFESIONAL**

PRESENTADO POR:

HÉCTOR ALEXIS CORTEZ HIDALGO

LUIS DAVID GRIMALDI PORTILLO

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

CIUDAD UNIVERSITARIA, JUNIO DE 2022

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR:

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL:

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO:

DR. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

SECRETARIO:

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

DIRECTOR:

ING. ARMANDO MARTÍNEZ CALDERÓN

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:
INGENIERO ELECTRICISTA

Titulo:

**CÁLCULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AIRES
ACONDICIONADOS TIPO CASSETTES Y MINI SPLIT EN EDIFICIO
CENTRAL DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DE FORMACIÓN
PROFESIONAL**

Presentado por:

**HÉCTOR ALEXIS CORTEZ HIDALGO
LUIS DAVID GRIMALDI PORTILLO**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

DR. CARLOS OSMÍN POCASANGRE JÍMENEZ

SAN SALVADOR, JUNIO DE 2022

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

DR. CARLOS OSMÍN POCASANGRE JÍMENEZ

NOTA Y DEFENSA FINAL

En esta fecha, Viernes 20 de mayo de 2022, en la Sala de Lectura de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, a las 10:30 a.m. horas, en presencia de las siguientes autoridades de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de El Salvador:

1. Ing. Armando Martínez Calderón
Director

2. MSc. José Wilber Calderón Urrutia
Secretario


Firma


Firma



Y, con el Honorable Jurado de Evaluación integrado por las personas siguientes:

- DR. CARLOS OSMIN POCASANGRE JIMÉNEZ
(Docente Asesor)

- ING. JOSE ROBERTO RAMOS LOPEZ

- ING. MARVIN GERARDO JORGE HERNANDEZ


Firma


Firma


Firma

Se efectuó la defensa final reglamentaria del Trabajo de Graduación:

CÁLCULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE AIRES ACONDICIONADOS TIPO CASSETTES Y MINI SPLIT EN EDIFICIO CENTRAL DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DE FORMACIÓN PROFESIONAL

A cargo de los Bachilleres:

- CORTEZ HIDALGO HÉCTOR ALEXIS

- GRIMALDI PORTILLO LUIS DAVID

Habiendo obtenido en el presente Trabajo una nota promedio de la defensa final: 8.9

(Ocho punto nueve)

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero agradecer a Dios, por permitirme la fuerzas necesarias para llegar a este punto de mi vida, por hacer ligera mi carga aunque sea difícil llevarla, por ser guía a lo largo de mi carrera, también agradecer a mis padres Ruth Elizabeth Hidalgo y Héctor Alfredo Cortez, por siempre apoyarme tanto en lo económico como en lo emocional, por ser mi motor para seguir adelante cuando sentía que no podía, por enseñarme siempre el camino del bien y motivarme a nunca rendirme a pesar que el camino sea difícil. Gracias a mis hermanos Henry Cortez y Katherine Cortez, porque siempre me han apoyado, porque han estado siempre cuando los he necesitado, por ser un ejemplo en mi vida.

Gracias al Ingeniero Francisco Muñoz y a Don Elías Hernández, por apoyarnos en el proceso de toma de mediciones en el Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP), porque siempre estuvieron en la disposición de ayudar y nos permitieron amablemente el acceso a las instalaciones.

En general quiero agradecer a todos los que en algún momento me han apoyado en mi formación deseando muchos éxitos y bendiciones.

Héctor Alexis Cortez Hidalgo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios, primeramente, por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida, a mi familia que siempre me ha estado apoyando, especialmente a mi madre Elvira Esperanza Grimaldi Portillo que con mucho sacrificio hizo posible hacerme llegar hasta el final de mi carrera, a ella se lo debo todo, que Dios la bendiga siempre; agradezco a mi hermano Lawrence Rodríguez Grimaldi, por su apoyo moral y económico, que nunca perdió la fe en que podría lograrlo. Agradezco a Elisa Marisol Flores López, por sus consejos útiles para la redacción y formato en este trabajo de graduación.

Agradezco hasta el cielo a mi hermano menor Cristian Guillermo Grimaldi Portillo, que en paz descanse, quien fue un hermano y mejor amigo en vida, que estuvo conmigo en las buenas y en las malas, dedico este trabajo de graduación a él, esperando se sienta orgulloso de mí.

Agradezco a todos mis compañeros y amigos de la universidad, por haber cruzado todas las adversidades juntos y hacer la estadía más placentera, evitando caer en la monotonía. También agradecer a los docentes de la universidad, por transmitir sus conocimientos y experiencias para formar profesionales.

Agradecimientos especiales a nuestro asesor Dr. Carlos Osmín Pocasangre Jiménez, por guiarnos en nuestro trabajo de graduación.

Agradecimientos especiales al Ing. Francisco Antonio Muñoz Hidalgo, quien nos permitió realizar este trabajo de graduación en las instalaciones de INSAFORP y brindarnos toda la información posible.

Agradecimientos especiales al señor Elías Hernández, quien muy amablemente nos acompañó y ayudo, para poder realizar las mediciones en las instalaciones de INSAFORP. Agradecerle también por su tiempo brindado y transmitir sus conocimientos del área eléctrica.

Luis David Grimaldi Portillo

ÍNDICE

I.	ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
II.	ÍNDICE DE TABLAS	7
III.	RESUMEN.....	9
IV.	OBJETIVOS.....	10
V.	ALCANCES.....	11
VI.	ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS.....	12
1.	TEORÍA DE EFICIENCIA EN AIRES ACONDICIONADOS.....	13
1.1	HISTORIA DEL AIRE ACONDICIONADO.....	13
1.2	FUNDAMENTO TEÓRICO PARA UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	16
1.2.1	TERMODINÁMICA.....	16
1.3	AIRE ACONDICIONADO Y SU CICLO DE REFRIGERACIÓN.....	19
1.3.1	PARTES DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.....	19
1.3.2	CICLO DE REFRIGERACIÓN.....	25
1.4	TIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y SU FUNCIONAMIENTO.....	26
1.4.1	TIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.....	26
1.5	EFICIENCIA EN AIRES ACONDICIONADOS.....	29
1.5.1	¿CÓMO ESCOGER UN AIRE ACONDICIONADO EFICIENTE?.....	29
1.5.2	INDICADORES DE EFICIENCIA.....	30
1.6	CÁLCULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO.....	31
1.7	EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS.....	36
1.7.1	¿CÓMO MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS?.....	36
2.	EQUIPO DE MEDICIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS.....	39
2.1.	PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.....	39
2.1.1.	EQUIPO A UTILIZAR EN LA MEDICIÓN.....	40
2.1	USO ADECUADO DE EQUIPO E INSTRUMENTO DE MEDICIÓN.....	42
2.2	RESULTADOS OBTENIDOS COMPARADOS CON RTS.....	45
2.3	EFICIENCIA EN EQUIPOS VRF.....	49
3.	INTRODUCCIÓN AL MODELADO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS MEDIANTE LA EXTENSIÓN OPENSTUDIO PARA SKETCHUP.....	50
3.1.	SOFTWARE DE USO LIBRE OPENSTUDIO.....	50
3.2.	SOFTWARES DEL ECOSISTEMA DE OPENSTUDIO.....	51
3.2.1.	SKETCHUP.....	51

3.2.2.	ENERGYPLUS	51
3.3.	PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	52
3.4.	DEFINICIÓN DE ZONAS TÉRMICAS.....	52
3.5.	CREACIÓN DEL MODELO.....	53
3.5.1.	SELECCIÓN DE PLANTILLA DEL EDIFICIO.....	53
3.6.	CREACIÓN DE ESPACIOS	54
3.6.1.	CREACIÓN DE ÁREAS DE ZONAS TÉRMICAS.....	54
3.6.2.	CREACIÓN DE VOLÚMENES	56
3.6.3.	CREACIÓN DE SUB-SUPERFICIES (VENTANAS Y PUERTAS)	57
3.6.4.	CREACIÓN DE SHADES.....	58
3.6.5.	SURFACE MATCHING.....	59
3.6.6.	INSPECTOR DE OPENSTUDIO	61
3.7.	CONFIGURACIÓN DE APLICACIÓN OPENSTUDIO 2.9	63
3.7.1.	BARRA DE HERRAMIENTAS SUPERIOR.....	64
3.7.2.	SITE.....	65
3.7.3.	SCHEDULES.....	67
3.7.4.	CONSTRUCTIONS.....	72
3.7.5.	LOADS.....	74
3.7.6.	SPACE TYPES.....	75
3.7.7.	GEOMETRY	78
3.7.8.	FACILITY.....	79
3.7.9.	SPACES.....	81
3.7.10.	THERMAL ZONES	83
3.7.11.	HVAC SYSTEMS.....	84
3.7.12.	OUTPUT VARIABLES.....	89
3.7.13.	SIMULATION SETTINGS	89
3.7.14.	MEASURES	90
3.7.15.	RUN SIMULATION	91
3.7.16.	RESULTS SUMMARY	92
4.	IMPLEMENTACIÓN DE MODELADO ENERGÉTICO AL EDIFICIO CENTRAL DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DE FORMACIÓN PROFESIONAL (INSAFORP)	94
4.1.	GENERALIDADES DEL EDIFICIO.....	94
4.2.	ZONAS TÉRMICAS.....	95

4.3.	CARGAS POR ILUMINACIÓN.....	98
4.4.	CARGAS POR EQUIPOS ELÉCTRICOS.....	100
4.5.	CARGAS POR OCUPACIÓN Y ACTIVIDAD FÍSICA.....	101
4.6.	DISTRIBUCIÓN DE CARGAS TÉRMICAS EN ESPACIOS.....	101
4.7.	DISTRIBUCIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS EN ZONAS TÉRMICAS.....	111
4.8.	RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE MODELO DE LÍNEA BASE EN EDIFICIOS DE INSAFORP.....	113
4.8.1.	MODELO DE LÍNEA BASE EDIFICIO PRINCIPAL [EP]	113
4.8.2.	MODELO DE LÍNEA BASE EDIFICIO DE ESTACIONAMIENTO [EE].....	116
4.9.	CONSUMO ENERGÉTICO Y DEMANDA DE POTENCIA REAL EN EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS DE INSAFORP.....	118
4.10.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN CON DATOS REALES DE DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA.....	121
4.10.1.	COMPARACIÓN DE CONSUMO REAL VS SIMULADO	121
4.10.2.	COMPARACIÓN DE DEMANDA DE POTENCIA REAL VS SIMULADA.....	123
4.11.	PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA EXACTITUD DE LOS RESULTADOS DE SIMULACIÓN	125
4.12.	ADAPTACIÓN DE FACTURACIÓN DE DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA DEL MODELO DE LÍNEA BASE.....	127
5.	MODELO DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO EN INSAFORP ORIENTADO A EQUIPOS CLIMATIZADORES	136
5.1.	MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN EQUIPOS CLIMATIZADORES	136
5.1.1.	M1 - REGULACIÓN DE TEMPERATURA DE CONSIGNA.....	136
5.1.2.	M2 - DISMINUCIÓN DE CARGA TÉRMICA POR ILUMINACIÓN.....	138
5.1.3.	M3 - REEMPLAZO DE EQUIPOS CLIMATIZADORES INEFICIENTES	141
5.2.	COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO.....	143
5.2.1.	COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO EN EDIFICIO PRINCIPAL (EP).....	143
5.2.2.	COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO EN EDIFICIO DE ESTACIONAMIENTO (EE).....	151
5.3.	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	158
5.3.1.	PROYECCIÓN DE AHORROS.....	158
5.3.2.	PRESUPUESTO DE COMBINACIÓN DE MEDIDAS ENERGÉTICAS.....	160
5.3.3.	RETORNO DE LA INVERSIÓN	162
6.	RECOMENDACIONES.....	163
7.	CONCLUSIONES.....	164
8.	BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.....	166
9.	ANEXOS	170

I. ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURAS CAPITULO 1

Figura 1.1 Lord Kelvin, creador del principio de aires acondicionados.....	13
Figura 1.2 Willis Haviland Carrier, creador de la primera máquina de aire acondicionado.....	14
Figura 1.3 Primera máquina de aire acondicionado.....	15
Figura 1.4 Diagrama de un sistema termodinámico.....	16
Figura 1.5 Sistema de equilibrio Térmico.....	18
Figura 1.6 Compresor de aire acondicionado.....	20
Figura 1.7 Condensador de aire acondicionado central.....	21
Figura 1.8 Partes de la válvula de expansión.....	22
Figura 1.9 Termostato para fijar una temperatura en el sistema.....	23
Figura 1.10 Unidad evaporadora para un sistema de refrigeración.....	24
Figura 1.11 Representación de un ventilador en una unidad de aire acondicionado.....	24
Figura 1.12 Diagrama de ciclo de refrigeración.....	25
Figura 1.13 Aire acondicionado tipo Split.....	26
Figura 1.14 Unidad de AA tipo multi split.....	27
Figura 1.15 Unidad de AA tipo Cassette.....	28
Figura 1.16 Unidad de aire acondicionado tipo VRF.....	28
Figura 1.17 Parámetros utilizados en carta psicométrica.....	32
Figura 1.18 Diagrama de un envolvente térmico.....	37
Figura 1.19 Diagrama de un edificio eficiente.....	38

FIGURAS CAPITULO 2

Figura 2.1 Cinta métrica.....	40
Figura 2.2 Higrómetro Amprobe THWD-3.....	40
Figura 2.3 Anemómetro Hold Peak HP 856A.....	41
Figura 2.4 Amperímetro True-RMS Klein Tools CL320.....	41
Figura 2.5 Elementos externos AA tipo split.....	42
Figura 2.6 Área efectiva de un aire acondicionado.....	43
Figura 2.7 Medición del ancho en equipo de AA tipo split.....	43
Figura 2.8 Medición de humedad y temperatura de salida.....	44
Figura 2.9 Ubicación correcta de higrómetro en la entrada de aire.....	45

FIGURAS CAPITULO 3

Figura 3.1 Selección de plantilla a utilizar en modelo.....	54
Figura 3.2 Uso de la función líneas para definir las zonas térmicas del edificio.....	55
Figura 3.3 Definición de áreas en SketchUp de las zonas térmicas del edificio.....	55
Figura 3.4 Creación de modelos 3D con herramienta Create Spaces From Diagram.....	56
Figura 3.5 Espacios en SketchUp para los diferentes niveles del edificio central y de estacionamiento...	57
Figura 3.6 Sub-superficies en los espacios que requieran ventanas o puertas.....	58
Figura 3.7 creación de nueva superficie tipo sombra.....	58

Figura 3.8 Creación de techo exterior para sombreado.....	59
Figura 3.9 Unificación de niveles del edificio.....	60
Figura 3.10 Acople de todas las superficies con la herramienta Surface Matching.....	60
Figura 3.11 Verificación de resultados de herramienta Surface matching.....	61
Figura 3.12 Herramienta OpenStudio Inspector.....	62
Figura 3.13 Primera vista del programa OpenStudio.....	64
Figura 3.14 Pagina web de EnergyPlus para descargar archivos climáticos de nuestro modelo.....	65
Figura 3.15 Selección de archivo climático en localidad de Ilopango, El salvador.....	66
Figura 3.16 Pestaña Schedules en OpenStudio.....	67
Figura 3.17 Creación de un nuevo tipo de horario.....	68
Figura 3.18 Partes de un nuevo horario tipo fraccional.....	69
Figura 3.19 Sub-horario con prioridad sobre el horario por defecto.....	70
Figura 3.20 Construcción de conjunto de horarios.....	71
Figura 3.21 Pestaña de conjunto de construcciones.....	72
Figura 3.22 Sub-pestaña de materiales de construcción.....	73
Figura 3.23 Creación de construcciones a partir de materiales.....	74
Figura 3.24 Creación y edición de cargas del edificio.....	75
Figura 3.25 Pestaña de tipos de espacios.....	76
Figura 3.26 Representación gráfica de modelado de espacios en OpenStudio.....	76
Figura 3.27 Creación de un tipo de espacio.....	77
Figura 3.28 Configuración de cargas para un nuevo tipo de espacio creado.....	78
Figura 3.29 Modelo 3D del edificio visto directamente desde OpenStudio.....	79
Figura 3.30 Pestaña Facility y sub-pestaña Building de OpenStudio.....	79
Figura 3.31 Sub-pestaña Stories de Facility en OpenStudio.....	80
Figura 3.32 Sub-pestaña Shading de Facility en OpenStudio.....	80
Figura 3.33 Inspección y edición de espacios creados y nombrados previamente en SketchUp.....	82
Figura 3.34 Inspección de cargas en los espacios creados del modelo.....	82
Figura 3.35 Zonas térmicas del modelo energético del edificio.....	83
Figura 3.36 Creación de nuevo sistema HVAC.....	84
Figura 3.37 Nuevo sistema HVAC tipo Packaged Rooftop Unit.....	85
Figura 3.38 Edición de elemento Coil Cooling DX Single Speed.....	86
Figura 3.39 Edición de elemento de dimensión del sistema.....	86
Figura 3.40 Edición de elemento termostato del sistema HVAC.....	87
Figura 3.41 Edición de zonas térmicas conectadas al sistema HVAC.....	88
Figura 3.42 Edición de control del tiempo de operación del sistema HVAC.....	88
Figura 3.43 Configuración de variables de salida en la simulación del programa.....	89
Figura 3.44 Pestaña principal de configuración avanzada de simulación.....	90
Figura 3.45 Pestaña principal Measures de OpenStudio.....	90
Figura 3.46 Pestaña principal para iniciar simulación de nuestro modelo.....	91
Figura 3.47 Resumen de resultados de simulación.....	92
Figura 3.48 Resultados mensuales de consumo y demanda de potencia del modelo energético.....	92
Figura 3.49 Programa Dview para visualización de gráficos de variables de salida.....	93
Figura 3.50 Programa Results Viewer para graficar variables de salida en la simulación.....	93

FIGURAS CAPITULO 4

Figura 4.1 Fotografía real del edificio de INSAFORP.....	94
Figura 4.2 Uso de herramienta “Render by thermal zone” en aplicación de SketchUp.....	98
Figura 4.3 Tipos de montaje de luminarias.....	98
Figura 4.4 Gráfico de barras de consumo de energía mensual simulado para el año 2019 edificio principal INSAFORP.....	114
Figura 4.5 Distribución de consumo eléctrico anual por rubro en edificio principal INSAFORP.....	114
Figura 4.6 Gráfico de barras de demanda de potencia mensual simulada para el año 2019 edificio principal INSAFORP.....	115
Figura 4.7 Gráfico de consumo de energía mensual simulado para el año 2019 edificio de estacionamiento INSAFORP.....	116
Figura 4.8 Distribución de consumo eléctrico anual por rubro en edificio de estacionamiento INSAFORP.....	117
Figura 4.9 Gráfico de demanda de potencia mensual simulada para el año 2019 edificio de estacionamiento INSAFORP.....	118
Figura 4.10 Grafico de barras y de líneas de consumo de energía eléctrica y demanda de potencia real para el año 2019, edificio principal [EP] INSAFORP.....	119
Figura 4.11 Grafico de barras y de líneas de consumo de energía eléctrica y demanda de potencia real para el año 2019, edificio de estacionamiento [EE] INSAFORP.....	120
Figura 4.12 Consumo de energía real vs simulado edificio principal (EP).....	121
Figura 4.13 Consumo de energía real vs simulado edificio de estacionamiento (EE).....	122
Figura 4.14 Demanda de potencia real vs simulada edificio principal (EP).....	123
Figura 4.15 Demanda de potencia real vs simulada edificio de estacionamiento (EE).....	124
Figura 4.16 Comparación de temperatura externa máxima y mínima de Antiguo Cuscatlán e Ilopango. Fuente: https://es.weatherspark.com	127
Figura 4.17 Costos monetarios de demanda y consumo de energía globales simulados en edificios de INSAFORP.....	129
Figura 4.18 Costos monetarios mensuales por rubro de demanda y consumo de energía eléctrica en edificio principal (EP) INSAFORP.....	132
Figura 4.19 Costos monetarios mensuales por rubro de demanda y consumo de energía eléctrica en edificio de estacionamiento (EE) INSAFORP.....	134

FIGURAS CAPITULO 5

Figura 5.1 Modelo 3D de habitación tipo oficina iluminada, creada en DIALux EVO.....	139
Figura 5.2 Resultados de simulación en DIALux EVO de iluminación en habitación tipo oficina.....	140
Figura 5.3 Resultados de simulación en DIALux EVO de iluminación para el área de auditorium, nivel 1 edificio principal.....	140
Figura 5.4 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en consumo de energía eléctrica mensuales por aires acondicionados, edificio principal.....	146
Figura 5.5 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en demanda de potencia mensuales por aires acondicionados, edificio principal.....	148
Figura 5.6 Grafico de barras de comparación monetaria anual entre medidas de ahorro energético por consumo de energía y demanda de potencia, edificio principal.....	150

Figura 5.7 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en consumo de energía eléctrica mensuales por aires acondicionados, edificio estacionamiento.	153
Figura 5.8 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en demanda de potencia mensuales por aires acondicionados, edificio estacionamiento.....	155
Figura 5.9 Grafico de barras de comparación monetaria anual entre medidas de ahorro energético por consumo de energía y demanda de potencia, edificio estacionamiento.....	157

II. ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS CAPITULO 1

Tabla 1.1 Tipos de compresores y sus características.....	20
Tabla 1.2 Constantes utilizadas para el cálculo EER.	31

TABLAS CAPITULO 2

Tabla 2.1 Resultados obtenidos para el equipo N1-1.....	46
Tabla 2.2 Datos obtenidos para aires acondicionados del primer nivel.	47
Tabla 2.3 Datos obtenidos para aires acondicionados del segundo nivel.....	48
Tabla 2.4 Datos obtenidos para aires acondicionados del tercer nivel.	49

TABLAS CAPITULO 3

Tabla 3.1 Potencia generada por unidad de área y por persona según actividad física.....	68
--	----

TABLAS CAPITULO 4

Tabla 4.1 Distribución de zonas térmicas en los recintos del edificio principal nivel 1.....	95
Tabla 4.2 Distribución de zonas térmicas en los recintos del edificio principal nivel 2.	96
Tabla 4.3 Distribución de zonas térmicas en los recintos del edificio del estacionamiento nivel 1, 2 y 3.	97
Tabla 4.4 Fracciones de calor empleadas para definir los diferentes tipos de montajes en luminarias tipo fluorescente.	99
Tabla 4.5 Tipos de luminarias utilizadas y fracciones de calor empleadas en OpenStudio.	99
Tabla 4.6 Fracciones de calor latente y radiante en equipos eléctricos de oficina y cocina.	100
Tabla 4.7 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio principal nivel 1.	101
Tabla 4.8 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio principal nivel 2.	105
Tabla 4.9 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio de estacionamiento nivel 3.....	108
Tabla 4.10 Distribución de AC en zonas térmicas del edificio principal nivel 1.	111
Tabla 4.11 Distribución de AC en zonas térmicas del edificio principal nivel 2.	112
Tabla 4.12 Distribución de AC en zonas térmicas del edificio de estacionamiento nivel 3.....	112
Tabla 4.13 Datos de consumo eléctrico mensual simulado en edificio principal INSAFORP.	114
Tabla 4.14 Datos de demanda de potencia mensual simulada en edificio principal INSAFORP.....	115
Tabla 4.15 Datos de consumo eléctrico mensual simulado en edificio de estacionamiento INSAFORP... ..	116
Tabla 4.16 Datos de demanda de potencia mensual simulada en edificio de estacionamiento INSAFORP.	117

Tabla 4.17 Datos de consumo de energía real vs simulado edificio principal (EP), error mensual y promedio.	122
Tabla 4.18 Datos de consumo de energía real vs simulado edificio de estacionamiento (EE), error mensual y promedio.	123
Tabla 4.19 Datos de demanda de potencia real vs simulada edificio principal (EP), error mensual y promedio.	124
Tabla 4.20 Datos de demanda de potencia real vs simulada edificio de estacionamiento (EE), error mensual y promedio.	125
Tabla 4.21 Exactitud de instrumentos de medición utilizados en obtención de datos.	126
Tabla 4.22 Detalle de datos mensuales de costos monetarios por demanda y consumo de energía globales simulados.	128
Tabla 4.23 Costos monetarios por diferentes rubros en edificio principal (EP) por demanda y consumo de energía.	130
Tabla 4.24 Costos monetarios por diferentes rubros en edificio de estacionamiento (EE) por demanda y consumo de energía.	131

TABLAS CAPITULO 5

Tabla 5.1 Distribución mensual de temperatura de confort para termostatos de equipos climatizadores.	137
Tabla 5.2 Consumo de energía eléctrica simulados por aires acondicionados de uso continuo en comparación del consumo total de energía por aires acondicionados, edificio principal (EP) y de estacionamiento (EE).	141
Tabla 5.3 Distribución de aires acondicionados de uso continuo en instalaciones de INSAFORP.	142
Tabla 5.4 Especificaciones de aires acondicionados para medida energética de reemplazo de equipos.	143
Tabla 5.5 Comparación mensual en medidas de ahorro en consumo de energía por aires acondicionados, edificio principal.	144
Tabla 5.6 Comparación mensual en medidas de ahorro en demanda de potencia por aires acondicionados, edificio principal.	145
Tabla 5.7 Comparación monetaria anual entre las medidas de ahorro energético para consumo de energía y demanda de potencia, edificio principal.	150
Tabla 5.8 Comparación mensual en medidas de ahorro en consumo de energía por aires acondicionados, EE.	151
Tabla 5.9 Comparación mensual en medidas de ahorro en demanda de potencia por aires acondicionados, EE.	152
Tabla 5.10 Proyección anual de ahorros monetarios por la combinación de medidas energéticas aplicadas a aires acondicionados en edificios administrativos de INSAFORP.	159
Tabla 5.11 Comparación de ahorros en consumo anual de energía eléctrica y demanda de potencia mensual por iluminación, edificios administrativos.	159
Tabla 5.12 Proyección anual de ahorros monetarios por iluminación en edificios administrativos de INSAFORP.	160
Tabla 5.13 Presupuesto de medidas energéticas en edificios administrativos de INSAFORP.	161
Tabla 5.14 Cálculo del retorno de la inversión o Payback.	162

III. RESUMEN

La eficiencia energética se ha convertido en los últimos tiempos en una herramienta muy importante para reducir el consumo de energía eléctrica y así obtener un menor costo en la facturación; Para ello se debe realizar un análisis del funcionamiento de los equipos por medio una herramienta de software llamada EnergyPlus¹, que nos permite hacer un estudio de línea base y a partir de los resultados obtener mejoras en el ahorro de energía en los equipos.

Presentamos a continuación un análisis de eficiencia energética en los equipos de aire acondicionado de las instalaciones del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP), en el primer capítulo podemos observar la historia y evolución de los tipos de aires acondicionados y cómo éstos ayudan con el confort de las personas, también estudiaremos las leyes que explican el funcionamiento interno y externo de las unidades de refrigeración.

En cuanto a eficiencia, se presentará como identificar si un equipo es eficiente, y como éste ayuda a la reducción de consumo de energía, luego en el capítulo 2 se muestra la toma de datos de los equipos de aire acondicionados y los aparatos utilizados para la medición, de los resultados obtenidos se calcula la eficiencia energética de cada aire acondicionado y se compara con el Reglamento Técnico Salvadoreño para conocer los el porcentaje de los equipos que cumplen con el valor mínimo recomendado por el reglamento, obteniendo que, de los equipos del primer nivel el 26.3% cumplen con el valor mínimo establecido, el 44.4% en el segundo nivel, y el 7.1% en el tercer nivel.

En los siguientes capítulos se utiliza el software Energy Plus, realizando un estudio de línea base de acuerdo a los datos obtenidos en las mediciones realizadas a los equipos que se encuentran en el edificio del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP), como resultado se tiene un error menor al 16.72%, a partir los valores obtenidos se aplican mejoras con ayuda del software y se implementan para tener un modelo ideal de consumo de energía y así lograr una reducción en la facturación, demostrando que, la combinación de medidas de energía M1, M2 y M3, obtienen ahorros de energía anuales de 39,466 kWh (58.5%) en el edificio principal y 6,731.6 kWh (74.1%) para el edificio de estacionamiento, demostrando que al aplicar estas medidas se obtendrá un retorno de inversión en 7.74 años.

¹ EnergyPlus: Software utilizado para simular y modelar el uso de energía de los edificios.

IV. OBJETIVOS

General:

- Realizar un cálculo de eficiencia energética en las unidades de aire acondicionado del edificio del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP), para conocer su funcionamiento y conseguir una reducción en el consumo de energía eléctrica.

Específicos:

- Obtener un control de datos de eficiencia energética por medio de mediciones realizada en los equipos de aires acondicionados del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP).
- Comparar los resultados obtenidos en el control de datos con el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS), para obtener un balance de % de ahorro de energía de los equipos en estudio.
- Analizar mediante el software Energy Plus el modelo de línea base del edificio en estudio, aplicando un modelo de ahorro de energía.
- Realizar recomendaciones y uso de las unidades de aire acondicionado, para reducir el consumo de energía eléctrica en el edificio.

V. ALCANCES.

- Realizar toma de datos de medición para equipo de aire acondicionado.
- Comparar los resultados obtenidos con el Reglamento Técnico Salvadoreño.
- Obtener un modelo de línea base del edificio de Instituto Salvadoreño de Formación Profesional
- Simular los datos obtenidos en la medición utilizando el software Energy Plus.
- Especificar recomendaciones de uso para los equipos en estudio.

VI. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

BTU: British Thermal Unit (Unidad Térmica Británica)

BTU/h: British Thermal unit per hour (Unidad Térmica Británica por hora)

COP: Coefficient of performance (Coeficiente de desempeño)

EER: Energy Efficiency Ratio (Relación de Eficiencia Energética)

h: Horas

kW: kilowatt

kWh: kilowatt-hora

m: Metros

W: watt

Wh: Watt hora

m_a : Flujo de aire

v_a : Velocidad del aire de salida en [m/s]

ρ_a : Densidad del aire 1.196 [kg/m³]

A_a : Área de salida de aire del evaporador [m²]

RTS: Reglamento Técnico Salvadoreño.

SEER: eficiencia estacional de enfriamiento.

SCOP: eficiencia estacional de calentamiento.

HVAC: Heating -Ventilation -Air Conditioning (Calefacción - Ventilación - Aire acondicionado)

EP: Edificio principal

EE: Edificio de estacionamiento

INSAFORP: Instituto Salvadoreño de Formación Profesional

AC: Air Conditioning (Aire acondicionado)

1. TEORÍA DE EFICIENCIA EN AIRES ACONDICIONADOS.

1.1 HISTORIA DEL AIRE ACONDICIONADO.

Desde la antigüedad se han utilizado métodos de refrigeración, el sistema era muy simple y era realizado por los egipcios, la manera de operación de este método de reducción de calor era realizada en la noche, cierta cantidad de esclavos extraían las piedras ubicadas en las paredes del Palacio y eran llevadas al desierto del Sahara, aprovechando que por las noches el clima desértico es extremo y la temperatura puede alcanzar valores muy bajos, antes de que amaneciera ya las piedras estaban frías y eran llevadas al palacio, según datos históricos el faraón en el palacio disfrutaba de la mitad de temperatura de la que se sentía en el exterior.

Evolución del aire acondicionado.

Pero fue hasta 1842 cuando Lord Kelvin inventó el primer prototipo de aire acondicionado, su objetivo era un confort en las personas creando un circuito de frigorífico hermético basado en la absorción de calor, Lord Kelvin tomó como referencia puntos importantes para crear el principio de los aires acondicionados como por ejemplo; que el calor se transmite de la temperatura más alta a la más baja, el cambio de estado líquido a gas absorbe calor, la presión y la temperatura están directamente relacionadas.

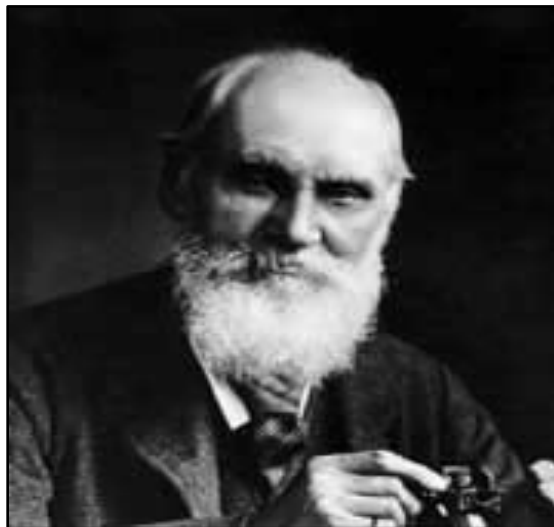


Figura 1.1 Lord Kelvin, creador del principio de aires acondicionados.

En 1902 Willis Haviland Carrier, comenzó a sentar las bases sobre la refrigeración actual, solucionando los problemas de humidificación del aire enfriado. Poco tiempo después diseñó una máquina capaz de controlar la temperatura y la humedad del ambiente utilizando un método que consistía en una serie de tubos enfriados.

Éste método de refrigeración fue considerado el primer aparato de aire acondicionado. En 1906 se patentó el invento de Carrier luego de que el aparato fuera aprobado por el impresor de Brooklyn que por fin pudo tener un ambiente estable, a la máquina de aire acondicionado se le llamó el “aparato para tratar el aire”.

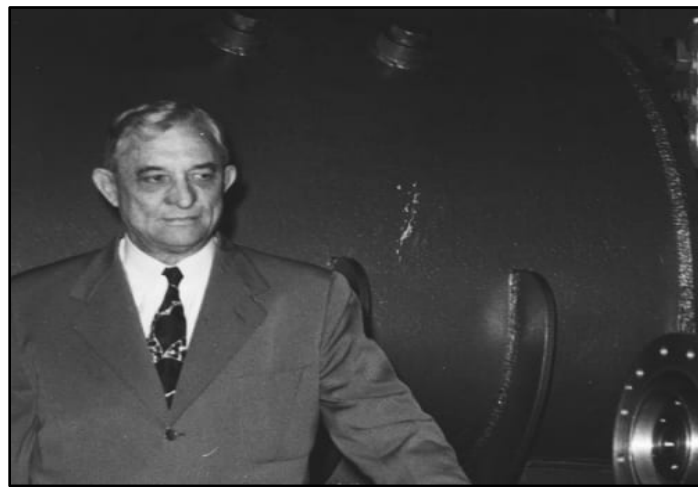


Figura 1.2 Willis Haviland Carrier, creador de la primera máquina de aire acondicionado.

En 1911 Carrier reveló su fórmula psicométrica básica a la sociedad americana de Ingenieros Mecánicos. Actualmente todos los fundamentos y cálculos para la producción de Aires acondicionados son en base a la fórmula revelada por Carrier.

Cuatro años después, en 1915, se creó la primera empresa de Aire acondicionado, cuando William Haviland Carrer se juntó con varios ingenieros y fundó la compañía de Ingeniería Carrier, el principal objetivo de dicha compañía era proporcionar un mejor control de temperatura y humedad a las compañías dedicadas a procesos industriales garantizando una mayor producción, en esos tiempos el uso del aire acondicionado estuvo dirigido a las industrias, más que a las personas.

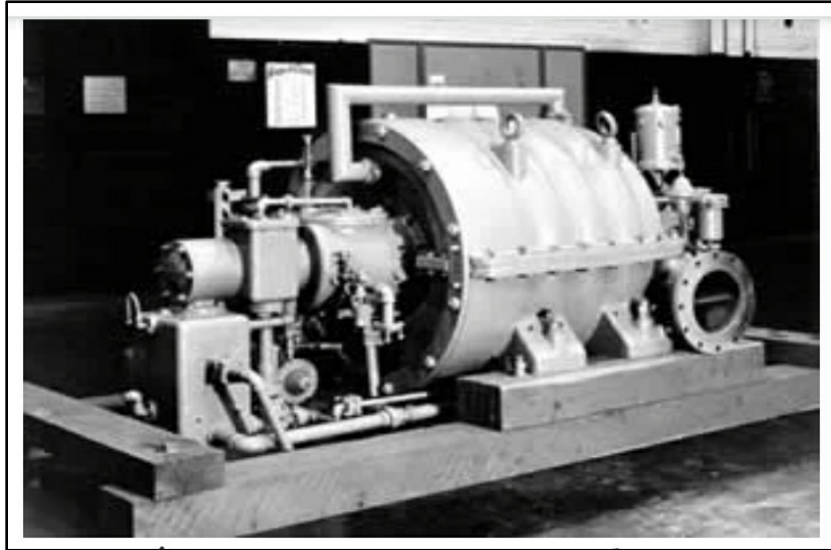


Figura 1.3 Primera máquina de aire acondicionado.

En 1921, Willis Haviland Carrier patentó la Máquina de Refrigeración Centrífuga, que su principal objetivo fue llevar el sistema de refrigeración a grandes espacios. Su incorporación a la industria fue hasta 1924 cuando se estrenó en la tienda departamental Hudson de Detroit, Michigan, luego de eso siguieron con la producción y suministrando su equipo a las diferentes tiendas departamentales, pero fue hasta 1925 donde se realizó la prueba definitiva, cuando el teatro Rivoli de Nueva York solicitó a la compañía Carrier instalar un equipo de enfriamiento, este fue el punto de inflexión para la empresa de Carrier, ya que debido al buen desempeño presentado en el teatro de Nueva York creció su producción y venta de manera sorprendente, a tal punto que cinco años después 300 salas de cines tenían instalado su equipo de aire acondicionado.

En 1928 Willis Carrier, desarrollo el primer aparato de aire acondicionado doméstico, este equipo era capaz de enfriar, calentar, limpiar y circular el aire en casas y departamentos y casas, este invento no tuvo los resultados que la compañía de Carrier esperaba, ya que para su mala suerte su lanzamiento al mercado coincidió con la depresión económica de Estados Unidos, las ventas de aires acondicionados se empezaron a extender por todo el mundo después de que finalizará la Segunda Guerra Mundial.

1.2 FUNDAMENTO TEÓRICO PARA UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.

1.2.1 TERMODINÁMICA

La termodinámica es la rama que estudia las transformaciones de la energía y como está energía se puede convertir en trabajo. Su origen fue en el siglo XIX con el objetivo de mejorar el funcionamiento de las primeras máquinas térmicas desarrolladas en la Revolución Industrial.

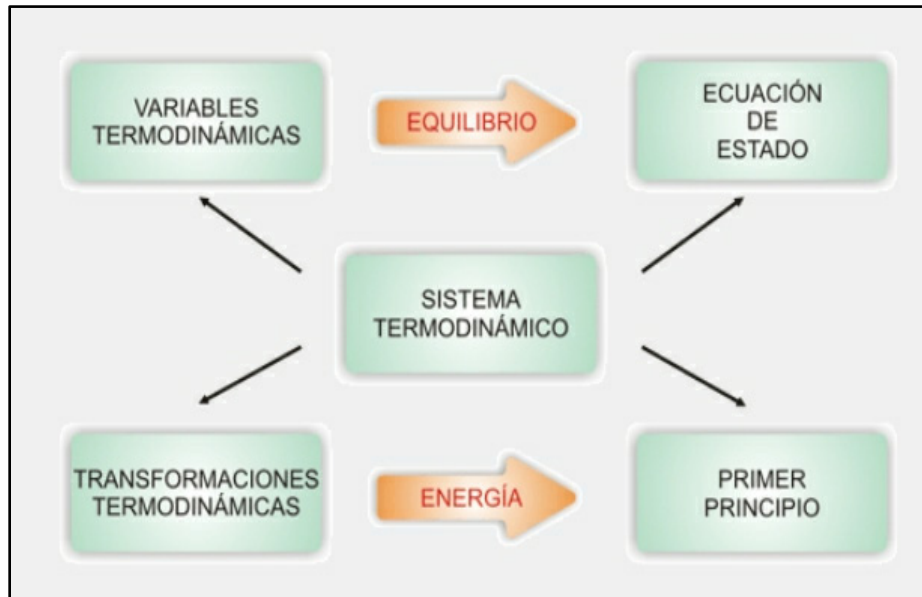


Figura 1.4 Diagrama de un sistema termodinámico.

El estudio de un sistema termodinámico se divide en las leyes o principios de la termodinámica, en términos sencillos, estas leyes definen cómo tienen lugar las transformaciones de energía. Para entender mejor qué es un sistema termodinámico, es necesario revisar la figura 1.4, como podemos observar el sistema termodinámico se divide en: transformaciones termodinámicas, ecuación de estado, variables termodinámicas, ecuación de estado.

Transformaciones Termodinámicas

Un sistema termodinámico puede describir una serie de transformaciones que va desde un cierto estado inicial (Temperatura inicial, volumen inicial, Presión inicial) hasta un estado final que por lo general las variables anteriormente mencionadas tendrán un valor diferente.

Ecuación de estado

Se entiende como una ecuación que relaciona las variables de estado que lo describen cuando el sistema está en equilibrio termodinámico.

Se puede representar de forma general como: $f(p, V, T) = 0$

Variables Termodinámica

Son las magnitudes que se emplean para describir el estado de un sistema termodinámico, por ejemplo, masa (m), volumen (V), temperatura (T), presión (p).

Primera Ley de la Termodinámica

Un sistema termodinámico puede intercambiar energía con su entorno en forma de trabajo y calor, acumula energía en forma de energía interna.

La primera ley de la termodinámica nos indica que, si en un momento se realiza trabajo sobre un sistema y en el efecto este intercambia calor con otro, entonces tendremos como resultado que la energía interna cambiará, esta ley es también conocida como principio de conservación de la energía para la termodinámica.

La primera ley de la termodinámica la podemos representar por medio de la siguiente ecuación.

$$\Delta U = Q - W \quad (1.1)$$

Como podemos observar en la ecuación, esta ley se puede definir el calor como la energía necesaria que debe intercambiar el sistema para compensar las diferencias entre el trabajo y la energía interna.

Segunda ley de termodinámica

También conocida como Ley de Entropía, establece que de ninguna manera es posible transferir el 100% de calor suministrado en trabajo, ya que en una máquina térmica se da un proceso de transferencia de calor, que pasa de una fuente de calor (mayor temperatura) a un sumidero (menor temperatura) que absorbe energía en forma de calor. Cabe mencionar que el calor jamás fluye de un cuerpo de menor temperatura a un cuerpo de mayor, en este caso el calor nunca ha de fluir del sumidero a la fuente.

Para conocer el trabajo realizado por una máquina térmica, la Segunda Ley de la Termodinámica nos define que:

$$W = Q_1 - Q_2. \quad (1.2)$$

Donde:

W: Es el trabajo realizado por la máquina térmica.

Q₁: Es la energía en forma de calor suministrada por la fuente.

Q₂: Es la energía en forma de calor absorbida por el sumidero.

Para la eficiencia de la máquina térmica tenemos:

$$n = \frac{W}{Q_1} \quad (1.3)$$

La ecuación nos indica que es imposible tener una eficiencia del 100% en una máquina térmica.

Tercera Ley de la Termodinámica

Ley del Cero Absoluto o Postulado de Nernst, debido a que fue desarrollada por el químico Walton Nernst entre los años 1906 a 1912, esta ley relaciona la temperatura con la entropía y nos indica que es imposible alcanzar el cero absoluto en un sistema (0 K), ya que si esto llegará a ocurrir todo sistema físico es detenido por completo y en consecuencia la entropía será mínima y constante o, dicho de otra manera, no hay desorden molecular.

Podemos decir que:

- Más temperatura implica más desorden molecular
- Menos temperatura implica menos desorden molecular

Por lo tanto, podemos indicar que:

$$\Delta S = 0 \quad (1.4)$$

Donde:

ΔS : Cambio de Entropía.

El cero absoluto (0 K) es un valor teórico, ya que con la tecnología actual no se ha logrado alcanzar un valor de dicha temperatura.

Ley Cero de la Termodinámica

También conocida como Ley del equilibrio térmico, se puede representar mediante la siguiente figura.

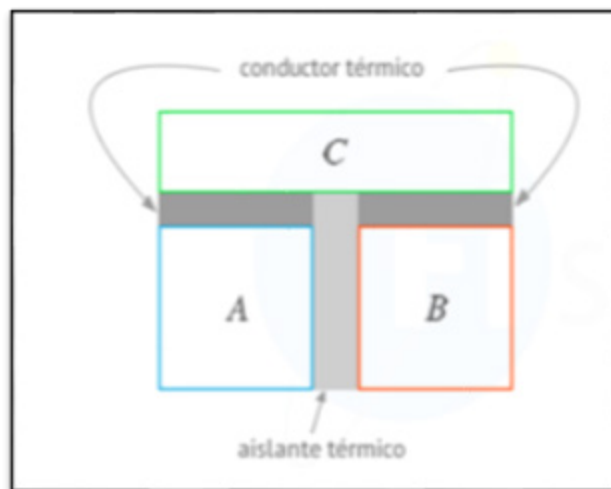


Figura 1.5 Sistema de equilibrio Térmico.

En la figura se observa que el sistema A y el sistema B, están divididos por una pared adiabática (una pared que no permite el intercambio de calor) y a la vez están conectados con un sistema C por medio de una pared diatérmica (una pared que permite el intercambio de calor), entonces podemos afirmar que:

El sistema A y el sistema C, alcanzarán el equilibrio térmico, de igual manera el B y el sistema C alcanzarán el equilibrio térmico, entonces la Ley Cero de la Termodinámica establece que:

Si el sistema A esta en equilibrio térmico con C y el sistema B está en equilibrio térmico con C, entonces el sistema A y el sistema B también estarán en equilibrio térmico.

Un ejemplo puntual donde se pone en práctica la teoría de la ley cero de la Termodinámica es un termómetro, ya que al medir la temperatura del cuerpo humano con un termómetro se llega al equilibrio térmico, debido a que el cuerpo humano alcanza al equilibrio térmico primero con el vidrio y posteriormente el vidrio alcanza el equilibrio térmico con el mercurio, por lo tanto, el cuerpo humano con el mercurio se va a encontrar en equilibrio térmico.

1.3 AIRE ACONDICIONADO Y SU CICLO DE REFRIGERACIÓN.

1.3.1 PARTES DE UN SISTEMA DE AIRE ACONDICIONADO.

Un sistema de aire acondicionado es el encargado de remover simultáneamente la humedad y el calor del aire ambiental, para que dicho proceso se lleve a cabo es necesario que el equipo de aire acondicionado cuente con componentes que permitan realizar de la mejor manera el proceso.

Parte externa de la unidad de aire acondicionado.

Estos equipos son los principales responsables en transportar los fluidos que forman parte del enfriamiento del aire y remover el ciclo de la humedad, debido a que estos componentes pueden provocar ruido incómodo y calor, los componentes del sistema de aire acondicionado son colocados en el exterior de las instalaciones donde está ubicada la unidad, de esta manera no se interrumpe con las labores cotidianas y se garantiza un mayor confort en las instalaciones. Para componentes externos tenemos:

1) Compresor:

Es la parte más importante en el sistema externo de un aire acondicionado, tiene como función transportar el fluido refrigerante por medio de un ciclo de flujo continuo y así obtener una transformación de gas a líquido.

Los compresores se clasifican de dos formas:

POR SU FUNCIONAMIENTO	POR SU FORMA FÍSICA
<p>-Embolo o de pistón: Es el más económico y se distingue por sus diferentes caudales y capacidades de compresión.</p> <p>-Rotativo: Este compresor produce poco ruido.</p>	<p>-Hermético: Para realizar el trabajo de compresión utiliza un pistón, se considera un compresor alternativo.</p> <p>-Hermético R22: Son más eficientes y realizan menos ruido, este compresor puede ser de rodillos oscilante o de paletas</p> <p>-Scroll: Debido a su facilidad de desplazamiento, son muy utilizados a nivel residencial, son muy eficientes y producen poco ruido.</p>

Tabla 1.1 Tipos de compresores y sus características.

Algunos ejemplos de compresor de aire acondicionado.

- Compresor Centrífugo
- Compresor rotativo o giratorio
- Compresor Alternativo o de pistón

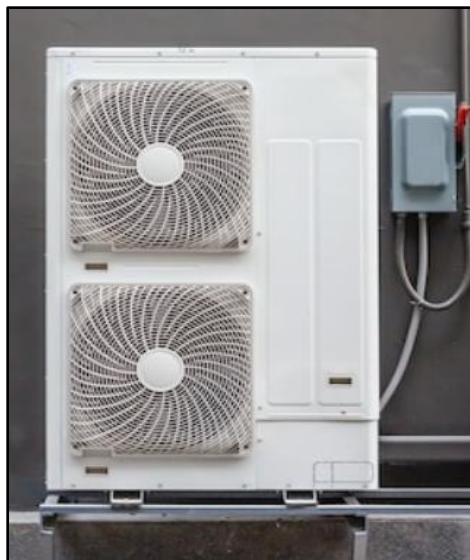


Figura 1.6 Compresor de aire acondicionado.

2) Refrigerante:

Es el líquido encargado para producir los intercambios de calor de un punto a otro, entonces cuando el sistema absorbe calor se obtiene un cambio de estado de líquido a gaseoso, en cambio, cuando el sistema pierde calor, se tiene un estado líquido nuevamente por medio del condensador.

3) Condensador:

De igual manera este componente es parte importante en el desarrollo de enfriamiento, su función es transformar el refrigerante a estado líquido, el objetivo principal de un condensador es evitar un sobrecalentamiento, controlando los aumentos de temperatura y extrayendo el exceso de calor.



Figura 1.7 Condensador de aire acondicionado central

Tipos de Condensadores

Luego del proceso de cambio de estado del refrigerante, la temperatura del sistema puede ser muy alta, para reducir la temperatura y que la unidad de aire acondicionado trabaje en óptimas condiciones, los condensadores utilizan diferente método para garantizar una temperatura baja para el líquido refrigerante.

Los condensadores se clasifican en:

Enfriados por agua: El método utilizado para el enfriamiento del refrigerante es por medio de un flujo de agua.

Enfriados por aire: Se utiliza aire a temperatura ambiente, su proceso es menos eficiente.

Se dividen en:

- Convección Natural
- Convección forzada

Evaporativos: Es la combinación de enfriamiento por agua y aire, su proceso es eficiente, pero su costo es elevado.

4) Válvula de expansión:

La válvula de expansión es un componente útil para el sistema de refrigeración, ya que es el encargado de controlar la cantidad necesaria de refrigerante que se necesita en el evaporador, pero ¿Qué pasaría si no se contara con una válvula de expansión en el sistema de refrigeración? La respuesta es simple, sin una válvula de expansión el sistema sería ineficiente y además el compresor se dañaría, por consecuencia de que no hay ningún componente que regule la cantidad necesaria de líquido que debe haber para que el sistema funcione en óptimas condiciones.

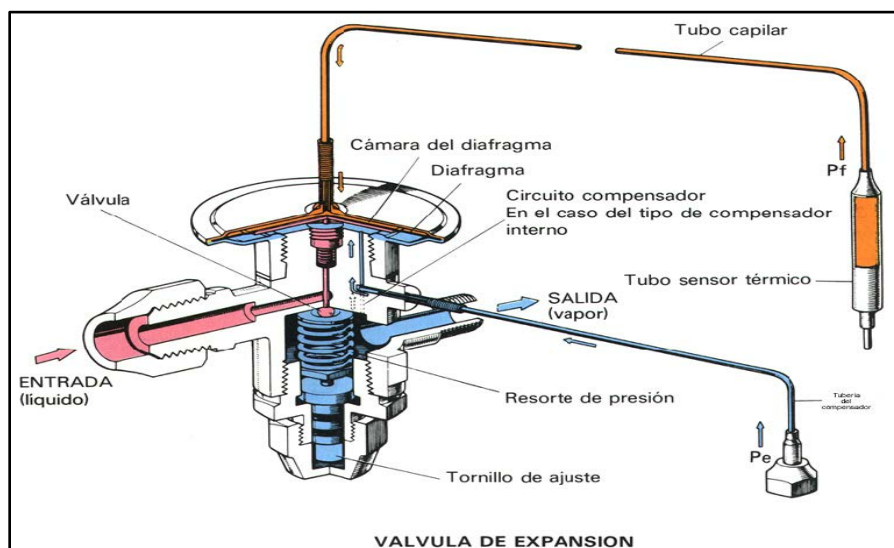


Figura 1.8 Partes de la válvula de expansión.

5) Termostato:

Es el encargado del control de encendido y apagado del sistema de enfriamiento, por medio de un sensor se debe fijar la temperatura a la que se desea trabajar el sistema, de tal manera que solo se accione cuando por medio del control se realice una modificación en el rango de temperatura permitido.

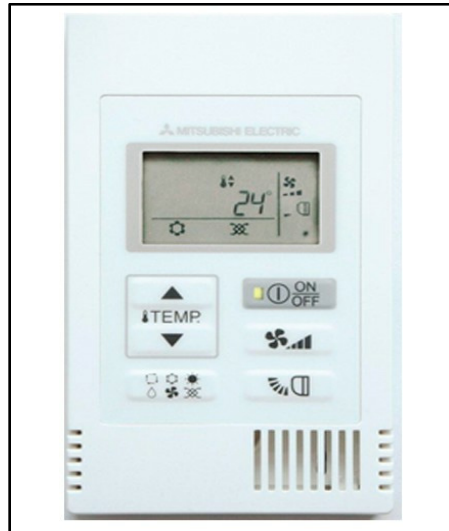


Figura 1.9 Termostato para fijar una temperatura en el sistema.

Parte interna de la unidad de aire acondicionado.

Son los componentes encargados de absorber el aire del ambiente y expulsar aire frío, cumpliendo con el ciclo de refrigeración. Como su nombre lo indica estos equipos suelen instalarse dentro de la habitación o local.

Las partes internas de la unidad de aire acondicionado son:

1) Evaporador:

El evaporador cumple con la función de transformar a gas, el líquido refrigerante que proviene de la unidad condensadora, el evaporador realiza una tarea muy importante, ya que absorbe el calor del ambiente.

Sin la unidad evaporadora el ciclo de refrigeración no sería posible, esto se debe a que el líquido refrigerante llega a su punto de saturación y antes de que sea transportado al compresor, el evaporador lo convierte a gas para que el compresor no sufra ningún daño.

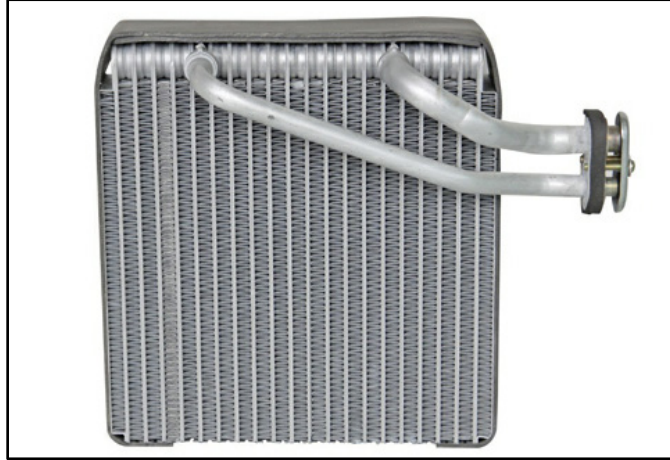


Figura 1.10 Unidad evaporadora para un sistema de refrigeración.

2) Ventilador:

El ventilador cumple con doble función en el ciclo de refrigeración, ya que transporta el aire caliente alrededor del evaporado y también expulsa el aire frío que se produce en el ciclo de refrigeración al resto del local o habitación.



Figura 1.11 Representación de un ventilador en una unidad de aire acondicionado.

1.3.2 CICLO DE REFRIGERACIÓN

Teniendo en cuenta que ya conocemos las partes que conforman un sistema de refrigeración, es importante analizar detenidamente como es su funcionamiento en conjunto.

Análisis de ciclo de refrigeración

Lo podemos definir como un ciclo que utiliza un refrigerante que viaja por un sistema de componentes con el objetivo de transferir calor de una fuente de menor temperatura a una de mayor temperatura.

Los componentes del sistema involucrados en la realización del ciclo de refrigeración son:

- Compresor
- Condensador
- Válvula de expansión
- Evaporador.

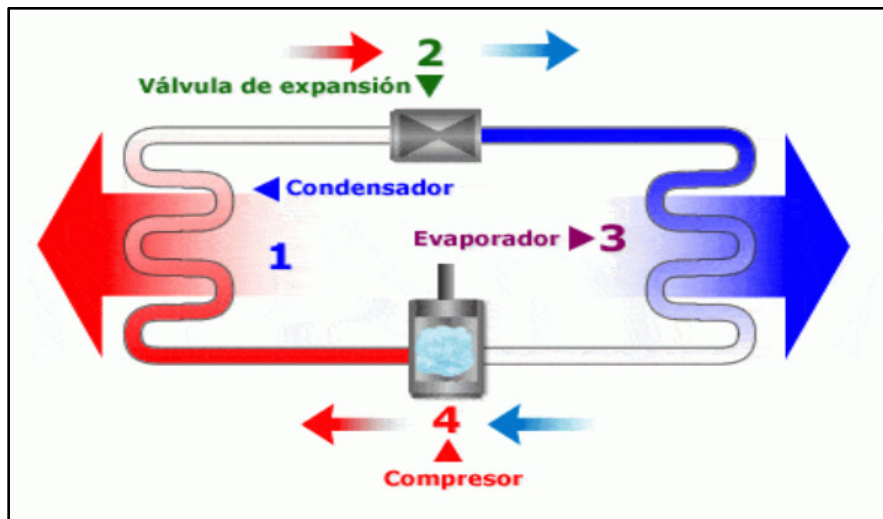


Figura 1.12 Diagrama de ciclo de refrigeración.

El ciclo inicia cuando el refrigerante entra al compresor en estado gaseoso con baja temperatura y presión, dentro del compresor se genera un mecanismo que comprime y eleva la temperatura del refrigerante, luego sale del compresor y pasa al condensador (con el gas a alta presión y alta temperatura), cuando se realiza el recorrido del gas por el condensador se convierte en líquido nuevamente, esta condensación ocurre gracias al ventilador que hace fluir el aire exterior, el cual recibe el calor del refrigerante, al salir tiene alta presión y pasa por la válvula de expansión, para

que dicha válvula disminuya la presión al igual que la temperatura, después pasa al evaporador y en las tres cuartas de recorrido alcanza su punto de saturación y vuelve a convertirse en gas, esta evaporación ocurre gracias al flujo de aire del ventilador que le transmite calor al refrigerante, a la salida se tiene un gas de baja presión y temperatura que inicia otra vez el ciclo en el compresor. Podemos decir que el condensador y la válvula de expansión dividen el ciclo en alta y baja presión, mientras que el condensador y evaporador lo separan en estado líquido y gaseoso.

1.4 TIPOS DE AIRE ACONDICIONADO Y SU FUNCIONAMIENTO

Un equipo de aire acondicionado se escoge en base a las necesidades que se requieran, por eso es importante conocer las características técnicas que tiene un equipo de aire acondicionado, así como también los diferentes tipos que existen en el mercado, para poder garantizar el confort en base a las necesidades.

1.4.1 TIPOS DE AIRE ACONDICIONADO.

1) Aire acondicionado tipo split.

Es el tipo de aire acondicionado más común y sencilla instalación, consta de un sistema dividido en dos partes, el primero es la unidad que se coloca en el interior, y el segundo se coloca en el exterior, podemos decir que el compresor y el condensador forman la unidad en el exterior y la parte evaporadora es la que se instala en el interior.

Cuenta con una salida y una entrada de aire, por su tamaño es común la instalación de este equipo en oficinas o en habitaciones.



Figura 1.13 Aire acondicionado tipo Split.

2) Aire acondicionado tipo multi split.

Es el mismo procedimiento de instalación que el aire acondicionado tipo split, con la diferencia de que cuenta con varias unidades internas repartidas con una unidad externa (un compresor y un condensador).

Una ventaja importante para este tipo de aires acondicionados, es la reducción del ruido, debido a que sólo se utiliza una unidad externa.



Figura 1.14 Unidad de AA tipo multi split.

3) Aire Acondicionado tipo cassette.

Entre sus principales características es su buena distribución del aire, debido a su gran tamaño y potencia, es instalada en techos para un mayor alcance, cuenta con 4 salidas y una entrada, es más eficiente en lugares grandes, comúnmente es utilizado en locales de gran tamaño.

Tiene una forma cuadrada y debido a la distribución de las salidas, permite que la refrigeración tenga un rango mucho mayor que los demás tipos de aire acondicionado.



Figura 1.15 Unidad de AA tipo Cassette.

4) Aire acondicionado tipo VRF.

- Debido a su gran potencia, estas unidades son utilizados en centros comerciales y lugares de gran tamaño.
- Pueden colocarse muchas unidades en el interior, y una unidad en el exterior.
- Tiene buena eficiencia, bajo consumo de energía y baja corriente de arranque.



Figura 1.16 Unidad de aire acondicionado tipo VRF.

1.5 EFICIENCIA EN AIRES ACONDICIONADOS

Es importante conocer si un equipo es eficiente o no, ya que se conoce que mientras más eficiente sea un equipo, menor consumo de energía eléctrica tendrá y por lo tanto tendremos un menor valor monetario en la factura de consumo eléctrico, por tal motivo se considera un reto difícil para el consumidor poder buscar un ambiente de confort, por el miedo a incrementar considerablemente el costo en la facturación de energía; pero:

1.5.1 ¿CÓMO ESCOGER UN AIRE ACONDICIONADO EFICIENTE?

Se debe tomar en cuenta diferentes factores, como, por ejemplo, ¿qué espacio necesitas disminuir la temperatura?

- Si es una vivienda doméstica para una habitación, se recomienda utilizar, sistemas de aire acondicionado tipo fan coil, split y portátil, ya que ofrecen un costo bajo y la instalación es sencilla.
- Si es una vivienda doméstica para muchas habitaciones, se deben utilizar sistemas de aire acondicionado tipo multi split, sistema por conductos, estos equipos tienen una característica importante que permite instalar muchas unidades internas y sólo un sistema externo.
- Si es un local comercial de mediano o gran tamaño, se puede utilizar sistemas de aire acondicionado tipo multi split cassette, sistema VRF, esto se debe a que son aparatos de gran potencia y poseen buena distribución de aire que puede cubrir gran parte del local.

Luego de escoger el equipo de aire acondicionado a utilizar según las necesidades que se presenten, es necesario verificar la etiqueta de eficiencia que tiene de fábrica el equipo, tomando en cuenta que si el equipo está en clase A es más eficiente y si tiene clase G es menos eficiente.

1.5.2 INDICADORES DE EFICIENCIA.

Los equipos de aire acondicionado tienen una etiqueta de fábrica, en dicha etiqueta se pueden observar dos indicadores que son importantes para el análisis de eficiencia de un sistema de aire acondicionado.

Los parámetros para eficiencia en régimen permanente

COP² representa el cociente entre la potencia calorífica y la potencia absorbida útil del equipo.

El índice de eficiencia energética EER³ nos indica la relación entre la potencia frigorífica y la potencia eléctrica total consumida por el equipo.

Los parámetros para eficiencia energética en régimen estacional.

- SEER eficiencia estacional de enfriamiento.
- SCOP eficiencia estacional de calentamiento.

SEER se define como la relación entre la energía calorífica retirada y la energía eléctrica absorbida durante un determinado periodo de tiempo.

SCOP indica la relación entre la energía calorífica aportada y la energía eléctrica absorbida durante un determinado periodo de tiempo.

² COP coeficiente de rendimiento

³ EER índice de eficiencia energética

1.6 CÁLCULO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE UNA UNIDAD DE AIRE ACONDICIONADO.

Para el cálculo de eficiencia energética en aires acondicionados, se necesita conocer los parámetros involucrados en el funcionamiento de una unidad de refrigeración, en este caso, los parámetros que se tienen que conocer son: velocidad de aire de salida, área de salida del aire, temperatura de entrada y salida en el evaporador, humedad relativa de entrada y salida, la potencia eléctrica.

Constantes a considerar para realizar el cálculo:

CONSTANTES UTILIZADAS	
Densidad del aire [kg/m ³]:	1.196
Calor específico del aire [kJ/kg.K]:	1.007
Calor latente de vaporización del agua [kJ/kg]:	2257
C1:	-5800.2206
C2:	1.3914993
C3:	-0.048640239
C4:	4.17648E-05
C5:	-1.44521E-08
C6:	6.5459673
Presión atmosférica [kPa]:	101.325
Raire [J/kg.K]:	286.9
Rvapor [J/kg.K]:	461.5
Conversión kW a BTU/h [BTU/kWh]:	3412

Tabla 1.2 Constantes utilizadas para el cálculo EER.

La eficiencia energética en aires acondicionados, se calcula al emplear los siguientes pasos, obtenidos de la ASHRAE Handbook Fundamentals:

Primero se debe conocer el flujo de aire a la salida del evaporador, se calcula utilizando la fórmula 1.5.

$$m_a = v_a A \rho_a \left[\frac{kg}{s} \right] \quad (1.5)$$

Donde:

m_a : Flujo másico de aire [kg/s]

v_a : Velocidad de aire de salida [m/s]

ρ_a : Densidad del aire 1.196 [kg/m³]

A_a : Área de salida de aire del evaporador [m²]

Al tener el resultado del flujo de aire, se tiene que calcular la diferencia de temperatura con la que el equipo opera, como se muestra en la ecuación 1.6.

$$\Delta T = T_e - T_s \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (1.6)$$

T_e representa la temperatura en la entrada de aire del evaporador en $^\circ\text{C}$ y T_s nos indica la temperatura en la salida de aire en el evaporador en $^\circ\text{C}$, al obtener el ΔT del equipo en análisis, se necesita calcular el calor sensible en kW, se representa como se muestra en la ecuación 1.7.

$$Q_{sen} = m_a C p_a \Delta T \text{ [kW]} \quad (1.7)$$

Donde:

Q_{sen} : Calor sensible [kW]

m_a : Flujo másico de aire [kg/s]

Cp_a : Calor específico del aire 1.007 [$\frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$]

ΔT : Cambio de temperatura [$^\circ\text{C}$]

Para encontrar la relación de humedad específica de entrada y de salida se pueden utilizar dos métodos, en el primer método interviene la carta psicrométrica y consiste en relacionar los parámetros de mezcla de aire húmedo.

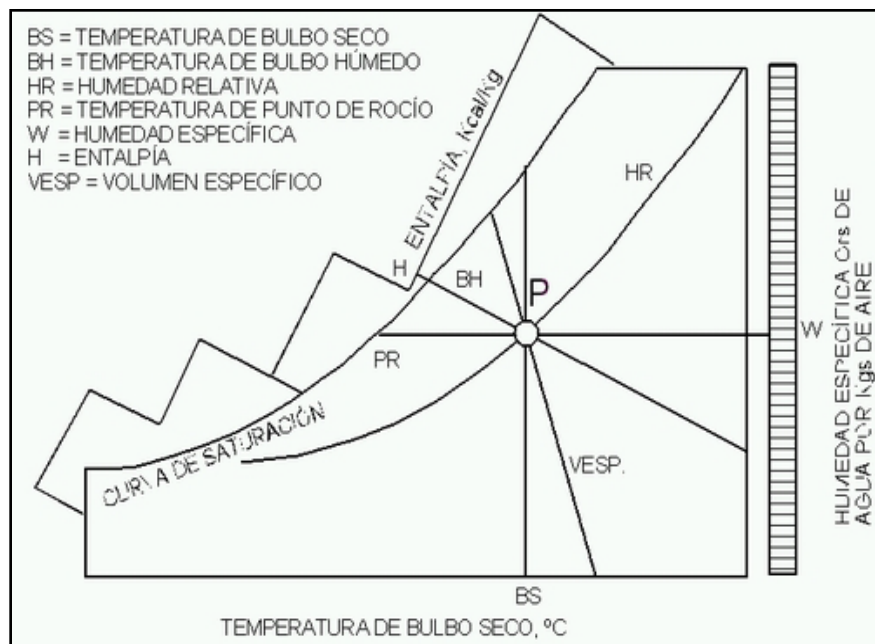


Figura 1.17 Parámetros utilizados en carta psicrométrica.

Para encontrar el valor de humedad específica, primero se tienen que identificar ciertos parámetros que nos permitan ubicar los valores de humedad representados en la carta psicrométrica, es importante saber que para encontrar los valores de humedad es necesario conocer por lo menos tres parámetros, entre ellos se encuentran, la temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, humedad relativa, temperatura de punto de rocío, entalpía y volumen específico⁴, como se muestra en la figura 1.17, la humedad específica es el valor que nos brinda la línea horizontal que parte desde el punto P de intercepción de los parámetros anteriormente mencionado hacia W que es el dato de humedad específica que se busca.

El segundo método de cálculo de humedad específica es una serie de polinomios donde las soluciones son proporcionales a las lecturas calculadas en la carta psicrométrica.

Primero se debe calcular la presión de saturación de entrada $P_{S_{entrada}}$, con unidades Pa:

$$P_{S_{entrada}} = e^A \text{ [Pa]} \quad (1.8)$$

Analíticamente A se define como:

$$A = \frac{c1}{T_e + 273.15} + c2 + c3(T_e + 273.15) + c4(T_e + 273.15)^2 \quad (1.9)$$

$$+ c5(T_e + 273.15)^3 + c6 * \ln(T_e + 273.15).$$

Para la presión de saturación de salida con unidades Pa:

$$P_{S_{salida}} = e^B \text{ [Pa]} \quad (1.10)$$

Podemos calcular el valor de B de la siguiente manera:

$$B = \frac{c1}{T_s + 273.15} + c2 + c3(T_s + 273.15) + c4(T_s + 273.15)^2 \quad (1.11)$$

$$+ c5(T_s + 273.15)^3 + c6 * \ln(T_s + 273.15).$$

Luego de calcular la presión de saturación de entrada y la presión de saturación de salida, se cuenta con todo lo necesario para encontrar el valor de relación de humedad y se obtiene como muestra en la ecuación 1.12 y 1.13.

⁴ Véase Máquinas Térmicas (mec262), Psicometría

Para la relación de humedad de entrada:

$$W_e = \left(\frac{R_{aire}}{R_{vapor}} \right) \left(\frac{H_e}{100} \right) \left(\frac{P_{S_{entrada}}}{P_{atm}(1000) - \left(\frac{H_e}{100} \right) P_{S_{entrada}}} \right) \left[\frac{kg_{H_2O}}{kg_{A_{seco}}} \right] \quad (1.12)$$

Donde:

W_e : Relación de humedad de entrada $\left[\frac{kg_{H_2O}}{kg_{A_{seco}}} \right]$

R_{aire} : Constante de aire seco 286.9 $\left[\frac{J}{kg.K} \right]$

R_{vapor} : Constante de vapor de agua 461.5 $\left[\frac{J}{kg.K} \right]$

H_e : Humedad relativa de entrada [%]

P_{atm} : Presión atmosférica 101.325 [kPa]

$P_{S_{entrada}}$: Presión de saturación de entrada

Para la relación de humedad de salida:

$$W_s = \left(\frac{R_{aire}}{R_{vapor}} \right) \left(\frac{H_s}{100} \right) \left(\frac{P_{S_{salida}}}{P_{atm}(1000) - \left(\frac{H_s}{100} \right) P_{S_{salida}}} \right) \left[\frac{kg_{H_2O}}{kg_{A_{seco}}} \right] \quad (1.13)$$

Donde:

W_s : Relación de humedad de salida $\left[\frac{kg_{H_2O}}{kg_{A_{seco}}} \right]$

R_{aire} : Constante de aire seco 286.9 $\left[\frac{J}{kg.K} \right]$

R_{vapor} : Constante de vapor de agua 461.5 $\left[\frac{J}{kg.K} \right]$

H_s : Humedad relativa de salida [%]

P_{atm} : Presión atmosférica 101.325 [kPa]

$P_{S_{salida}}$: Presión de saturación de salida

Teniendo los valores de entrada y salida de la relación de humedad, se procede a calcular la diferencia de estos valores, aplicando un delta de humedad como lo podemos observar en la ecuación 1.14.

$$\Delta W = W_s - W_e \quad (1.14)$$

El delta de relación de humedad es expresado en unidades $\frac{kg_{H_2O}}{kg_{A_{seco}}}$, y nos permite calcular el calor latente utilizando la ecuación 1.15.

$$Q_{lat} = m_a \Delta W \Delta H_{vH_2O} \quad [kW] \quad (1.15)$$

Donde:

Q_{lat} : Calor latente [kW]

m_a : Flujo másico de aire [kg/s]

ΔW : Cambio de relación de humedad $[\frac{kg_{H_2O}}{kg_{A_{seco}}}]$

ΔH_{vH_2O} : Calor latente de vaporización del agua 2257 $[\frac{KJ}{kg}]$

Teniendo los valores de calor latente y calor sensible, se procede a calcular el valor de capacidad útil de enfriamiento [Qtotal] en unidades de kW, como se muestra en la ecuación 1.16 la capacidad útil de enfriamiento es igual a la suma del calor latente y el calor sensible.

$$Q_{total} = Q_{lat} + Q_{sen} \quad [kW] \quad (1.16)$$

Para convertir la capacidad útil de enfriamiento Q_{total} de kW a BTU/h, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_{total} \left[\frac{BTU}{h} \right] = (Q_{lat} + Q_{sen}) * \left(\frac{3412 \left(\frac{BTU}{h} \right)}{1kW} \right) \quad (1.17)$$

De esta manera tendríamos todos los valores necesarios para calcular la relación de eficiencia energética que tiene un equipo de aire acondicionado, lo definimos como se muestra en la ecuación 1.18.

$$EER = \frac{Q_{total}}{P_e} \left[\frac{BTU}{Wh} \right] \quad (1.18)$$

Donde:

EER: Eficiencia energética de refrigeración [BTU/Wh]

Q_{total}: Potencia frigorífica [BTU/h]

P_e: Potencia eléctrica de consumo [W].

Es usual que en las placas de los equipos de aire acondicionado se encuentre la eficiencia energética de refrigeración con unidades de BTU/Wh, pero también hay excepciones en donde se especifica en valores de W/W.

1.7 EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS

La eficiencia energética en edificios se caracteriza por buscar la alternativa más razonable para poder obtener un ahorro energético utilizando métodos básicos que involucran la energía disponible.

1.7.1 ¿CÓMO MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICIOS?

Para la mejora de la eficiencia energética se tienen 3 parámetros:

1) **Envolvente Térmica:**

Se componen de todas las áreas que dividen el ambiente exterior o las zonas no habitables, de las zonas que forma parte del edificio.

Este parámetro es la base para obtener un edificio eficiente, ya que, si se logra un buen aislamiento del edificio con el ambiente exterior, obtendremos una disminución en la demanda energética, y por consiguiente también se obtendría una disminución en el consumo energético, y por tanto las emisiones de CO₂ que se producirán en el futuro serán bajas.

Algunos puntos a tomar en cuenta a la hora de realizar un envolvente térmico a un edificio son:

- Aislamiento Térmico (fachada/ suelo/ techo)
- Sombreado del edificio
- Eliminación de filtraciones de aire.
- Generación de condiciones micro climáticas.

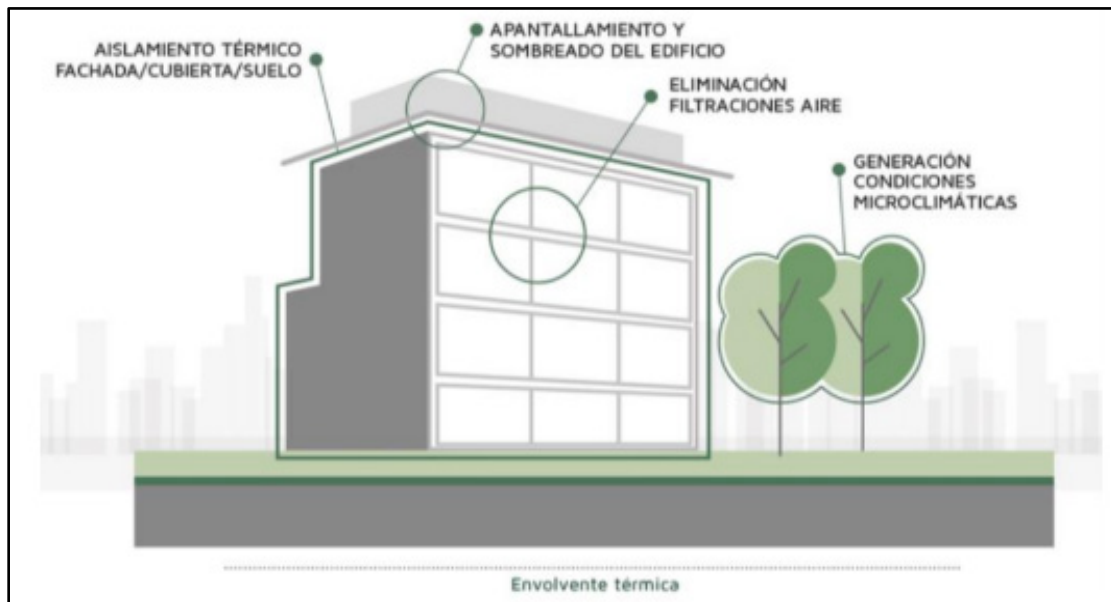


Figura 1.18 Diagrama de un envolvente térmico.

2) Equipo e instalaciones:

Se debe optar por un cambio de equipos electrónicos, buscando que sean lo más eficiente posible, con alto rendimiento y sobre todo que el impacto de emisión de CO₂ que los equipos producen sean mínimos.

Algunos puntos para la mejora de eficiencia energética de los equipos son los siguientes:

- Iluminación eficiente.
- Refrigeración de alta eficiencia.
- Sistema de regulación y control del edificio.
- Equipos electrónicos con mayor eficiencia.

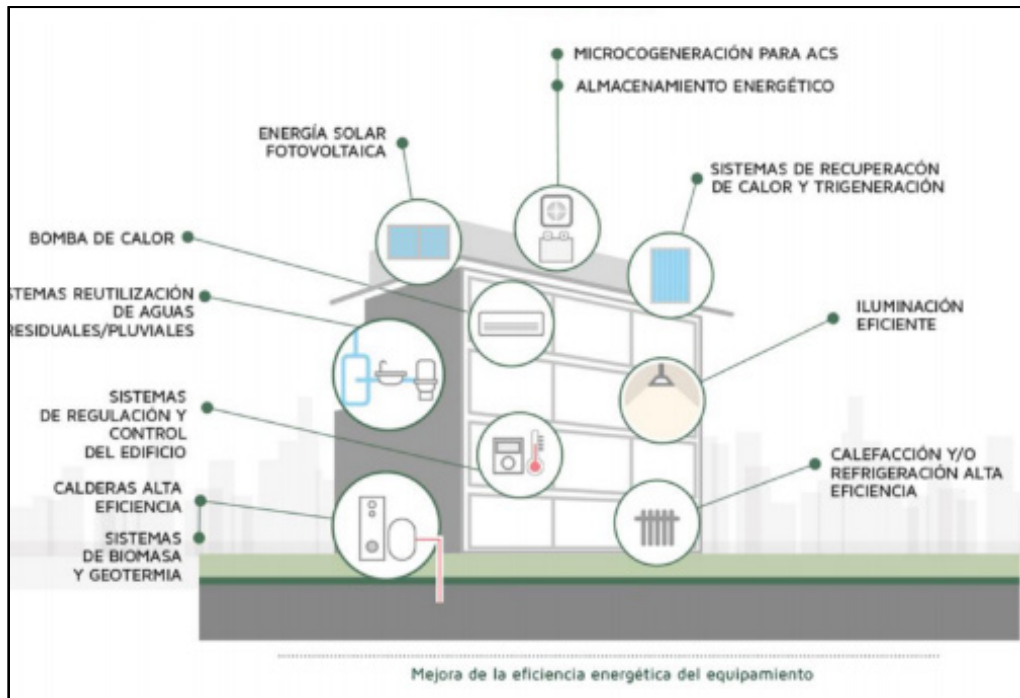


Figura 1.19 Diagrama de un edificio eficiente.

3) Energías renovables:

Es un punto muy importante en la eficiencia de los edificios, ya que se aprovecha los recursos naturales y se transforman en energía.

Un ejemplo puntual de energía renovables es el sistema Fotovoltaico, una manera muy eficiente para generar energía utilizando como principal recurso la luz solar.

2. EQUIPO DE MEDICIÓN Y RESULTADOS OBTENIDOS

2.1. PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN.

- **Para calcular la potencia frigorífica.**

Se debe medir el área efectiva del aire de salida, se utiliza una cinta métrica para poder hacer la lectura de longitud y altura. También se debe tomar en cuenta el porcentaje de humedad relativa con la que el equipo opera tanto en la entrada como en la salida de aire, para este proceso se utiliza el equipo de medición como el Higrómetro Amprobe THWD-3, se realizan 7 mediciones cada 5 minutos y se toma el valor promedio de los datos que se obtienen.

Para la temperatura y velocidad de salida y entrada de aire, se tiene que utilizar un equipo como el Anemómetro Hold Peack HP 856A, las mediciones se deben de realizar en simultáneo cada 5 minutos en un total de 7 mediciones, tanto para la entrada como para la salida, de las 7 mediciones que se realizan se toma el promedio de la temperatura de salida, el promedio de la velocidad de salida y el promedio de la temperatura de entrada.

- **Para la potencia eléctrica.**

Se debe realizar 7 mediciones por equipo en un periodo de tiempo de 5 minutos por cada medición, se debe identificar el tablero en el que están conectados los equipos de aires acondicionados que se necesitan medir así como el número del circuito, con la ayuda del Amperímetro True-RMS Klein Tools se mide cuanta corriente consume el equipo cuando se encuentra en un día normal de operación, al tener la corriente RMS y tensión RMS se calcula la potencia consumida por el equipo en un día normal de operación, al recopilar todos los datos de medición se procede a calcular la eficiencia energética de cada equipo y se deben comparar con los reglamentos en el país para conocer si el equipo se encuentra funcionando en óptimas condiciones.

2.1.1. EQUIPO A UTILIZAR EN LA MEDICIÓN

Se presentan imágenes de los equipos que se utilizan para realizar la toma de datos de los equipos de aire acondicionado.

- **CINTA METRICA.**



Figura 2.1 Cinta métrica.

- **HIGRÓMETRO.**

Se utiliza para calcular la humedad relativa de entrada y de salida en la parte evaporadora del equipo de refrigeración, cabe mencionar que este instrumento de medición también nos brinda el valor de temperatura, tanto en la entrada de aire, como en la salida.



Figura 2.2 Higrómetro Amprobe THWD-3.

- **ANEMOMETRO.**

Con la ayuda de este instrumento se puede hacer la medición de la velocidad del aire a la salida del equipo, este equipo también cuenta con medición de temperatura que sirve para comprobar los resultados de temperatura obtenidos.



Figura 2.3 Anemómetro Hold Peak HP 856A.

- **AMPERIMETRO**

Se utiliza para las mediciones de corriente y tensión en True RMS, con los valores que se obtienen se calculará la potencia eléctrica promedio del equipo.



Figura 2.4 Amperímetro True-RMS Klein Tools CL320.

2.1 USO ADECUADO DE EQUIPO E INSTRUMENTO DE MEDICIÓN.

1) Preparación de los equipos de aire acondicionado:

Se tiene que tomar en cuenta la preparación del equipo y su ambiente, el equipo debe de estar funcionando por lo menos una hora antes de realizar las mediciones con la temperatura de aire especificada, para asegurar que funciona en un régimen cotidiano en días laborales de las oficinas.

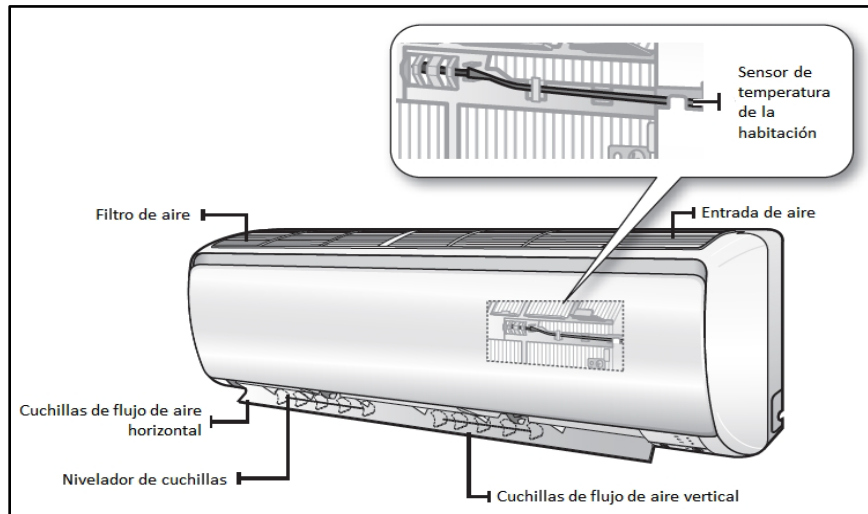


Figura 2.5 Elementos externos AA tipo split.

Para una medición adecuada se necesita considerar que, las paletas que regulan el flujo de aire deben de coincidir en paralelo con las cuchillas de flujo de aire, debido a que la salida del aire no puede estar en obstrucción ya que se puede generar turbulencia en el flujo, y provocar una variación en las mediciones y por lo tanto también en el cálculo de eficiencia energética del equipo en estudio.

2) Medición del área de salida del aire en la unidad evaporadora.

Tenemos que identificar la salida del flujo de aire y con la ayuda de la cinta métrica realizar la medición, es importante aclarar que la medición es en base al área efectiva, por lo tanto, sólo se considerará el área mostrada en las figuras 2.6, cabe aclarar que para los equipos tipo cassette, el área efectiva será la suma de las 4 salidas de aire.

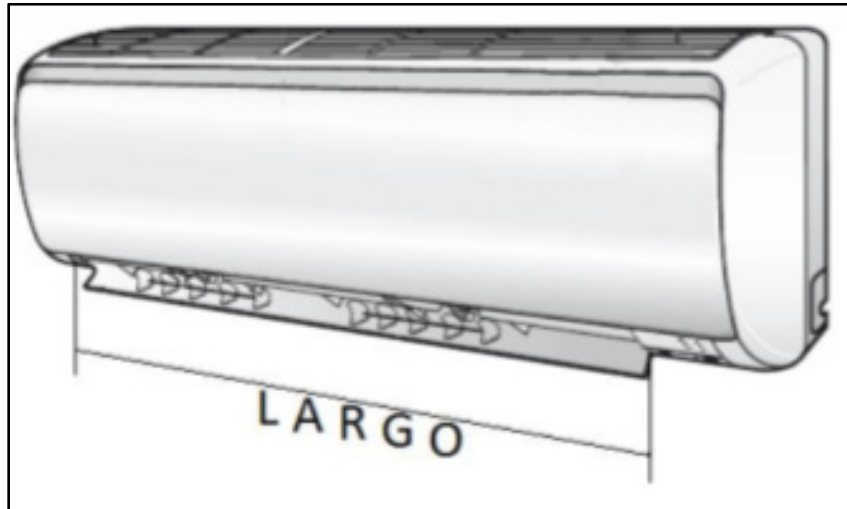


Figura 2.6 Área efectiva de un aire acondicionado.

Es importante mencionar que para tomar la medición del ancho de los equipos tipo mini split, se debe realizar en paralelo con la superficie como se muestra en la figura 2.7.

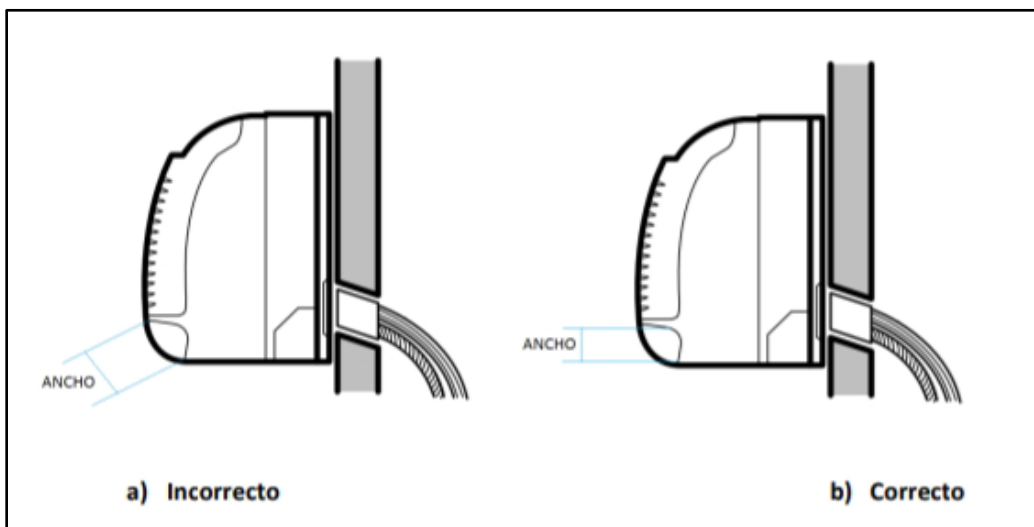


Figura 2.7 Medición del ancho en equipo de AA tipo split.

El valor del área efectiva es importante para el cálculo de la eficiencia energética, por lo tanto, es obligación tomar en cuenta las recomendaciones anteriormente mencionadas, ya que de lo contrario tendremos un valor incorrecto en la medición.

3) Temperatura y humedad.

Para la temperatura y la humedad se utiliza el higrómetro Amprobe THWD-3, es necesario saber que el equipo se debe colocar a una distancia estable, donde el flujo de aire no se afecte por turbulencias, y así obtener un valor de humedad y temperatura consistentes.

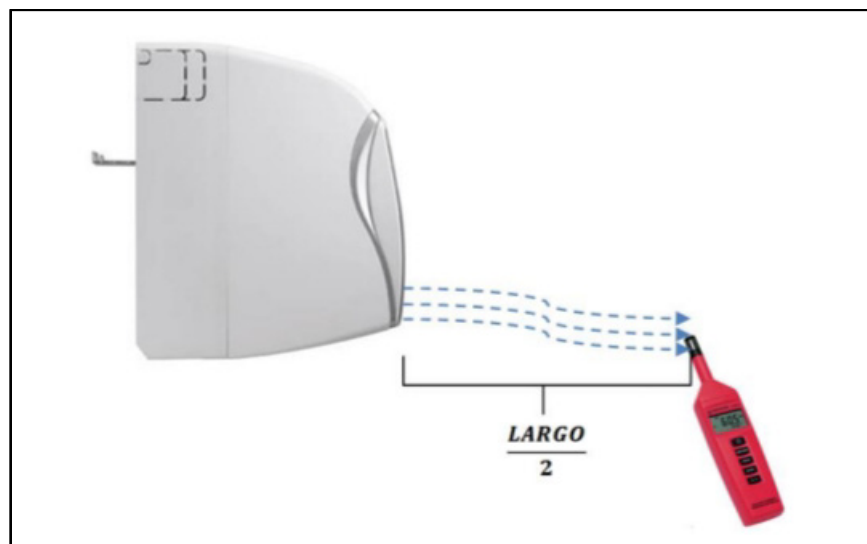


Figura 2.8 Medición de humedad y temperatura de salida.

Para la salida de flujo de aire podemos observar en la figura 2.8, que el higrómetro es colocado a una distancia equivalente a la mitad del largo de la salida de aire, es importante seguir las recomendaciones para evitar turbulencias en la medición de humedad y temperatura.

Para la entrada la distancia de ubicación del higrómetro tiene que ser 10cm a partir de la entrada de aire del equipo (figura 2.9).

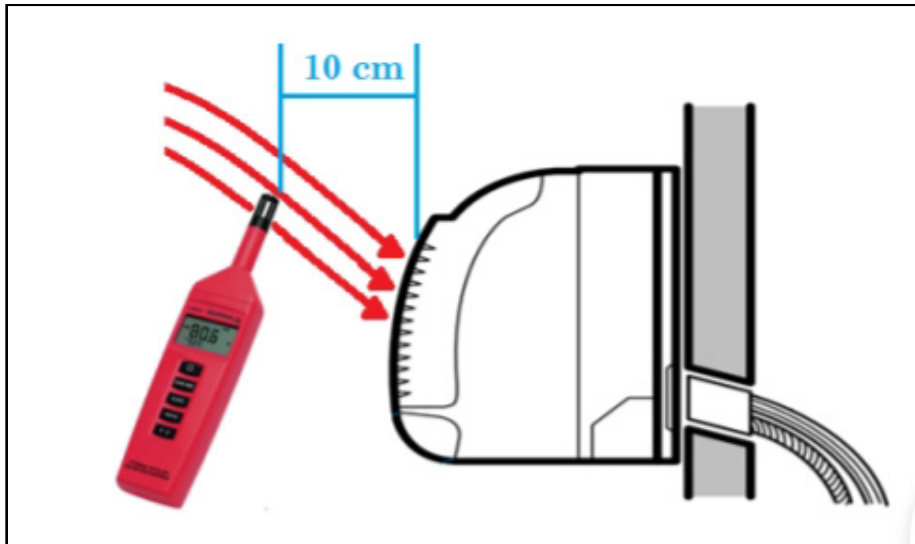


Figura 2.9 Ubicación correcta de higrómetro en la entrada de aire.

4) Velocidad del viento:

Sólo se toma en cuenta la velocidad del viento de salida, la distancia correcta para ubicar el anemómetro es la mitad del largo de la salida del aire, de esta manera se garantiza un valor de medición sin interrupción ni interferencia.

2.2 RESULTADOS OBTENIDOS COMPARADOS CON RTS

- Según el RTS⁵, el nivel mínimo de relación de eficiencia energética en aires acondicionados es de 9.3 BTU/W⁶.
- Los equipos que cumplan con el valor mínimo de relación de eficiencia energética, se le aplicará la siguiente ecuación [2.1] para conocer el % ahorro que el equipo aporta al consumo de energía.

$$\% \text{ ahorro} = \left(\frac{\text{Eficiencia del equipo medido} \left[\frac{\text{BTU}}{\text{Wh}} \right]}{\text{Eficiencia mínima establecida por la norma} \left[\frac{\text{BTU}}{\text{Wh}} \right]} - 1 \right) \times 100 \quad (2.1)$$

- Los equipos que obtengan un valor de eficiencia menor al nivel mínimo establecido por el RTS, se recomiendan que se realice un mantenimiento inmediato.
- Importante conocer que, el ahorro de energía efectivo dependerá de los hábitos y localización del equipo.

⁵ RST reglamento técnico salvadoreño

⁶ Véase “Reglamento Técnico Salvadoreño sección 5.2.1.2”

En la tabla 2.1 se muestra un modelo de resultados que se obtienen por medio de las mediciones realizadas en los equipos de aire acondicionado en las instalaciones del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP), se observa que el equipo N1-1 posee unos valores normales de ahorro de energía, consume una potencia de 738.52 W y el promedio de temperatura de salida es de 15° C, la velocidad de salida del aire es de 3.4 m/s, al considerar los resultados en obtención se calcula la relación de eficiencia energética y refleja un valor de 16.31 BTU/Wh, ya que cumple con el requisito del Reglamento Técnico Salvadoreño, se aplica la fórmula 2. para calcular el % de ahorro y resulta en % de ahorro = 75.38 %.

Tabla modelo de datos obtenidos en las mediciones realizadas.

ETIQUETA		N1-1	
UBICACIÓN		Plaza visitantes C o 3	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA °C	23.11	T SALIDA °C	15.0
HUMEDAD ENTRADA %	67.0	HUMEDAD SALIDA %	85.46
POTENCIA [W]	738.52	VELOCIDAD	3.4 m/s
EER [BTU/Wh]		16.31	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-1 tiene una eficiencia de 16.31 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación (2.1) tenemos que el % ahorro de este equipo es de 75.38.</p>			

Tabla 2.1 Resultados obtenidos para el equipo N1-1.

Se muestra a continuación, las tablas resúmenes de los equipos de aire acondicionados por niveles, se presentan especificaciones de cada equipo, potencia eléctrica consumida, capacidad del equipo y eficiencia energética previamente calculada, para un mejor control del estado del equipo, se compara los valores calculados de eficiencia energética con los valores mínimos del Reglamento

Técnico Salvadoreño RTS, si cumple con los valores establecidos por el reglamento se aplica la ecuación 2.1 para comprobar el porcentaje de ahorro que posee el equipo.

Los equipos que no cumplan el requisito del Reglamento Técnico Salvadoreños, se recomienda revisión y mantenimiento de equipo y así garantizar un mejor rendimiento y ahorro en la unidad de aire acondicionado.

Primer Nivel:

DATOS OBTENIDOS AIRES ACONDICIONADOS PRIMER NIVEL [EP]									
ETIQUETA	MARCA	MODELO	TIPO	TECNOLOGÍA	REFRIGERANTE	CAPACIDAD [BTU/h]	POTENCIA [W]	EER [BTU/Wh]	AHORRO [%]
N1-1	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	738.52	16.31	75.38
N1-2	LENNOX	13ACX-060-230-17	CASSETTE	CONVENCIONAL	R410A	60000	4545.00	3.94	N/A
N1-3	LENNOX	13ACX-060-230-17	CASSETTE	CONVENCIONAL	R410A	60000	5197.83	3.66	N/A
N1-4	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	3513.81	6.82	N/A
N1-5	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	1179.87	5.89	N/A
N1-6	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	625.37	13.75	47.85
N1-7	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	1313.78	8.66	N/A
N1-8	LG	AUUQ48GH2	CENTRAL	INVERTER	R410A	48000	4766.38	9.37	0.75
N1-9	LENNOX	13ACX-060-230-17	CASSETTE	CONVENCIONAL	R410A	60000	3997.74	12.66	36.13
N1-10	LG	VM182C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	18000	1212.28	7.97	N/A
N1-11	LG	VM182C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	18000	607.96	8.53	N/A
N1-12	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	912.22	5.76	N/A
N1-13	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	781.65	11.29	21.40
N1-14	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	620.16	5.73	N/A
N1-15	LG	VM182C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	18000	879.24	3.62	N/A
N1-16	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	500.72	16.72	79.78
N1-17	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	743.16	8.50	N/A
N1-18	LENNOX	13ACX-060-230-17	CASSETTE	CONVENCIONAL	R410A	60000	4252.73	4.86	N/A
N1-19	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	4245.68	2.57	N/A
N1-20	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	705.88	14.72	58.28
N1-21	COMFORTSTAR	CC112CD	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	580.75	13.16	41.51
N1-22	LENNOX	13ACX-060-230-17	CASSETTE	CONVENCIONAL	R410A	60000	4151.54	6.07	N/A
N1-23	LENNOX	13ACX-060-230-17	CASSETTE	CONVENCIONAL	R410A	60000	4151.54	5.59	N/A
N1-24	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	805.65	3.30	N/A
N1-25	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	3220.74	6.63	N/A
N1-26	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	3682.29	7.39	N/A
N1-28	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	3140.46	8.23	N/A
N1-29	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	3220.74	6.63	N/A
N1-30	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	3140.46	8.23	N/A
N1-31	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	3682.29	7.39	N/A
N1-32	LG	AUUQ24GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	24000	1214.52	7.66	N/A
N1-33	LG	AUUQ24GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	24000	1646.13	7.19	N/A
N1-34	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	535.99	7.46	N/A
N1-35	LG	AUUQ24GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	24000	658.49	13.33	43.33
N1-36	COMFORTSTAR	CL118CD-410	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	18000	827.71	7.06	N/A
N1-37	COMFORTSTAR	CL118CD-410	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	18000	790.53	14.20	52.69
CL-1	LENNOX	AHTC024100P2	MINI SPLIT	CONVENCIONAL	R22	24000	3074.21	3.38	N/A
CL-2	LENNOX	AHTC012100P2	MINI SPLIT	CONVENCIONAL	R22	12000	1161.30	6.82	N/A

Tabla 2.2 Datos obtenidos para aires acondicionados del primer nivel.

De color verde se representan los equipos de aire acondicionado que cumplen con el reglamento de ahorro, en la tabla 2.2 podemos observar un total de 10 equipos con porcentaje de ahorro aprobado por RTS, el equipo N1-16 presenta un mayor porcentaje de ahorro con 79.78% y con menor ahorro tenemos al equipo N1-8, con un porcentaje de ahorro 0.75%.

Segundo Nivel:

DATOS OBTENIDOS AIRES ACONDICIONADOS SEGUNDO NIVEL [EP]									
ETIQUETA	MARCA	MODELO	TIPO	TECNOLOGÍA	REFRIGERANTE	CAPACIDAD [BTU/h]	POTENCIA [W]	EER [BTU/Wh]	AHORRO [%]
N2-1	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	837.95	17.74	90.75
N2-2	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	696.36	20.12	116.34
N2-3	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	634.31	14.06	51.18
N2-4	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	1109.67	8.84	N/A
N2-5	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	2725.99	4.54	N/A
N2-6	LG	AVUQ60GM2A0	TECHO	INVERTER	R410A	60000	4485.52	8.19	N/A
N2-7	LG	AUUQ36GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	36000	1581.78	7.85	N/A
N2-8	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	450.96	19.17	106.13
N2-9	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	450.96	14.06	51.18
N2-10	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	885.71	12.15	30.65
N2-11	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	692.44	9.63	3.55
N2-12	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	689.71	14.67	57.74
N2-13	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	689.71	14.81	59.25
N2-14	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	1701.86	12.91	38.82
N2-15	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	2599.15	9.22	N/A
N2-16	LG	AUUQ54GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	60000	4783.46	1.68	N/A
N2-17	LG	AUUQ36GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	36000	2374.57	4.40	N/A
N2-18	LG	AUUQ36GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	36000	2351.67	5.12	N/A
N2-19	LG	VM122C6A	MINI SPLIT	INVERTER	R410A	12000	1210.64	7.94	N/A
N2-20	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	984.68	8.03	N/A
N2-21	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	653.75	16.98	82.58
N2-22	LG	AUUQ36GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	36000	1209.81	8.50	N/A
N2-23	LENNOX	13ACX-060-230-17	CASSETTE	CONVENCIONAL	R410A	60000	4151.54	6.07	N/A
N2-24	LENNOX	13ACX-060-230-17	CASSETTE	CONVENCIONAL	R410A	60000	4151.54	5.59	N/A
N2-26	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	753.97	16.57	78.17
N2-27A	LG	ABNQ36GM2A2	CENTRAL	INVERTER	R410A	36000	3157.44	6.07	N/A
N2-27B	LG	ABNQ36GM2A2	CENTRAL	INVERTER	R410A	36000	3157.44	6.07	N/A

Tabla 2.3 Datos obtenidos para aires acondicionados del segundo nivel.

En la tabla 2.3 se muestra los resultados obtenidos en la medición de aires acondicionados en el segundo nivel del edificio del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional, solo 12 equipos sobrepasan el valor mínimo de eficiencia (9.3 BTU/Wh) establecido por el RTS, como resultado tenemos que el equipo N2-2 presenta el mayor % de ahorro con un valor de 116.34% y el menor valor de ahorro lo representa el equipo N2-11 con 3.55%.

Tercer Nivel:

DATOS OBTENIDOS AIRES ACONDICIONADOS TERCER NIVEL [EE]									
ETIQUETA	MARCA	MODELO	TIPO	TECNOLOGÍA	REFRIGERANTE	CAPACIDAD [BTU/h]	POTENCIA [W]	EER [BTU/Wh]	AHORRO [%]
N3-1	TOSHIBA	AP0484H-E	CENTRAL	INVERTER	R410A	48000	4205.40	5.58	N/A
N3-2	LG	AUUQ09GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	9000	2838.59	2.68	N/A
N3-3	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	1659.26	4.91	N/A
N3-4	TOSHIBA	AP0724H-E	CENTRAL	INVERTER	R410A	60000	5118.17	16.03	72.37
N3-5	LG	AUUQ09GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	9000	1646.05	3.36	N/A
N3-6	LG	AUUQ12GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	12000	1773.01	5.06	N/A
N3-7	TOSHIBA	AP0484H-E	CENTRAL	INVERTER	R410A	48000	4225.23	7.72	N/A
N3-8	TOSHIBA	AP0364H-E	CENTRAL	INVERTER	R410A	36000	2267.99	4.89	N/A
N3-9	LG	AUUQ12GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	12000	1773.01	5.06	N/A
N3-10	LG	AUUQ12GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	12000	1773.01	5.06	N/A
N3-11	LG	AUUQ12GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	12000	1773.01	5.06	N/A
N3-12	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	1631.13	3.43	N/A
N3-13	LG	AUUQ18GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	18000	1753.39	4.10	N/A
N3-14	LG	AUUQ09GH2	CASSETTE	INVERTER	R410A	9000	1662.91	4.37	N/A

Tabla 2.4 Datos obtenidos para aires acondicionados del tercer nivel.

En la tabla 2.4 se observa que, solo el equipo N3-4 cumple con el reglamento establecido, con un valor de % de ahorro de 72.37%. Los 13 equipos que no sobrepasan el valor mínimo de eficiencia permitido, se recomienda mantenimiento y revisión.

2.3 EFICIENCIA EN EQUIPOS VRF

Para el caso del sistema VRF del tercer nivel, edificio de estacionamiento, se obtendrá la eficiencia energética global del sistema al utilizar la siguiente ecuación:

$$EER_{global} = \frac{\sum_i^n P_{frigorífica_i}}{\sum_i^n P_{eléctrica_i}} = \frac{\sum_i^n P_{eléctrica_i} (EERu_i)}{\sum_i^n P_{eléctrica_i}} \left[\frac{W}{W} \right] \quad (2.2)$$

Desde el aire acondicionado del tercer nivel $i=1$ hasta el $n=14$, donde:

EER_{global} : Eficiencia energética global del sistema VRF [W/W]

$P_{frigorífica_i}$: Potencia de refrigeración individual del aire acondicionado “i” [W]

$P_{eléctrica_i}$: Potencia eléctrica individual del aire acondicionado “i” [W]

$EERu_i$: Eficiencia energética de refrigeración individual del aire acondicionado “i” [W/W]

Al sustituir los valores correspondientes en la ecuación (2.2) se obtiene una eficiencia global del sistema VRF con $EER = 1.95$ [W/W] o también $EER = 6.64$ [BTU/Wh], claramente inferior a la norma técnica salvadoreña (EER mínimo = 2.72 [W/W]).

3. INTRODUCCIÓN AL MODELADO ENERGÉTICO DE EDIFICIOS MEDIANTE LA EXTENSIÓN OPENSTUDIO PARA SKETCHUP

3.1. SOFTWARE DE USO LIBRE OPENSTUDIO

OpenStudio es un kit de desarrollo de software (SDK) de código abierto para el modelado energético de edificios (BEM). OpenStudio, una plataforma para desarrolladores destinada a reducir drásticamente el esfuerzo necesario para crear y mantener aplicaciones que utilizan BEM y tiene como objetivo hacer crecer y respaldar el ecosistema de herramientas y servicios BEM para usuarios finales. OpenStudio permite que los terceros se concentren en agregar valor diferenciador individual y en servir a sus clientes proporcionando una infraestructura de núcleo común.

Los motores BEM como EnergyPlus interactúan con las aplicaciones a través de archivos grandes, estáticos y en ocasiones engorrosos. OpenStudio facilita el desarrollo de aplicaciones al presentar las entradas y salidas de EnergyPlus como un modelo de datos dinámico y orientado a objetos con interfaz de programación de aplicaciones (API), una construcción mucho más fácil de manejar para las aplicaciones. Además del modelo de bajo nivel y el acceso a los resultados, OpenStudio también proporciona abstracciones comunes de alto nivel como tipos de espacios y funciones como instanciación y configuración de sistemas HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning) estándar e importación de datos desde esquemas estándar como gbXML. Finalmente, además de EnergyPlus, OpenStudio también exporta entradas e importa resultados de otro motor como el motor de iluminación Radiance.

La plataforma OpenStudio permite la automatización del flujo de trabajo a través de una característica distintiva llamada Medidas. Las Medidas son pequeños programas interpretados que pueden transformar un modelo o consultar un modelo y sus resultados de simulación. Las Medidas, llamadas así porque muchas de ellas corresponden a medidas de conservación de energía (ECM), pueden realizar transformaciones que son tan simples como cambiar los niveles de aislamiento o tan complejas como reconfigurar ventanas, sombreados y controles para optimizar la captación de luz natural. Las Medidas son livianas, fáciles de crear y modificar y brindan una manera de personalizar OpenStudio y sus capacidades sin tener que modificar el SDK principal.

3.2. SOFTWARES DEL ECOSISTEMA DE OPENSTUDIO

3.2.1. SKETCHUP

SketchUp es una aplicación de modelado 3D intuitiva que le permite crear y editar modelos 2D y 3D con un método patentado de "empujar y tirar". La herramienta Empujar y tirar permite a los diseñadores dar forma a cualquier superficie plana en formas 3D. SketchUp es un programa utilizado para una amplia gama de proyectos de modelado 3D como arquitectura, diseño de interiores, arquitectura paisajista y diseño de videojuegos, por nombrar algunos de sus usos. El programa incluye la funcionalidad de diseño de dibujo, la representación de superficies y admite complementos de terceros del almacén de extensiones, en este caso el plug-in de OpenStudio. Es importante mencionar que SketchUp tiene diferentes versiones tanto libres como de paga. Para este trabajo se ha utilizado la última versión libre existente que es SketchUp Make 2017, la cual es compatible hasta la versión 2.9 de OpenStudio.

3.2.2. ENERGYPLUS

EnergyPlus tiene sus raíces en los programas BLAST y DOE-2. BLAST (Building Loads Analysis and System Thermodynamics) y DOE-2 fueron desarrollados y lanzados a finales de 1970 y principios de 1980 como herramientas de simulación de carga y energía. Su público objetivo es un diseño ingeniero o arquitecto que desee dimensionar el equipo HVAC apropiado, desarrollar estudios de modernización para análisis de costos de ciclo de vida, optimizar el rendimiento energético, etc. Al igual que sus programas principales, EnergyPlus es un programa de simulación de carga térmica y análisis de energía. Se basa en la descripción de un usuario de un edificio desde la perspectiva de la composición física del edificio, sistemas mecánicos asociados, etc., EnergyPlus calcula las cargas de calefacción y refrigeración necesarios para mantener los puntos de ajuste de control térmico, el consumo de energía del equipo HVAC, así como muchos otros detalles de la simulación que son necesarios para verificar que la simulación está funcionando como realmente el edificio lo hace.

3.3. PLANIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para comenzar a trabajar en los programas detallados en las secciones 3.1 y 3.2, es necesario realizar una investigación previa, de toda la información que se va a necesitar del edificio a modelar. La exactitud de la simulación del edificio está ligada a la cantidad de información que se obtenga, a continuación, se sugieren los siguientes pasos de obtención de información:

- Obtener la información de localización del edificio: Ciudad, orientación de fachada principal, edificios cercanos o árboles que produzcan sombra sobre el edificio, etc.
- Planos de todo tipo de detalle: Tomas, luminarias, distribución de aires acondicionados, arquitectónicos, detalle de elevaciones, detalle de ventanas y puertas, cielo falso, estructurales, hidráulicos, cuadros de carga eléctrica, sub estación eléctrica, etc.
- Datos posibles sobre materiales de construcción del edificio.
- Datos sobre horarios de ocupación de personal, iluminación, agua, sistema de climatización (incluye temperatura de ajuste), equipos eléctricos en general.
- Información relevante de la geometría del edificio.
- Sistemas fotovoltaicos instalados y luminarias externas con fotoceldas.
- Perfiles de carga eléctrica o facturas de consumo eléctrico.

Con la disposición de esta información, ya es posible plantear una evaluación energética del edificio y comenzar a diseñar la geometría del mismo. Si no se cuenta con toda la información, se pueden usar criterios racionales o librerías predefinidas del propio programa OpenStudio según sea el caso, esto se explica en las siguientes secciones. Otra información importante, es el uso que se le da al edificio, debido a la actividad física que desempeñan las personas dentro y que generan carga térmica a los sistemas de climatización.

3.4. DEFINICIÓN DE ZONAS TÉRMICAS

Una “zona” es un concepto térmico, no geométrico, un volumen de aire en una uniforme temperatura más todas las superficies de transferencia de calor y almacenamiento de calor que limitan dentro de ese volumen de aire. La primera regla del modelado de edificios es: "Siempre defina una superficie como una superficie de almacenamiento de calor a menos que deba definirse como una superficie de transferencia de calor". Cualquier superficie, que separe espacios de temperaturas significativamente diferentes, debe definirse como una superficie de transferencia de calor. Así, superficies exteriores, tales como paredes exteriores, techos y pisos, son superficies de

transferencia de calor. Superficies interiores (tabiques) son superficies de almacenamiento de calor si separan espacios mantenidos a la misma temperatura y superficies de transferencia de calor si separan espacios mantenidos a diferentes temperaturas.

EnergyPlus calcula la energía necesaria para mantener cada zona a una temperatura específica para cada hora del día. Dado que EnergyPlus realiza un balance de calor de zona, el primer paso en la preparación de la descripción de un edificio consiste en dividir el edificio en zonas térmicas. El objetivo de este ejercicio es definir la menor cantidad de zonas posible sin comprometer significativamente la integridad de la simulación. La regla general es entonces utilizar el número de sistemas HVAC, no el número de habitaciones para determinar el número de zonas en el edificio. El número mínimo de zonas en un modelo de simulación general suele ser igual al número de sistemas climatizadores que dan servicio al edificio⁷.

3.5. CREACIÓN DEL MODELO

Al iniciar con el modelo, es necesario instalar primero SketchUp Make 2017 y luego agregar el plug-in de OpenStudio 2.9, un programa opcional a instalar es ResultsViewer, que permite abrir por separado los archivos de salida generados por EnergyPlus. Una vez se instalan estos programas se procede a abrir SketchUp donde se comienza a dimensionar la geometría del edificio según la información de planos existente.

3.5.1. SELECCIÓN DE PLANTILLA DEL EDIFICIO

Las plantillas que contiene por defecto OpenStudio contienen datos sobre construcciones, cargas, horarios, densidades de potencia por metro cuadrado, entre otros. En las plantillas se importan únicamente información, no geometrías. Como se observa en la Figura 3.1, existen diferentes tipos de plantillas de edificaciones que se pueden cargar al modelo. En este caso el edificio a crear es de oficinas administrativas de INSAFORP, por lo que, es conveniente seleccionar la plantilla de Office. La ventaja de usar estas plantillas es que se pueden modificar de acuerdo a las necesidades o simplemente agregar la información de edificios tipo oficina que se va utilizar. Para abrir esta ventana se accede en SketchUp en pestaña Extensiones > OpenStudio > File > New OpenStudio From Wizard.

⁷ Fuente: Getting Started, EnergyPlus Version 9.6 Documentation, Sep. 2021.

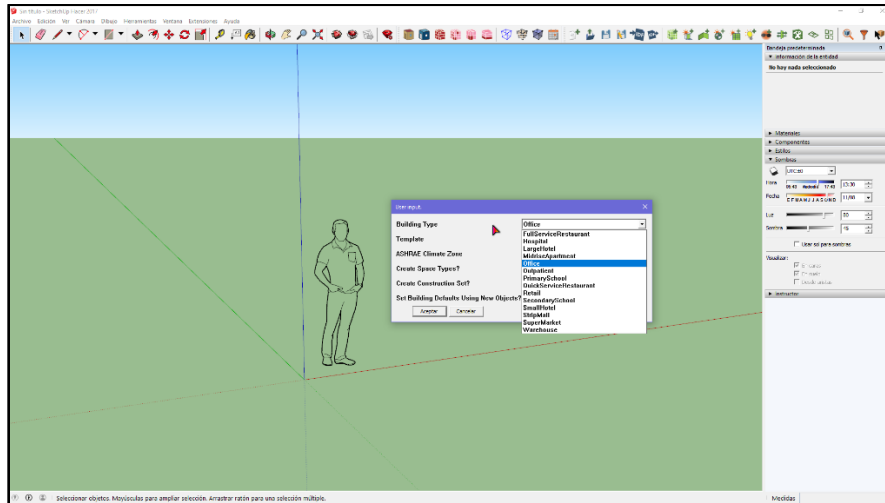


Figura 3.1 Selección de plantilla a utilizar en modelo.

3.6. CREACIÓN DE ESPACIOS

Para crear los espacios en SketchUp que contengan las zonas térmicas ya establecidas, es necesario utilizar los planos de vista en planta del edificio, tomando las medidas correspondientes en cada zona térmica, las unidades por defecto en SketchUp son metros, es posible de cambiar las unidades de ser necesario.

3.6.1. CREACIÓN DE ÁREAS DE ZONAS TÉRMICAS

Primero se hace uso de la herramienta “Líneas”, que se encuentra en la parte superior izquierda del programa, como se muestra en la Figura 3.2. Se hace clic en un punto y luego desplazando el ratón, se forma el trazo de una línea cuya longitud se muestra en la esquina inferior derecha del programa. La línea trazada tiene el mismo color del eje verde, si la línea trazada tiene la misma dirección antes de dar clic al otro extremo de la línea, lo mismo sucede si la línea tiene la dirección del eje azul o rojo. Esto es de mucha ayuda para realizar trazos completamente seguros a 90° respecto a los tres ejes principales, para definir longitudes específicas del trazo, se coloca un punto al dar clic en cualquier parte del plano, luego dirigir la línea en el sentido que se necesite, digitar la longitud que se requiere y presionar por último la tecla Enter.

Para comprobar las longitudes de los trazos o simplemente tener líneas guías en el modelo, podemos utilizar la herramienta de “Medir” que tiene un símbolo tipo cinta métrica, esta herramienta es muy útil en todo el levantamiento del modelo 3D, ya que define unas líneas punteadas como guías según la longitud que se requiere en el modelo.

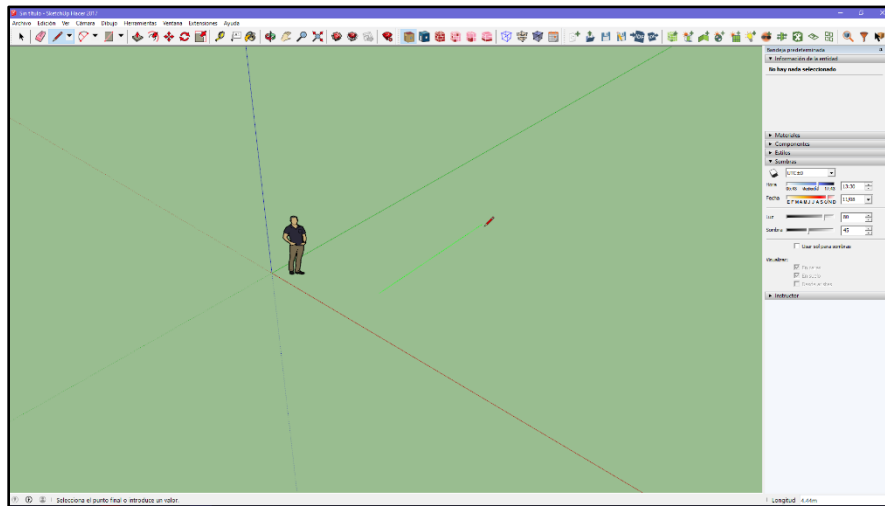


Figura 3.2 Uso de la función líneas para definir las zonas térmicas del edificio.

Al encerrar un área definida por las líneas trazadas, se torna de un color gris que representan las zonas térmicas del edificio, como se observa en la Figura 3.3. Para este modelo es necesario definir estas áreas para los 5 niveles del edificio de oficinas, 3 niveles son del edificio de estacionamiento y 2 niveles son para el edificio central administrativo.

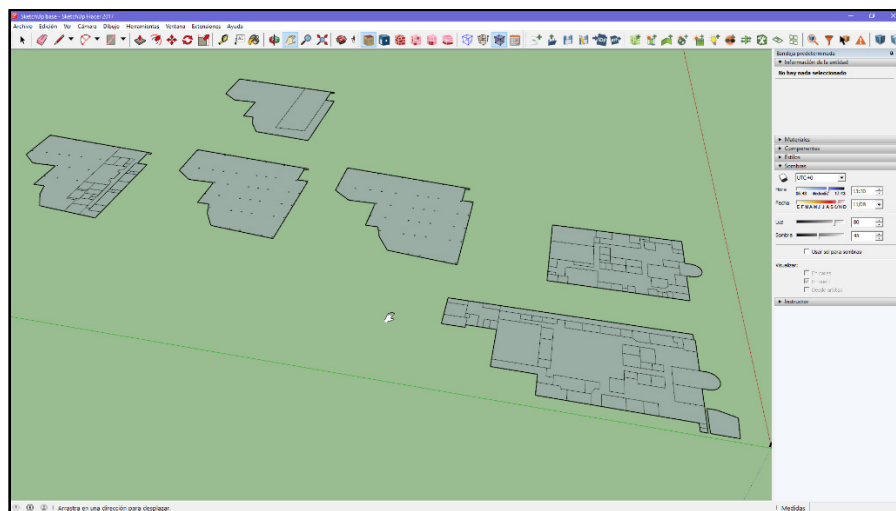


Figura 3.3 Definición de áreas en SketchUp de las zonas térmicas del edificio.

3.6.2. CREACIÓN DE VOLÚMENES

Una vez definidas las zonas térmicas del edificio en SketchUp se procede a darle volumen al edificio, al dar clic en la herramienta de seleccionar que se encuentra en la esquina superior izquierda con símbolo de puntero de mouse, se selecciona el conjunto de áreas de uno de los niveles tal y como se muestra en la Figura 3.4 y se dirige hacia la herramienta de la parte superior derecha con nombre “Create Spaces From Diagram”, inmediatamente se abre una ventana que nos pide la altura del nivel del edificio del área en selección; este proceso se realiza para cada nivel, debido a que tienen alturas diferentes según lo especifican los planos arquitectónicos del edificio.

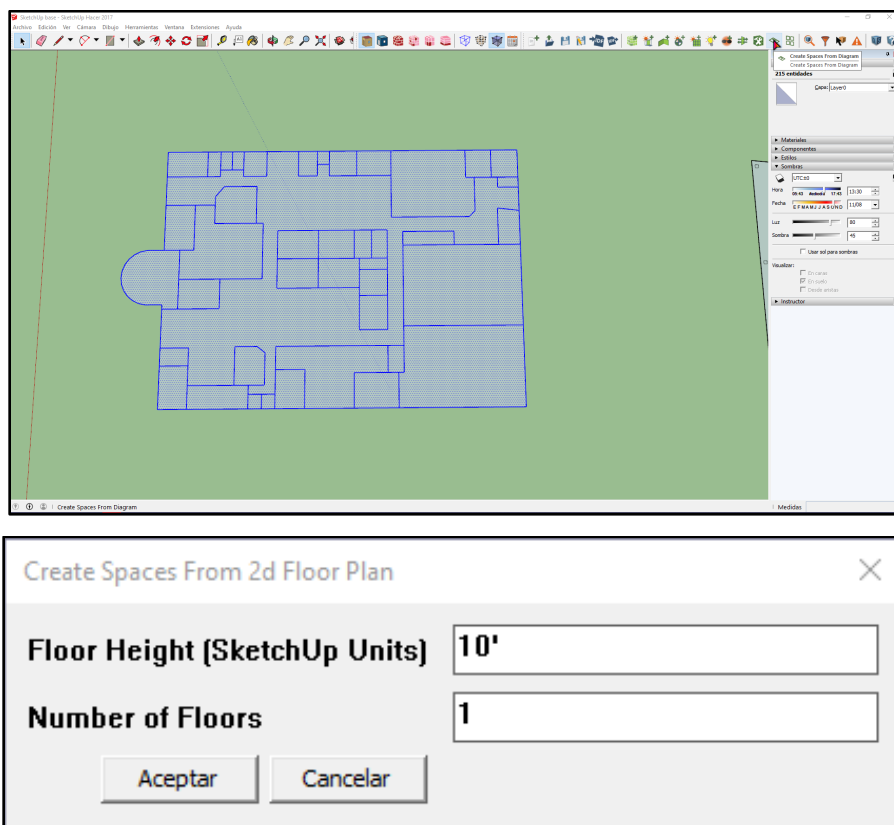


Figura 3.4 Creación de modelos 3D con herramienta Create Spaces From Diagram.

Al crear los espacios de los niveles del edificio, como se muestra en la Figura 3.5, se procede a inspeccionar los espacios, debido que a veces se producen omisiones de caras en algunos de los espacios por error en la ejecución del programa. Otro aspecto a visualizar es el color de las caras en los espacios, el techo debe de ser color rojizo oscuro, las paredes son de color amarillo y el piso es de color gris. Para visualizar mejor las limitaciones de un espacio, se da doble clic en el espacio

a inspeccionar y automáticamente los demás espacios pierden su color dando énfasis al espacio seleccionado; si se desea ocultar los espacios alrededor del espacio en selección, se puede utilizar la herramienta con nombre “Hide Rest of Model”, esto ayuda a visualizar mejor las caras que están adyacentes a los demás espacios del modelo.

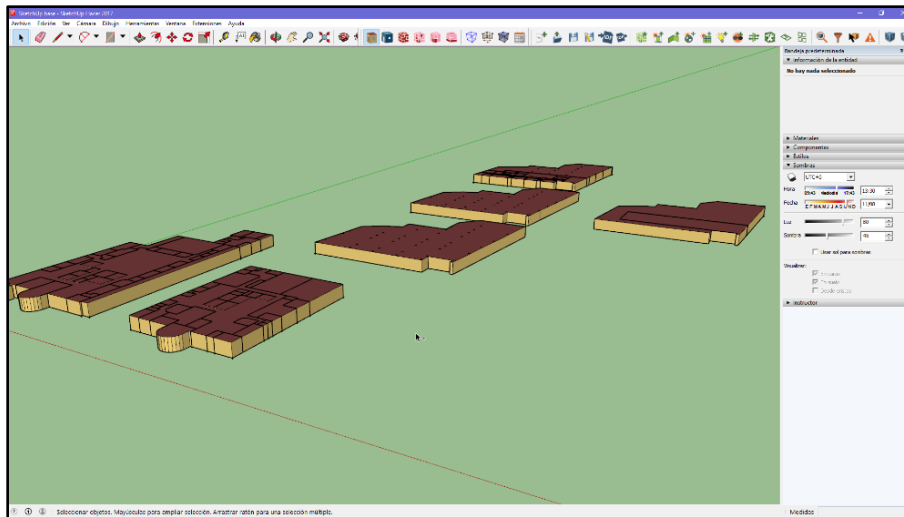


Figura 3.5 Espacios en SketchUp para los diferentes niveles del edificio central y de estacionamiento.

3.6.3. CREACIÓN DE SUB-SUPERFICIES (VENTANAS Y PUERTAS)

Las sub-superficies que se pueden crear en SketchUp son las puertas y ventanas del modelo 3D, se selecciona el espacio a modificar dando doble clic y luego utilizar la herramienta de “Líneas” o la herramienta de “Formas” sobre la cara del espacio que contiene la ventana o la puerta como se muestra en la Figura 3.6. SketchUp tiene dos condiciones para saber si se está creando una puerta o una ventana:

- Si es una puerta: la arista inferior de la puerta debe coincidir con la arista inferior de la cara del espacio que se modifica, formando un área de color café sobre esta cara.
- Si es una ventana: ninguna de las aristas de las ventanas debe coincidir con las aristas de la cara del espacio que se modifica, formando un área de color celeste-transparente sobre esta cara del espacio en selección.
- Hay excepciones en cuanto al color de la puerta, si se selecciona como una puerta de vidrio, se torna de un color celeste-transparente similar al de las ventanas.

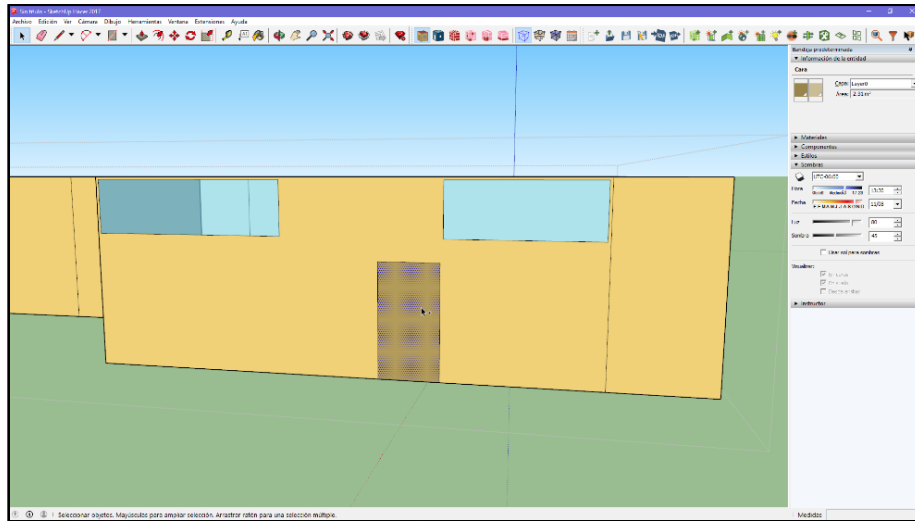


Figura 3.6 Sub-superficies en los espacios que requieran ventanas o puertas.

3.6.4. CREACIÓN DE SHADES

Los “shades” son objetos que proporcionan sombra sobre el edificio y que deben crearse por separado, estos objetos se pueden asociar a corta soles, techado exterior, arboles, edificios cercanos que produzcan sombra, etc. Para crear un objeto de sombra se utiliza la herramienta “New Shading Surface Group”, se da clic sobre el punto donde se comienza a formar mi objeto tipo sombra como se muestra en la Figura 3.7, al hacer doble clic sobre este nuevo grupo, se puede trazar la forma que tiene este objeto tipo sombra.

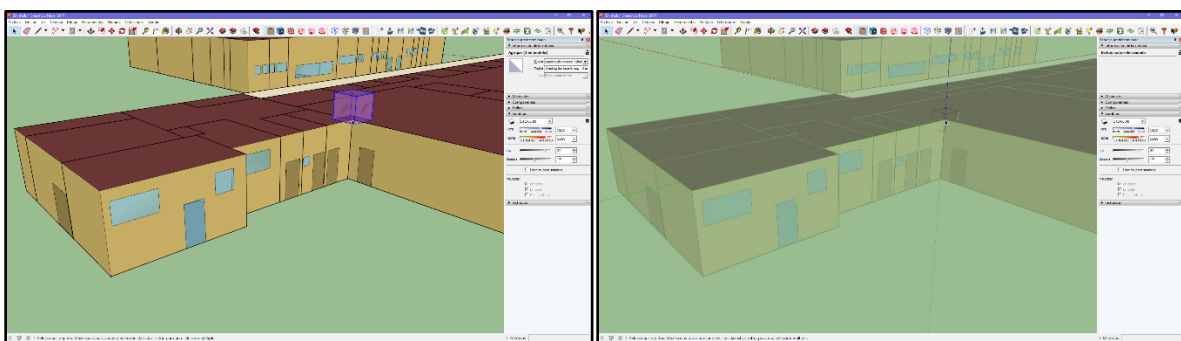


Figura 3.7 creación de nueva superficie tipo sombra.

Para este caso como se muestra en la Figura 3.8 se crea un techado externo sobre los espacios originales. También es posible agregar corta soles a las ventanas independientemente y agregar un horario de funcionamiento en la aplicación de OpenStudio, para conocer el impacto de la adición de persianas u otros objetos de sombreado sobre el modelo energético del edificio.

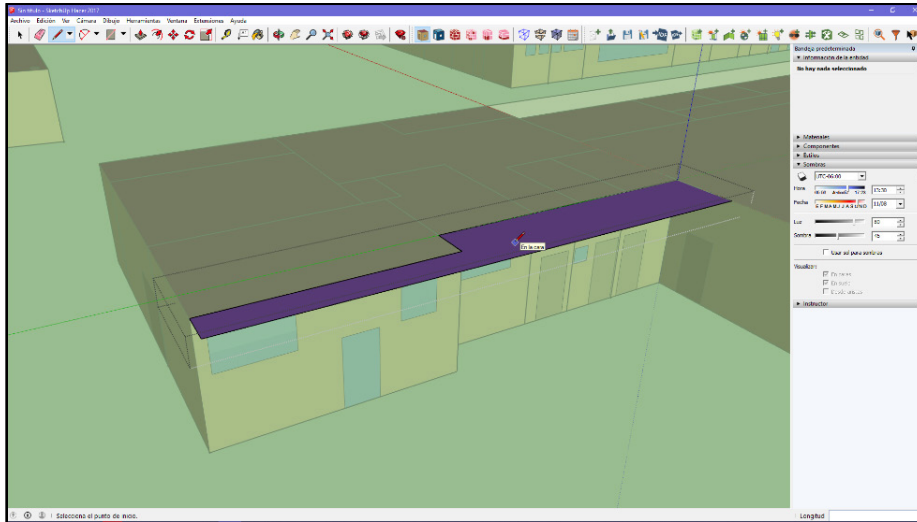


Figura 3.8 Creación de techo exterior para sombreado.

3.6.5. SURFACE MATCHING

Esta herramienta de OpenStudio es la encargada de identificar las intersecciones entre los diferentes espacios del modelo. Pero antes de utilizarla es necesario unificar todos los niveles de los edificios y crear todas sus ventanas, puertas y objetos de sombra en los espacios que lo requieran como se muestra en la Figura 3.9., para unir los niveles se utiliza la herramienta de “Seleccionar”, se selecciona el conjunto de espacios de un nivel y luego se utiliza la herramienta de “Mover” al dar clic en una de las esquinas del nivel superior, luego se coloca el nivel superior sobre el nivel inferior correspondiente.

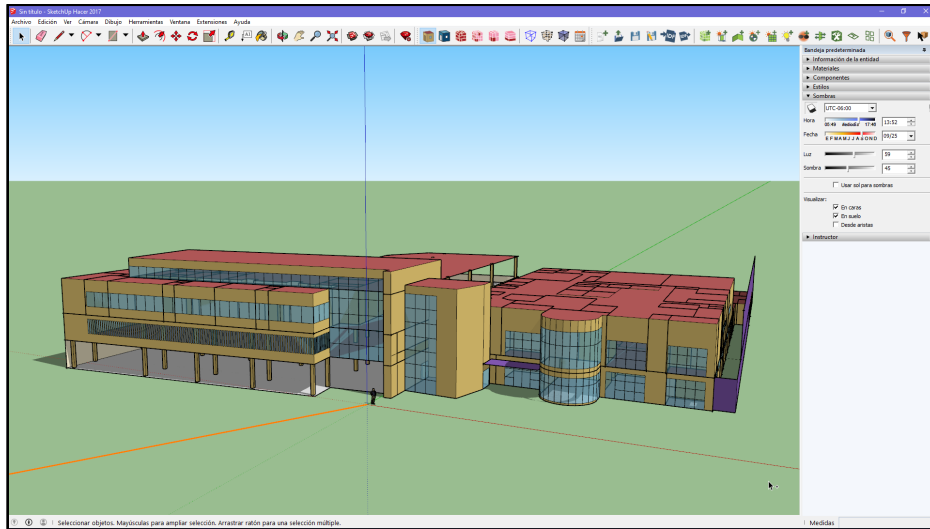


Figura 3.9 Unificación de niveles del edificio.

Al seleccionar la herramienta “Surface Matching” se abre una nueva ventana, como se muestra en la Figura 3.10. Existen dos opciones, una es aplicar el acople al modelo entero y la otra es aplicar a la selección. En este caso se selecciona todo el edificio con la herramienta “Seleccionar” y se utiliza la opción de “Match in Selection”.

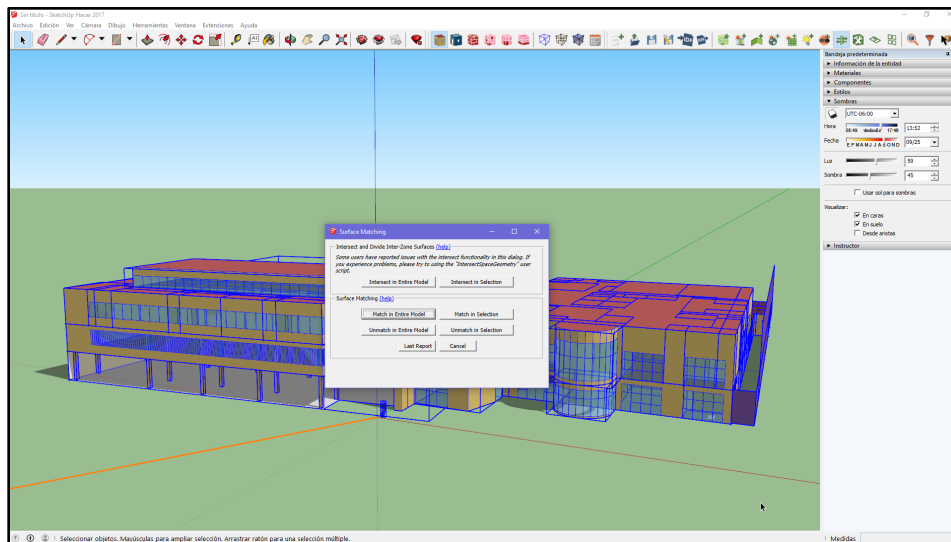


Figura 3.10 Acople de todas las superficies con la herramienta Surface Matching.

Al crear la intersección entre los distintos espacios, el modelo está listo para realizar cálculos con EnergyPlus de transferencia de calor entre los espacios. Es importante también asegurar que el acople se realiza con éxito en el modelo. Para ello se utiliza la herramienta propia de SketchUp “Plano de sección” y se selecciona una vista de plano del edificio, como se muestra en la Figura 3.11. Luego se utiliza la herramienta de OpenStudio “Render By Boundary Condition”, la cual genera tonalidades azul oscuro para las superficies expuestas al sol o el viento y tonalidades verdes para las superficies internas del edificio que generan transferencia de calor entre los distintos recintos.

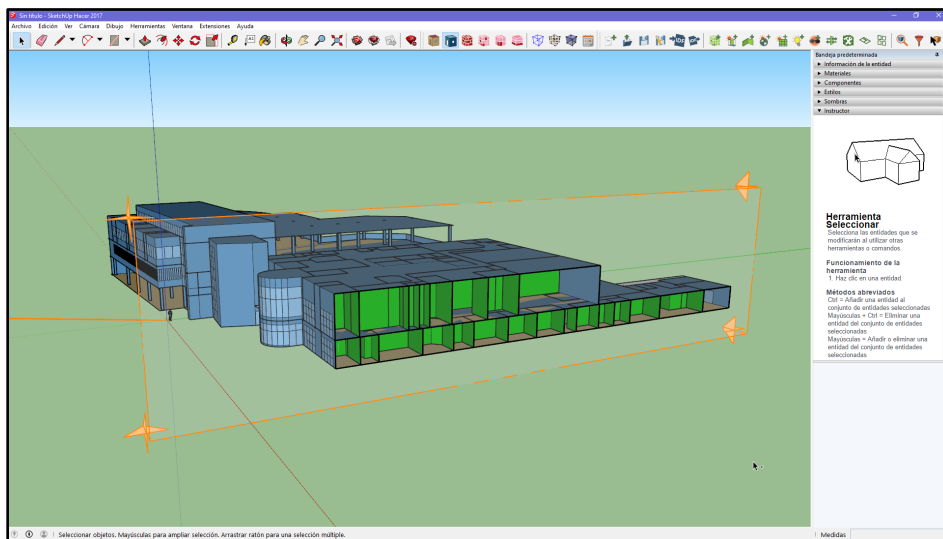


Figura 3.11 Verificación de resultados de herramienta Surface matching.

3.6.6. INSPECTOR DE OPENSTUDIO

Esta herramienta “OpenStudio Inspector” permite modificar los materiales del edificio, mostrar información actual acerca de los parámetros asignados a: espacios, superficies, sub-superficies y grupos de sombreado como se muestra en la Figura 3.12. La herramienta se encuentra en la barra de herramientas de OpenStudio o también se puede acceder al dar clic sobre cualquier superficie del modelo y entrar a OpenStudio > Inspector. Dentro del inspector se puede observar tres secciones: Select type, Select object y edit object.

- Select type: en esta sección aparece una lista de objetos ordenados por categorías en función si pertenecen a geometría, sistema HVAC, simulación de iluminación o recursos.

En cada categoría aparece un número entre paréntesis para especificar la cantidad de objetos que hay en esa categoría. En las categorías se puede encontrar objetos tipo:

- Geometría: Edificio, particiones, superficies, espacios, ventanas.
 - HVAC: Zonas térmicas.
 - Simulación lumínica: Controles, sensores y mapas.
 - Recursos: Historia de edificio, construcción, horarios, colores de renderizado, tipos de espacio.
- Select object: Al seleccionar un objeto en la lista de la sección Select type, automáticamente se genera una nueva lista de objetos de esa categoría seleccionada en esta nueva sección.
 - Edit object: en esta sección de la herramienta inspector, se encuentran los diferentes campos para definir el objeto seleccionado en la sección de Select object. Por ejemplo, si el objeto seleccionado es un espacio, los campos mostrados para modificar en esta sección serán:
 - Nombre.
 - Espacio tipo.
 - Construcción por defecto.
 - Horarios por defecto.
 - Zona térmica.
 - Historia del edificio.

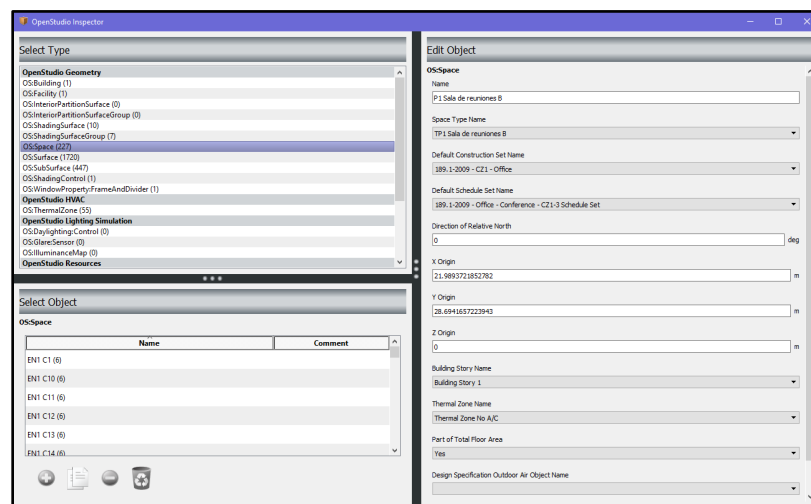


Figura 3.12 Herramienta OpenStudio Inspector.

Los campos que tienen las pestañas de selección (desplegables) se pueden modificar al principio, únicamente con los datos que contenga la plantilla que se carga al inicio del proyecto, se recomienda no modificarlos sino hasta configurar en el propio programa de OpenStudio. El campo importante a completar en este apartado es en el nombre del espacio, que permite organizar más fácil al seleccionar los parámetros del recinto ya sean los horarios, zonas térmicas y tipo de construcción dentro de Openstudio.

3.7. CONFIGURACIÓN DE APLICACIÓN OPENSTUDIO 2.9

Llegado a este punto del modelado energético del edificio, es importante revisar que, la geometría del edificio en SketchUp sea lo más apegada a la realidad e inspeccionar los nombres de cada uno de los espacios en todos los niveles del edificio. Otro aspecto importante que se menciona en la planificación, es la orientación del edificio, existen dos maneras de orientar el edificio; la primera es utilizar la herramienta de “Rotar” de SketchUp, al seleccionar previamente todo el modelo y rotarlo según la orientación que se especifica en los planos; La segunda opción es rotar el eje norte (eje de color verde en SketchUp) en OpenStudio asignando la cantidad de grados en sentido anti horario como se configura más adelante en esta sección.

Para entrar en la aplicación de OpenStudio (Figura 3.13), se puede hacer mediante SketchUp en la pestaña Extensiones > OpenStudio > Launch OpenStudio. También se puede acceder directamente al programa al buscar el “launcher” o icono de aplicación en la carpeta de instalación, si la instalación se hace por defecto el programa está en la dirección C:\openstudio-2.9.0\bin\OpenStudioApp.exe del ordenador.

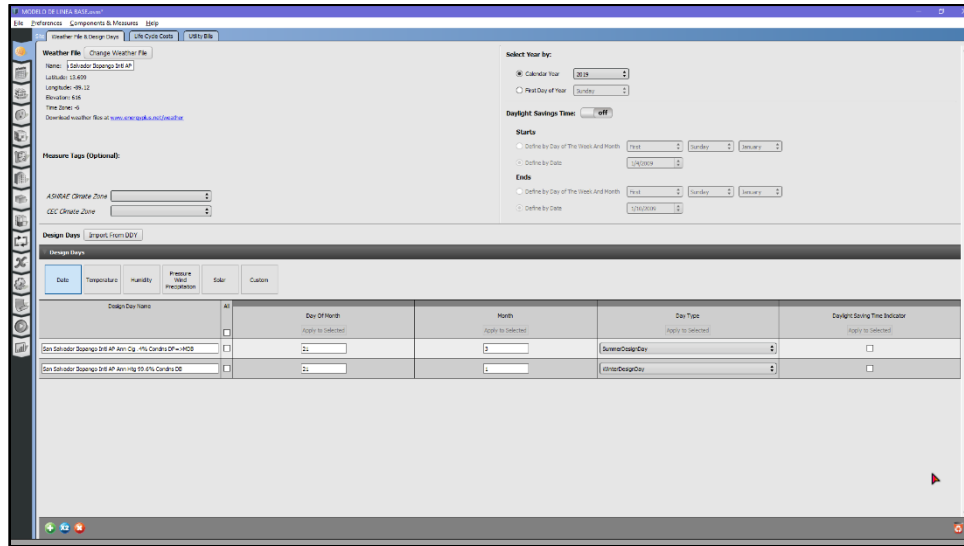


Figura 3.13 Primera vista del programa OpenStudio.

3.7.1. BARRA DE HERRAMIENTAS SUPERIOR

En la parte superior del programa se tienen diferentes herramientas, entre ellas:

- File: se puede crear, abrir y guardar modelos de OpenStudio; también tiene la posibilidad de importar archivos compatibles con EnergyPlus para simularlos por separado; Se pueden importar nuevas librerías al modelo.
- Preferences: es recomendable cambiar las unidades del programa al sistema internacional (SI), se pueden cambiar también las librerías por defecto en el modelo.
- Measures & Components: se puede cargar archivos de la base de datos en la nube al modelo.
- Help: se encuentra información general acerca del programa como la versión, compilador y motores compatibles como lo son EnergyPlus y Radiance.

Al lado derecho del programa se tienen los objetos del modelo de OpenStudio, en la pestaña My model se encuentran los utilizados actualmente en el modelo, en Library se tienen los objetos y horarios que están disponibles a seleccionar, están hechos de acuerdo a la plantilla que se selecciona al principio en este caso de tipo oficinas, por último, se tiene la pestaña Edit como su nombre lo indica permite editar los objetos que contiene la librería.

3.7.2. SITE

Esta pestaña es la primera que se encuentra en la parte superior de la barra de herramientas izquierda del programa, se puede observar también cuando se abre el programa como en la Figura 3.13. Aquí se tienen que cargar los archivos climáticos de la zona donde se encuentra el edificio. Para descargar los archivos se abre el enlace de la dirección www.energyplus.net/weather, se abre la página web que aparece en la Figura 3.14.

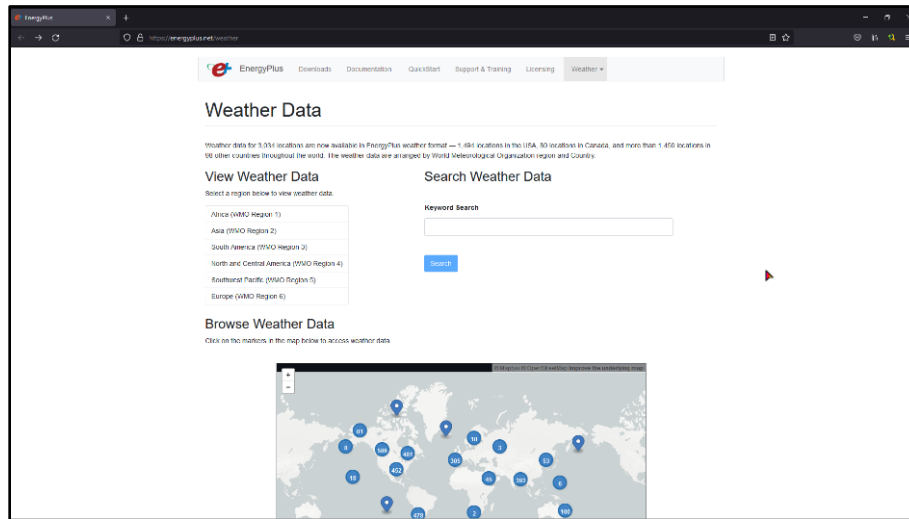


Figura 3.14 Pagina web de EnergyPlus para descargar archivos climáticos de nuestro modelo.

En la sección de View Weather Data se selecciona la región de North and Central America, el país de El Salvador y se puede observar como en la Figura 3.15 que solo existen dos archivos climáticos. El edificio en este caso está ubicado en Antigua Cuscatlán, por lo tanto, el archivo con localidad más cercana es el de Ilopango, este es un inconveniente para los cálculos de EnergyPlus ya que de manera ideal se necesitan los datos climáticos exactos de la localidad de Antigua Cuscatlán.

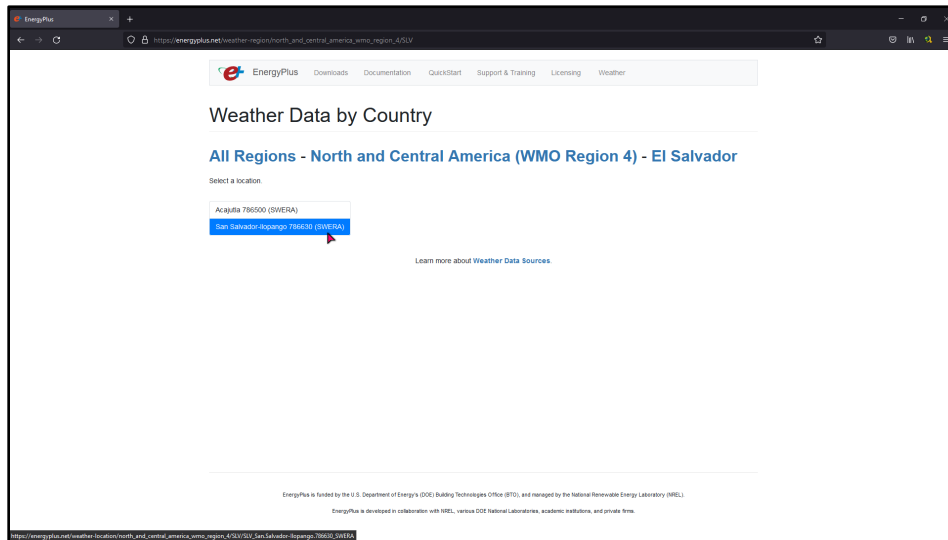


Figura 3.15 Selección de archivo climático en localidad de Ilopango, El salvador.

Al descargar y descomprimir en el ordenador los archivos climáticos, se deben cargar en las siguientes opciones de la pestaña Site:

- **Weather File (Change weather File):** En esta sección se carga el archivo con la información climática anual con la extensión <epw>.
- **Design Days (Import From DDY):** Esta sección se carga el archivo con la información del diseño de días de invierno y verano con la extensión <ddy>.
- **Select year by:** Aquí se debe especificar el año en que se pretende simular el funcionamiento del edificio.
- **Daylight savings time:** En esta sección se pueden activar o desactivar los horarios de verano en el modelo. El salvador no tiene horario de verano, por lo tanto, esta opción debe de estar deshabilitada.

Las otras opciones en la pestaña Site no es necesario configurarlas para la simulación.

3.7.3. SCHEDULES

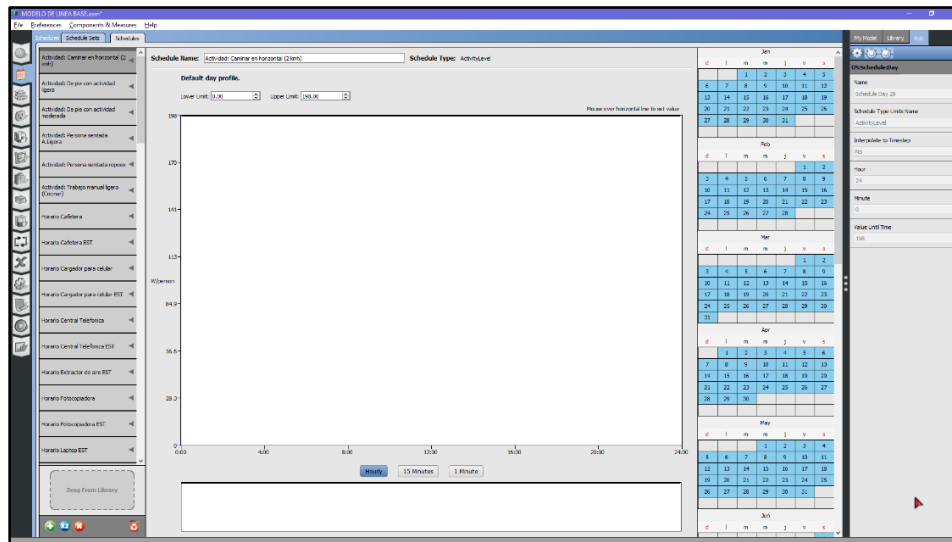


Figura 3.16 Pestaña Schedules en OpenStudio.

En esta sección se deben configurar los horarios que contiene el edificio, estos horarios detallan la ocupación del edificio, la iluminación, los equipos eléctricos, actividades, HVAC, termostatos, consumo de agua, gas, etc.

3.7.3.1. CREACIÓN DE UN NUEVO HORARIO

En la segunda sub-pestaña Schedules (Figura 3.16) se agrega nuevos horarios al pulsar el botón (+) que se encuentra en la esquina inferior izquierda, se abre una nueva ventana como se muestra en la Figura 3.17. En Schedule type se puede desplegar una lista para el tipo de horario que se desea crear, estos pueden ser adimensional, fraccional, percentil, etc. Los que más se utilizan son los de tipo:

- **Fractional:** Sus unidades son fraccionales, tiene como límite superior 1 y límite inferior 0. Es muy útil para detallar el horario de funcionamiento de equipos eléctricos, iluminación y ocupación en el edificio por unidad de tiempo.
- **ActivityLevel:** Sus unidades son W/persona, define el nivel de actividad por persona por unidad de tiempo, usualmente se utiliza con un valor constante, se encuentran en tablas de metabolismo por actividad como la Tabla 3.1.

- **OnOFF:** Este tipo de horario es discreto, se utiliza con valores de 1 (encendido) y 0 (apagado), se puede utilizar para el encendido de aires acondicionados.
- **Temperature:** Sus unidades son de grados Celsius por tiempo, se utiliza para definir la temperatura que tienen los termostatos, el agua, etc.

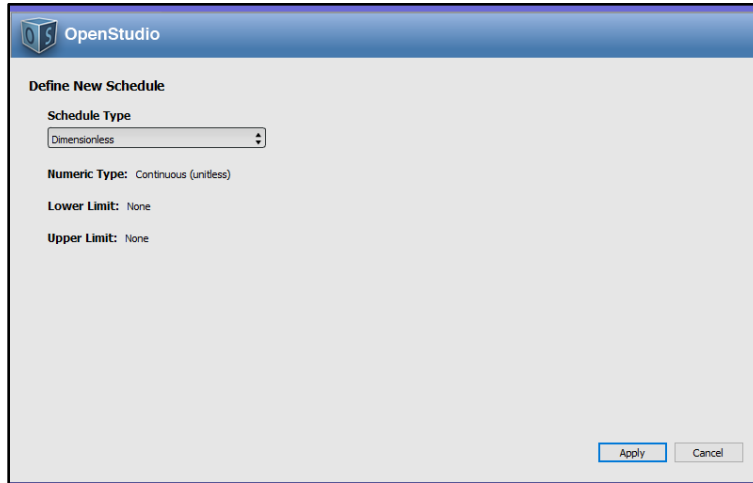


Figura 3.17 Creación de un nuevo tipo de horario.

Actividad	W/m ²	Met	W/pers
Dormir	40	0.7	72
Estar acostado (despierto)	45	0.8	81
Estar sentado en reposo	60	1.0	108
Estar sentado con actividad ligera	64	1.1	115
Estar de pie sin movimiento	70	1.2	126
Estar de pie con actividad ligera	78	1.3	140
Estar de pie con actividad moderada (industria ligera)	93	1.6	167
Trabajo manual ligero, cocinar	100	1.7	180
Caminar en horizontal (2 km/h)	110	1.9	198
Bailar (actividad social)	111	1.9	200
Construcción ligera	125	2.2	225
Trabajo manual moderado, ejercicio ligero	139	2.4	250
Lavar platos	145	2.5	261
Limpieza doméstica	150	2.6	270
Ejercicio moderado	167	2.9	300
Lavar a mano, planchar	170	2.9	306
Construcción moderada	180	3.1	324
Caminando en horizontal (5 km/h)	200	3.4	360
Trabajo manual pesado	235	4.1	423
Ejercicio intenso	250	4.3	450
Construcción pesada	275	4.7	495
Ejercicio y trabajo muy intensos	450	7.8	810
Correr (15 km/h)	550	9.5	990

Tabla 3.1 Potencia generada por unidad de área y por persona según actividad física.

3.7.3.2. EDICIÓN DE UN NUEVO HORARIO

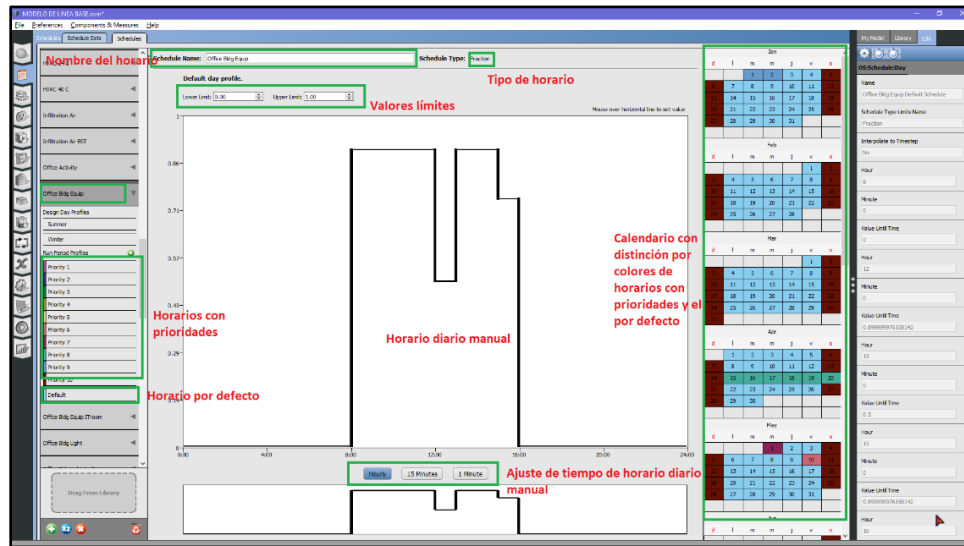


Figura 3.18 Partes de un nuevo horario tipo fraccional.

Al crear un nuevo horario tipo fraccional, se tiene una ventana como en la Figura 3.18. en ella se observan las partes que tiene un horario, estos son el tipo de horario, el nombre, el límite superior e inferior, etc.

En este horario se define el uso de equipos del edificio, en la parte central se tiene un gráfico que se puede ajustar partiéndolo en secciones, estas pueden ser en horas, cuartos de horas y minutos. Para seccionar el grafico central es necesario dar doble clic sobre una línea horizontal (valor constante), luego se ajusta esa sección al valor fraccional que se requiere; para volver a unificar las secciones se puede dar doble clic sobre una línea vertical del gráfico, la sección adyacente derecha queda con el mismo valor fraccional.

Para especificar un valor en un determinado tiempo y sección directamente, se dirige en una de las secciones del grafico en su parte horizontal, se digita el valor numérico fraccional que se requiere y por último se presiona Enter para establecer el valor de esa sección. En el caso que se digite un número superior a 1 en un horario tipo fraccional, este no tiene efecto y se toma el valor de 1 por defecto.

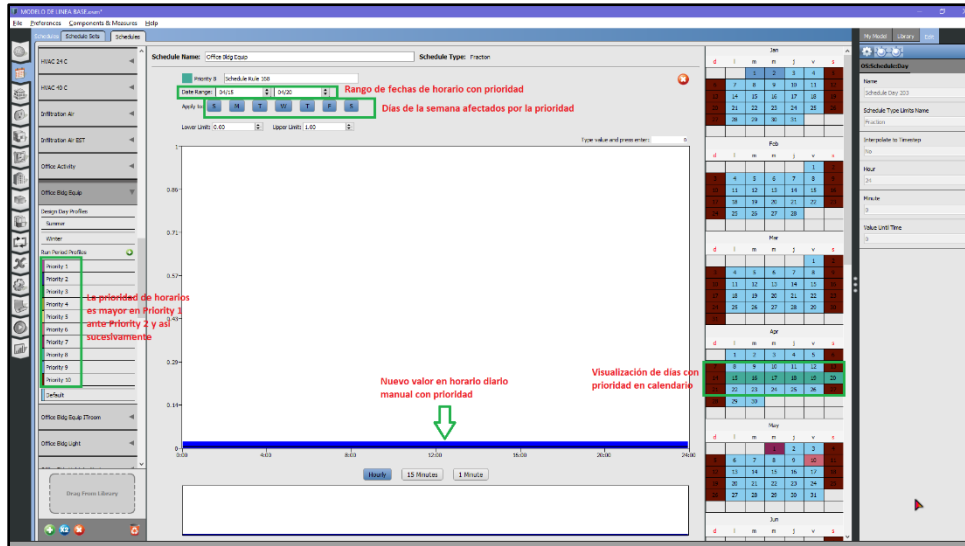


Figura 3.19 Sub-horario con prioridad sobre el horario por defecto.

El horario diario manual es por defecto de todos los días del año, se puede observar los días contenidos en la sección derecha con los días del calendario de un color celeste. Para agregar fechas con un horario con prioridad al por defecto, se puede agregar en la sección izquierda en el apartado “Run Period Profiles” con el botón (+). Estos horarios tienen prioridad sobre el horario por defecto y se muestran de un color distinto en el calendario como se muestra en la Figura 3.19. Esta función de horarios con prioridad es muy útil para establecer los días de asueto que lo establecen las leyes en El Salvador, en el caso del edificio de INSAFORP se establecen los siguientes días de asueto⁸:

- Semana santa.
- 1 de mayo, día internacional de la trabajadora y trabajador.
- 10 de mayo, día de la madre.
- 17 de junio, día del padre.
- Fiestas titulares de la república (1 al 7 de agosto)
- 15 de septiembre, día de la independencia patria.
- 2 de noviembre, día de los difuntos.
- Del 24 de diciembre al 2 de enero, ambas fechas inclusive.
- Los días que por decreto legislativo se establezcan.

⁸ Datos según “Reformas al reglamento interno de trabajo del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional”

3.7.3.3. SCHEDULE SETS

En la sub-pestaña “Schedule Sets” como se muestra en la Figura 3.20 se puede crear un conjunto de horarios, los cuales son horarios por defecto para los distintos tipos de recinto del edificio. En ellos se puede establecer los horarios por defecto de operación, cantidad de personas, actividad, iluminación, equipos, infiltración de aire, etc. Se recomienda realizar un conjunto de horarios por cada tipo de recinto. Por ejemplo, para oficina, bodega, recepción, auditorium, servicios sanitarios, corredores, etc.

En este caso se modifica el conjunto de horarios por defecto, que contiene la plantilla de oficina que se carga inicialmente, esto facilita el trabajo de establecer el conjunto de horarios por recinto, aunque el mayor trabajo es definir los horarios individuales, ajustándolos al horario real del edificio. Para agregar horarios en los espacios del conjunto de horarios, se puede arrastrar desde la sección derecha en la pestaña “My model” (horarios que se crean manualmente) o desde “Library” (horarios por defecto de la plantilla que se carga inicialmente).

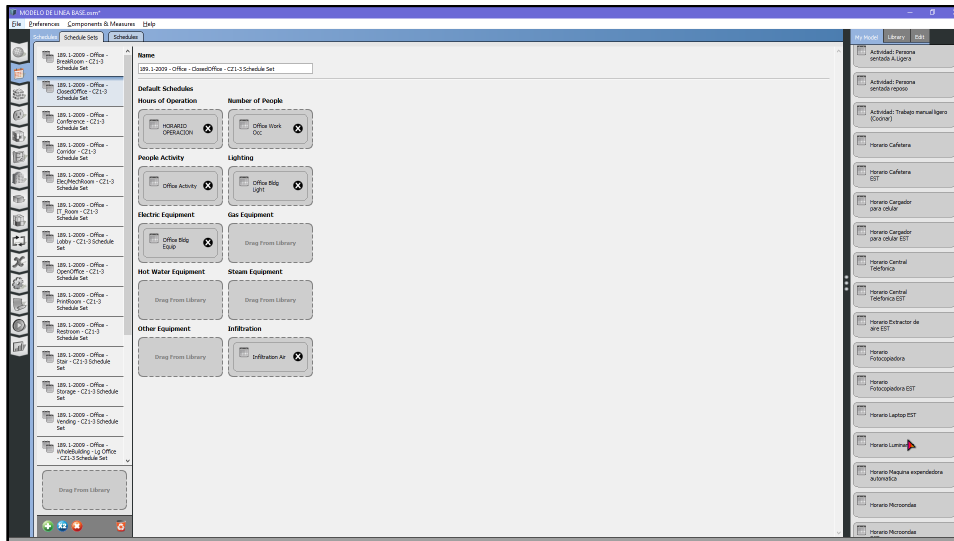


Figura 3.20 Construcción de conjunto de horarios.

3.7.4. CONSTRUCTIONS

Esta sección del programa OpenStudio, es la que define los componentes de construcción de todas las estructuras del edificio, en este caso paredes, ventanas, puertas, piso y techo. Al cargar una plantilla al modelo, automáticamente se cargan una serie de construcciones para edificios tipo oficinas como se muestra en la Figura 3.21. Por supuesto, estas construcciones son todas modificables. Para crear conjuntos de construcciones para las diferentes superficies del edificio, es necesario crear primero los materiales de construcción y luego crear las construcciones uniendo los diferentes materiales en capas.

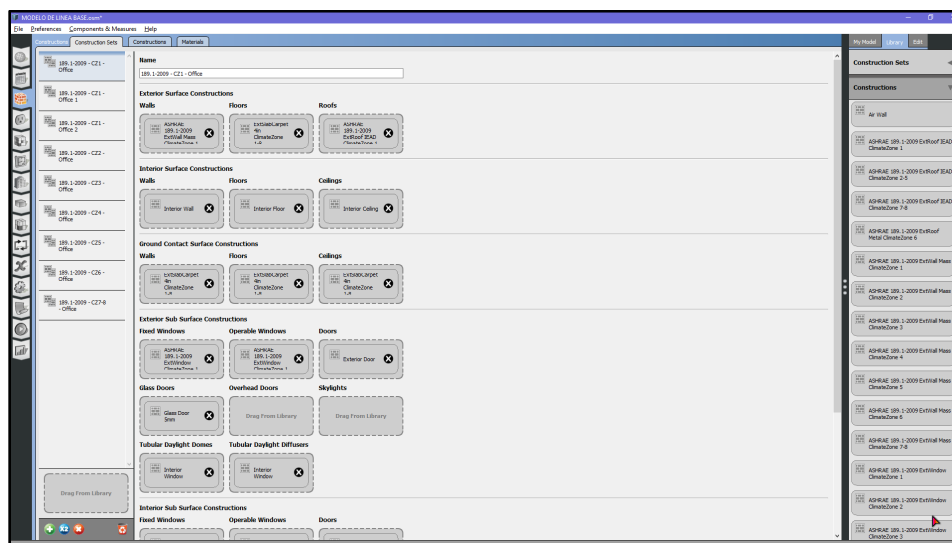


Figura 3.21 Pestaña de conjunto de construcciones.

3.7.4.1. MATERIALS

La sub-pestaña “materials” permite crear y editar materiales de construcción con el botón (+) en la esquina inferior izquierda, para definir las superficies del edificio (Figura 3.22). Los materiales pueden estar organizados en categorías, algunas de ellas son:

- Materiales sin masa.
- Materiales de aire.
- Materiales de vidrio para ventanas.
- Material blindado para ventanas.

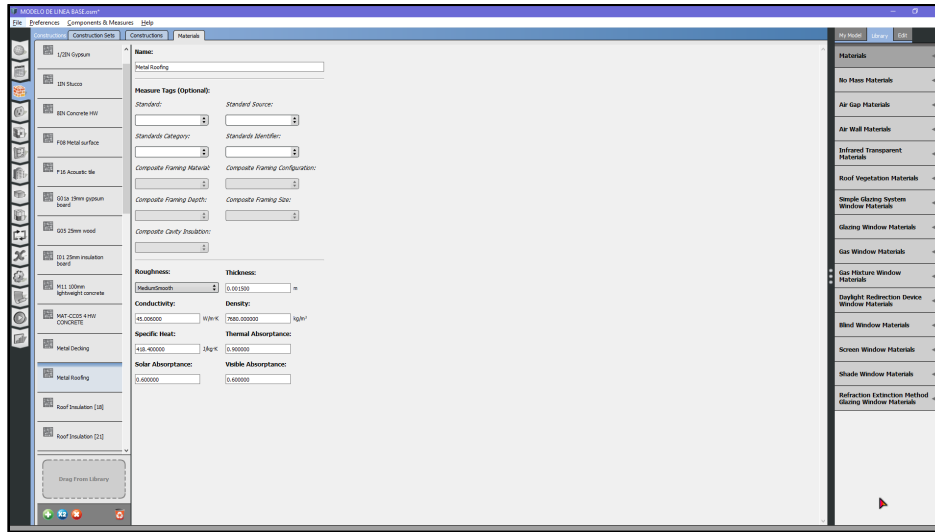


Figura 3.22 Sub-pestaña de materiales de construcción.

Al crear nuevos materiales es necesario definir sus parámetros físicos con sus respectivas unidades, algunos parámetros de estos materiales son difíciles de conseguir dependiendo del material que se desea simular. Algunos de estos parámetros para completar la descripción del material son:

- Rugosidad.
- Espesor.
- Conductividad.
- Densidad.
- Calor específico.
- Absorción térmica, solar y visible.

3.7.4.2. CONSTRUCTIONS

Las construcciones son un conjunto de materiales que, se agregan en forma de capa en la sección “Layer” que se muestra en la Figura 3.23. los materiales más externos van colocados en la parte superior del “Layer”, mientras que los más internos van hasta el final. La figura 3.23 muestra un ejemplo de la construcción de un techo, en la parte más externa tiene una membrana de techo, en el centro contiene aislante y en la parte interna contiene una base de metal.

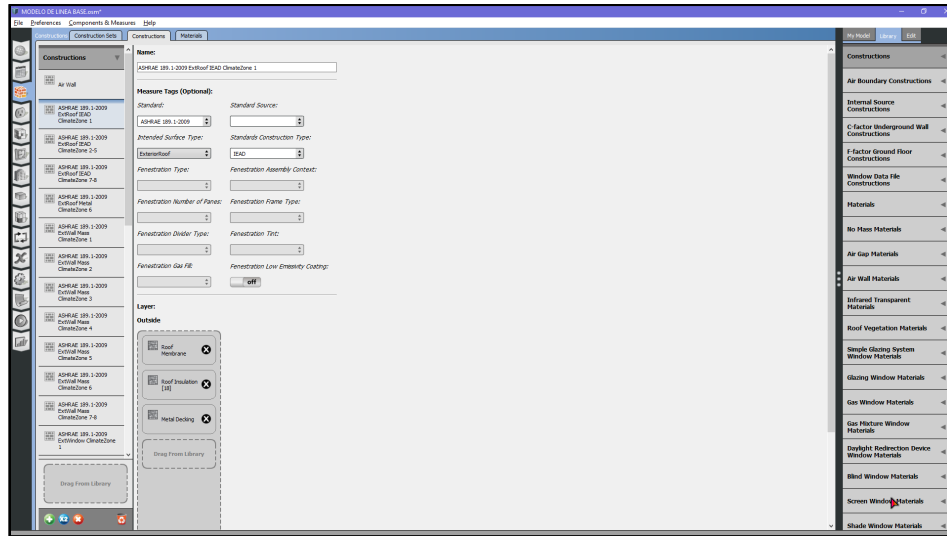


Figura 3.23 Creación de construcciones a partir de materiales.

3.7.5. LOADS

En esta pestaña se encuentran las definiciones de carga del edificio, como se observa en la Figura 3.24 están organizados por categorías, estas cargas alteran el comportamiento de la ganancia de calor en cada uno de los recintos del edificio. Por lo tanto, incorporan carga térmica a los equipos climatizadores en cada una de las zonas térmicas que se definen al inicio; Cada carga definida está ligada a un horario específico. Las definiciones de carga más usadas son:

- **People definitions:** Las cargas definidas representan las ganancias internas propias de los ocupantes. El calor se genera en el cuerpo humano por oxidación a una velocidad llamada tasa metabólica, por lo que, se requiere tener en cuenta el calor aportado por el mismo. Se puede especificar directamente por el número de personas, la cantidad de personas por metro cuadrado o por metro cuadrado de piso por persona.
- **Luminaire definitions:** Las cargas definidas representan en primer lugar consumo eléctrico y en segundo ganancia interna de calor. Las luminarias también proporcionan ganancias radiantes. El efecto Joule está presente en las luminarias generando ganancia de calor a la instancia en la que se encuentran. Al especificar la potencia eléctrica de la luminaria también debe especificarse la fracción radiante y visible, que difieren dependiendo del tipo de luminaria si es incandescente, fluorescente o LED.
 - **Fracción radiante:** Es la fracción de calor por iluminación que afecta a la zona como radiación de onda larga (térmica).

- **Fracción visible:** Es la fracción de calor por iluminación que afecta a la zona como radiación de onda corta (visible).⁹
- **Electric equipment definitions:** Al igual que las luminarias representan consumo eléctrico directo y ganancia de calor en el recinto. En caso de desconocer los valores se puede hacer una estimación de la potencia de los equipos, siempre y cuando sean razonables y lógicos.

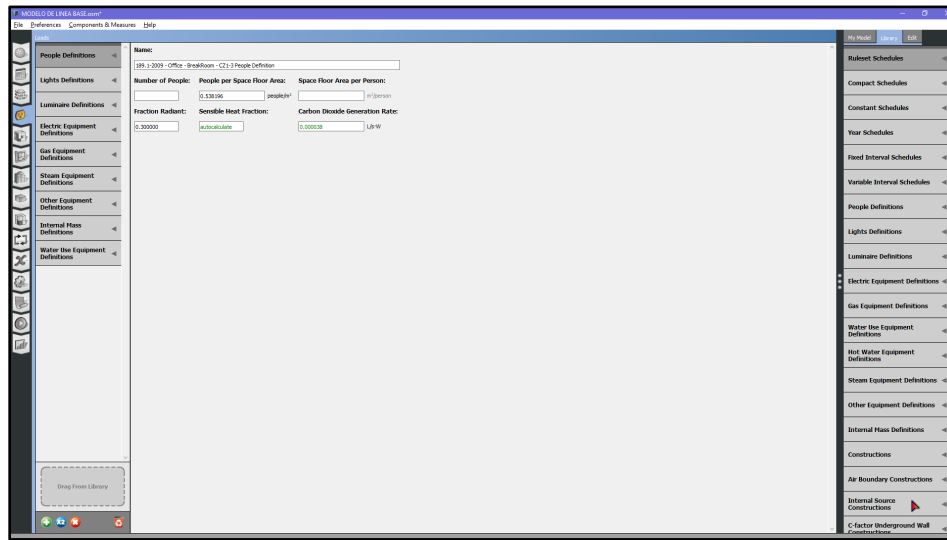


Figura 3.24 Creación y edición de cargas del edificio.

3.7.6. SPACE TYPES

Así como los conjuntos de construcción están compuestos por construcciones, que a su vez están compuestas de materiales, OpenStudio define los tipos de espacio en términos de edificios más pequeños, bloques que pueden ensamblarse de manera flexible para describir una variedad de actividades programáticas. En general, los tipos de espacio de OpenStudio están definidos por un conjunto de cargas térmicas y programaciones. En conjunto, estas cargas consumen energía y añaden calor a un espacio como función del tiempo como se muestra en la Figura 3.26.

Un tipo de espacio puede aplicarse a múltiples espacios si dentro de ellos tienen lugar actividades similares, equipos similares, luminarias similares e infiltración de aire similar. Al igual que con el conjunto de construcciones, los tipos de espacio también se pueden importar de otros OSM para acelerar el proceso de modelado aún más.

⁹ Fuente: Manual de ayuda DesignBuilder en español, versión 2014.12.03, Arturo Ordoñez García.

Space Type Name	AI	Rendering Color	Default Construction Set	Default Schedule Set	Design Specification Outdoor Air	Space Infiltration Design Flow Rates	Space Infiltration Effective Leakage Areas
Office	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	[95.1.2009 - C21 - Office]	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration	
Espacio interno para librería	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	[95.1.2009 - C21 - Office]	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration	
TB13 Archivos de alta densidad	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	[95.1.2009 - Storage]	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration 97	
TB13 Archivos livianos y bodega de papeles	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	[95.1.2009 - Storage]	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration 98	
TB13 Aseo	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	[95.1.2009 - Storage]	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration 99	
TB13 Corredor 85	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	Horario Servicio sanitario	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration 100	
TB13 Corredor 91	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	Horario Servicio sanitario	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration 101	
TB13 Corredor 92	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	Horario Servicio sanitario	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration 102	
TB13 Corredor principal	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	[95.1.2009 - Office - Closed]	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration 104	
TB13 Cuarto eléctrico	<input type="checkbox"/>		[95.1.2009 - C21 - Office]	[95.1.2009 - Storage]	No Mechanical Ventilation	Office - ClosedOffice - C21.1 Infiltration 103	

Figura 3.25 Pestaña de tipos de espacios.

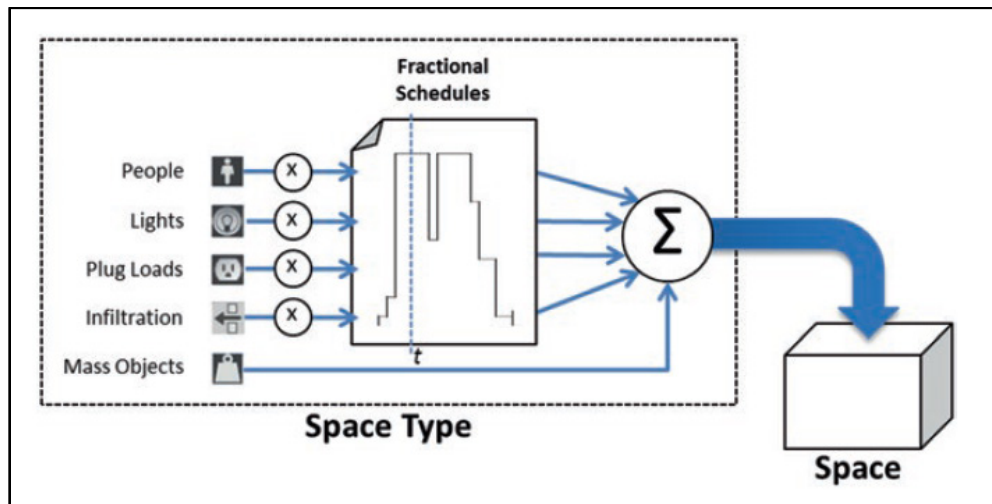


Figura 3.26 Representación gráfica de modelado de espacios en OpenStudio.

3.7.6.1. CREACIÓN DE UN TIPO DE ESPACIO.

Para crear un nuevo tipo de espacio, se dirige al botón (+) en la esquina inferior izquierda como se muestra en la Figura 3.25. Aparece un nuevo tipo de espacio como se muestra en la Figura 3.27, al cual se agrega los siguientes conjuntos:

- Conjunto de construcción por defecto.
- Conjunto de horarios por defecto.
- Diseño de especificación de aire exterior.
- Diseño del valor de flujo por infiltración.

En secciones anteriores se aborda el conjunto de construcciones y horarios, lo nuevo que aparece aquí es la especificación de aire exterior y la infiltración de aire. La infiltración es aire exterior no acondicionado que ingresa a un espacio a través de huecos sobre puertas o ventanas que se abren periódicamente. Diseño de especificación de aire exterior es aire exterior fresco no acondicionado que se trae intencionalmente en el edificio para la salud de los ocupantes. En otras palabras, uno requiere ventilación mecánica y el otro no. Estos objetos están cargados en la librería en la sección derecha y se pueden arrastrar a los espacios designados por el tipo de espacio.

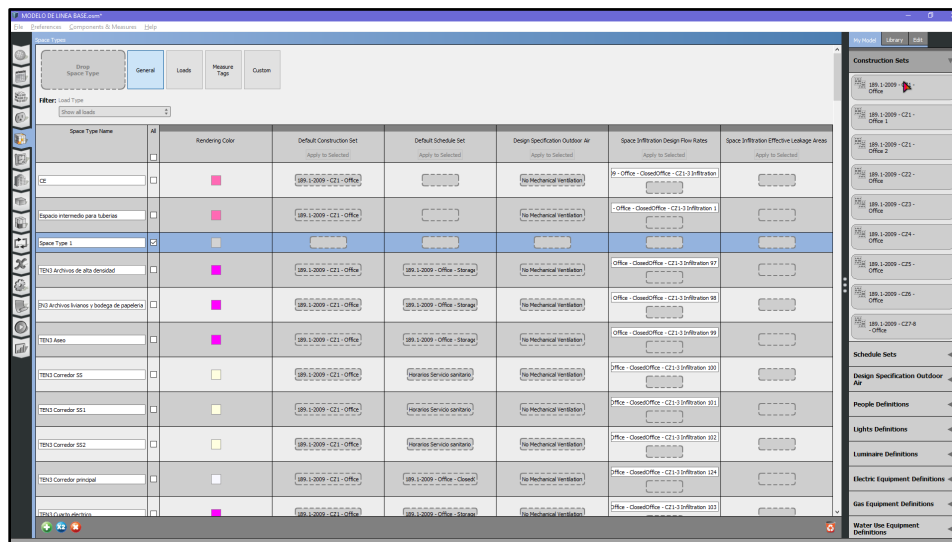


Figura 3.27 Creación de un tipo de espacio.

3.7.6.2. CONFIGURACIÓN DE CARGAS EN NUEVO TIPO DE ESPACIO.

En la sub-pestaña “Loads” como muestra la Figura 3.28. se puede arrastrar las definiciones de cargas de la parte derecha de la ventana hacia el nuevo tipo de espacio. Los horarios por defecto se cargan automáticamente al tipo de carga seleccionado, se recomienda crear un nuevo horario por cada equipo eléctrico que se puede llegar a usar en los espacios, debido a que, el conjunto de horarios contiene un único horario para los equipos electrónicos en general. Esto presenta inconvenientes en el modelado, por ejemplo, la diferencia de uso de una computadora en horario laboral y una televisión que se usa en horario de descanso. En este sentido, es necesario cargar manualmente cada horario para cada nueva definición de equipos eléctricos en el espacio.

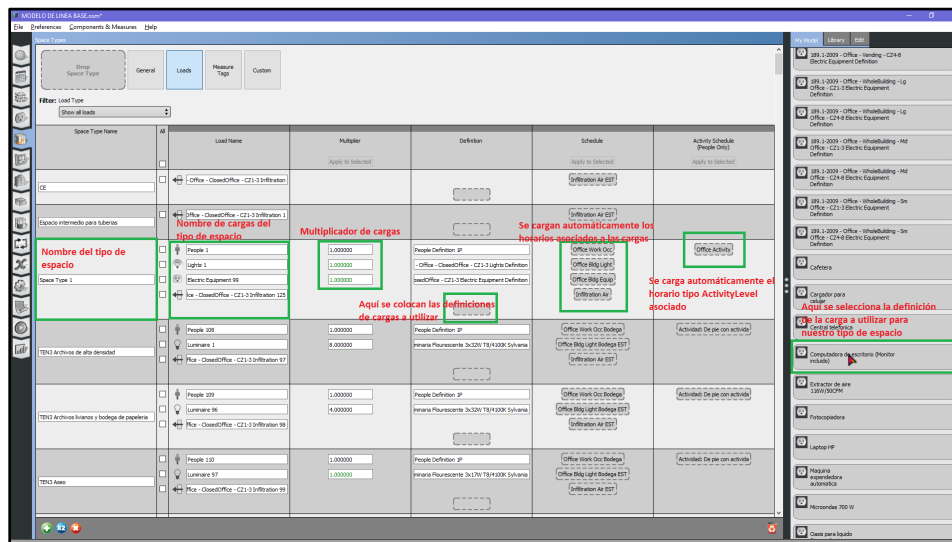


Figura 3.28 Configuración de cargas para un nuevo tipo de espacio creado.

3.7.7. GEOMETRY

En esta sección se puede visualizar el modelo 3D que se crea inicialmente en SketchUp como se muestra en la Figura 3.29, sin necesidad de tener abierto el programa de SketchUp, aquí se pueden configurar los modos de renderizado del edificio y ocultar superficies que no se quieren ver, tener en cuenta que no tiene efecto sobre el modelo original en SketchUp. Funciona como ventana externa al modelo 3D, en el caso que, solo se quiera tener abierto el propio programa de OpenStudio.

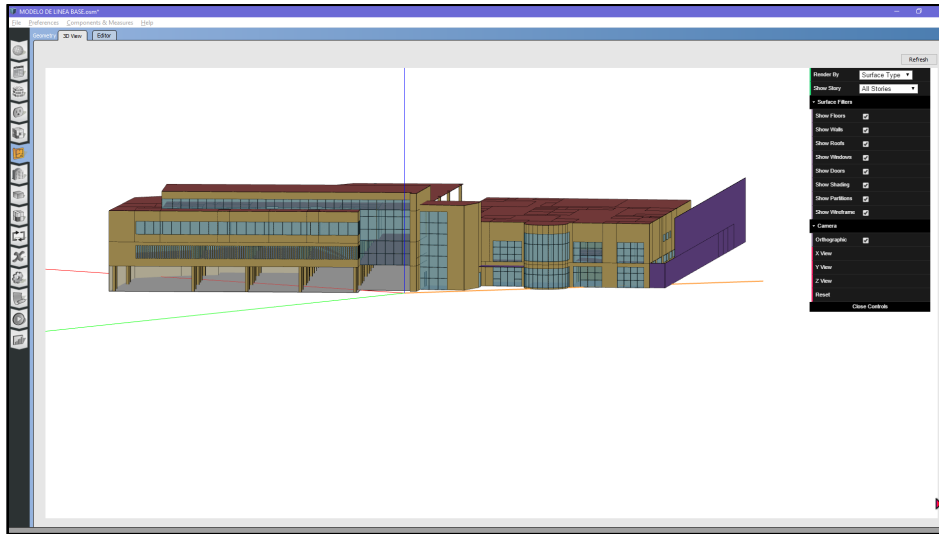


Figura 3.29 Modelo 3D del edificio visto directamente desde OpenStudio.

3.7.8. FACILITY

La pestaña facility (Figura 3.30) incluye configuraciones por defecto para el edificio, historias, sombreado y equipo exterior. El objeto “Building” contiene elementos de construcción, horarios o tipo de espacio de nivel superior. La orientación del edificio se puede especificar en “North Axis”, los grados positivos son en sentido anti horario, para el modelo se toma la fachada del edificio central como referencia y se encuentra al noroeste a 60° respecto al norte.

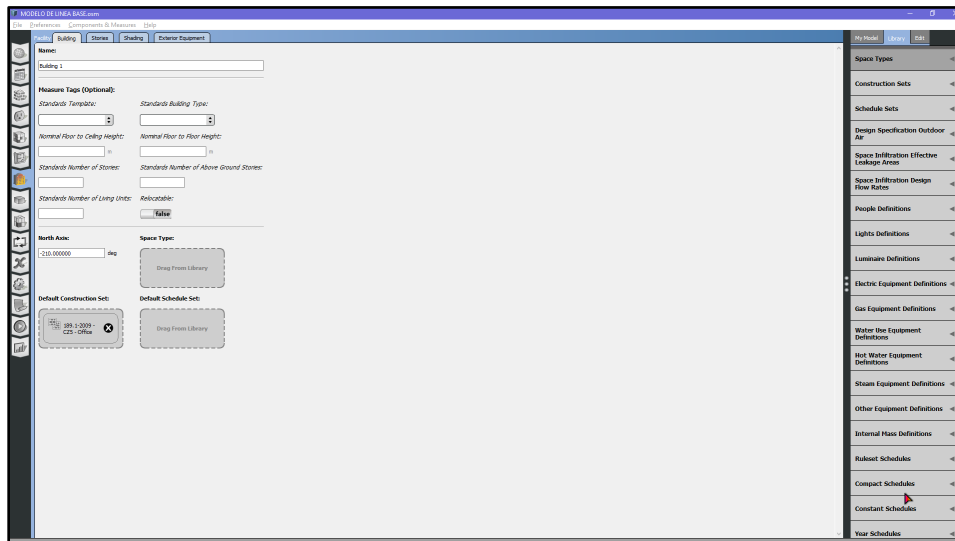


Figura 3.30 Pestaña Facility y sub-pestaña Building de OpenStudio.

La sub-pestaña Stories contiene la información de construcción del edificio que se basa en el historial de construcción en SketchUp, como se muestra en la Figura 3.31. Cada historial de construcción tiene su correspondiente color de renderizado, el cual se puede activar la visualización con la herramienta “Render by Building Story” en SketchUp.

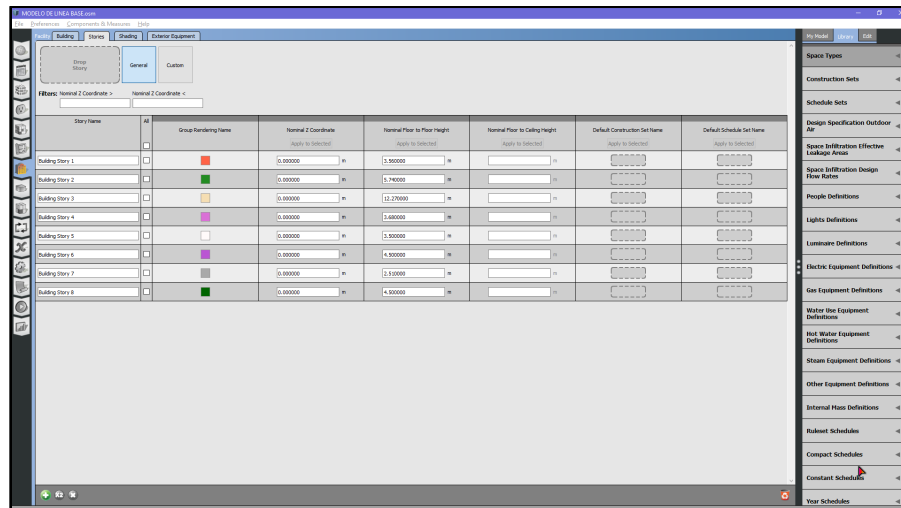


Figura 3.31 Sub-pestaña Stories de Facility en OpenStudio.

La sub-pestaña mostrada en la Figura 3.32, muestra las superficies de sombreado creadas, con la posibilidad de agregar horarios de transmitancia, este horario debe ser de tipo fraccional. Un valor 1 representa una superficie transparente y un valor 0 representa una superficie totalmente opaca.

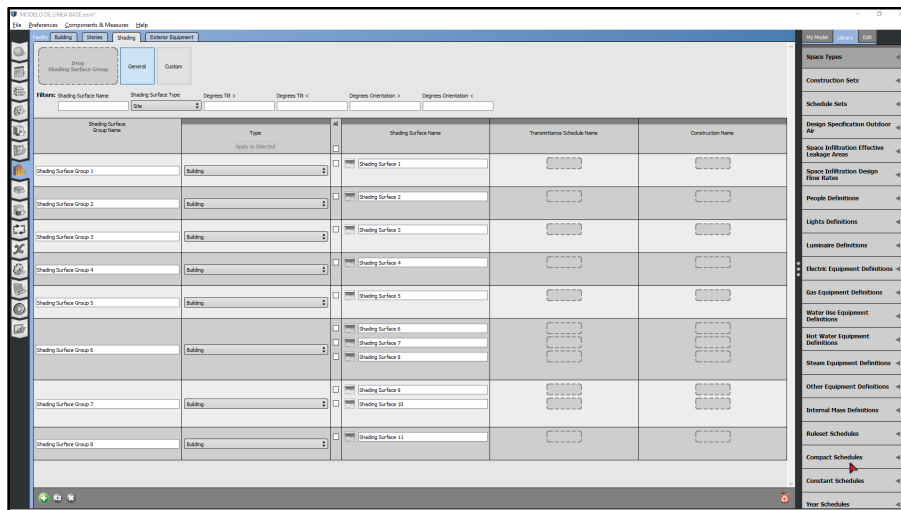


Figura 3.32 Sub-pestaña Shading de Facility en OpenStudio.

3.7.9. SPACES

En esta pestaña principal izquierda del programa se detallan los diferentes espacios del modelo que se crean previamente en SketchUp, como se muestra en la Figura 3.33, en este punto es difícil de identificar a qué tipo de espacio se refiere si no se nombran antes en SketchUp. Esto facilita la organización de la información que se tiene de cada uno de los recintos del edificio. Al lado izquierdo de la ventana se encuentra la lista de espacios que se crea, al lado derecho se encuentran las casillas a completar con la información específica a cada espacio que se crea; En la parte superior se encuentran las categorías con los atributos, que se pueden inspeccionar de cada espacio del modelo, los cuales son:

- **Properties:** Los espacios se definen por el tipo de historia, zona térmica, el tipo de espacio, con conjunto de construcciones y horarios.
- **Loads:** En esta categoría se encuentran las cargas asociadas al espacio (personas, iluminación, equipos eléctricos, etc).
- **Surfaces:** Aquí se encuentran las superficies que forman cada espacio, el tipo de superficie de cada una (pared, suelo y techo), la construcción de cada superficie, las condiciones exteriores a cada superficie (expuestas a sol y viento).
- **Subsurfaces:** En esta categoría se agrupan las sub-superficies (ventanas y puertas) de cada espacio, se especifica si son ventanas fijas u operables, se especifica el tipo de construcción de estos elementos.
- **Interior partitions:** Esta categoría se utiliza en el caso que un espacio tenga particiones interiores.
- **Shades:** En el caso que un espacio disponga de elementos de sombreado, estos se reflejan en esta categoría, se puede editar cada elemento individualmente.

Para modelos con una gran cantidad de espacios, como lo es este trabajo de investigación, no es recomendable editar atributos en esta pestaña de “Spaces” a excepción del relleno de casillas en la categoría de “properties” que son de carácter obligatorio. Debido que, el programa se congela o se ralentiza por grandes periodos al cargar los grandes listados de superficies, cargas y otros elementos que contienen estas categorías. Es más rápido editar estos elementos en la pestaña “Space types”.

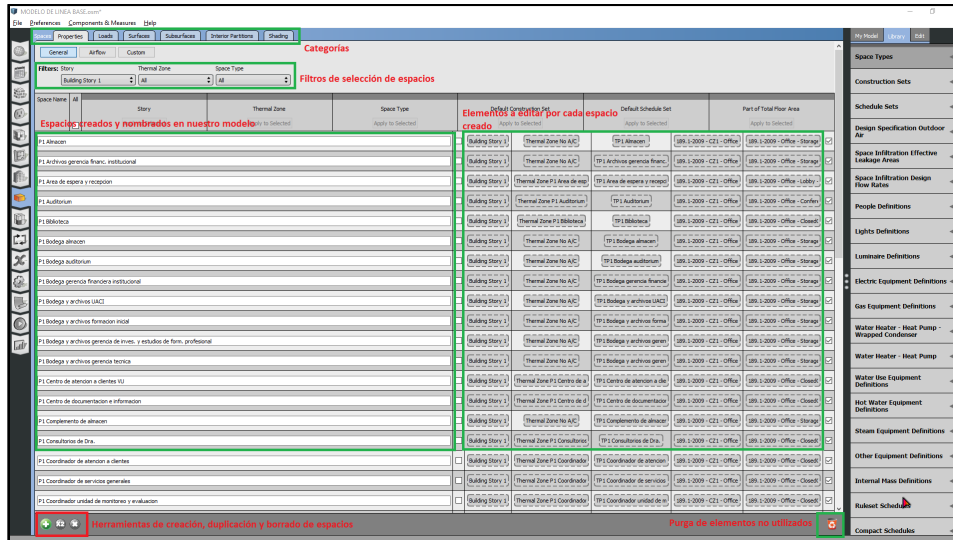


Figura 3.33 Inspección y edición de espacios creados y nombrados previamente en SketchUp.

A modo de inspeccionar y verificar las cargas de cada espacio, se puede entrar a la categoría de “Loads” siempre en la misma pestaña principal de “Spaces” (Figura 3.34). Estas cargas de color verde no se pueden modificar, se observa que se deshabilitan los botones de duplicación y borrado en la esquina inferior izquierda. Las únicas cargas que se pueden modificar son las nuevas que se agreguen en la casilla de “Definition” de cada espacio, no se recomienda modificar cargas aquí, si no, en la pestaña principal de tipos de espacios.

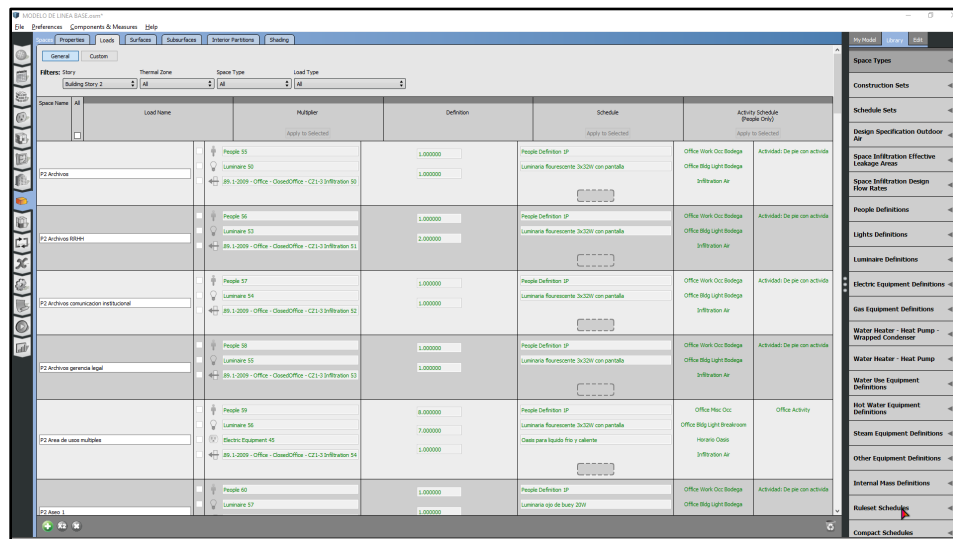


Figura 3.34 Inspección de cargas en los espacios creados del modelo.

3.7.10. THERMAL ZONES

En esta sección se deben crear las zonas térmicas que contiene el edificio (Figura 3.35), al principio de este capítulo se define que es una zona térmica. Es importante mencionar que una zona térmica puede contener uno o más espacios del edificio, pero los espacios solo pueden contener una sola zona térmica.

Las columnas “Air Loop Name” y “Zone Equipment” están asociadas al sistema HVAC que climatiza esa zona térmica, estos objetos se agregan aquí automáticamente al conectar un terminal de salida de aire a la zona térmica correspondiente. Esto se explica en la siguiente sección de HVAC systems. La columna “Turn on ideal air loads” funciona para simular las zonas térmicas de manera ideal, sin crear los sistemas HVAC, no se recomienda utilizar esta opción para análisis térmico o energético del edificio.

Name	AI	Rendering Color	Turn On Ideal Air Loads	Air Loop Name	Zone Equipment	Cooling Thermostat Schedule	Heating Thermostat Schedule	Humidifying Setpoint Schedule	Dehumidifying Setpoint Schedule	Multiplier
Zone E10 Corridor principal	<input type="checkbox"/>	Red	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-4	Diffuser N3-4	HWAC23C				1
Zone E10 Director ejecutivo	<input type="checkbox"/>	Purple	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-30	Diffuser N3-30	HWAC23C				1
Thermal Zone E10 Kitchen1	<input type="checkbox"/>	Green	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-2	Diffuser N3-2	HWAC23C				1
Oficina consultor temporal 1	<input type="checkbox"/>	Red	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-14	Diffuser N3-14	HWAC23C				1
Oficina consultor temporal 2	<input type="checkbox"/>	Green	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-6	Diffuser N3-6	HWAC23C				1
Thermal Zone E10 Presidente	<input type="checkbox"/>	Green	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-11	Diffuser N3-11	HWAC23C				1
Thermal Zone E10 Supervisor	<input type="checkbox"/>	Green	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-9	Diffuser N3-9	HWAC23C				1
Zone E10 Sala de reuniones	<input type="checkbox"/>	Purple	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-5	Diffuser N3-5	HWAC23C				1
Reuniones consejo directivo	<input type="checkbox"/>	Yellow	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-1	Diffuser N3-1	HWAC23C				1
Sala de reuniones directivo	<input type="checkbox"/>	Yellow	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-7	Diffuser N3-7	HWAC23C				1
Sala de reuniones directivo	<input type="checkbox"/>	Yellow	<input type="checkbox"/>	HWAC N3-9	Diffuser N3-9	HWAC23C				1
				HWAC N3-12	Diffuser N3-12	HWAC23C				1

Figura 3.35 Zonas térmicas del modelo energético del edificio.

Lo importante a configurar en esta sección es en la columna “Cooling Thermostat Schedule”, a la cual se le debe agregar en las casillas un horario de tipo temperatura, que representa la temperatura la cual está fijado el termostato del equipo climatizador. También es necesario agregar una zona térmica, que represente las zonas no climatizadas, como pueden ser: baños, almacenes, cuartos eléctricos, etc.

3.7.11. HVAC SYSTEMS

En esta sección del programa se crean, inspeccionan y editan los sistemas HVAC del modelo. La industria HVAC ofrece una gran variedad de diseños y productos de sistemas. OpenStudio y EnergyPlus pueden modelar sistemas de uso común, así como diseños que son mucho más difíciles de entender. OpenStudio organiza los sistemas HVAC en tres categorías básicas: HVAC de zona, sistemas de aire y sistemas de planta.

3.7.11.1. CREACIÓN DE UN NUEVO SISTEMA HVAC

Para crear un nuevo modelo, se da clic al botón (+) que se encuentra en la parte superior izquierda (Figura 3.36), automáticamente se abre una ventana que muestra diferentes opciones de HVAC que se pueden crear; bombas de calor, sistemas de expansión directa, sistemas VAV (volumen de aire variable), calentadores de gas, circuitos ACS (agua caliente sanitaria), circuitos vacíos de aire o de agua. Estas opciones vienen acompañadas de iconos con cuatro imágenes dentro. De izquierda a derecha representan el tipo de refrigeración, calefacción, ventilador y unidad terminal en la pantalla.

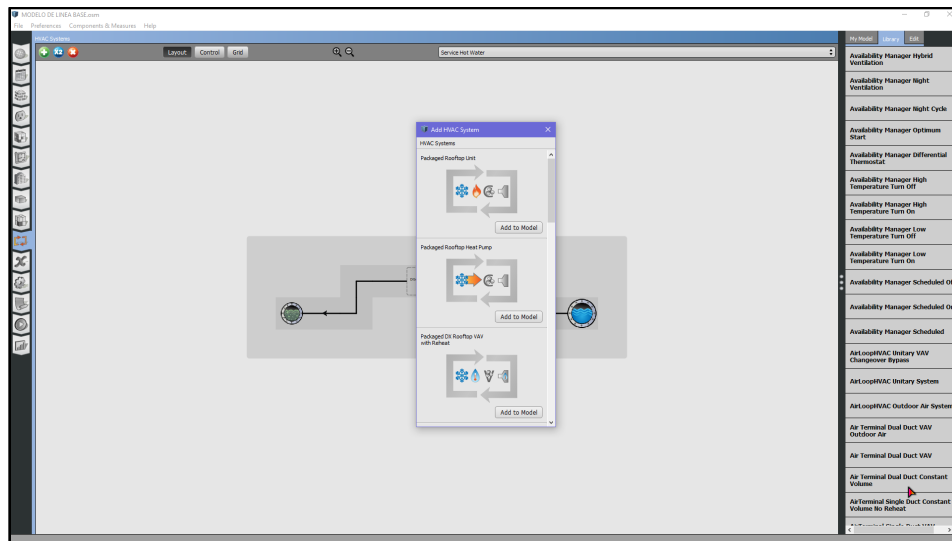


Figura 3.36 Creación de nuevo sistema HVAC.

En este trabajo de investigación solo se analizan sistemas climatizadores tipo aire acondicionado de expansión directa, para modelar este sistema, se selecciona “Packaged Rooftop Unit” de las opciones disponibles para cargar modelos. Se crea el circuito mostrado en la Figura 3.37, que contiene los elementos básicos de un sistema climatizador empaquetado de techo.

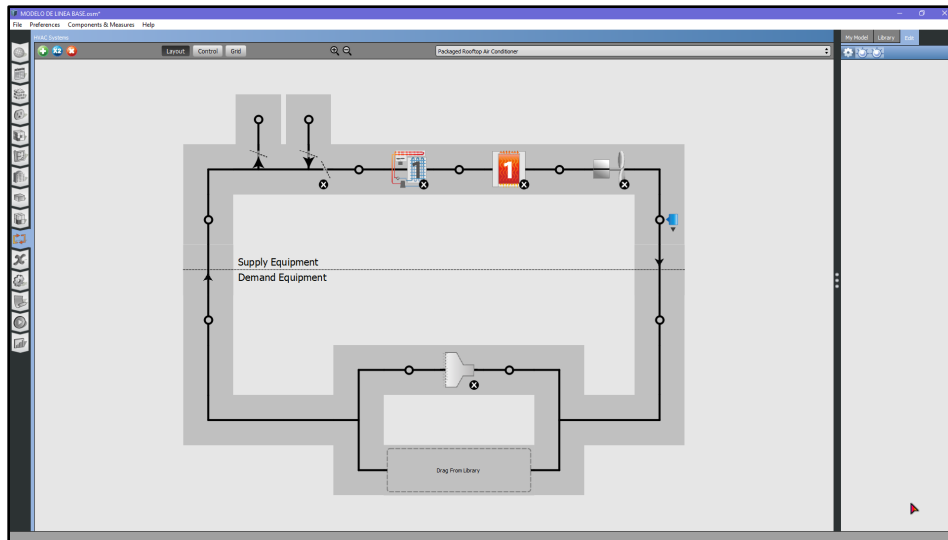


Figura 3.37 Nuevo sistema HVAC tipo Packaged Rooftop Unit.

3.7.11.2. EDICIÓN DEL NUEVO SISTEMA HVAC

Para simular el funcionamiento de un aire acondicionado real, se deben modificar ciertos elementos en el circuito, al seleccionar un elemento aparecen sus propiedades al lado derecho del programa, se modifican uno a uno. Antes de comenzar se debe eliminar el objeto “Coil Heating Gas” del circuito, debido a que, este sistema funciona como calefacción y aire acondicionado, dependiendo de la temperatura ambiente; en El Salvador no existen días con temperaturas muy bajas para necesitar calefacción.

- **Coil Cooling DX Single Speed:** Este elemento representa las bobinas de expansión directa de la unidad condensadora y evaporadora del aire acondicionado, se debe modificar el nombre del elemento para tener una mejor organización de los elementos del circuito, la capacidad de enfriamiento en watts y el COP en watts/watts.

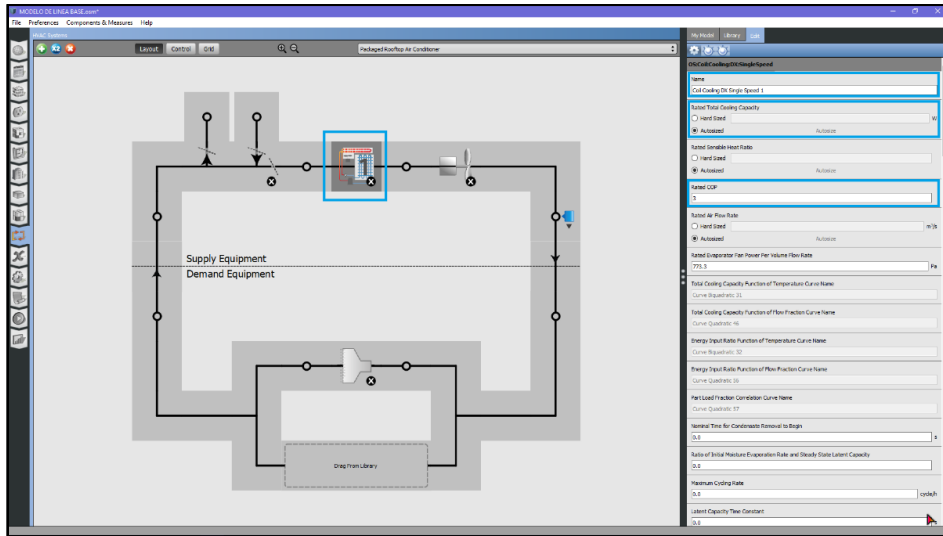


Figura 3.38 Edición de elemento Coil Cooling DX Single Speed.

- Sizing System:** Este elemento representa el dimensionamiento del sistema, se debe modificar la lista desplegable en “Cooling Design Air Flow Method” a “Flow/System” como se muestra en la Figura 3.39. En el recuadro inferior, con nombre “Cooling Design Air Flow Rate” se debe especificar el flujo de aire del sistema en metros cúbicos por segundo.

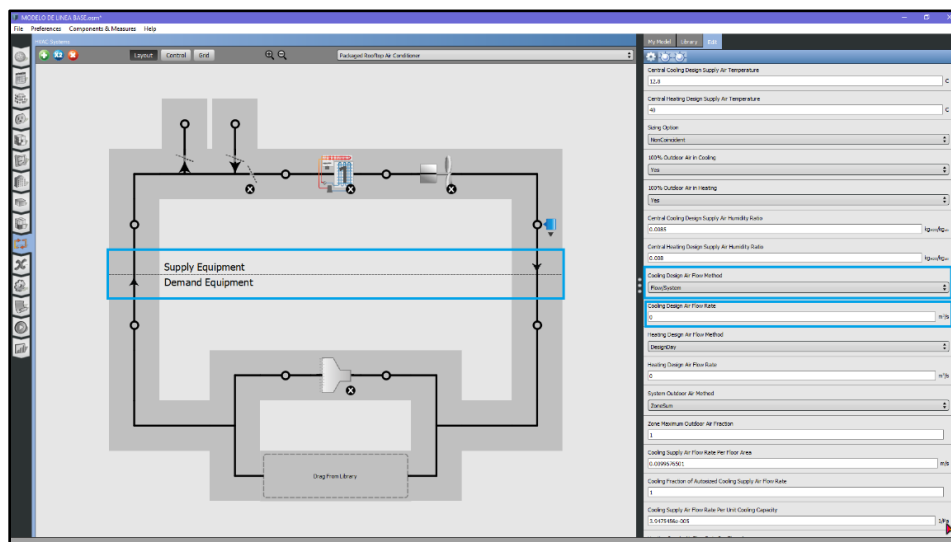


Figura 3.39 Edición de elemento de dimensión del sistema.

- **Setpoint Manager Singlezone Reheat:** Este elemento es el termostato del sistema, se deben establecer los límites máximos y mínimos de temperatura del suministro de aire hacia la zona térmica, en este caso se establece como mínimo 12° C y máximo 20° C. También se debe seleccionar sobre qué zona térmica tiene control este termostato como se muestra en la Figura 3.40.

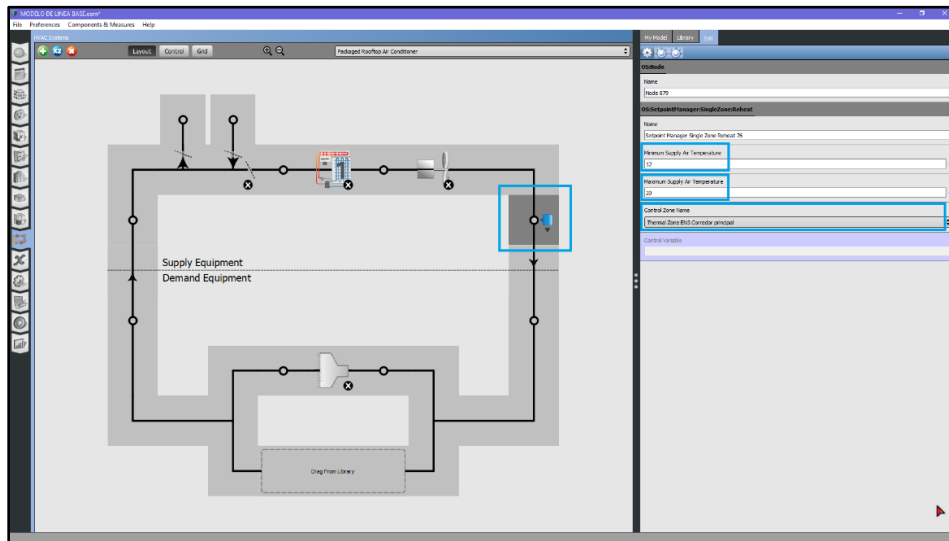


Figura 3.40 Edición de elemento termostato del sistema HVAC.

- **AirLoopHVAC ZoneSplitter:** En esta parte del circuito se debe seleccionar la zona térmica a la cual está conectado el sistema HVAC, En la Figura 3.41 se muestra a la derecha las zonas térmicas disponibles para acoplar al sistema, es posible seleccionar más de una zona térmica. Cuando se seleccionen las zonas térmicas, automáticamente se agregarán los elementos “Zone” al circuito (al lado izquierdo del elemento tipo terminal), a la vez, en la pestaña principal de “Thermal Zones” se agregará automáticamente el nombre del sistema HVAC y el nombre de la terminal de salida a la zona térmica a la cual se está acoplando.

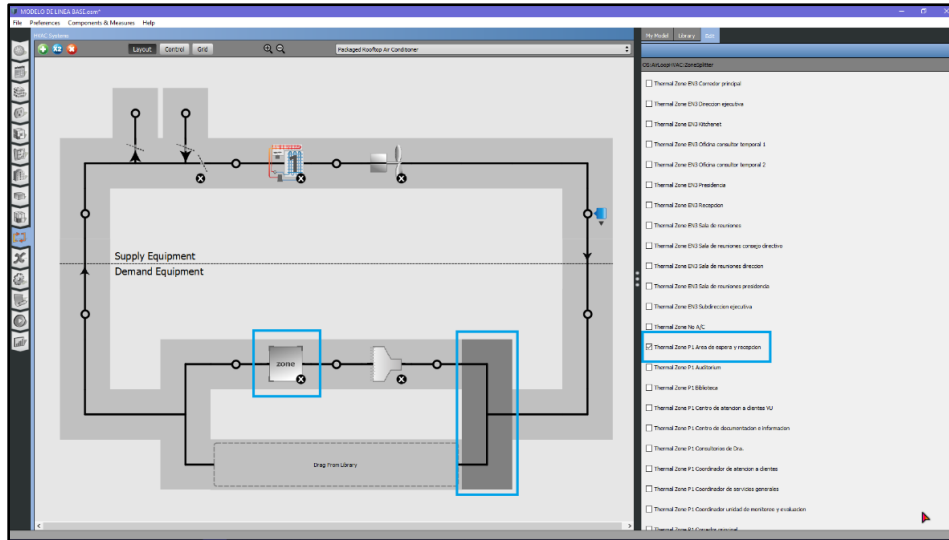


Figura 3.41 Edición de zonas térmicas conectadas al sistema HVAC.

- Control (Time of Operation):** En la parte superior del sistema HVAC, se puede encontrar una pestaña con nombre “Control” al seleccionarla entra en una ventana como se muestra en la Figura 3.42, en la sección de “HVAC Operation Schedule” se debe colocar un horario tipo discreto (OnOff), que determina la operación del sistema HVAC, el cual se debe crear previamente en la pestaña principal de “Schedules”.

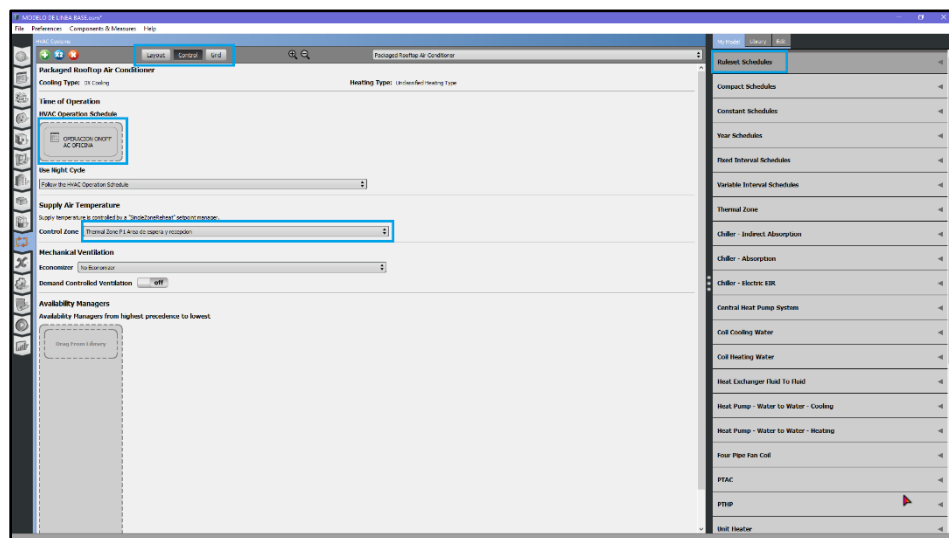


Figura 3.42 Edición de control del tiempo de operación del sistema HVAC.

3.7.12. OUTPUT VARIABLES

En esta pestaña principal aparecen todas las variables de salida posibles en la simulación del programa (Figura 3.43). Todas estas variables están por defecto en “Off”, y se pueden cambiar pulsando el botón correspondiente a “On”. Cuando se activa una variable, se establece los tiempos de simulación de ella, normalmente se utiliza la opción horaria, para no sobrecargar el tiempo de simulación del programa.

Las variables activadas se pueden graficar, después de realizar el proceso de simulación, esto es muy útil para conocer el comportamiento de las variables de salida en un determinado tiempo de simulación. Las variables que se recomienda activar, depende de lo que la persona desea evaluar en la simulación. Como recomendación general se recomienda activar las variables asociadas al consumo eléctrico del edificio y las relacionadas a temperaturas internas de habitaciones.

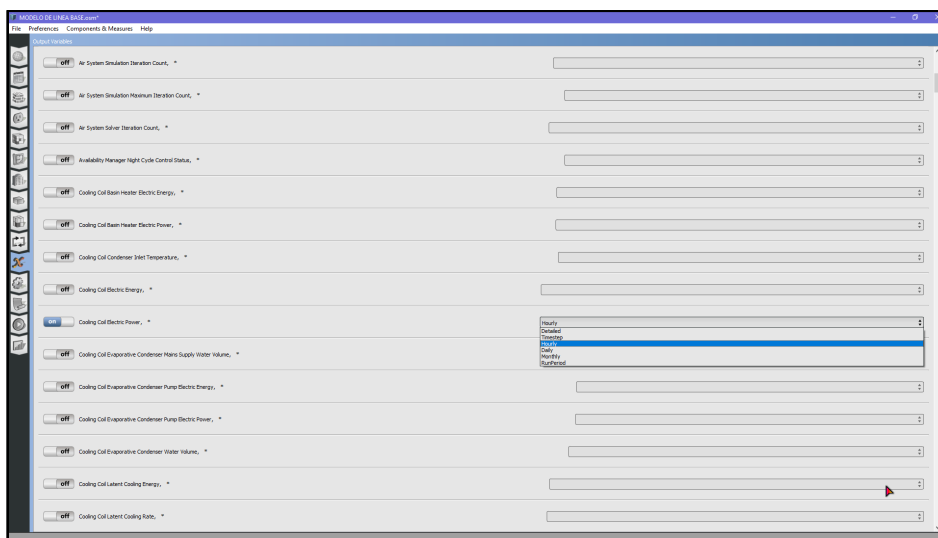


Figura 3.43 Configuración de variables de salida en la simulación del programa.

3.7.13. SIMULATION SETTINGS

En esta pestaña se muestra la configuración avanzada del programa OpenStudio (Figura 3.44), se puede modificar los tiempos de simulación, por defecto se tiene 6 pasos de simulación por hora, esto quiere decir que EnergyPlus realiza cálculos cada 10 minutos en la simulación, alterar este valor implica mayores tiempos de simulación y se vuelve poco óptimo para modelos de gran magnitud.

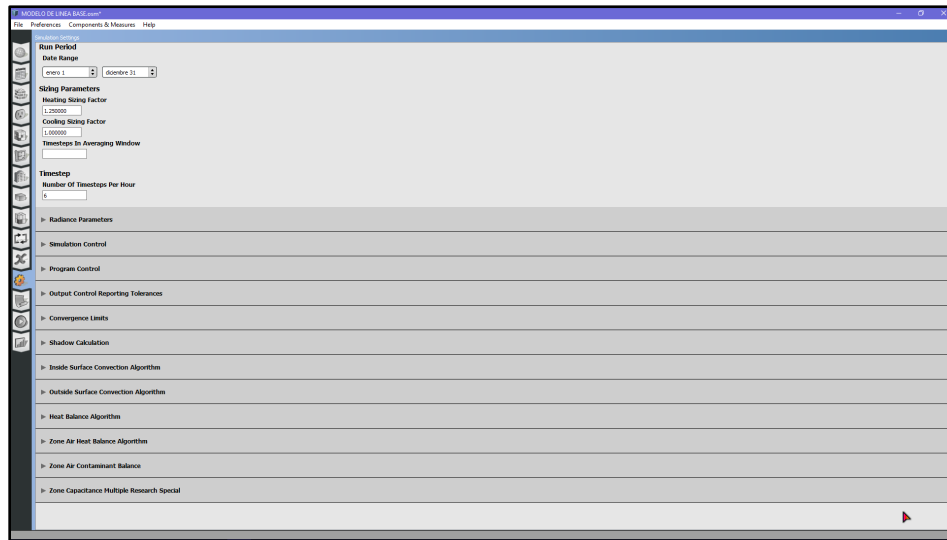


Figura 3.44 Pestaña principal de configuración avanzada de simulación.

3.7.14. MEASURES

Las medidas son complementos de simulación al modelo, tienen por objeto realizar eficiencia energética transformando algunos elementos de la simulación o simplemente cambiando parámetros de manera general en el modelo sin necesidad de cambiarlos uno a uno (OpenStudio Measures y EnergyPlus Measures). Otras medidas se encargan de realizar reportes de simulación en el modelo (Reporting Measures), la recomendación es utilizar “Informe Resultados OS”.

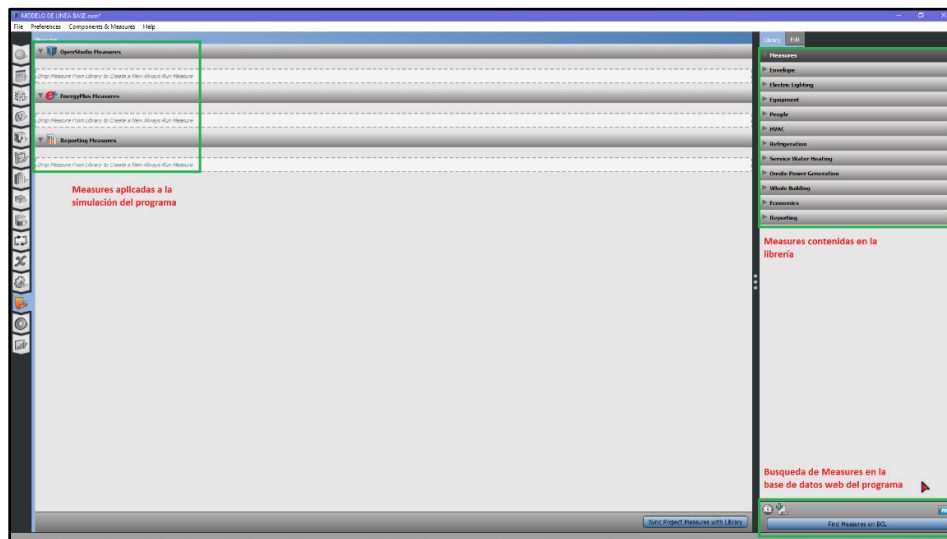


Figura 3.45 Pestaña principal Measures de OpenStudio.

3.7.15. RUN SIMULATION

Esta pestaña muestra los procesos ejecutados al realizar la simulación del modelo (Figura 3.46), en la parte superior se tiene una barra de color verde con un porcentaje de avance del proceso de simulación, en la parte central muestra los nombres de los procesos ejecutados. Si todo se configura bien en el programa y los archivos climáticos se cargan correctamente, no muestra ningún error en la simulación. El tiempo de simulación depende principalmente de la complejidad del proyecto y del número de pasos de simulación definidos en las configuraciones avanzadas del programa.

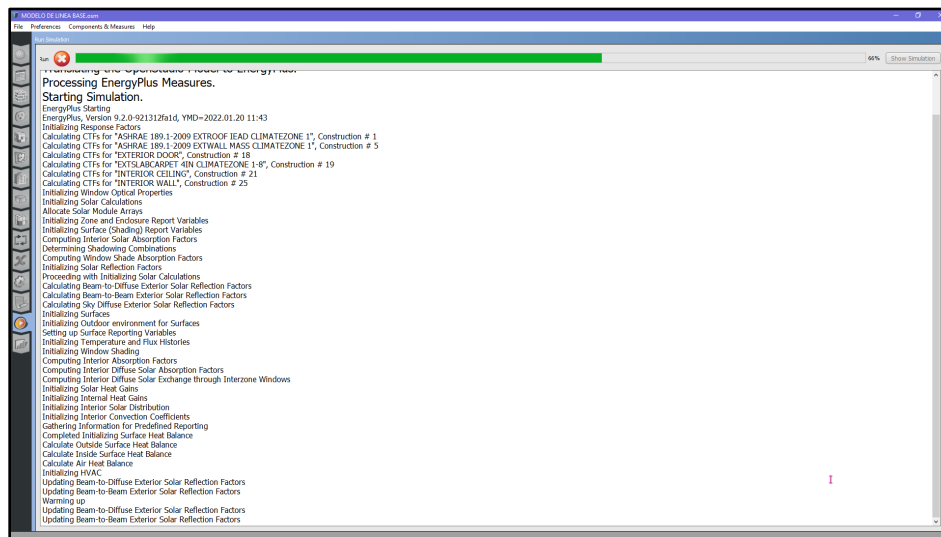


Figura 3.46 Pestaña principal para iniciar simulación de nuestro modelo.

3.7.15.1. INSPECCIÓN Y CORRECCIÓN DE ERRORES DE SIMULACIÓN

En caso de haber un error en los procesos de simulación, la simulación se detiene y debe corregirse el error para poder volver iniciar la simulación correctamente. Al momento de iniciar la simulación se crea automáticamente una carpeta con la misma ubicación y nombre del archivo de extensión <osm> con el que se trabaja en OpenStudio. Se debe buscar en esta carpeta, el archivo con el nombre “eplusout” con extensión tipo registro de errores <err>. Se abre el archivo en el programa bloc de notas del ordenador y en él se detallan los “Warning” y errores “Severe”, el proceso de simulación no se detiene por los “Warning” generados en el proceso, si no, por los errores severos que se deben corregir antes de simular.

3.7.16. RESULTS SUMMARY

Los resultados de la simulación se muestran en esta pestaña, mientras no existan errores, como se muestra en la Figura 3.47. En la sección izquierda se tiene un índice de los resúmenes de resultados, en la parte central se encuentra tablas, gráficos de barra y pastel de los consumos energéticos y la demanda de potencia del edificio, para el año que se selecciona en la simulación de forma mensual como se muestra en la Figura 3.48.

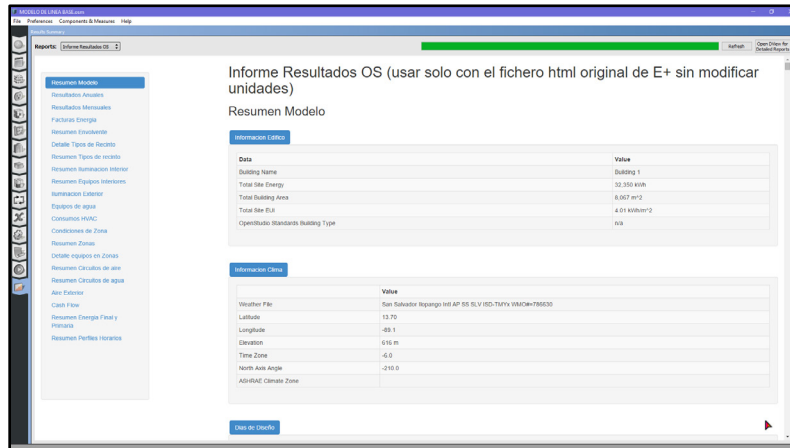


Figura 3.47 Resumen de resultados de simulación.

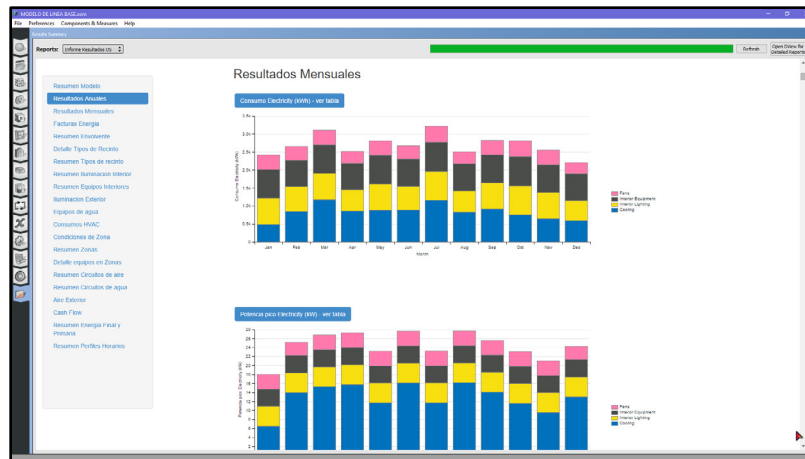


Figura 3.48 Resultados mensuales de consumo y demanda de potencia del modelo energético.

En la esquina superior derecha se puede dar clic en “Open Dview for Detailed Reports”, el cual abre el programa Dview en donde se puede graficar de manera anual, las variables de salida seleccionadas en la simulación como se muestra en la Figura 3.49.

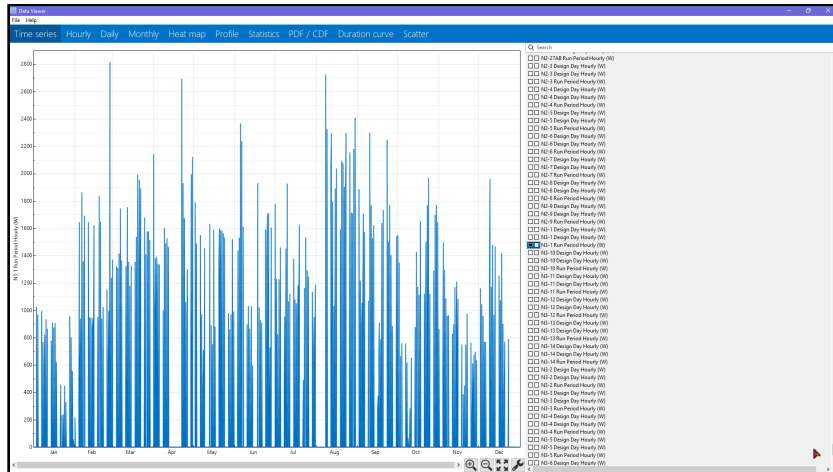


Figura 3.49 Programa Dview para visualización de gráficos de variables de salida.

Otra manera de visualizar los gráficos de las variables de salida, es utilizando el programa “DesingBuilder Results Viewer” como se recomienda al inicio de este capítulo. Se debe buscar y abrir el archivo “eplusout” con extensión <eso>, que se encuentra en la carpeta de simulación que se menciona en la sección anterior de corrección de errores. Este programa es mucho más amigable de utilizar, tiene la posibilidad de graficar varias variables a la vez y mostrarlas en un determinado tiempo de simulación como se muestra en la Figura 3.50.

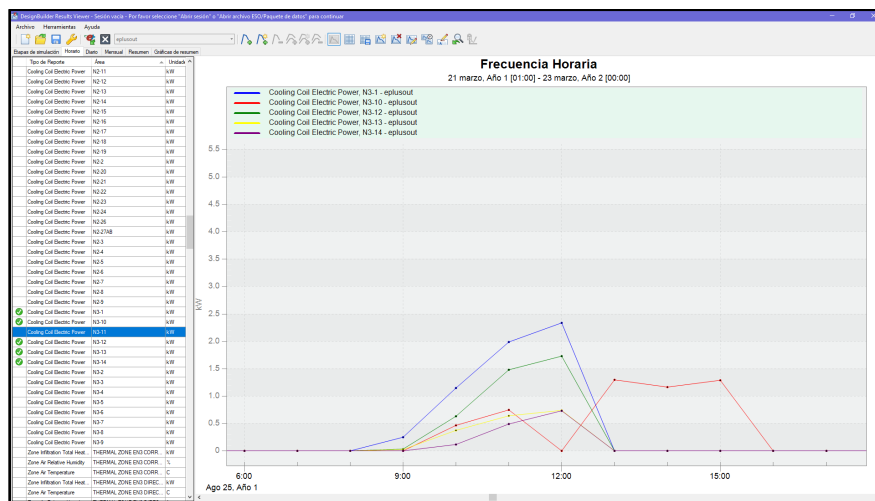


Figura 3.50 Programa Results Viewer para graficar variables de salida en la simulación.

CAPITULO 4

4. IMPLEMENTACIÓN DE MODELADO ENERGÉTICO AL EDIFICIO CENTRAL DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DE FORMACIÓN PROFESIONAL (INSAFORP)

4.1. GENERALIDADES DEL EDIFICIO

El edificio central de INSAFORP se ubica en Parque Industrial Santa Elena, Final Calle Siemens, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador. Cuenta con dos edificaciones como las mostradas en la fotografía real de la Figura 4.1, el edificio de oficinas principal es el de la derecha, cuenta con dos niveles; en la parte izquierda se encuentra el edificio de estacionamiento con tres niveles, el tercer nivel cuenta con oficinas administrativas, además de, espacios de estacionamiento. La orientación de la fachada principal de los edificios es hacia el noroeste, 60° respecto al norte.

El uso actual del edificio es de oficinas administrativas, áreas de conferencias y atención de visitantes de diferentes empresas del país, por lo tanto, representa un edificio de alto flujo personal en horarios laborales en todo el año.



Figura 4.1 Fotografía real del edificio de INSAFORP.

4.2. ZONAS TÉRMICAS

Las zonas térmicas como se mencionan en el capítulo anterior, deben estar definidas por espacios que contengan su propio equipo climatizador o en el caso de no tenerlo, se pueden agrupar los espacios en una sola zona térmica no climatizada, siempre y cuando la temperatura del aire sea similar. Para definir estas zonas térmicas, se auxilia de los planos de distribución de aire acondicionado de todos los niveles de los edificios, también por las visitas hechas al edificio, se establecen los recintos convertidos en bodegas o con equipos de aire acondicionado sin usar. El diseño de zonas térmicas se muestra en las Tablas 4.1 a 4.3 a continuación.

Edificio principal	
Nivel 1	
Nombre del recinto	Zona térmica asociada
P1 Almacén	Thermal Zone No A/C
P1 Archivos gerencia financ. Institucional	Thermal Zone No A/C
P1 Área de espera y recepción	Thermal Zone P1 Área de espera y recepción
P1 Auditorium	Thermal Zone P1 Auditorium
P1 Biblioteca	Thermal Zone P1 Biblioteca
P1 Bodega almacén	Thermal Zone No A/C
P1 Bodega auditorium	Thermal Zone No A/C
P1 Bodega gerencia financiera institucional	Thermal Zone No A/C
P1 Bodega y archivos UACI	Thermal Zone No A/C
P1 Bodega y archivos formación inicial	Thermal Zone No A/C
P1 Bodega y archivos gerencia de inves. Y estudios de form. Profesional	Thermal Zone No A/C
P1 Bodega y archivos gerencia técnica	Thermal Zone No A/C
P1 Centro de atención a clientes VU	Thermal Zone P1 Centro de atención a clientes VU
P1 Centro de documentación e información	Thermal Zone P1 Centro de documentación e información
P1 Complemento de almacén	Thermal Zone No A/C
P1 Consultorios de Dra.	Thermal Zone P1 Consultorios de Dra.
P1 Coordinador de atención a clientes	Thermal Zone P1 Coordinador de atención a clientes
P1 Coordinador de servicios generales	Thermal Zone P1 Coordinador de servicios generales
P1 Coordinador unidad de monitoreo y evaluación	Thermal Zone P1 Coordinador unidad de monitoreo y evaluación
P1 Corredor principal	Thermal Zone P1 Corredor principal
P1 Cuarto de generador e inversores	Thermal Zone No A/C
P1 Cuarto de tableros y rack de datos	Thermal Zone No A/C
P1 Escaleras principales	Thermal Zone No A/C
P1 Gerente UACI	Thermal Zone P1 Gerente UACI
P1 Gerente de formación inicial	Thermal Zone No A/C
P1 Gerente de invest. Y estudios de form. Profesional	Thermal Zone P1 Gerente de invest. y estudios de form. profesional
P1 Gerente financiero institucional	Thermal Zone P1 Gerente financiero institucional
P1 Gerente técnico	Thermal Zone P1 Gerente técnico
P1 oficina del sindicato	Thermal Zone P1 Oficina del sindicato
P1 Recepción ISSS	Thermal Zone P1 Recepción ISSS
P1 SS Consultorios de ISSS	Thermal Zone No A/C
P1 SS Servicios generales H	Thermal Zone No A/C
P1 SS Servicios generales M	Thermal Zone No A/C
P1 SS junto a UACI	Thermal Zone No A/C
P1 SS junto a gerencia financ. Institucional	Thermal Zone No A/C
P1 SS nuevos para auditorium H	Thermal Zone No A/C
P1 SS nuevos para auditorium M	Thermal Zone No A/C
P1 SS visitantes H	Thermal Zone No A/C
P1 SS visitantes M	Thermal Zone No A/C
P1 Sala de reuniones A	Thermal Zone P1 Sala de reuniones A
P1 Sala de reuniones B	Thermal Zone No A/C
P1 Sala de reuniones C	Thermal Zone P1 Sala de reuniones C
P1 Sala de reuniones D	Thermal Zone P1 Sala de reuniones D
P1 Sala de visitantes A	Thermal Zone P1 Sala de visitantes A
P1 Sala de visitantes B	Thermal Zone P1 Sala de visitantes B
P1 Sala de visitantes C	Thermal Zone P1 Sala de visitantes C
P1 Subestación eléctrica	Thermal Zone No A/C
P1 Vestíbulo del auditorium	Thermal Zone P1 Vestíbulo del auditorium

Tabla 4.1 Distribución de zonas térmicas en los recintos del edificio principal nivel 1.

Edificio principal	
Nivel 2	
Nombre del recinto	Zona térmica asociada
P2 Archivos	Thermal Zone No A/C
P2 Archivos RRHH	Thermal Zone No A/C
P2 Archivos comunicación institucional	Thermal Zone No A/C
P2 Archivos gerencia legal	Thermal Zone No A/C
P2 Área de usos múltiples	Thermal Zone P2 Área de usos múltiples
P2 Aseo 1	Thermal Zone No A/C
P2 Aseo 2	Thermal Zone No A/C
P2 Auditor interno	Thermal Zone P2 Auditor interno
P2 Auditoría interna	Thermal Zone P2 Auditoría interna
P2 Aula E Learning	Thermal Zone P2 Aula E Learning
P2 Bodega UTI	Thermal Zone No A/C
P2 Bodega formación continua	Thermal Zone No A/C
P2 Bodega y archivos 1	Thermal Zone No A/C
P2 Bodega y archivos 2	Thermal Zone No A/C
P2 Cabina	Thermal Zone No A/C
P2 Cafetería	Thermal Zone P2 Cafetería
P2 Coordinador de atención a distancia	Thermal Zone P2 Coordinador de atención a distancia
P2 Coordinador de planificación estratégica	Thermal Zone P2 Coordinador de planificación estratégica
P2 Corredor principal	Thermal Zone P2 Corredor principal
P2 Cuarto de servidores	Thermal Zone P2 Cuarto de servidores
P2 Escaleras principales	Thermal Zone P1 Área de espera y recepción
P2 Estudio audiovisual	Thermal Zone P2 Estudio audiovisual
P2 Gerencia de comunicación institucional	Thermal Zone P2 Gerencia de comunicación institucional
P2 Gerencia de formación continua	Thermal Zone P2 Gerencia de formación continua
P2 Gerente UTI	Thermal Zone P2 Gerente UTI
P2 Gerente de RRHH	Thermal Zone P2 Gerente de RRHH
P2 Gerente legal	Thermal Zone P2 Gerente legal
P2 Kitchenet 1	Thermal Zone No A/C
P2 Planta telefónica	Thermal Zone No A/C
P2 SS H1 Norte	Thermal Zone No A/C
P2 SS H2 Norte	Thermal Zone No A/C
P2 SS M Norte	Thermal Zone No A/C
P2 SS2 H Norte	Thermal Zone No A/C
P2 SS2 M Norte	Thermal Zone No A/C
P2 SS3 H Norte	Thermal Zone No A/C
P2 SS3 M Norte	Thermal Zone No A/C
P2 SS4 H Sur	Thermal Zone No A/C
P2 SS4 M Sur	Thermal Zone No A/C
P2 Sala de reuniones A	Thermal Zone P2 Sala de reuniones A
P2 Sala de reuniones B	Thermal Zone P2 Sala de reuniones B
P2 Sala de reuniones C	Thermal Zone P2 Sala de reuniones C
P2 Unidad de tecnología de la información	Thermal Zone P2 Unidad de tecnología de la información

Tabla 4.2 Distribución de zonas térmicas en los recintos del edificio principal nivel 2.

Edificio del estacionamiento	
Nivel 1, 2 y 3	
Nombre del recinto	Zona térmica asociada
Estacionamiento N1	Thermal Zone No A/C
Estacionamiento N2	Thermal Zone No A/C
Estacionamiento N3	Thermal Zone No A/C
EN3 Archivos de alta densidad	Thermal Zone No A/C
EN3 Archivos livianos y bodega de papelería	Thermal Zone No A/C
EN3 Aseo	Thermal Zone No A/C
EN3 Corredor principal	Thermal Zone EN3 Corredor principal
EN3 Corredor SS	Thermal Zone EN3 Corredor principal
EN3 Corredor SS1	Thermal Zone No A/C
EN3 Corredor SS2	Thermal Zone No A/C
EN3 Cuarto eléctrico	Thermal Zone No A/C
EN3 Dirección ejecutiva	Thermal Zone EN3 Dirección ejecutiva
EN3 Escaleras	Thermal Zone No A/C
EN3 Espacio Tub 1	Thermal Zone No A/C
EN3 Espacio Tub 2	Thermal Zone No A/C
EN3 Impresión y copias	Thermal Zone EN3 Recepción
EN3 Kitchenet	Thermal Zone EN3 Kitchenet
EN3 Oficina consultor temporal 1	Thermal Zone EN3 Oficina consultor temporal 1
EN3 Oficina consultor temporal 2	Thermal Zone EN3 Oficina consultor temporal 2
EN3 Presidencia	Thermal Zone EN3 Presidencia
EN3 Recepción	Thermal Zone EN3 Recepción
EN3 SS H	Thermal Zone No A/C
EN3 SS M	Thermal Zone No A/C
EN3 SS1.1	Thermal Zone No A/C
EN3 SS1.2	Thermal Zone No A/C
EN3 SS2.1	Thermal Zone No A/C
EN3 SS2.2	Thermal Zone No A/C
EN3 Sala de reuniones	Thermal Zone EN3 Sala de reuniones
EN3 Sala de reuniones consejo directivo	Thermal Zone EN3 Sala de reuniones consejo directivo
EN3 Sala de reuniones dirección	Thermal Zone EN3 Sala de reuniones dirección
EN3 Sala de reuniones presidencia	Thermal Zone EN3 Sala de reuniones presidencia
EN3 Subdirección ejecutiva	Thermal Zone EN3 Subdirección ejecutiva
EN3 Telefonía y datos	Thermal Zone EN3 Corredor principal

Tabla 4.3 Distribución de zonas térmicas en los recintos del edificio del estacionamiento nivel 1, 2 y 3.

Una vez se realiza la planificación de zonas térmicas, se procede a ingresarlas al programa de OpenStudio. Otra forma de visualizar esta distribución, es utilizando la herramienta de SketchUp llamada “Render by Thermal Zone”, el cual renderiza el modelo 3D del edificio, que separa los espacios por colores, que representan la zona térmica a la cual pertenecen como se muestra en la Figura 4.2.

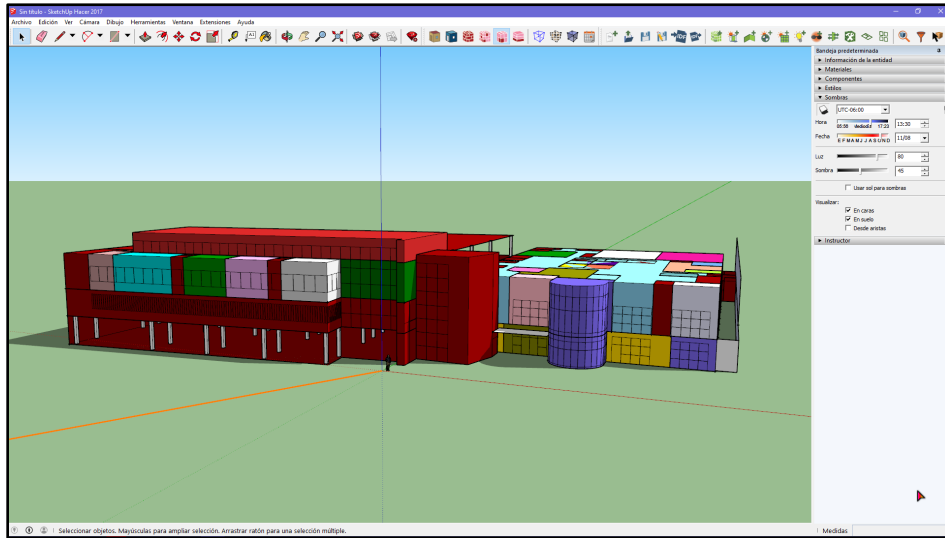


Figura 4.2 Uso de herramienta "Render by thermal zone" en aplicación de SketchUp.

4.3. CARGAS POR ILUMINACIÓN

La energía eléctrica consumida por el sistema de iluminación se convierte finalmente en calor que se suma a las cargas de la zona, o al aire de retorno. En EnergyPlus este calor se divide en cuatro fracciones distintas: radiante, visible, convectiva y de retorno de aire. La proporción correspondiente a cada una de esas fracciones depende en buena medida del tipo de luminaria empleada y al montaje, como se muestra en la Figura 4.3.

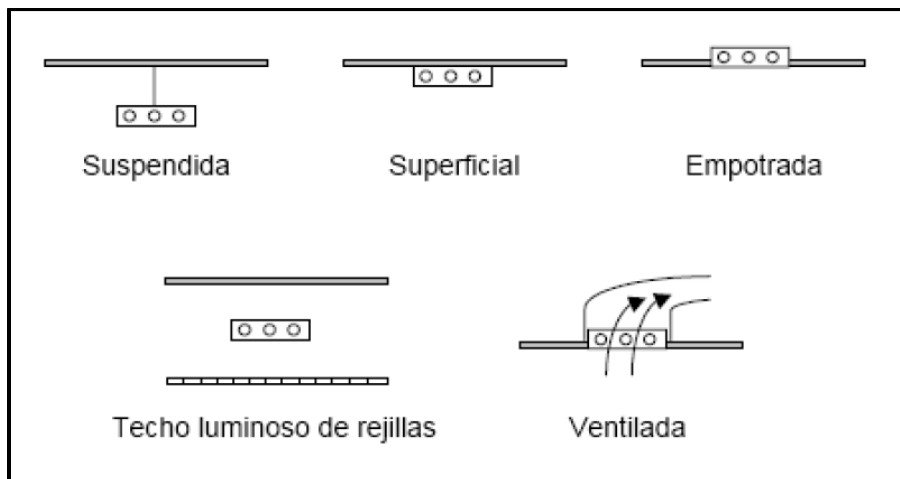


Figura 4.3 Tipos de montaje de luminarias.

La Tabla 4.4 muestra las diferentes fracciones utilizadas para luminarias fluorescentes, para luminarias con tecnología LED se toman valores de fracción radiante de 0 y 0.2 fracción visible¹⁰.

Datos	Fracción de Retorno de Aire	Fracción Radiante	Fracción Visible	Fracción Convectiva
1-Suspendida	0.00	0.42	0.18	0.40
2-Superficial	0.00	0.72	0.18	0.10
3-Empotrada	0.00	0.37	0.18	0.45
4-Techo luminoso de rejilla:	0.00	0.37	0.18	0.45
5-Ventilada (ducto)	0.54	0.18	0.18	0.10

Tabla 4.4 Fracciones de calor empleadas para definir los diferentes tipos de montajes en luminarias tipo fluorescente.

La mayoría de luminarias instaladas en el edificio central de INSAFORP, son de tipo fluorescente con pantalla y unas pocas de tipo LED, estas se detallan en la Tabla 4.5, la distribución de luminarias se obtiene de los planos de luminarias de todos los niveles de los edificios.

Descripción	Montaje	Potencia total [W]	Fracción radiante	Fracción visible	Fracción retorno de aire
Luminaria fluorescente Sylvania 1x32W	Empotrada	32	0.37	0.18	0.00
Luminaria fluorescente Sylvania 3x28W	Empotrada	84	0.37	0.18	0.00
Luminaria fluorescente Sylvania 3x32W	Empotrada	96	0.37	0.18	0.00
Luminaria fluorescente Sylvania 3x17W	Empotrada	51	0.37	0.18	0.00
Luminaria fluorescente 2x32W	Empotrada	64	0.37	0.18	0.00
Luminaria fluorescente 3x18W	Empotrada	54	0.37	0.18	0.00
LED 21W/4000K Sylvania	Empotrada	21	0.00	0.20	0.00
LED 35W/4000K Sylvania	Empotrada	35	0.00	0.20	0.00
Luminaria ojo de buey 15W	Empotrada	15	0.00	0.20	0.00
Luminaria ojo de buey 20W	Empotrada	20	0.00	0.20	0.00

Tabla 4.5 Tipos de luminarias utilizadas y fracciones de calor empleadas en OpenStudio.

¹⁰ Fuente: Thermal Management of White LEDs, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy.

4.4. CARGAS POR EQUIPOS ELÉCTRICOS

Los equipos eléctricos, al igual que las luminarias, representan una carga térmica para el equipo climatizador más cercano. En la Tabla 4.6 se muestran los diferentes equipos eléctricos que se encuentran en el edificio, con sus respectivos valores de fracción de calor por radiación y fracción de calor latente. El criterio que se utiliza para la fracción radiante, es utilizar valores altos para equipos eléctricos con superficies de temperaturas altas, mientras que, si el equipo posee ventilación por fans como computadoras, extractores, laptop, etc., se seleccionan valores bajos. Los valores de fracción latente se pueden encontrar en tablas de ganancia de calor, de equipos eléctricos misceláneos¹¹.

Los valores de potencia y especificaciones técnicas mostrados en la Tabla 4.6 de equipos eléctricos se obtienen mediante la inspección de datos de placa de los equipos y en algunos casos se ha realizado la medición de potencia con el equipo en funcionamiento, utilizando un separador de línea y un amperímetro, para corroborar los datos de placa que proporciona el fabricante del equipo. Esto también se puede realizar opcionalmente utilizando un vatímetro, siempre y cuando se tenga el cuidado de no sobrepasar los límites de corriente del vatímetro utilizado.

Descripción	Marca	Modelo	Potencia [W]	Fracción latente	Fracción radiante
Cafetera	Hamilton Beach	40515R	1090	0.58	0.17
Cargador de teléfono	Panasonic	KX-NT551	24	0	0.2
Central telefónica	Panasonic	KX-NS1000	200	0	0.4
PC y monitor	HP	ProDesk 400 G1	84	0	0.2
Extractor de aire	BROAN	4C700	116	0	0.2
Fotocopiadora	Toshiba	DP-4508A	1440	0	0.2
Laptop	HP	Pavillion	65	0	0.2
Máquina expendedora	AMS	39-VCB	1242	0	0.2
Microondas	LG	MS1536GIR	1980	0	0
Dispensador de agua	ALPINA	MYL1031S	540	0.58	0.17
Proyector	EPSON	H357A	270	0	0.4
Refrigeradora inverter	LG	GT29BDC	150	0	0.1
Servidor	HP	DL380 G6	600	0	0.4
Tostadora	Oster	6544B	750	0	0.24
TV 40 plg	LG	42LN5400-DA	77	0	0.4
Unidad de monitoreo	Alcatel-Lucent	PS-126W-AC	126	0	0.4
Bomba de agua	STA-RITE	DSS4HG3T	1490	0.1	0.1

Tabla 4.6 Fracciones de calor latente y radiante en equipos eléctricos de oficina y cocina.

¹¹ Tablas: ASHRAE Fundamentals, chapter 18, 2021.

4.5. CARGAS POR OCUPACIÓN Y ACTIVIDAD FÍSICA

La ocupación de un recinto o de todo el edificio es muy variable, se toma en cuenta tanto el personal laboral, como los visitantes del edificio. El horario de funcionamiento es desde las 8:00 AM hasta las 4:00 PM, de lunes a viernes, a excepción de las fechas que se detallan en la sección 3.7.3.2 de horarios en OpenStudio; Los horarios no se detallan acá por la gran cantidad, estos se recopilan bajo visitas hechas al edificio en todo el horario laboral, preguntando al personal de mantenimiento y a los encargados de cada oficina del edificio. La actividad física corresponde a actividad en oficina, se seleccionan valores mostrados en la Tabla 3.1 en la sección 3.7.3.1 del capítulo anterior, con una fracción radiante de 0.4 de la potencia disipada por actividad física.

4.6. DISTRIBUCIÓN DE CARGAS TÉRMICAS EN ESPACIOS

Ahora que se definen las cargas térmicas del edificio, es necesario crear tablas con la distribución en cada uno de los espacios del edificio, como se muestra en las tablas 4.7 a 4.9 a continuación. Se separan las tablas por nivel de edificio para una mayor organización.

Edificio principal			
Nivel 1			
Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
P1 Almacén	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	3
P1 Archivos gerencia financ. Institucional	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P1 Área de espera y recepción	Personal	Actividad de oficina	4
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 15W	21
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	Dispensador de agua	1
P1 Auditorium	Personal	Actividad de oficina	8
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	18
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	16
P1 Biblioteca	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P1 Bodega almacén	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P1 Bodega auditorium	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2

Tabla 4.7 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio principal nivel 1.

Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
P1 Bodega gerencia financiera institucional	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P1 Bodega y archivos UACI	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P1 Bodega y archivos formación inicial	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P1 Bodega y archivos gerencia de inves. Y estudios de form. Profesional	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P1 Bodega y archivos gerencia técnica	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P1 Centro de atención a clientes VU	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	4
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	2
	Equipo eléctrico	TV 40 plg	1
P1 Centro de documentación e información	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	3
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P1 Complemento de almacén	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	7
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	1
P1 Consultorios de Dra.	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
P1 Coordinador de atención a clientes	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
P1 Coordinador de servicios generales	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
P1 Coordinador unidad de monitoreo y evaluación	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1

Tabla 4.7 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio principal nivel 1 (Continuación).

Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
P1 Corredor principal	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	36
	Personal	Actividad: Caminar en horizontal 2km/h	10
	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	4
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	62
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	2
	Equipo eléctrico	Dispensador de agua	3
	Equipo eléctrico	Fotocopiadora	4
	Equipo eléctrico	Microondas	3
	Equipo eléctrico	Cafetera	3
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	36
	Equipo eléctrico	Unidad de monitoreo	2
Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	36	
P1 Cuarto de tableros y rack de datos	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P1 Gerente UACI	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P1 Gerente de formación inicial	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P1 Gerente de invest. Y estudios de form. Profesional	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
P1 Gerente financiero institucional	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
P1 Gerente técnico	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P1 oficina del sindicato	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	4
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	3
P1 Recepción ISSS	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	3
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
P1 SS Consultorios de ISSS	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	3
	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	1
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 15W	1
P1 SS Servicios generales H	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	5
	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	5
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	1
P1 SS Servicios generales M	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	5
	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	5
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	1
P1 SS junto a UACI	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	5
	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	5
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	5

Tabla 4.7 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio principal nivel 1 (Continuación).

Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
P1 SS junto a gerencia financ. Institucional	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	5
	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	5
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	3
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P1 SS nuevos para auditorium H	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	2
	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	2
P1 SS nuevos para auditorium M	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	2
	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	2
P1 SS visitantes H	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	1
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	1
P1 SS visitantes M	Personal	Actividad: De pie con actividad ligera	1
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	1
P1 Sala de reuniones A	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	2
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	2
P1 Sala de reuniones B	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P1 Sala de reuniones C	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	2
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	2
P1 Sala de reuniones D	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P1 Sala de visitantes A	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P1 Sala de visitantes B	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P1 Sala de visitantes C	Personal	Actividad: Persona sentada activ.ligera	3
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P1 Vestíbulo del auditorium	Personal	Actividad: Caminar en horizontal 2km/h	10
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	5
	Equipo eléctrico	Máquina expendedora	1

Tabla 4.7 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio principal nivel 1 (Continuación).

Edificio principal			
Nivel 2			
Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
P2 Archivos	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P2 Archivos RRHH	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P2 Archivos comunicación institucional	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P2 Archivos gerencia legal	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P2 Área de usos múltiples	Personal	Actividad de oficina	8
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	7
	Equipo eléctrico	Dispensador de agua	1
P2 Aseo 1	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	1
P2 Aseo 2	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	1
P2 Auditor interno	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P2 Auditoria interna	Personal	Actividad de oficina	8
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	8
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	8
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	8
P2 Aula E Learning	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	18
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	13
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	12
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	18
P2 Bodega UTI	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P2 Bodega formación continua	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P2 Bodega y archivos 1	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P2 Bodega y archivos 2	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P2 Cabina	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
P2 Cafetería	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	8
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	13
P2 Coordinador de atención a distancia	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1

Tabla 4.8 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio principal nivel 2.

Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
P2 Coordinador de planificación estratégica	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P2 Corredor principal	Personal	Actividad: Caminar en horizontal 2km/h	6
	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	20
	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	4
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	46
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	20
	Equipo eléctrico	Cafetera	1
	Equipo eléctrico	Dispensador de agua	1
	Equipo eléctrico	Microondas	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	20
	Equipo eléctrico	Fotocopiadora	4
P2 Cuarto de servidores	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
	Equipo eléctrico	Servidor	7
P2 Estudio audiovisual	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P2 Gerencia de comunicación institucional	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	TV 40 plg	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
P2 Gerencia de formación continua	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P2 Gerente UTI	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P2 Gerente de RRHH	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P2 Gerente legal	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
P2 Kitchenet 1	Personal	Actividad de oficina	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
	Equipo eléctrico	Cafetera	1
	Equipo eléctrico	Microondas	1
	Equipo eléctrico	Refrigerador inverter	1

Tabla 4.8 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio principal nivel 2 (Continuación).

Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
P2 Planta telefónica	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	1
	Equipo eléctrico	Central telefónica	1
P2 SS H1 Norte	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 15W	1
P2 SS H2 Norte	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 15W	1
P2 SS M Norte	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 15W	1
P2 SS2 H Norte	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	2
P2 SS2 M Norte	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	1
P2 SS3 H Norte	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	2
P2 SS3 M Norte	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x18W	2
P2 SS4 H Sur	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	1
P2 SS4 M Sur	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Iluminación	Luminaria ojo de buey 20W	1
P2 Sala de reuniones A	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	3
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Laptop	1
P2 Sala de reuniones B	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	3
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
	Equipo eléctrico	Laptop	1
P2 Sala de reuniones C	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	3
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	2
P2 Unidad de tecnología de la información	Personal	Actividad de oficina	8
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W	9
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	8
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	8

Tabla 4.8 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio principal nivel 2 (Continuación).

Edificio del estacionamiento			
Nivel 3			
Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
EN3 Archivos de alta densidad	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W Sylvania	8
EN3 Archivos livianos y bodega de papelería	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W Sylvania	4
EN3 Aseo	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x17W Sylvania	1
EN3 Corredor principal	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	4
	Personal	Actividad: Caminar en horizontal 2km/h	4
	Iluminación	Luminaria fluorescente 1x32W Sylvania	11
EN3 Corredor SS	Personal	Actividad: Caminar en horizontal 2km/h	8
	Iluminación	Luminaria fluorescente 1x32W Sylvania	2
EN3 Corredor SS1	Personal	Actividad: Caminar en horizontal 2km/h	1
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	1
EN3 Corredor SS2	Personal	Actividad: Caminar en horizontal 2km/h	1
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	1
EN3 Cuarto eléctrico	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x17W Sylvania	1
EN3 Dirección ejecutiva	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x28W Sylvania	4
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
EN3 Escaleras	Personal	Actividad: Caminar en horizontal 2km/h	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 1x32W Sylvania	2
EN3 Impresión y copias	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	3
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x17W Sylvania	2
	Equipo eléctrico	Fotocopiadora	3
EN3 Kitchenet	Personal	Actividad: Trabajo manual ligero (Cocina)	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x17W Sylvania	4
	Equipo eléctrico	Refrigerador interter	1
	Equipo eléctrico	Microondas	1
	Equipo eléctrico	Cafetera	1
	Equipo eléctrico	Dispensador de agua	1
EN3 Oficina consultor temporal 1	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	5
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W Sylvania	2
	Equipo eléctrico	Laptop HP	1

Tabla 4.9 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio de estacionamiento nivel 3.

Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
EN3 Oficina consultor temporal 2	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W Sylvania	4
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	TV 40 plg	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
EN3 Presidencia	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x28W Sylvania	4
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	2
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
	Equipo eléctrico	TV 40 plg	1
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
EN3 Recepción	Personal	Actividad de oficina	3
	Iluminación	LED 35W/4000K Sylvania	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 1x32W Sylvania	20
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	2
	Equipo eléctrico	Dispensador de agua	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	3
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	3
EN3 SS H	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x17W Sylvania	6
	Equipo eléctrico	Extractor de aire 116W/50CFM	3
EN3 SS M	Personal	Actividad: Persona sentada en reposo	5
	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	5
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x17W Sylvania	6
	Equipo eléctrico	Extractor de aire 116W/50CFM	3
EN3 SS1.1	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	1
EN3 SS1.2	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	1
	Equipo eléctrico	Extractor de aire 116W/50CFM	1
EN3 SS2.1	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	1
EN3 SS2.2	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	1
	Equipo eléctrico	Extractor de aire 116W/50CFM	1
EN3 Sala de reuniones	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	4
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W Sylvania	2
	Equipo eléctrico	Laptop HP	1

Tabla 4.9 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio de estacionamiento nivel 3 (Continuación).

Nombre del recinto	Tipo de carga	Descripción	Cantidad
EN3 Sala de reuniones consejo directivo	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	24
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	10
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W Sylvania	12
	Equipo eléctrico	Proyector Epson	1
	Equipo eléctrico	Laptop HP	1
EN3 Sala de reuniones dirección	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	6
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W Sylvania	2
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	4
	Equipo eléctrico	Proyector Epson	1
	Equipo eléctrico	Laptop HP	1
EN3 Sala de reuniones presidencia	Personal	Actividad: Persona sentada con act. Ligera	10
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W Sylvania	4
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	6
	Equipo eléctrico	Proyector Epson	1
	Equipo eléctrico	Laptop HP	1
EN3 Subdirección ejecutiva	Personal	Actividad de oficina	2
	Iluminación	LED 21W/4000K Sylvania	2
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x28W Sylvania	4
	Equipo eléctrico	PC+Monitor	1
	Equipo eléctrico	TV 40 plg	1
	Equipo eléctrico	Cargador de teléfono/celular	1
EN3 Telefonía y datos	Personal	Actividad: De pie con actividad moderada	1
	Iluminación	Luminaria fluorescente 3x32W Sylvania	1
	Equipo eléctrico	Central telefónica	1

Tabla 4.9 Distribución de cargas térmicas en espacios de edificio de estacionamiento nivel 3 (Continuación).

4.7. DISTRIBUCIÓN DE AIRES ACONDICIONADOS EN ZONAS TÉRMICAS

La distribución de los aires acondicionados (AC) en las zonas térmicas, se auxilia del uso del plano de distribución de AC y de la inspección que se realiza en las visitas técnicas a los edificios. Además de especificar la distribución de AC, también se asocia la temperatura fijada por los termostatos de los equipos climatizadores, EER, capacidad nominal y flujo de aire en las diferentes zonas térmicas. La información se muestra en las tablas 4.10 al 4.12 a continuación.

Edificio principal					
Nivel I					
Zona térmica	HVAC	Capacidad nominal [BTU/h]	Temperatura fijada [°C]	EER [W/W]	Flujo de aire [m3/s]
Thermal Zone P1 Área de espera y recepción	N1-8	48,000	22	2.75	0.6333
Thermal Zone P1 Auditorium	N1-25	60,000	20	1.94	0.3129
	N1-26	60,000	20	2.17	0.3077
	N1-28	60,000	20	2.41	0.3240
	N1-29	60,000	20	1.94	0.3129
	N1-30	60,000	20	2.41	0.3240
	N1-31	60,000	20	2.17	0.3077
Thermal Zone P1 Biblioteca	N1-37	18,000	23	4.16	0.1335
Thermal Zone P1 Centro de atención a clientes VU	N1-3	60,000	22	1.07	0.4124
Thermal Zone P1 Centro de documentación e información	N1-35	24,000	23	3.91	0.2023
Thermal Zone P1 Consultorios de Dra.	N1-CL2	12,000	23	2.00	0.1471
Thermal Zone P1 Coordinador de atención a clientes	N1-5	12,000	23	1.73	0.1425
Thermal Zone P1 Coordinador de servicios generales	N1-24	12,000	23	0.97	0.1265
Thermal Zone P1 Coordinador unidad de monitoreo y evaluación	N1-34	18,000	23	2.19	0.1791
Thermal Zone P1 Corredor principal	N1-18	60,000	20	1.42	0.2306
	N1-19	60,000	20	0.75	0.2511
	N1-22	60,000	20	1.78	0.3138
	N1-23	60,000	20	1.64	0.2888
	N1-2	60,000	20	1.15	0.3637
	N1-9	60,000	20	3.71	0.4944
	N1-4	60,000	20	2.00	0.2649
Thermal Zone P1 Gerente UACI	N1-7	12,000	23	2.54	0.1435
Thermal Zone P1 Gerente de invest. y estudios de form. profesional	N1-20	12,000	21	4.31	0.1378
Thermal Zone P1 Gerente financiero institucional	N1-6	12,000	23	4.03	0.1430
Thermal Zone P1 Gerente técnico	N1-21	12,000	23	3.86	0.0902
Thermal Zone P1 Oficina del sindicato	N1-36	18,000	23	2.07	0.1259
Thermal Zone P1 Recepción ISSS	N1-CL1	24,000	23	0.99	0.1345
Thermal Zone P1 Sala de reuniones A	N1-11	18,000	23	2.50	0.1209
Thermal Zone P1 Sala de reuniones C	N1-16	18,000	23	4.90	0.1783
Thermal Zone P1 Sala de reuniones D	N1-17	12,000	23	2.49	0.1579
Thermal Zone P1 Sala de visitantes A	N1-12	12,000	23	1.69	0.1440
Thermal Zone P1 Sala de visitantes B	N1-13	12,000	23	3.31	0.1522
Thermal Zone P1 Sala de visitantes C	N1-1	18,000	23	4.78	0.2049
Thermal Zone P1 Vestibulo del auditorium	N1-32	24,000	23	2.24	0.1826
	N1-33	24,000	23	2.11	0.1911

Tabla 4.10 Distribución de AC en zonas térmicas del edificio principal nivel I.

Edificio principal Nivel 2					
Zona térmica	HVAC	Capacidad nominal [BTU/h]	Temperatura fijada [°C]	EER [W/W]	Flujo de aire [m3/s]
Thermal Zone P2 Área de usos múltiples	N2-6	60,000	23	2.40	0.4814
Thermal Zone P2 Auditor interno	N2-2	18,000	23	5.90	0.3009
Thermal Zone P2 Auditoria interna	N2-7	36,000	23	2.30	0.2109
Thermal Zone P2 Aula E Learning	N2-14	48,000	20	4.34	0.2049
	N2-15	48,000	20	3.78	0.2563
Thermal Zone P2 Cafetería	N2-23	60,000	20	1.78	0.3138
	N2-24	60,000	20	1.64	0.2888
Thermal Zone P2 Coordinador de atención a distancia	N2-11	18,000	23	2.82	0.1620
Thermal Zone P2 Coordinador de planificación estratégica	N2-12	18,000	23	4.30	0.2031
Thermal Zone P2 Corredor principal	N2-3	18,000	20	4.12	0.1903
	N2-5	60,000	20	1.33	0.2486
	N2-10	18,000	20	3.56	0.2083
	N2-16	48,000	20	0.49	0.2649
	N2-17	36,000	20	1.29	0.1749
N2-18	36,000	20	1.50	0.1791	
Thermal Zone P2 Cuarto de servidores	N2-27AB	36,000	20	1.78	0.5670
Thermal Zone P2 Estudio audiovisual	N2-26	18,000	19	4.86	0.1989
Thermal Zone P2 Gerencia de comunicación institucional	N2-13	18,000	23	4.34	0.2049
Thermal Zone P2 Gerencia de formación continua	N2-8	18,000	22	5.62	0.1997
Thermal Zone P2 Gerente UTI	N2-21	18,000	23	4.98	0.1783
Thermal Zone P2 Gerente de RRHH	N2-20	18,000	23	2.35	0.1646
Thermal Zone P2 Gerente legal	N2-19	18,000	23	2.33	0.1188
Thermal Zone P2 Sala de reuniones A	N2-9	12,000	23	4.12	0.1039
Thermal Zone P2 Sala de reuniones B	N2-4	18,000	23	2.59	0.2074
Thermal Zone P2 Sala de reuniones C	N2-1	12,000	23	5.20	0.1533
Thermal Zone P2 Unidad de tecnología de la información	N2-22	36,000	23	2.49	0.1731

Tabla 4.11 Distribución de AC en zonas térmicas del edificio principal nivel 2.

Edificio de estacionamiento Nivel 3					
Zona térmica	HVAC	Capacidad nominal [BTU/h]	Temperatura fijada [°C]	EER [W/W]	Flujo de aire [m3/s]
Thermal Zone EN3 Corredor principal	N3-4	60,000	22	4.70	1.7134
Thermal Zone EN3 Dirección ejecutiva	N3-10	12,000	23	1.48	0.1299
Thermal Zone EN3 Kitchenet	N3-2	9,000	23	0.79	0.0908
Thermal Zone EN3 Oficina consultor temporal 1	N3-14	9,000	23	1.28	0.0973
Thermal Zone EN3 Oficina consultor temporal 2	N3-6	12,000	23	1.48	0.1299
Thermal Zone EN3 Presidencia	N3-11	12,000	23	1.48	0.1299
Thermal Zone EN3 Recepción	N3-8	36,000	23	1.43	0.2728
Thermal Zone EN3 Sala de reuniones	N3-5	9,000	23	0.98	0.0899
Thermal Zone EN3 Sala de reuniones consejo directivo	N3-1	48,000	22	1.64	0.6783
	N3-7	48,000	22	2.26	0.8184
Thermal Zone EN3 Sala de reuniones dirección	N3-3	18,000	23	1.44	0.1155
Thermal Zone EN3 Sala de reuniones presidencia	N3-12	18,000	23	1.00	0.1025
	N3-13	18,000	23	1.20	0.0951
Thermal Zone EN3 Subdirección ejecutiva	N3-9	12,000	23	1.48	0.1299

Tabla 4.12 Distribución de AC en zonas térmicas del edificio de estacionamiento nivel 3.

4.8. RESULTADOS DE SIMULACIÓN DE MODELO DE LÍNEA BASE EN EDIFICIOS DE INSAFORP

La simulación del modelo línea base permite obtener el consumo de energía y la demanda de potencia actual de los dos edificios que se estudian. Las instalaciones de INSAFORP cuentan con dos acometidas diferentes, una para el edificio principal de oficinas y la otra para el edificio de estacionamiento con el tercer nivel mixto entre oficinas y estacionamiento. Por esta razón los resultados de simulación se separan en dos, esto se realiza al modificar los horarios de funcionamiento a nulo de luminarias, equipos eléctricos y aires acondicionados del edificio que no se analiza la demanda y consumo de energía. Esta es la estrategia de obtención de resultados que se utiliza, ya que, OpenStudio no posee una herramienta directa que separe los consumos de ambos edificios en un mismo modelo, el programa muestra los resultados del conjunto total que se está simulando. La influencia de un edificio al otro no afecta térmicamente al desactivar las cargas eléctricas de un solo edificio, mientras no se modifiquen las zonas térmicas y los edificios tengan una pequeña separación física, que evite la transferencia de calor entre paredes adyacentes.

4.8.1. MODELO DE LÍNEA BASE EDIFICIO PRINCIPAL [EP]

4.8.1.1. CONSUMO DE ENERGÍA

La Figura 4.4 muestra los resultados de simulación de consumo eléctrico del EP de INSAFORP, para los diferentes meses del año 2019. También se muestran los bloques en distintos colores, de los principales rubros que consumen energía en el edificio, cabe mencionar que el rubro de Fans es asociado a los ventiladores de las unidades evaporadoras de los aires acondicionados.

Las cantidades de kWh que se obtienen en la simulación se muestran en la Tabla 4.13, de la cual se obtiene el gráfico de pastel de la Figura 4.5. Con estos resultados de simulación se hacen las observaciones siguientes:

- Los meses de abril, agosto y diciembre son los meses con menor consumo eléctrico en el año, debido que, en estos meses existen largos periodos de vacación de los empleados.
- Los equipos de aire acondicionado (incluyendo rubro de Fans) obtienen un 40% del consumo anual en el edificio, seguido de equipos eléctricos con 36% y por último un 24% de consumo anual debido a iluminación.

Consumo eléctrico mensual simulado en kWh [EP]													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Cooling	4015.47	4361.64	5130.89	4436.50	4886.50	4333.56	5362.08	4268.64	4628.67	4806.56	4361.28	3430.47	54022.25
Interior Lighting	3592.94	3421.86	3592.94	2908.58	3592.94	3250.75	3935.14	2908.58	3592.94	3935.14	3592.94	2737.49	41062.26
Interior Equipment	5256.97	4889.86	5256.97	4631.44	5256.97	4905.89	5531.42	4708.08	5180.33	5531.42	5180.33	4570.83	60900.53
Fans	1171.42	1107.61	1171.42	974.11	1171.42	1070.13	1267.44	979.38	1166.15	1267.44	1166.15	931.37	13444.05
Total	14036.81	13780.98	15152.23	12950.64	14907.84	13560.33	16096.08	12864.69	14568.10	15540.55	14300.71	11670.16	169429.09

Tabla 4.13 Datos de consumo eléctrico mensual simulado en edificio principal INSAFORP.

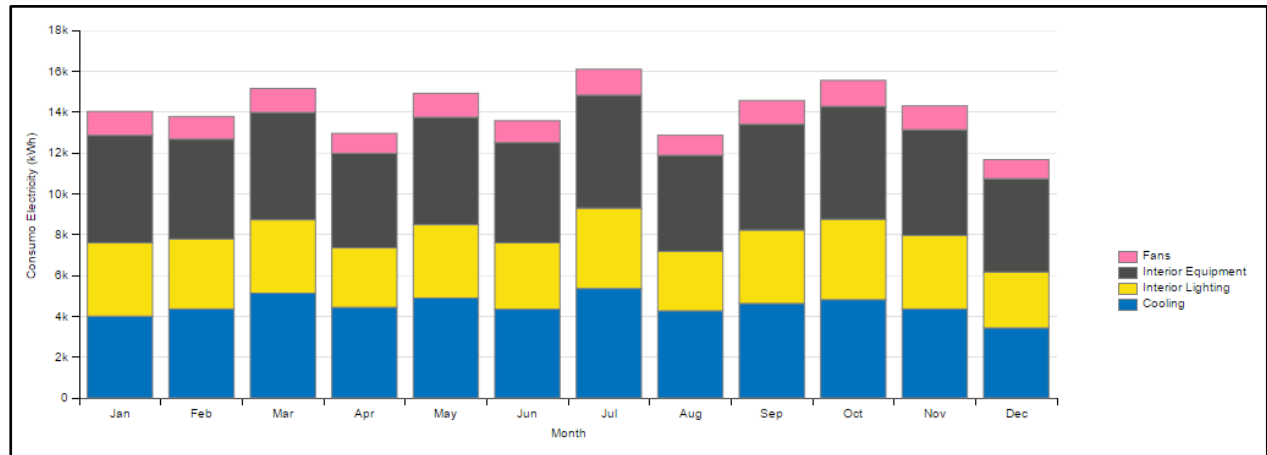


Figura 4.4 Gráfico de barras de consumo de energía mensual simulado para el año 2019 edificio principal INSAFORP.

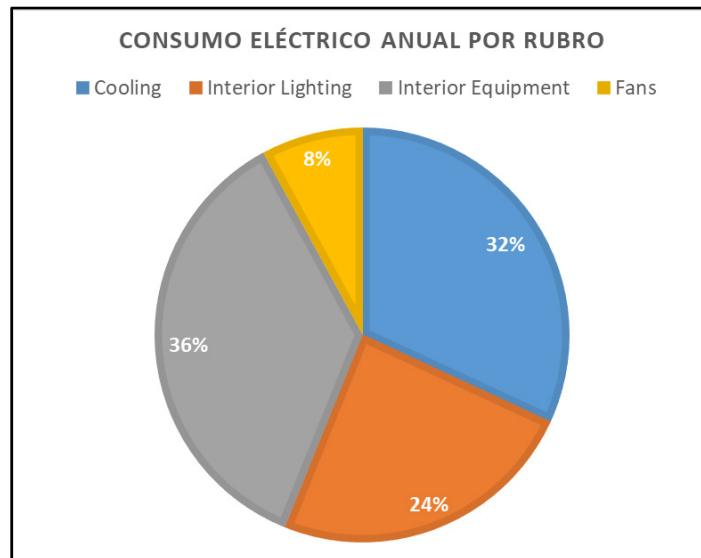


Figura 4.5 Distribución de consumo eléctrico anual por rubro en edificio principal INSAFORP.

4.8.1.2. DEMANDA DE POTENCIA

A partir de los resultados de simulación en Openstudio, se obtienen los datos de demanda de potencia en la Tabla 4.14 de la cual se genera el gráfico de barras de la Figura 4.6. Al igual que los resultados en consumo de energía, los colores de las barras representan los diferentes rubros energéticos en el edificio. La demanda de potencia por aires acondicionados incluye las barras de color azul y rosado en el gráfico, que generan en la mayoría de meses más de 50 kW del total de la demanda de potencia mensual. El resto de demanda de potencia se cubre por los rubros de iluminación interior y equipos eléctricos misceláneos en el edificio.

Demanda de potencia mensual simulada en kW [EP]												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Cooling	39.78	42.16	43.55	46.40	45.60	42.77	40.45	44.32	43.37	42.40	38.53	40.22
Interior Lighting	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15	21.15
Interior Equipment	23.97	23.97	23.97	23.97	23.97	23.97	23.97	23.97	23.97	23.97	23.97	23.97
Fans	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74
Total	94.64	97.02	98.41	101.26	100.47	97.63	95.32	99.19	98.23	97.26	93.39	95.08

Tabla 4.14 Datos de demanda de potencia mensual simulada en edificio principal INSAFORP.

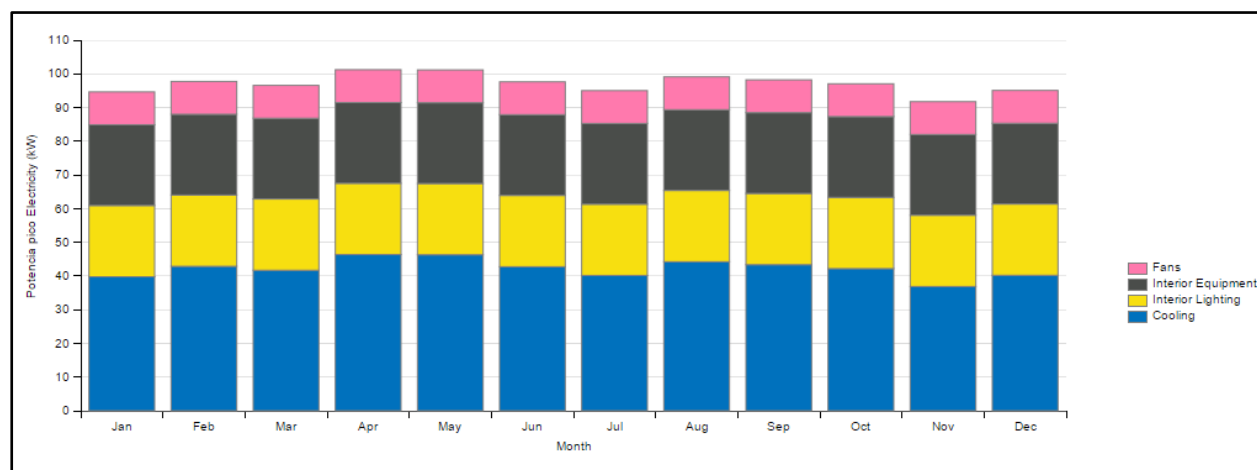


Figura 4.6 Gráfico de barras de demanda de potencia mensual simulada para el año 2019 edificio principal INSAFORP.

4.8.2. MODELO DE LÍNEA BASE EDIFICIO DE ESTACIONAMIENTO [EE]

4.8.2.1. CONSUMO DE ENERGÍA

De forma similar se obtienen los resultados de consumo de energía mensual, para el año 2019 para el EE de INSAFORP. Al sustraer la Tabla 4.15 y la Figura 4.7 de los resultados de simulación en Openstudio, se construye el gráfico de pastel de la Figura 4.8 y se comparan los datos de ambos edificios donde se observa que, el comportamiento es similar al EP, a excepción del valor total del consumo de energía, el cual es 5 veces menos en el EE.

En resumen, para este edificio, se tienen las siguientes observaciones:

- Al igual que el edificio principal, una de las mayores partes de consumo eléctrico anual es por el rubro de aires acondicionados con un 29% (incluyendo fans), los equipos eléctricos con 44% y, por último, un consumo anual del 27% por iluminación.
- De manera similar al edificio principal, los meses de menor consumo son enero, junio, agosto y diciembre con un valor total mínimo de 2,019.19 kWh.

Consumo eléctrico mensual simulado en kWh [EE]													
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Total
Cooling	365.14	800.24	906.53	915.11	753.07	637.09	962.97	892.48	681.50	577.14	541.29	373.23	8405.78
Interior Lighting	730.14	695.38	730.14	591.07	730.14	660.61	799.68	591.07	730.14	799.68	730.14	556.30	8344.51
Interior Equipment	1191.45	1107.14	1191.45	1053.26	1191.45	1113.31	1251.49	1071.36	1173.35	1251.49	1173.35	1041.34	13810.44
Fans	92.22	65.46	60.27	54.04	57.82	57.28	66.57	53.50	59.84	79.61	71.37	48.33	766.31
Total	2378.95	2668.22	2888.39	2613.48	2732.48	2468.29	3080.71	2608.40	2644.83	2707.93	2516.16	2019.19	31327.04

Tabla 4.15 Datos de consumo eléctrico mensual simulado en edificio de estacionamiento INSAFORP.

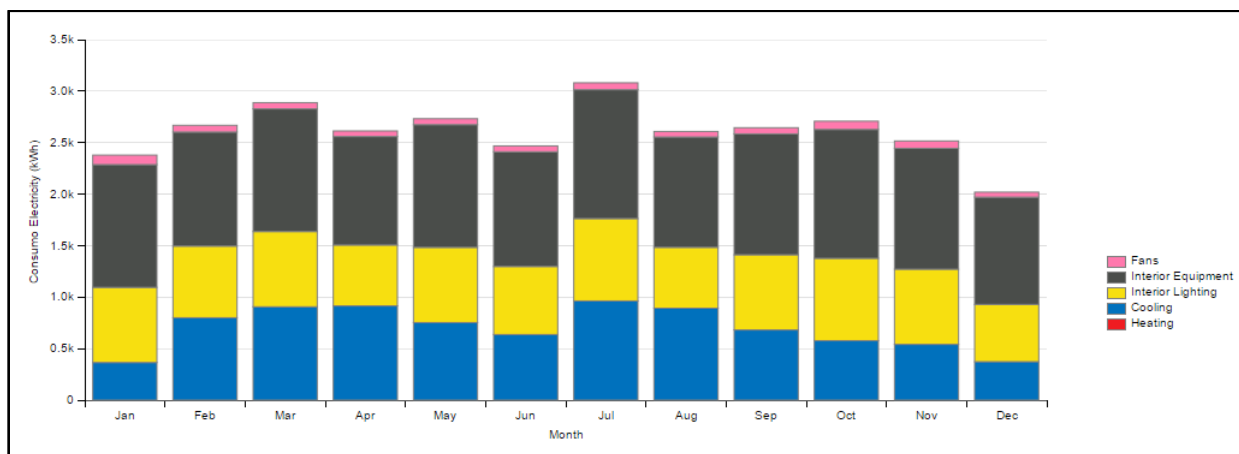


Figura 4.7 Gráfico de consumo de energía mensual simulado para el año 2019 edificio de estacionamiento INSAFORP.

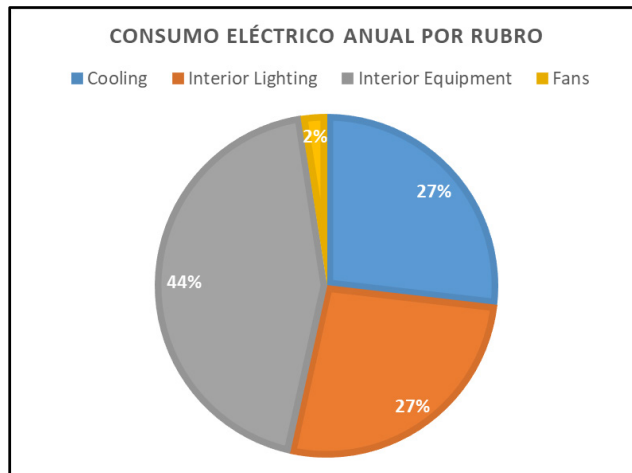


Figura 4.8 Distribución de consumo eléctrico anual por rubro en edificio de estacionamiento INSAFORP.

4.8.2.2. DEMANDA DE POTENCIA

La simulación de demanda de potencia en el EE, indica que el sistema de climatización en ese edificio demanda alrededor de 13 a 18 kW, en los diferentes meses del año 2019 en simulación, como se muestra en la Tabla 4.16 y Figura 4.9, está claro que la mayor parte de lo que se demanda mensualmente se debe al equipo climatizador en funcionamiento de ese edificio.

Demanda de potencia mensual simulada en kW [EE]												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Cooling	12.34	14.62	14.47	16.55	14.34	14.10	13.89	15.63	13.89	13.24	13.53	13.42
Interior Lighting	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41	4.41
Interior Equipment	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56	5.56
Fans	0.73	0.77	0.76	0.83	0.76	0.77	0.76	0.80	0.75	0.75	0.75	0.74
Total	23.05	25.37	25.21	27.35	25.07	24.84	24.63	26.41	24.62	23.97	24.25	24.14

Tabla 4.16 Datos de demanda de potencia mensual simulada en edificio de estacionamiento INSAFORP.

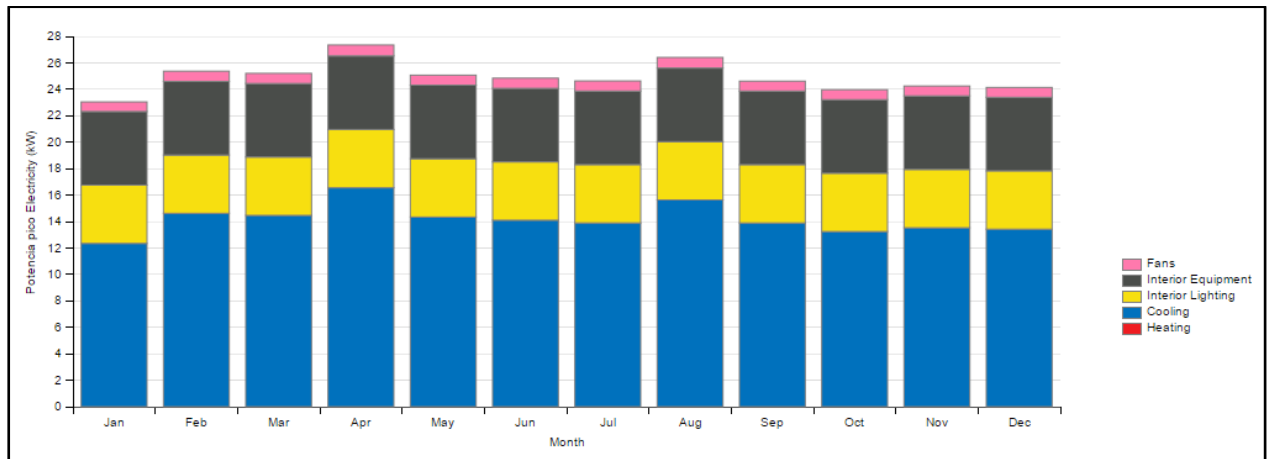


Figura 4.9 Gráfico de demanda de potencia mensual simulada para el año 2019 edificio de estacionamiento INSAFORP.

4.9. CONSUMO ENERGÉTICO Y DEMANDA DE POTENCIA REAL EN EDIFICIOS ADMINISTRATIVOS DE INSAFORP

Para obtener un panorama general del comportamiento energético real de los edificios, se utiliza la facturación mensual de energía del edificio principal y de estacionamiento (EP y EE), correspondiente al año 2019. Se aclara que los edificios poseen acometidas independientes, por lo tanto, facturaciones separadas, las cuales muestran que corresponden a un servicio con medición horaria, en media tensión y en el bloque de grandes demandas (mayor a 50 kW). En este trabajo de investigación solo se analiza la franja horaria “resto” (5:00 a 17:59) en la facturación, tanto para la simulación como para la comparación de datos reales energéticos de los edificios, esto se debe a que, la investigación tiene énfasis en los aires acondicionados los cuales operan en esa franja horaria únicamente. Por lo tanto, las medidas de ahorro energético para aires acondicionados que se implementen, solo afectan a la franja horaria “resto” en la facturación.

Los datos históricos energéticos de los edificios de INSAFORP para el año 2019, se muestran en los gráficos de la Figura 4.10 y 4.11. Para el EP se tienen valores máximos en consumo y demanda de potencia en el mes de marzo, con un valor de 21,306.88 kWh y 116.93 kW, a partir de ese mes se observa un comportamiento descendente en los siguientes meses, se alcanza un valor mínimo alrededor de 15,000.00 kWh y 79.58 kW para el mes de diciembre; El EE tiene un comportamiento similar en cuanto a demanda de potencia, alcanza un valor máximo el mes de marzo con 30.04 kW y un valor mínimo el mes de noviembre con 18.68 kW, el consumo de energía eléctrica tiende a ser constante entre 3,200 kWh y 3,400 kWh para el periodo de junio a octubre, presenta variaciones en los demás meses.

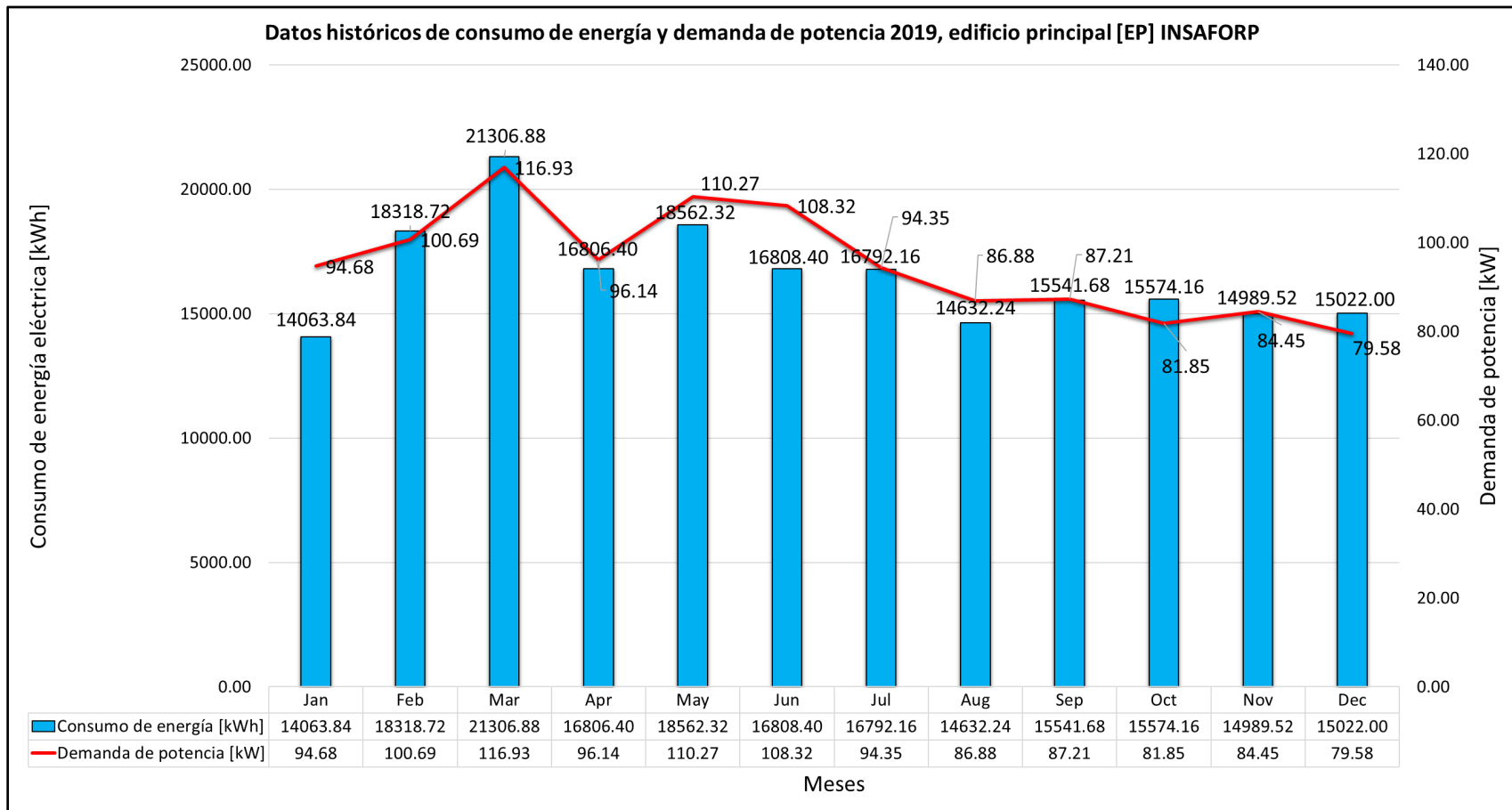


Figura 4.10 Gráfico de barras y de líneas de consumo de energía eléctrica y demanda de potencia real para el año 2019, edificio principal [EP] INSAFORP.

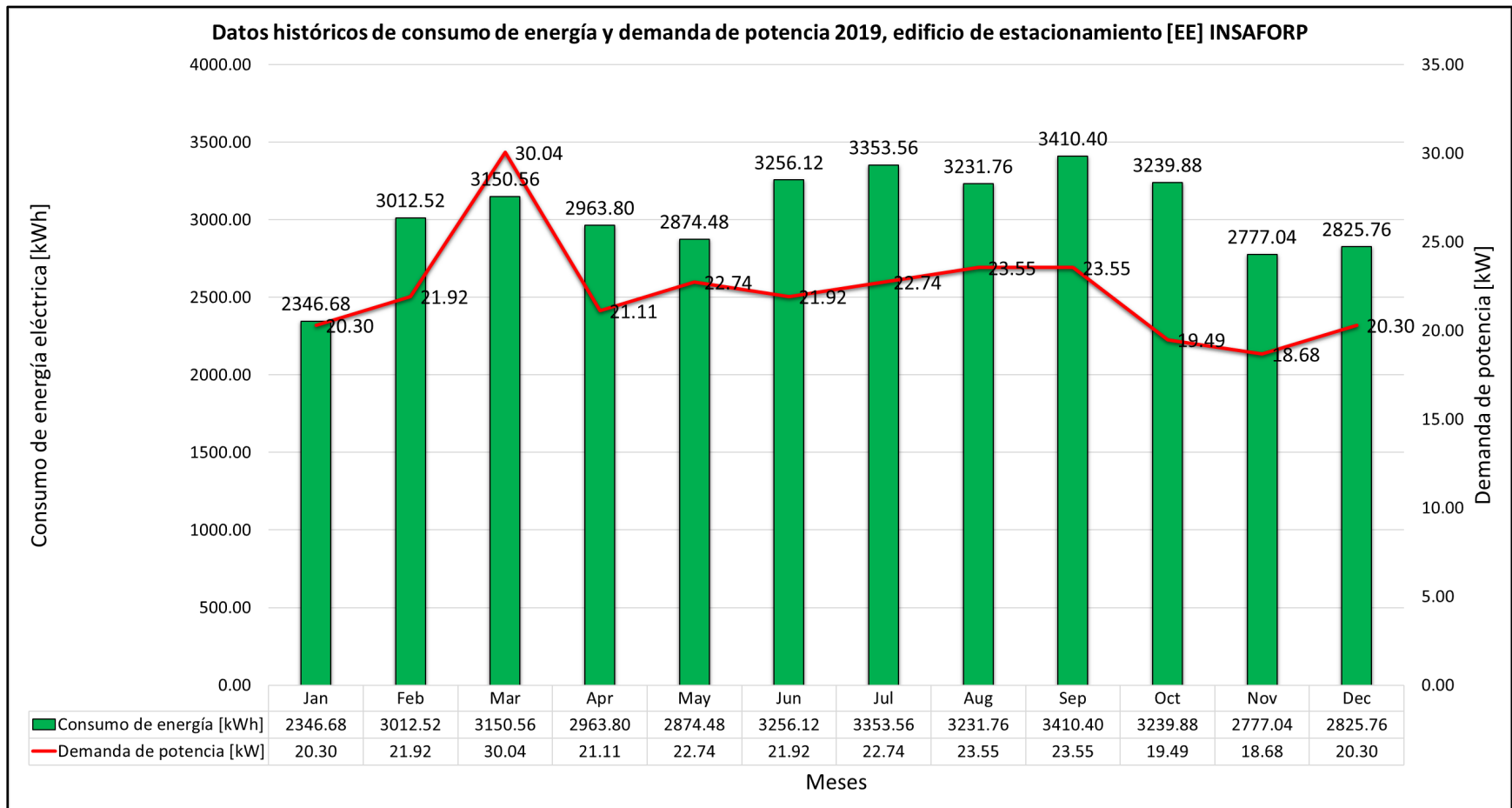


Figura 4.11 Grafico de barras y de líneas de consumo de energía eléctrica y demanda de potencia real para el año 2019, edificio de estacionamiento [EE] INSAFORP.

4.10. COMPARACIÓN DE RESULTADOS DE SIMULACIÓN CON DATOS REALES DE DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA

Los resultados que se obtienen de simulación del modelado energético, de los edificios que se incorporan en este trabajo de investigación, se deben comparar con datos reales de demanda y consumo de energía, para poder darle validez al modelo de línea base energética que se simula. En vista que no se cuenta con un perfil de carga semanal o mensual, de los tableros eléctricos generales de los edificios, la comparación se hace con los datos históricos de facturación mensual del año 2019, que se detallan en la sección anterior 4.9.

4.10.1. COMPARACIÓN DE CONSUMO REAL VS SIMULADO

➤ Edificio principal (EP)

La comparación de consumo de energía en el EP se muestra en la Figura 4.12, el error mensual y el promedio de error mensual se muestra en la Tabla 4.17. Se obtiene un mejor resultado el mes de enero con 0.19% de error, el peor resultado el mes de marzo con 28.89% de error; finalmente se obtiene un promedio de error de simulación de 13.78%.

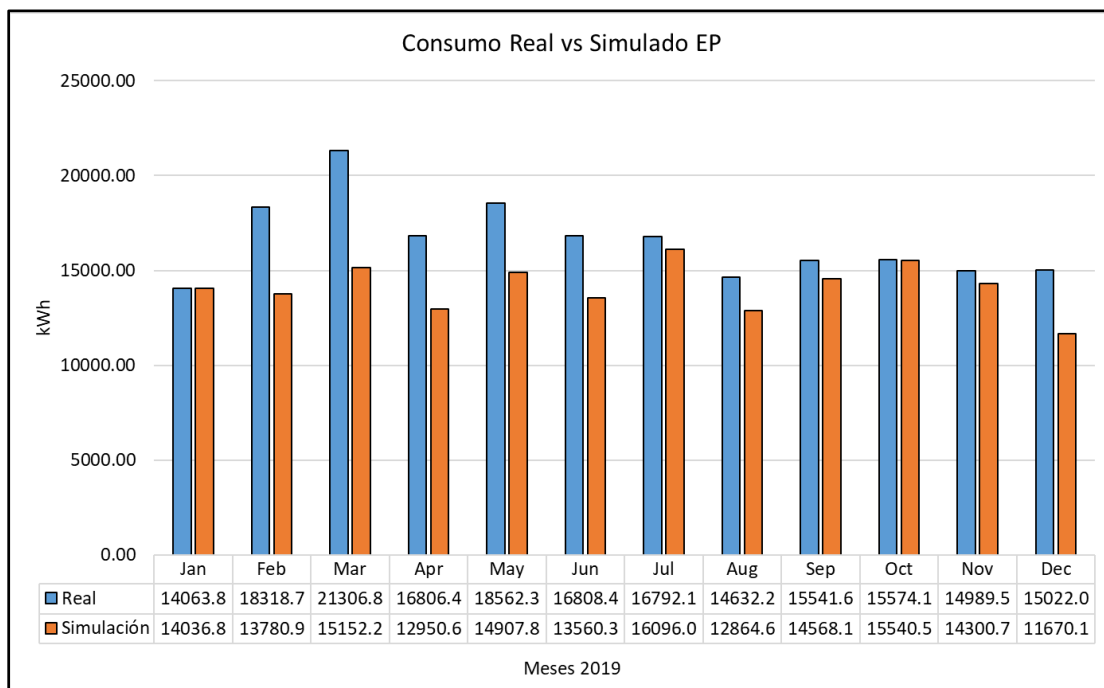


Figura 4.12 Consumo de energía real vs simulado edificio principal (EP).

Consumo de energía en KWH edificio principal (EP)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Real	14063.84	18318.72	21306.88	16806.40	18562.32	16808.40	16792.16	14632.24	15541.68	15574.16	14989.52	15022.00
Simulación	14036.81	13780.98	15152.23	12950.64	14907.84	13560.33	16096.08	12864.69	14568.10	15540.55	14300.71	11670.16
Error [%]	0.19	24.77	28.89	22.94	19.69	19.32	4.15	12.08	6.26	0.22	4.60	22.31
Promedio de error mensual [%]	13.78											

Tabla 4.17 Datos de consumo de energía real vs simulado edificio principal (EP), error mensual y promedio.

➤ Edificio de estacionamiento (EE)

La comparativa de consumo energético de línea base para el EE con los datos reales de facturación, se muestran en la Figura 4.13 la cual se genera a partir de los datos de la Tabla 4.18. El error máximo ocurre en el mes de diciembre con un 28.54% de error, en enero el mínimo con 1.38% de error, se promedia un error mensual de 13.86%.

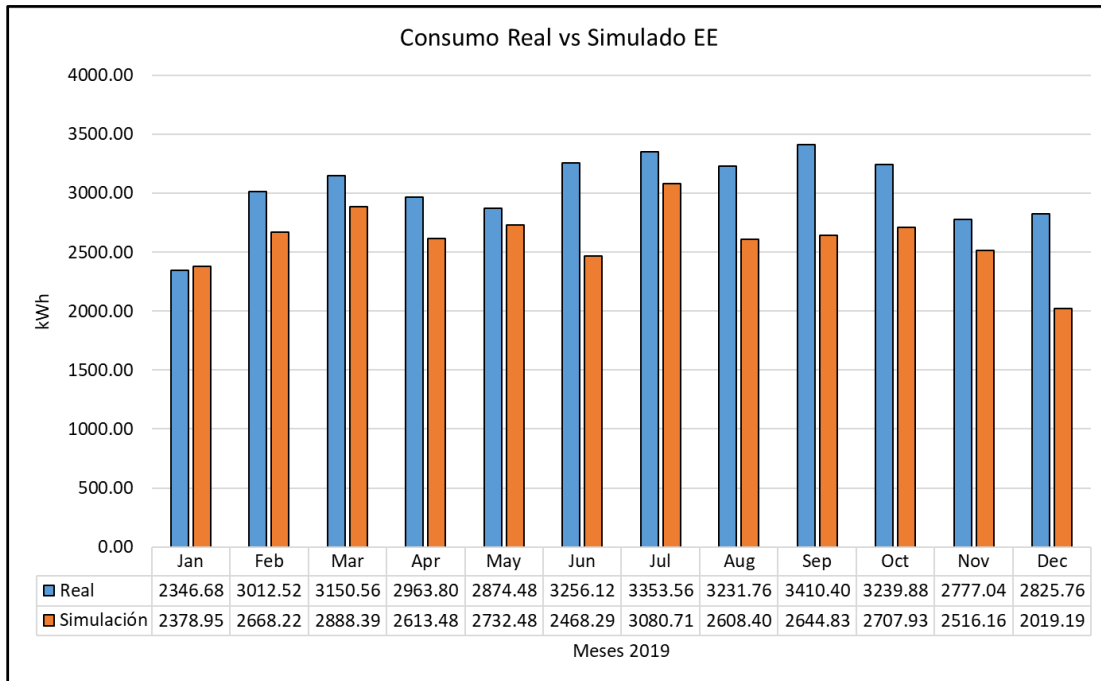


Figura 4.13 Consumo de energía real vs simulado edificio de estacionamiento (EE).

Consumo de energía en KWH edificio de estacionamiento (EE)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Real	2346.68	3012.52	3150.56	2963.80	2874.48	3256.12	3353.56	3231.76	3410.40	3239.88	2777.04	2825.76
Simulación	2378.95	2668.22	2888.39	2613.48	2732.48	2468.29	3080.71	2608.40	2644.83	2707.93	2516.16	2019.19
Error [%]	1.38	11.43	8.32	11.82	4.94	24.20	8.14	19.29	22.45	16.42	9.39	28.54
Promedio de error mensual [%]	13.86											

Tabla 4.18 Datos de consumo de energía real vs simulado edificio de estacionamiento (EE), error mensual y promedio.

4.10.2. COMPARACIÓN DE DEMANDA DE POTENCIA REAL VS SIMULADA

➤ Edificio principal (EP)

La comparación de demanda de potencia en el EP se muestra en la Figura 4.14, el error mensual y el promedio de error mensual se muestra en la Tabla 4.19. Se produce un mejor resultado el mes de enero con 0.04% de error, el peor resultado el mes de diciembre con 19.48% de error; finalmente se produce un promedio de error de simulación de 10.03%.

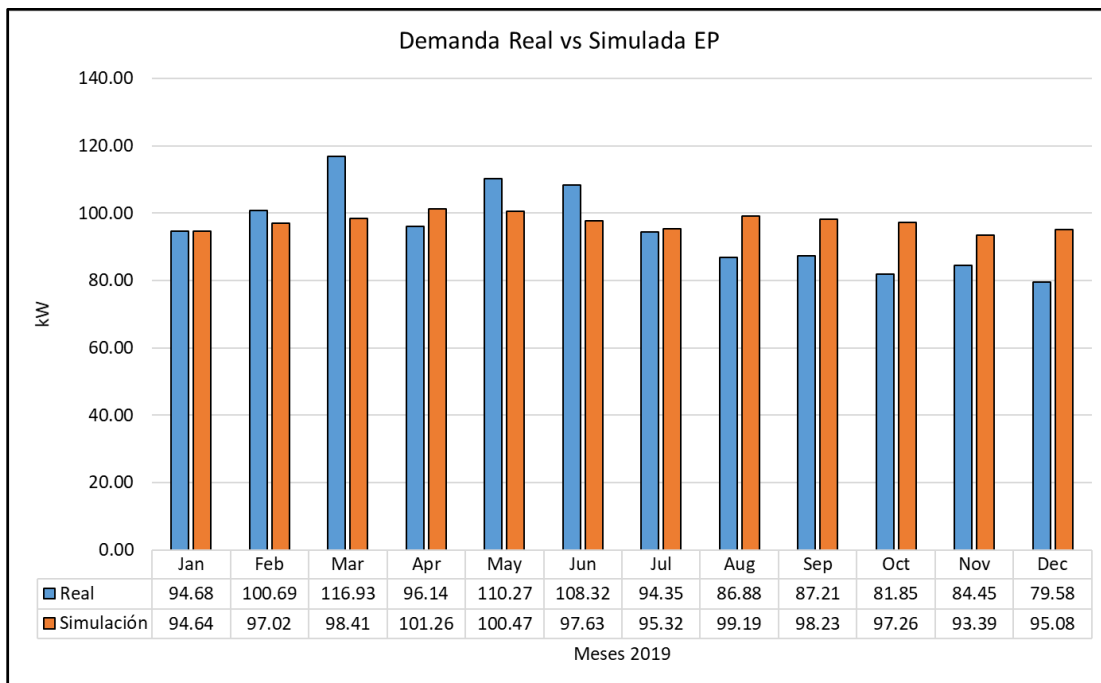


Figura 4.14 Demanda de potencia real vs simulada edificio principal (EP).

Demanda de potencia en KW edificio principal (EP)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Real	94.68	100.69	116.93	96.14	110.27	108.32	94.35	86.88	87.21	81.85	84.45	79.58
Simulación	94.64	97.02	98.41	101.26	100.47	97.63	95.32	99.19	98.23	97.26	93.39	95.08
Error [%]	0.04	3.64	15.84	5.32	8.89	9.87	1.02	14.16	12.64	18.83	10.59	19.48
Promedio de error mensual [%]	10.03											

Tabla 4.19 Datos de demanda de potencia real vs simulada edificio principal (EP), error mensual y promedio.

➤ **Edificio de estacionamiento (EE)**

La comparación de demanda de potencia en el edificio de estacionamiento se muestra en la Figura 4.15, el error mensual y el promedio de error mensual se muestra en la Tabla 4.20. Se genera un mejor resultado el mes de septiembre con 4.55% de error, el peor resultado el mes de noviembre con 29.85% de error; finalmente se genera un promedio de error de simulación de 16.27%.

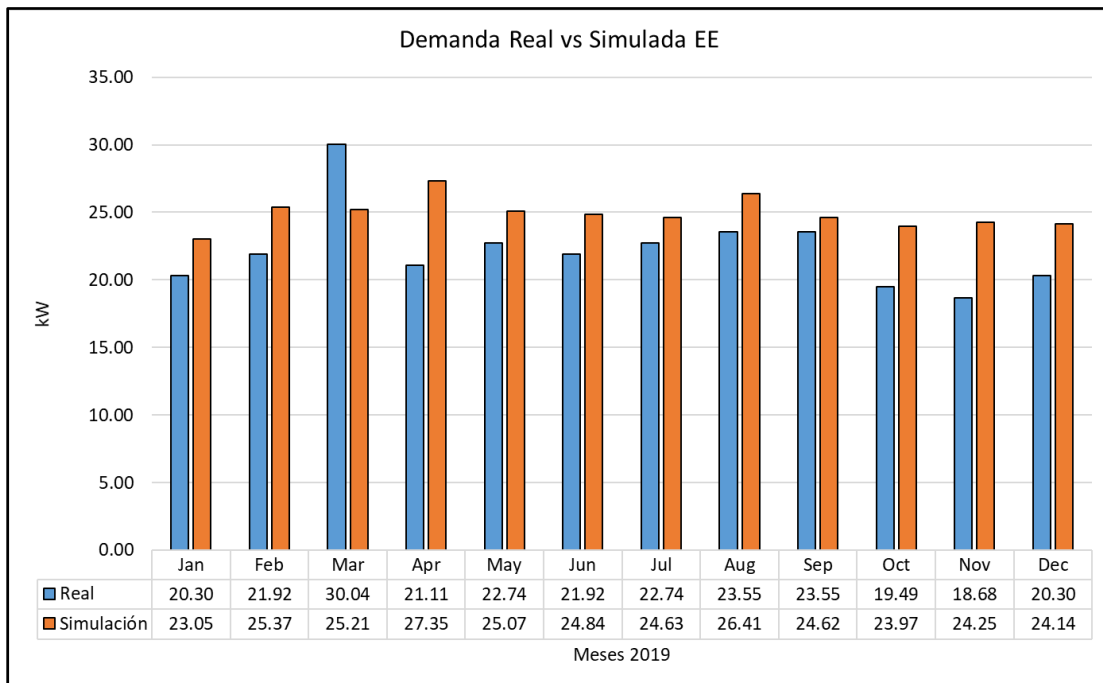


Figura 4.15 Demanda de potencia real vs simulada edificio de estacionamiento (EE).

Demanda de potencia en KW edificio de estacionamiento (EE)												
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Real	20.30	21.92	30.04	21.11	22.74	21.92	22.74	23.55	23.55	19.49	18.68	20.30
Simulación	23.05	25.37	25.21	27.35	25.07	24.84	24.63	26.41	24.62	23.97	24.25	24.14
Error [%]	13.55	15.72	16.09	29.55	10.27	13.30	8.33	12.15	4.55	23.00	29.85	18.92
Promedio de error mensual [%]	16.27											

Tabla 4.20 Datos de demanda de potencia real vs simulada edificio de estacionamiento (EE), error mensual y promedio.

Los resultados de simulación son aceptables, luego de realizar la comparación con los valores reales de demanda de potencia y consumo de energía eléctrica. Los cuales se mantienen por debajo del 17% de error en promedio mensual, en cada una de las comparaciones. Por supuesto, estos resultados son mejorables, para posibles investigaciones futuras en los mismos edificios, con facturaciones de consumo eléctrico e información más actualizada al comportamiento energético actual de los edificios.

4.11. PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA EXACTITUD DE LOS RESULTADOS DE SIMULACIÓN

Como se menciona en la sección de planificación del proyecto en el capítulo anterior, la exactitud de la simulación está ligada a la cantidad de información que se ingresa en los parámetros de simulación de OpenStudio. El motor de cálculo de EnergyPlus también muestra los resultados en base a modelos energéticos a partir de iteraciones, con esto en mente, es casi imposible simular el comportamiento energético al 100% del edificio, aun así, es necesario plantear las hipótesis de parámetros que influyen en el porcentaje de error que se obtiene en las simulaciones.

Algunos de estos parámetros son más claros en cuanto a la alteración de resultados de simulación que otros, entre ellos los siguientes:

- a) La información proporcionada por los trabajadores de los edificios en cuanto al horario de uso de equipos climatizadores, equipos eléctricos e iluminación no es del todo precisa. Esto sin duda alguna genera error en la simulación, también cabe mencionar que es una tarea muy compleja de establecer un horario de funcionamiento detallado para cada hora del día y en cada día de la semana en que se utilizan cada uno de los equipos y luminarias del lugar.
- b) El flujo de personal dentro de las instalaciones puede ser variable en todos los días, como se menciona en las generalidades de los edificios, se reciben visitantes de diferentes empresas del país para ser atendidas a lo largo del día. También existe una variación de

personal en semanas de asueto aleatorias para cada uno de los empleados según lo establecen los artículos de trabajo de INSAFORP. Para los equipos climatizadores la varianza de flujo de personas también afecta a la carga térmica que perciben en su funcionamiento y, por lo tanto, su consumo eléctrico.

- c) Los materiales de construcción para puertas, ventanas, muros y techos utilizados en la simulación corresponden a los proporcionados por las plantillas de edificaciones tipo oficinas, esto afecta en la simulación por la envolvente térmica que tiene el edificio en base a estos materiales, proporcionando un grado de error en los resultados de simulación.
- d) Para obtener el consumo eléctrico de equipos de oficina, equipos climatizadores y eficiencia energética, se han utilizado instrumentos de medición con una determinada exactitud en sus lecturas, esto genera cierto grado de error en la obtención de información a la vez genera un grado de error al ingresarlos al programa de simulación. La información de la exactitud de los instrumentos de medición se muestra en la tabla 4.21 a continuación:

Exactitud de instrumentos de medición					
Instrumento	Marca	Modelo	Medida	Unidades	Exactitud
Amperímetro	Klein Tools	CL320	Corriente eléctrica	A	±2% + 10 dígitos
Voltímetro	Agilent	U1252A	Tensión eléctrica	V	±0.03% + 5 dígitos
Higrómetro	Amprobe	THWD-3	Humedad y temperatura	% - °C	±2%, ±0.8 °C
Anemómetro	HoldPeak	HP-856A	Velocidad del viento	m/s	±3%

Tabla 4.21 Exactitud de instrumentos de medición utilizados en obtención de datos.

- e) El archivo climático cargado en OpenStudio para realizar la simulación, es correspondiente a la región de Ilopango dado que, no se tiene el archivo climático de la región de Antigua Guatemala en la base de datos de EnergyPlus. Esto genera un impacto considerable en los cálculos térmicos en el motor de EnergyPlus y dando un error considerable en los resultados de simulación. La página web de Weatherspark realiza una aproximación climática, basado en las diferencias de altitudes de Antigua Guatemala y los datos de las estaciones meteorológicas del aeropuerto de Ilopango, aeropuerto internacional de Comalapa y Acajutla en conformidad con la International Standard Atmosphere. La comparación de temperaturas entre la región de Ilopango y Antigua Guatemala se muestra en la Figura 4.16, cabe mencionar que las diferencias de los archivos climáticos no se limitan a temperaturas, sino también la velocidad del viento, lluvia, nubes, humedad, etc.

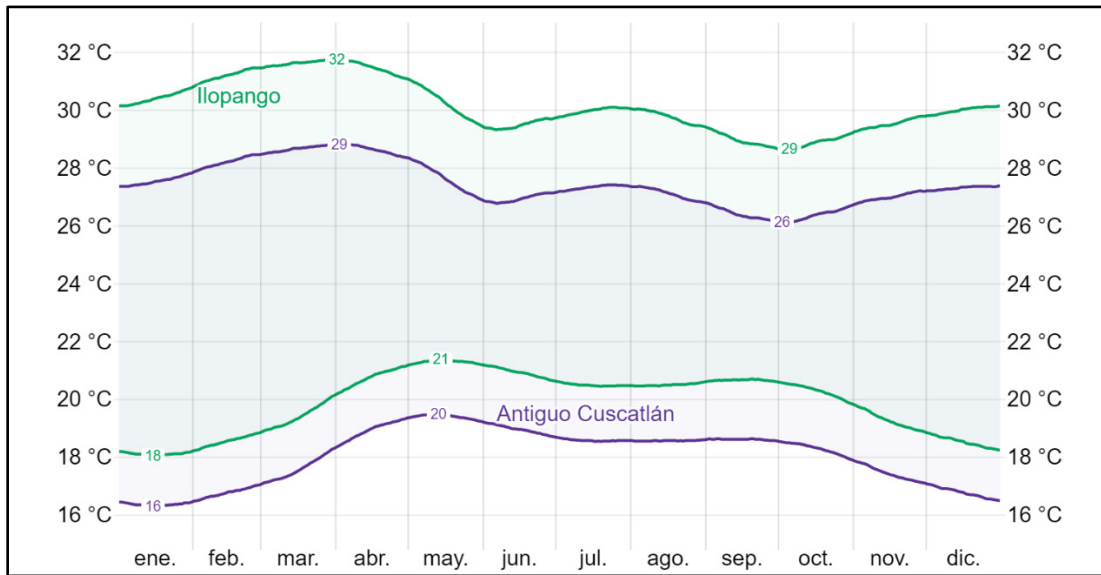


Figura 4.16 Comparación de temperatura externa máxima y mínima de Antigua Cuscatlán e Ilopango.

Fuente: <https://es.weatherspark.com>

4.12. ADAPTACIÓN DE FACTURACIÓN DE DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA DEL MODELO DE LÍNEA BASE

Para realizar un análisis económico al modelo de línea base, se utiliza el pliego tarifario anual más reciente (2021) por la distribuidora correspondiente, en este caso DELSUR que se detalla en los anexos. Se aplican las tarifas para un servicio de gran demanda, medición horaria en la franja horaria “resto” y en media tensión. La Figura 4.17 muestra el grafico de barras horizontal de costos mensuales en ambos edificios de INSAFORP. Se observa una marcada diferencia en los costos energéticos por parte del edificio principal ante el edificio de estacionamiento. Los detalles de costos que se calculan de demanda de potencia y consumo de energía eléctrica se muestran en la Tabla 4.22, los costos monetarios que se calculan incluyen el impuesto del IVA (13%), el cual no se refleja en las tarifas de los pliegos tarifarios que se utilizan.

Mes	Edificio principal (EP)					Edificio de estacionamiento (EE)				
	Consumo [kWh]	Demanda [kW]	Costo Consumo [\$]	Costo Demanda [\$]	Total mensual [\$]	Consumo [kWh]	Demanda [kW]	Costo Consumo [\$]	Costo Demanda [\$]	Total mensual [\$]
Enero	14036.8	94.6	\$ 1,647.3	\$ 726.3	\$ 2,373.6	2378.95	23.05	\$ 279.2	\$ 176.9	\$ 456.1
Febrero	13781.0	97.0	\$ 1,614.9	\$ 744.6	\$ 2,359.4	2668.22	25.37	\$ 312.7	\$ 194.7	\$ 507.4
Marzo	15152.2	98.4	\$ 1,775.5	\$ 755.2	\$ 2,530.8	2888.39	25.21	\$ 338.5	\$ 193.5	\$ 531.9
Abril	12950.6	101.3	\$ 1,600.3	\$ 777.1	\$ 2,377.4	2613.48	27.35	\$ 322.9	\$ 209.9	\$ 532.8
Mayo	14907.8	100.5	\$ 1,925.4	\$ 771.0	\$ 2,696.5	2732.48	25.07	\$ 352.9	\$ 192.4	\$ 545.3
Junio	13560.3	97.6	\$ 1,751.4	\$ 749.2	\$ 2,500.6	2468.29	24.84	\$ 318.8	\$ 190.6	\$ 509.4
Julio	16096.1	95.3	\$ 2,261.5	\$ 731.5	\$ 2,993.1	3080.71	24.63	\$ 432.8	\$ 189.0	\$ 621.9
Agosto	12864.7	99.2	\$ 1,927.8	\$ 761.2	\$ 2,689.0	2608.40	26.41	\$ 390.9	\$ 202.7	\$ 593.5
Septiembre	14568.1	98.2	\$ 2,183.0	\$ 753.9	\$ 2,936.9	2644.83	24.62	\$ 396.3	\$ 188.9	\$ 585.3
Octubre	15540.6	97.3	\$ 2,271.8	\$ 746.4	\$ 3,018.2	2707.93	23.97	\$ 395.9	\$ 184.0	\$ 579.8
Noviembre	14300.7	93.4	\$ 2,047.4	\$ 716.7	\$ 2,764.1	2516.16	24.25	\$ 360.2	\$ 186.1	\$ 546.3
Diciembre	11670.2	95.1	\$ 1,670.8	\$ 729.7	\$ 2,400.5	2019.19	24.14	\$ 289.1	\$ 185.3	\$ 474.3
Total anual	169429.1		\$ 22,677.0	\$ 8,962.9	\$ 31,639.9	31327.0		\$ 4,190.2	\$ 2,293.9	\$ 6,484.1
Máximo	16096.1	101.3	\$ 2,271.79	\$ 777.10	\$ 3,018.20	3080.7	27.4	\$ 432.85	\$ 209.89	\$ 621.87
Promedio	14119.1	97.3	\$ 1,889.75	\$ 746.91	\$ 2,636.66	2610.6	24.9	\$ 349.18	\$ 191.16	\$ 540.34
Mínimo	11670.2	93.4	\$ 1,600.26	\$ 716.71	\$ 2,359.42	2019.2	23.1	\$ 279.19	\$ 176.89	\$ 456.08

Tabla 4.22 Detalle de datos mensuales de costos monetarios por demanda y consumo de energía globales simulados.

Los resultados de adaptación a una facturación de la línea base que se muestra en la Tabla 4.22, indica que el edificio principal tiene costos anuales totales por consumo de energía eléctrica y demanda de potencia por un valor de \$31,639.9, con un promedio mensual de \$2,636.66 alcanza su valor máximo el mes de octubre con \$3,018.20. De manera similar se observa que, para el edificio de estacionamiento, se tienen costos anuales totales por consumo de energía eléctrica y demanda de potencia por \$6,484.10, con un promedio mensual de \$540.34 y produce su valor máximo el mes de julio con \$621.87. Los costos monetarios mensuales en cada edificio aparte de ser afectados por la variación de consumo eléctrico y demanda de potencia, están afectados por la variación trimestral de tarifas de energía aplicadas por la distribuidora correspondiente.

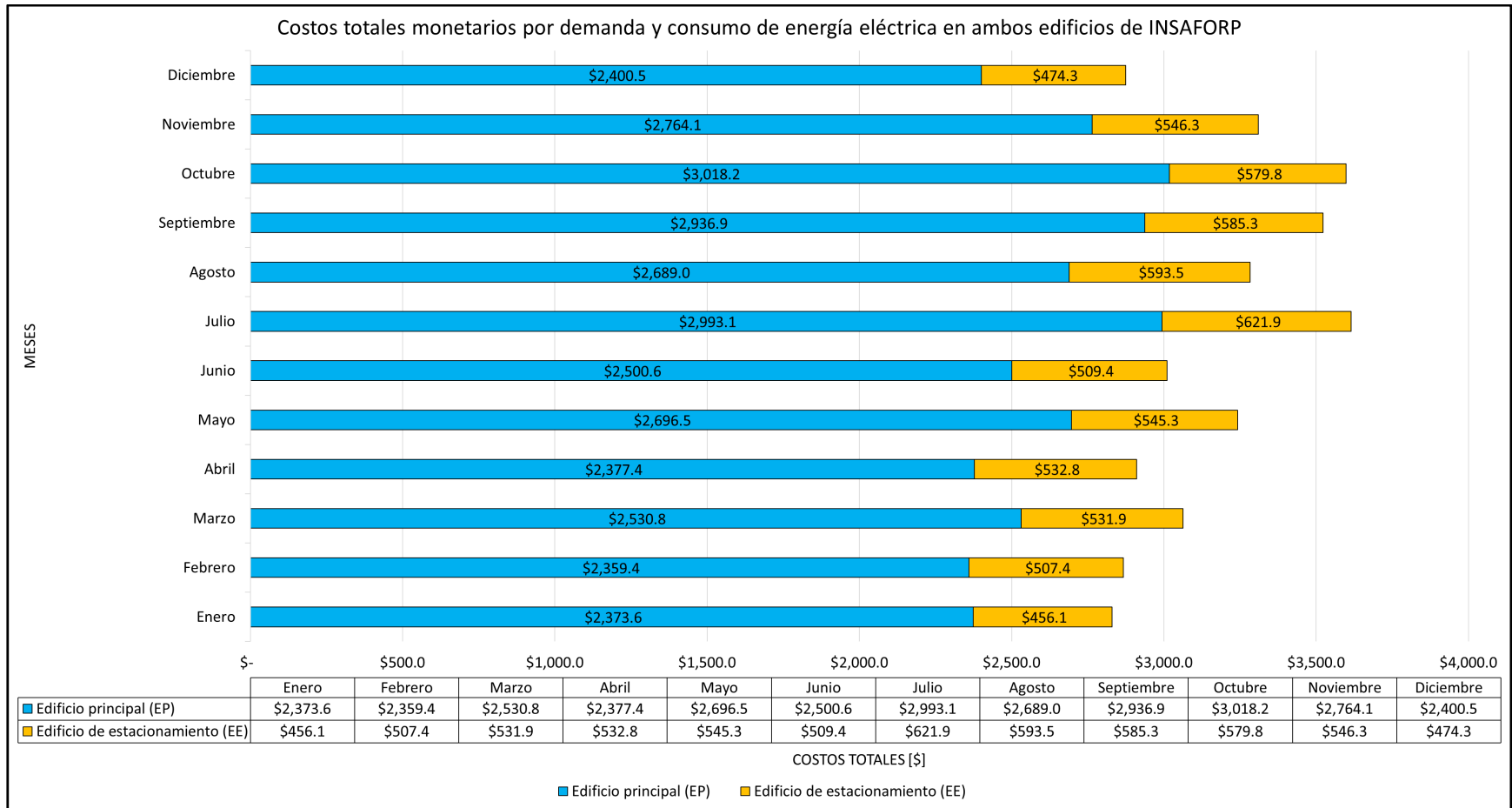


Figura 4.17 Costos monetarios de demanda y consumo de energía globales simulados en edificios de INSAFORP.

Para obtener una mejor perspectiva de los costos monetarios por demanda de potencia y consumo de energía eléctrica, se calculan los costos para los diferentes rubros analizados: aires acondicionados, equipos eléctricos e iluminación, para ambas edificaciones de INSAFORP. Los costos monetarios se reflejan en las Tablas 4.23 y 4.24, de las cuales se generan los gráficos mostrados en las Figuras 4.18 y 4.19 a continuación. Los gráficos de barra denotan la proporción de costos por consumos de energía eléctrica por rubro, mientras los gráficos de líneas denotan los costos por demanda de potencia por rubro.

Los cálculos muestran un costo monetario anual por consumo de energía eléctrica por aires acondicionados de \$9,027.0 para el edificio principal, con un valor promedio mensual de \$752.25. Mientras que también se obtienen costos monetarios anuales por demanda de potencia por aires acondicionados de \$4,807.2, por el mismo edificio, con un valor promedio mensual de \$400.6.

Mes	Costos monetarios por rubro en edificio principal (EP)							
	Costo consumo eléctrico [€]			Total mensual	Costo demanda de potencia [€]			Total mensual
	Aires acondicionados	Equipos eléctricos	Iluminación		Aires acondicionados	Equipos eléctricos	Iluminación	
Enero	\$ 608.7	\$ 616.9	\$ 421.7	\$ 1,647.3	\$ 380.0	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 726.3
Febrero	\$ 640.9	\$ 573.0	\$ 401.0	\$ 1,614.9	\$ 398.2	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 744.5
Marzo	\$ 738.5	\$ 616.0	\$ 421.0	\$ 1,775.5	\$ 409.0	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 755.3
Abril	\$ 668.6	\$ 572.3	\$ 359.4	\$ 1,600.3	\$ 430.8	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 777.1
Mayo	\$ 782.4	\$ 679.0	\$ 464.0	\$ 1,925.4	\$ 424.7	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 771.0
Junio	\$ 697.9	\$ 633.6	\$ 419.8	\$ 1,751.4	\$ 402.9	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 749.2
Julio	\$ 931.5	\$ 777.2	\$ 552.9	\$ 2,261.5	\$ 385.2	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 731.5
Agosto	\$ 786.4	\$ 705.5	\$ 435.8	\$ 1,927.7	\$ 414.9	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 761.2
Septiembre	\$ 868.3	\$ 776.3	\$ 538.4	\$ 2,183.0	\$ 407.6	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 753.9
Octubre	\$ 887.9	\$ 808.6	\$ 575.3	\$ 2,271.8	\$ 400.1	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 746.4
Noviembre	\$ 791.3	\$ 741.7	\$ 514.4	\$ 2,047.4	\$ 370.4	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 716.7
Diciembre	\$ 624.5	\$ 654.4	\$ 391.9	\$ 1,670.8	\$ 383.4	\$ 184.0	\$ 162.3	\$ 729.7
Total anual	\$ 9,027.0	\$ 8,154.4	\$ 5,495.7	\$ 22,677.0	\$ 4,807.2	\$ 2,207.8	\$ 1,947.8	\$ 8,962.9
Máximo	\$ 931.47	\$ 808.61	\$ 575.26	\$ 2,271.79	\$ 430.80	\$ 183.98	\$ 162.32	\$ 777.10
Promedio	\$ 752.25	\$ 679.53	\$ 457.97	\$ 1,889.75	\$ 400.60	\$ 183.98	\$ 162.32	\$ 746.91
Mínimo	\$ 608.72	\$ 572.29	\$ 359.40	\$ 1,600.26	\$ 370.42	\$ 183.98	\$ 162.32	\$ 716.72

Tabla 4.23 Costos monetarios por diferentes rubros en edificio principal (EP) por demanda y consumo de energía.

Al evaluar los costos monetarios en el edificio de estacionamiento, se calculan en la Tabla 4.24 un valor anual por consumo eléctrico de \$1,224.1 por parte de aires acondicionados, con un promedio mensual de \$102.01. En cuanto a la demanda de potencia por aires acondicionados se generan costos anuales de \$1,375.4 con un promedio mensual de \$114.61. Al comparar los costos monetarios en ambos edificios, se calcula que el EP genera 7.4 veces más los costos monetarios por consumo eléctrico de aires acondicionados ante el EE, mientras que en demanda de potencia el EP genera 3.5 veces los costos monetarios del EE.

Mes	Costos monetarios por rubro en edificio de estacionamiento (EE)							
	Costo consumo eléctrico [€]			Total mensual	Costo demanda de potencia [€]			Total mensual
	Aires acondicionados	Equipos eléctricos	Iluminación		Aires acondicionados	Equipos eléctricos	Iluminación	
Enero	\$ 53.7	\$ 139.8	\$ 85.7	\$ 279.2	\$ 100.3	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 176.9
Febrero	\$ 101.4	\$ 129.7	\$ 81.5	\$ 312.7	\$ 118.2	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 194.7
Marzo	\$ 113.3	\$ 139.6	\$ 85.6	\$ 338.5	\$ 116.9	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 193.4
Abril	\$ 119.8	\$ 130.1	\$ 73.0	\$ 322.9	\$ 133.4	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 209.9
Mayo	\$ 104.7	\$ 153.9	\$ 94.3	\$ 352.9	\$ 115.9	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 192.4
Junio	\$ 89.7	\$ 143.8	\$ 85.3	\$ 318.8	\$ 114.1	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 190.6
Julio	\$ 144.7	\$ 175.8	\$ 112.4	\$ 432.8	\$ 112.5	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 189.0
Agosto	\$ 141.8	\$ 160.5	\$ 88.6	\$ 390.9	\$ 126.1	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 202.7
Septiembre	\$ 111.1	\$ 175.8	\$ 109.4	\$ 396.3	\$ 112.4	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 188.9
Octubre	\$ 96.0	\$ 182.9	\$ 116.9	\$ 395.9	\$ 107.4	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 183.9
Noviembre	\$ 87.7	\$ 168.0	\$ 104.5	\$ 360.2	\$ 109.6	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 186.1
Diciembre	\$ 60.4	\$ 149.1	\$ 79.6	\$ 289.1	\$ 108.7	\$ 42.7	\$ 33.8	\$ 185.3
Total anual	\$ 1,224.1	\$ 1,849.2	\$ 1,116.8	\$ 4,190.2	\$ 1,375.4	\$ 512.4	\$ 406.1	\$ 2,293.9
Máximo	\$ 144.65	\$ 182.95	\$ 116.90	\$ 432.85	\$ 133.36	\$ 42.70	\$ 33.84	\$ 209.90
Promedio	\$ 102.01	\$ 154.10	\$ 93.07	\$ 349.18	\$ 114.61	\$ 42.70	\$ 33.84	\$ 191.15
Mínimo	\$ 53.67	\$ 129.73	\$ 73.04	\$ 279.19	\$ 100.32	\$ 42.70	\$ 33.84	\$ 176.86

Tabla 4.24 Costos monetarios por diferentes rubros en edificio de estacionamiento (EE) por demanda y consumo de energía.

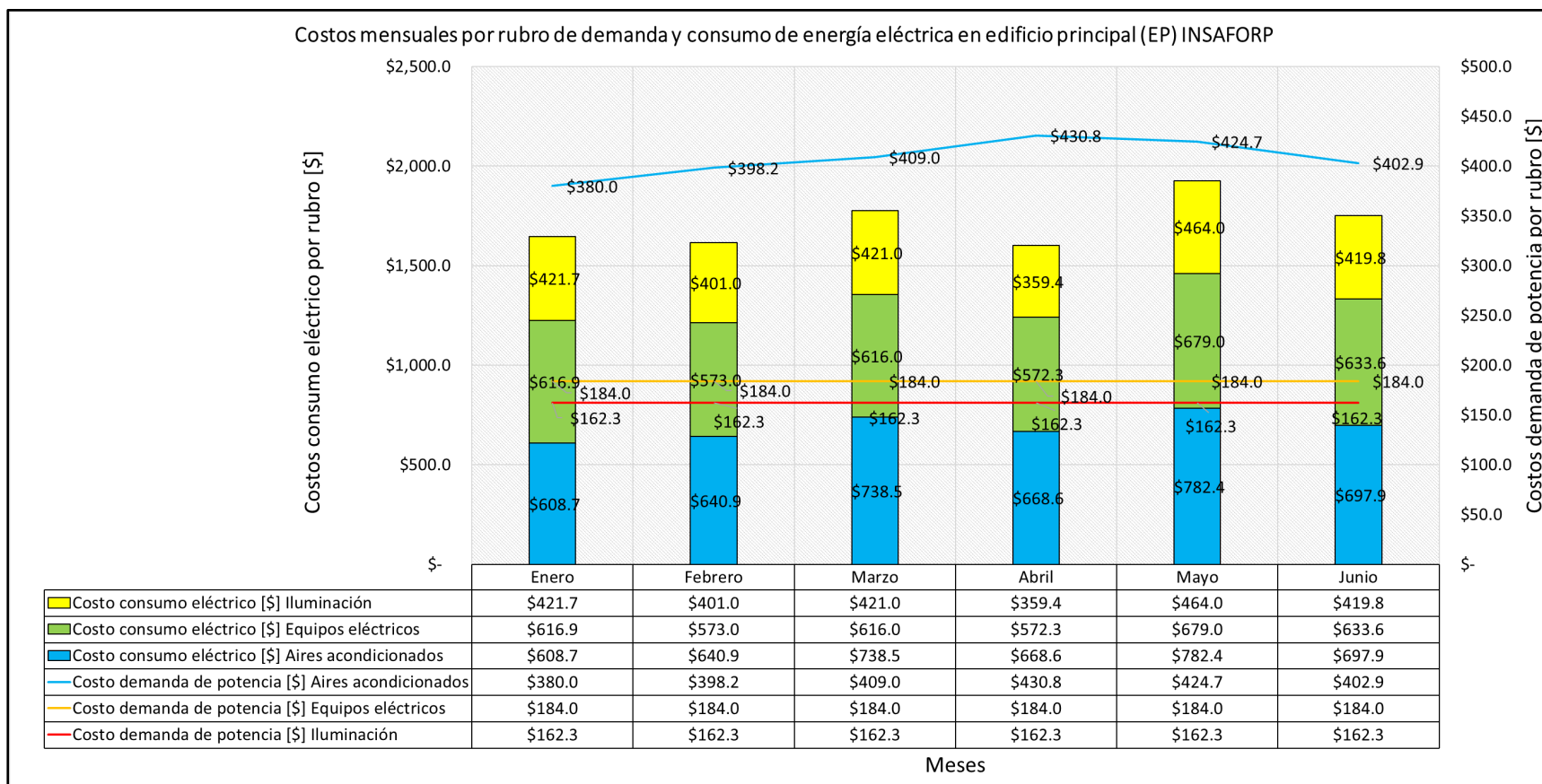


Figura 4.18 Costos monetarios mensuales por rubro de demanda y consumo de energía eléctrica en edificio principal (EP) INSAFORP.

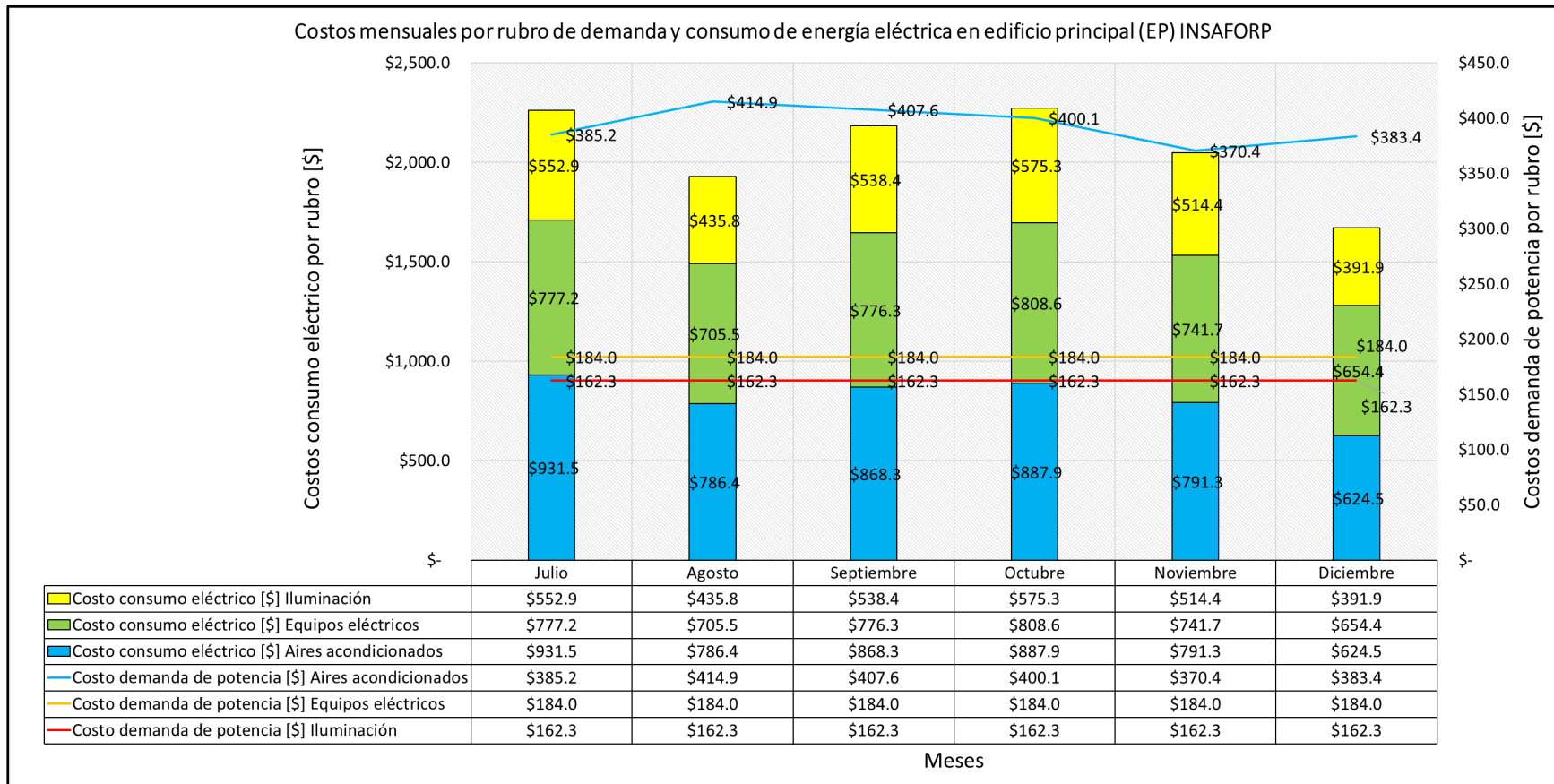


Figura 4.18 Costos monetarios mensuales por rubro de demanda y consumo de energía eléctrica en edificio principal (EP) INSAFORP (continuación).

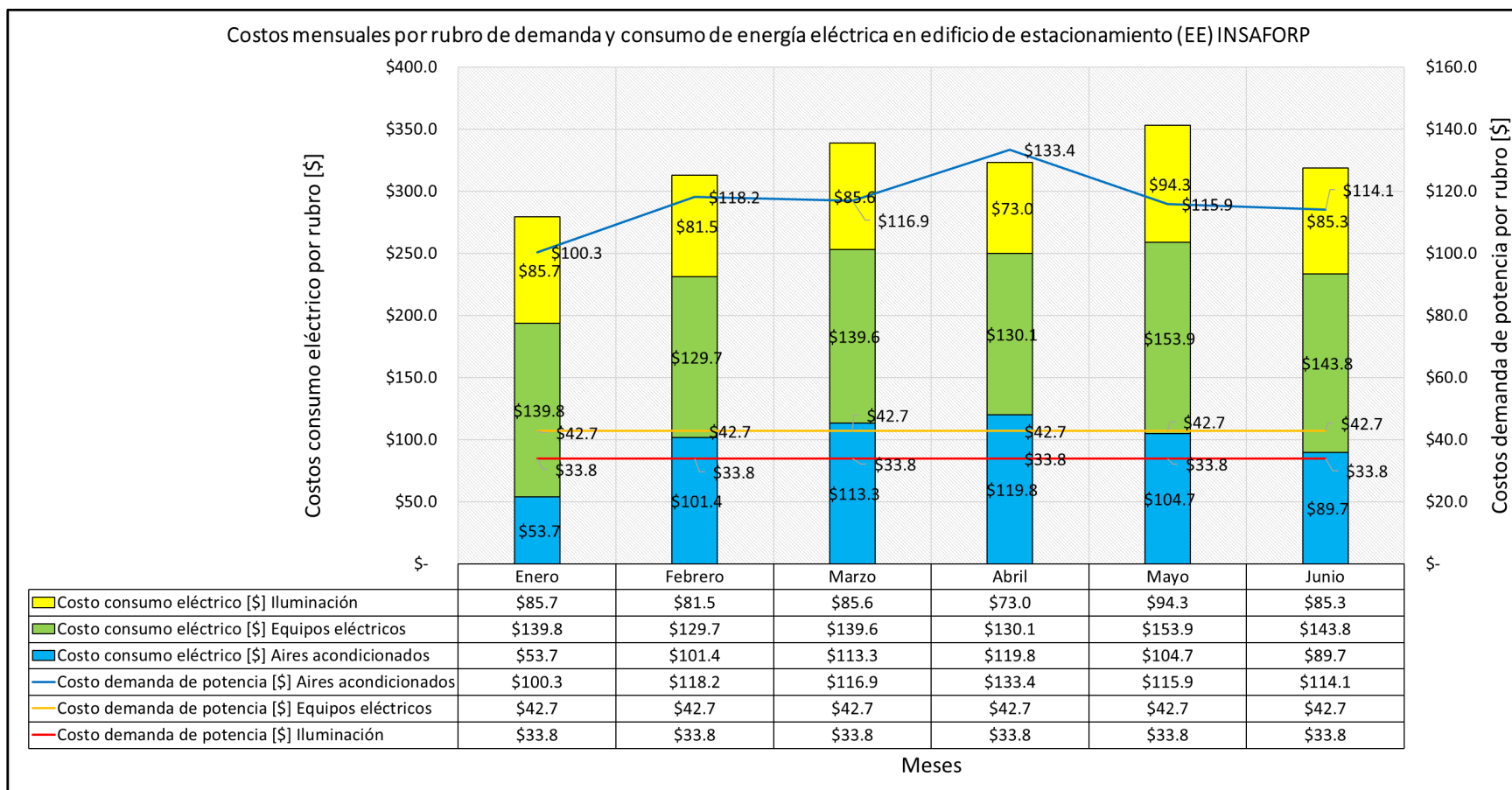


Figura 4.19 Costos monetarios mensuales por rubro de demanda y consumo de energía eléctrica en edificio de estacionamiento (EE) INSAFORP.

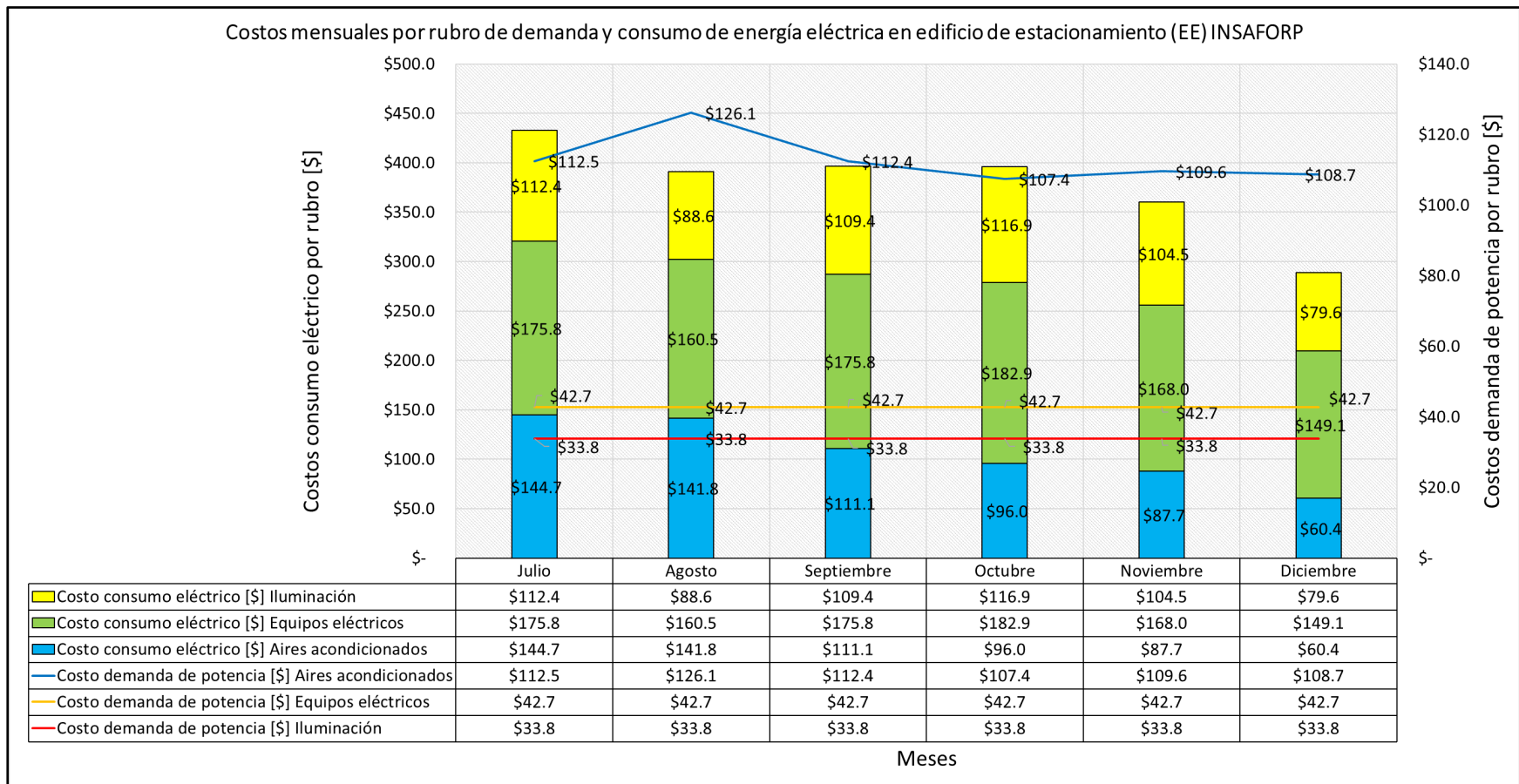


Figura 4.19 Costos monetarios mensuales por rubro de demanda y consumo de energía eléctrica en edificio de estacionamiento (EE) INSAFORP (continuación).

5. MODELO DE BAJO CONSUMO ENERGÉTICO EN INSAFORP ORIENTADO A EQUIPOS CLIMATIZADORES

5.1. MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO EN EQUIPOS CLIMATIZADORES

Las medidas de ahorro energético pueden llegar a ser simples y de bajo presupuesto, como complejas y de alto presupuesto. Es importante que al momento de aplicar estas medidas se tome en cuenta el confort del personal del edificio, debe de existir un balance entre los límites de confort y el máximo ahorro energético que se pueda obtener con las medidas aplicadas. Por ejemplo, no es válido aplicar una medida de retiro de equipo climatizador en una zona determinada, sin antes estudiar los efectos de humedad, temperatura y renovación del aire, que afectan directamente al confort de las personas en esa zona. Las medidas que se detallan en esta sección tienen por objetivo, minimizar el régimen de carga de los equipos climatizadores y en algunos casos aumentar su rendimiento.

5.1.1. M1 - REGULACIÓN DE TEMPERATURA DE CONSIGNA

El confort de las personas en un determinado espacio, depende de su adaptación a las condiciones del lugar, los modelos adaptativos en realidad no predicen las respuestas de comodidad, pero más bien las condiciones casi constantes bajo las cuales la gente es probable que se encuentre cómoda en los edificios. En general, las personas se adaptan naturalmente y también pueden hacer varios ajustes a sí mismos y a su entorno, para reducir la incomodidad y la tensión fisiológica. Se observó que, a través de acciones de adaptación, un grado aceptable de la comodidad en residencias y oficinas es posible en un rango de temperaturas del aire de alrededor de 17 a 31°C. Los ajustes adaptativos son típicamente acciones conscientes tales como alterar la ropa, la postura, los horarios o niveles de actividad, el ritmo de trabajo, dieta, ventilación, movimiento de aire y temperatura local.

Una fuerza impulsora importante detrás del proceso adaptativo es el patrón de condiciones climáticas al aire libre y exposición a ellas. Esto es la entrada principal a los modelos adaptativos, que predicen la comodidad probable a temperaturas t_c o rangos de t_c a partir de las temperaturas exteriores medias mensuales. El modelo de Humphreys y Nicol (1998) se basa en datos de una amplia gama de edificios, climas y culturas¹²:

$$T_c = 24.2 + 0.43(T_{out} - 22) \exp - \left(\frac{T_{out} - 22}{24\sqrt{2}} \right)^2 \quad EC 5.1$$

Los modelos adaptativos son útiles para guiar las decisiones de diseño y energía y para especificar los puntos de ajuste de temperatura del edificio durante todo el año. El modelo de Humphreys y Nicol (1998), especifica que las temperaturas de confort en edificios climatizados también muestran una dependencia sobre la temperatura exterior de los meses más calurosos del año. La distribución de temperatura de consigna se calcula con la ecuación 5.1 y se muestran en la Tabla 5.1, los datos históricos de temperatura exterior se obtienen para la localidad de Antigua Cuscatlán, La Libertad, El Salvador. La eficacia de esta medida de ahorro energético está relacionada con la concientización de la persona responsable del equipo climatizador de su área, el cumplimiento mensual de los valores de temperatura de confort, para los termostatos de los equipos, refleja la aplicación exitosa de esta medida energética.

Mes	Temperatura exterior			Temperatura de confort [°C]
	T Máxima [°C]	T Mínima [°C]	T Media [°C]	
Enero	28	16	21	24
Febrero	28	17	22	24
Marzo	29	18	23	25
Abril	29	19	23	25
Mayo	28	19	23	25
Junio	27	19	22	24
Julio	27	19	22	24
Agosto	27	19	22	24
Septiembre	26	19	22	24
Octubre	26	18	22	24
Noviembre	27	17	22	24
Diciembre	27	17	21	24

Tabla 5.1 Distribución mensual de temperatura de confort para termostatos de equipos climatizadores.

¹² Fuente: Thermal Comfort, Chapter 9, ASHRAE Handbook 2021.

5.1.2. M2 - DISMINUCIÓN DE CARGA TÉRMICA POR ILUMINACIÓN

La iluminación de los edificios, como se menciona en secciones anteriores, en especial las luminarias tipo fluorescentes, carecen de eficiencia energética; las cuales aprovechan menos del 20% de la energía eléctrica consumida en luz visible. El resto de energía (más del 80%) se convierte en calor, generado por radiación y por convección, el cual genera además un consumo extra de energía por ser una carga térmica para los equipos climatizadores en el área. Actualmente las lámparas fluorescentes instaladas, tienen una relación de 2800 lúmenes por 32 W (88 Lm/W) para lámparas de 4 pies de longitud y una relación de 1000 lúmenes por 18W (56 Lm/W) para lámparas de 2 pies de longitud.

La medida energética que se recomienda es utilizar iluminación eficiente bajo la tecnología LED, las principales características de esta tecnología son:

- Bajo consumo energético.
- Larga vida útil (entre 35,000 a 50,000 horas continuas).
- Menor contaminación medioambiental.
- Alta eficiencia energética en comparación a otro tipo de luminarias.
- Generan menos calor en el área.

La transición de luminarias tipo fluorescentes a LED, además de comparar el consumo eléctrico, deben analizarse los parámetros de iluminación recomendados para el confort visual de las personas en el área, para recintos tipo oficinas se recomienda una iluminación promedio de 500 lux sobre el área de trabajo. El programa de simulación energética de edificios, OpenStudio, carece de herramientas para realizar un estudio con este tipo de variables, en ese sentido, se apoya la investigación al realizar un muestreo de iluminación en algunos recintos del edificio, al utilizar el programa de uso libre DIALux EVO. Este programa contiene una gran cantidad de librerías de luminarias de diferentes tipos, marcas, potencia, tipo de montajes, etc. Su principal función es, generar mapas de iluminancia perpendicular a la radiación de las luminarias en simulación, lo cual genera así, una herramienta útil para respaldar la modificación de iluminación a tecnología LED en las oficinas administrativas.

Para el primer muestreo se selecciona una oficina de tamaño promedio, en específico la oficina del coordinador de servicios generales, en la primera planta del edificio principal, se toman sus medidas geométricas y características físicas, como se muestra en el modelo 3D de la Figura 5.1 la cual se crea en DIALux EVO. Se selecciona una luminaria LED de evaluación, que debe coincidir con las dimensiones y localización de los difusores ya instalados en el cielo falso, con las siguientes características:

- Marca: Philips
- Modelo: RC340B LED28S/940 PCS W30L120
- Tipo de montaje: Empotrada
- Potencia por lámpara: 20 W
- Dimensiones por lámpara: 4 ft x 1 ft
- Flujo luminoso por lámpara: 2800 lm
- Rendimiento lumínico por lámpara: 140 lm/W
- Temperatura de color: 4000 K
- Lámparas por luminarias: 2

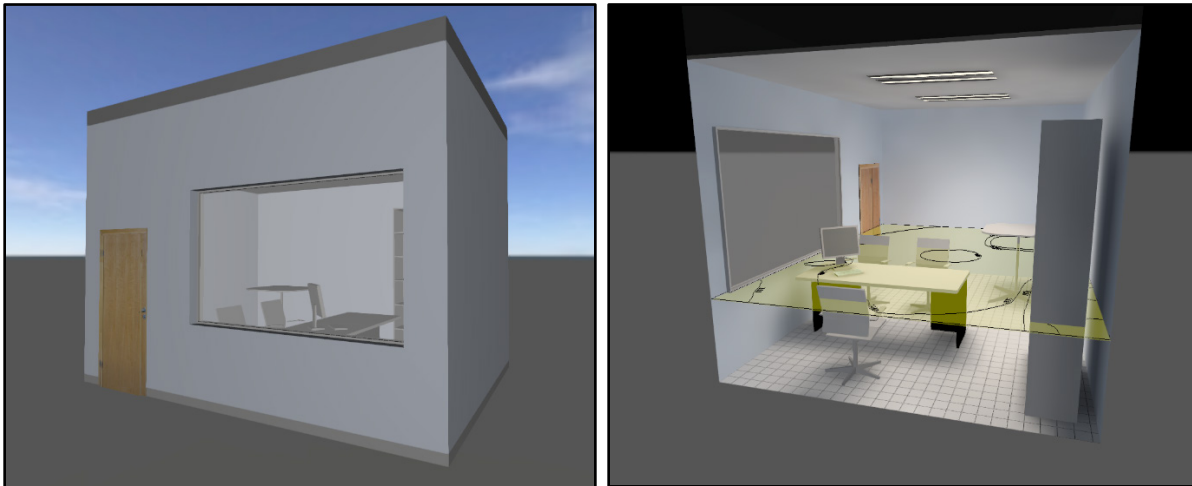


Figura 5.1 Modelo 3D de habitación tipo oficina iluminada, creada en DIALux EVO.

El reemplazo de luminarias tipo fluorescentes de 4x2 ft a LED, genera un cambio de la potencia instalada por luminaria de 96 W a 40 W, que representa un 58% menos de la potencia instalada originalmente por luminaria.

Los resultados de iluminación se muestran en la Figura 5.2, de los cuales se produce un plano de área iluminada de trabajo a 0.8 m del suelo, las curvas de iluminancia reflejan que la mayor parte del área del plano es de 500 lux, como valor promedio se obtienen 573 Lux. Por lo tanto, la transición de tecnologías de luminarias es válida para este tipo de habitaciones tipo oficinas.

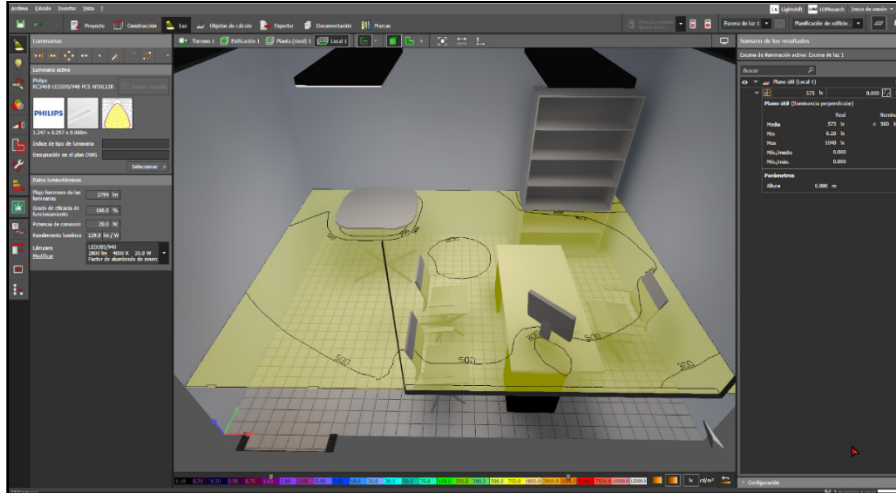


Figura 5.2 Resultados de simulación en DIALux EVO de iluminación en habitación tipo oficina.

De manera similar se realiza la simulación con el mismo tipo de luminaria en el auditorium, como se muestra en la Figura 5.3, al ubicar las luminarias en los espacios disponibles originales, presenta resultados favorables de iluminación con un valor promedio de 671 lux.

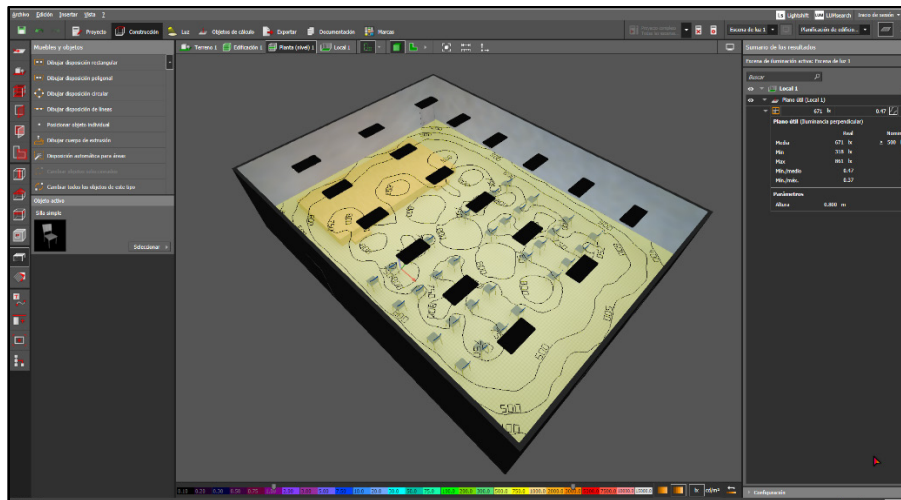


Figura 5.3 Resultados de simulación en DIALux EVO de iluminación para el área de auditorium, nivel 1 edificio principal.

La medida de transición de tecnologías de luminarias, se aplica a luminarias existentes con potencias mayores a 20W por lámpara y dimensiones de 4'x1', 4'x2', el plano de distribución de luminarias refleja que la mayoría de luminarias son de este tipo en todos los niveles. Los resultados de simulación en OpenStudio muestran una reducción del 55%, en cuanto a consumo de energía eléctrica y demanda de potencia por iluminación al aplicar esta medida. Por otra parte, los resultados de simulación en cuanto al impacto hacia la carga térmica de los aires acondicionados, se muestran más adelante en conjunto con las otras medidas energéticas que se aplican en simulación.

5.1.3. M3 - REEMPLAZO DE EQUIPOS CLIMATIZADORES INEFICIENTES

Los resultados de simulación en la línea base, demuestran que el rubro de aires acondicionados es el que mayor porcentaje tiene en consumo y demanda de potencia en las instalaciones de INSAFORP. Una modificación sencilla a la simulación de línea base, expresa que el mayor porcentaje de consumo por aires acondicionados se debe a los que funcionan en un uso continuo, es decir, funcionan en todo el horario laboral (8 AM a 4 PM). La tabla 5.2 muestra el porcentaje de consumo total de estos equipos, que generan un promedio de 84% y 100% del consumo total de energía en el edificio principal y de estacionamiento respectivamente.

Consumo eléctrico aires acondicionados [kWh]			
Edificio	A/C de uso continuo	Total A/C	%
EP	56990	67466	84%
EE	9612	9612	100%

Tabla 5.2 Consumo de energía eléctrica simulados por aires acondicionados de uso continuo en comparación del consumo total de energía por aires acondicionados, edificio principal (EP) y de estacionamiento (EE).

La Tabla 5.3 muestra la distribución de los aires acondicionados de uso continuo en las instalaciones de INSAFORP, se observa con franjas de color rojo los equipos que no cumplen el valor mínimo de EER de 2.72 W/W para aires acondicionados de tipo dividido (split) que establece el Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 23.01.03:15, para una capacidad máxima nominal de 19 kW. En su mayoría estos aires acondicionados corresponden a equipos tipo cassette a excepción de N1-8, N2-27AB, N3-4 y N3-8 que son de tipo central.

Edificio principal					
Nivel 1					
Zona térmica	HVAC	Capacidad nominal [BTU/h]	Temperatura fijada [°C]	EER [W/W]	Flujo de aire [m3/s]
Thermal Zone P1 Área de espera y recepción	N1-8	48,000	22	2.75	0.6333
Thermal Zone P1 Centro de atención a clientes VU	N1-3	60,000	22	1.07	0.4124
Thermal Zone P1 Corredor principal	N1-18	60,000	20	1.42	0.2306
	N1-19	60,000	20	0.75	0.2511
	N1-22	60,000	20	1.78	0.3138
	N1-23	60,000	20	1.64	0.2888
	N1-2	60,000	20	1.15	0.3637
	N1-9	60,000	20	3.71	0.4944
N1-4	60,000	20	2.00	0.2649	
Nivel 2					
Thermal Zone P2 Corredor principal	N2-3	18,000	20	4.12	0.1903
	N2-5	60,000	20	1.33	0.2486
	N2-10	18,000	20	3.56	0.2083
	N2-16	48,000	20	0.49	0.2649
	N2-17	36,000	20	1.29	0.1749
N2-18	36,000	20	1.50	0.1791	
Thermal Zone P2 Cuarto de servidores	N2-27AB	36,000	20	1.78	0.5670
Thermal Zone P2 Estudio audiovisual	N2-26	18,000	19	4.86	0.1989
Edificio de estacionamiento					
Nivel 3					
Thermal Zone EN3 Corredor principal	N3-4	60,000	22	4.70	1.7134
Thermal Zone EN3 Dirección ejecutiva	N3-10	12,000	23	1.48	0.1299
Thermal Zone EN3 Kitchenet	N3-2	9,000	23	0.79	0.0908
Thermal Zone EN3 Oficina consultor temporal 1	N3-14	9,000	23	1.28	0.0973
Thermal Zone EN3 Oficina consultor temporal 2	N3-6	12,000	23	1.48	0.1299
Thermal Zone EN3 Presidencia	N3-11	12,000	23	1.48	0.1299
Thermal Zone EN3 Recepción	N3-8	36,000	23	1.43	0.2728
Thermal Zone EN3 Sala de reuniones	N3-5	9,000	23	0.98	0.0899
Thermal Zone EN3 Sala de reuniones consejo directivo	N3-1	48,000	22	1.64	0.6783
	N3-7	48,000	22	2.26	0.8184
Thermal Zone EN3 Sala de reuniones dirección	N3-3	18,000	23	1.44	0.1155
Thermal Zone EN3 Sala de reuniones presidencia	N3-12	18,000	23	1.00	0.1025
	N3-13	18,000	23	1.20	0.0951
Thermal Zone EN3 Subdirección ejecutiva	N3-9	12,000	23	1.48	0.1299

Tabla 5.3 Distribución de aires acondicionados de uso continuo en instalaciones de INSAFORP.

La medida energética que se propone es realizar, primeramente, un mantenimiento exhaustivo a los equipos con franjas rojas en la Tabla 5.3 por las empresas de mantenimiento contratadas, se conoce por medio de los trabajadores del lugar que ya existe un plan de mantenimiento mensual de los equipos. Si el mantenimiento no mejora su rendimiento y eficiencia, es necesario reemplazar los equipos por otros nuevos y de mejor eficiencia energética. Esta medida energética sin duda alguna es la más costosa monetariamente, en vista de que algunos de los equipos tienen aproximadamente 3 años de haberse instalado, se ha tomado el criterio de no incluir todos los equipos en esta medida, si no, los más ineficientes y que tengan una carga continua de trabajo. Para el caso de los equipos del tercer nivel del edificio de estacionamiento, todos pertenecen a un sistema VRF, al realizar un cálculo global y tener en cuenta el consumo de energía por unidad y potencia frigorífica proporcionada por unidad, se obtiene una eficiencia global del sistema de 1.95 W/W, claramente inferior al valor mínimo recomendado. Actualmente se encuentran instaladas 3 unidades condensadoras con compresores de 10 HP cada uno, modelos MMY-MAP1004HT5

marca TOSHIBA, capacidad nominal de 96 kBTU/h con tecnología modular; La medida energética es sugerir un reemplazo por unidades nuevas y actualizadas, con la misma capacidad de enfriamiento y compatibles con las unidades interiores existentes. La Tabla 5.4 muestra las propuestas de reemplazo de aires acondicionados de tipo cassette y central para las unidades del edificio principal y las unidades condensadoras del sistema VRF del edificio de estacionamiento.

Especificaciones de aires acondicionados de reemplazo, tecnología inverter de alta eficiencia									
Tipo	Marca	Cantidad	Modelo		Capacidad nominal [kBTU/h]	Consumo [kW]	EER [W/W]	Voltaje [V]	Frecuencia [Hz]
			U. Interior	U. Exterior					
Cassette	LG	2	UT36FH. NA0	UUD1.U30	36	2.26	4.2	208 1Ø	60
Cassette	LG	1	UT48FH. NA0	UUD1.U30	48	4.12	3.25	208 1Ø	60
Cassette	LG	8	UT60FH. NA0	UUD1.U30	60	4.69	3.2	208 1Ø	60
Central	LG	1	UM36FH.N30	UUD1.U30	36	2.26	4.2	208 1Ø	60
VRF	Toshiba	3	Existentes	MAP1006HT5P-E	96	7.41	3.64	208 3Ø	60

Tabla 5.4 Especificaciones de aires acondicionados para medida energética de reemplazo de equipos.

5.2. COMPARACIÓN DE RESULTADOS EN MEDIDAS DE AHORRO ENERGÉTICO

5.2.1. COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO EN EDIFICIO PRINCIPAL (EP)

Las tablas 5.5 y 5.6 proporcionan la recopilación de resultados de simulación mensuales para el consumo de energía en kWh y demanda de potencia en kW respectivamente, para las diferentes medidas energéticas que se aplican al modelo de línea base del edificio principal. Además, se agregan los valores monetarios que se ahorra en cada una de las medidas, tanto para el consumo de energía como para la demanda de potencia. Las tablas contienen los ahorros mensuales generados únicamente por los equipos de aire acondicionado del edificio principal.

Para visualizar mejor la información, en base a estas tablas se obtienen los gráficos mostrados en las figuras 5.4 y 5.5. De la Figura 5.4 se observa que la medida 3 (Reemplazo de equipos ineficientes) es la que mejor resultados presenta independientemente, con un valor máximo de ahorro en el mes de julio con 2,731.9 kWh que representa un ahorro monetario de \$383.84 lo cual es un 41% al valor de línea base de ese mismo mes. La medida 2 (Disminución de carga térmica por iluminación) es la que, de manera independiente, presenta menores ahorros en cuanto a aires

acondicionados, se debe tener en cuenta que esta medida de ahorro tiene su principal efecto en reducir el consumo eléctrico por iluminación y que la reducción de carga térmica es solo un efecto secundario, que favorece a la reducción de consumo eléctrico en aires acondicionados. De manera muy marcada se observa en las figuras 5.4 y 5.5, que la combinación de las medidas es la que mejores resultados presenta generando un ahorro de \$439.84 en promedio mensual por consumo de energía eléctrica y \$212.44 en promedio mensual por demanda de potencia.

En la Figura 5.5 se especifica que, para el caso de ahorro en demanda de potencia, la medida que mejores resultados presenta, de manera independientemente, es la medida 1 (Regulación de temperatura de consigna) generando un máximo ahorro el mes de enero con una reducción de 24.3 kW equivalente a un ahorro de \$186.41 de ese mismo mes.

Comparación de medidas en ahorro mensual de consumo de energía eléctrica por aires acondicionados, edificio principal [EP]										
Meses	Consumo de energía eléctrica [kWh]					Ahorro monetario [\$]				
	Línea base	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Combinación	Línea base	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Combinación
Enero	5186.9	1926.9	533.8	2116.0	3008.0	\$ 608.72	\$ 226.14	\$ 62.64	\$ 248.33	\$ 353.01
Febrero	5469.3	2070.2	624.2	2235.7	3209.3	\$ 640.89	\$ 242.59	\$ 73.14	\$ 261.98	\$ 376.07
Marzo	6302.3	2481.8	717.3	2593.6	3781.3	\$ 738.50	\$ 290.82	\$ 84.06	\$ 303.92	\$ 443.10
Abril	5410.6	2030.4	593.1	2242.4	3207.1	\$ 668.57	\$ 250.89	\$ 73.29	\$ 277.08	\$ 396.29
Mayo	6057.9	2199.4	632.3	2516.3	3516.3	\$ 782.41	\$ 284.06	\$ 81.67	\$ 324.99	\$ 454.15
Junio	5403.7	1918.2	562.3	2240.0	3127.6	\$ 697.91	\$ 247.75	\$ 72.62	\$ 289.30	\$ 403.95
Julio	6629.5	2470.9	735.0	2731.9	3899.3	\$ 931.47	\$ 347.16	\$ 103.27	\$ 383.84	\$ 547.87
Agosto	5248.0	1849.6	561.6	2184.9	3047.7	\$ 786.41	\$ 277.16	\$ 84.15	\$ 327.40	\$ 456.69
Septiembre	5794.8	2098.4	623.5	2411.5	3366.2	\$ 868.34	\$ 314.44	\$ 93.43	\$ 361.36	\$ 504.42
Octubre	6074.0	2196.7	644.8	2513.5	3514.0	\$ 887.93	\$ 321.12	\$ 94.27	\$ 367.43	\$ 513.69
Noviembre	5527.4	2092.6	562.3	2265.6	3244.7	\$ 791.35	\$ 299.59	\$ 80.50	\$ 324.35	\$ 464.53
Diciembre	4361.8	1589.7	432.4	1802.2	2544.9	\$ 624.47	\$ 227.59	\$ 61.91	\$ 258.01	\$ 364.35
Total anual	67466.3	24924.7	7222.6	27853.5	39466.4	\$ 9,026.96	\$ 3,329.29	\$ 964.94	\$ 3,728.00	\$ 5,278.10
Máximo	6629.5	2481.8	735.0	2731.9	3899.3	\$ 931.47	\$ 347.16	\$ 103.27	\$ 383.84	\$ 547.87
Promedio	5622.2	2077.1	601.9	2321.1	3288.9	\$ 752.25	\$ 277.44	\$ 80.41	\$ 310.67	\$ 439.84
Mínimo	4361.8	1589.7	432.4	1802.2	2544.9	\$ 608.72	\$ 226.14	\$ 61.91	\$ 248.33	\$ 353.01

Tabla 5.5 Comparación mensual en medidas de ahorro en consumo de energía por aires acondicionados, edificio principal.

Comparación de medidas en ahorro mensual en demanda de potencia por aires acondicionados, edificio principal [EP]										
Meses	Demanda de potencia [kW]					Ahorro monetario [\$]				
	Línea base	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Combinación	Línea base	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Combinación
Enero	49.5	24.3	10.1	21.0	30.6	\$ 380.03	\$ 186.41	\$ 77.19	\$ 161.39	\$ 234.98
Febrero	51.9	21.4	7.8	16.0	28.9	\$ 398.25	\$ 163.93	\$ 60.21	\$ 122.47	\$ 222.09
Marzo	53.3	20.2	2.8	15.7	27.2	\$ 408.96	\$ 154.86	\$ 21.25	\$ 120.36	\$ 208.66
Abril	56.1	18.2	3.3	16.2	26.7	\$ 430.80	\$ 139.78	\$ 25.65	\$ 124.59	\$ 204.60
Mayo	55.3	19.7	5.8	16.4	27.2	\$ 424.71	\$ 151.22	\$ 44.43	\$ 125.93	\$ 208.52
Junio	52.5	18.0	3.9	16.4	26.0	\$ 402.93	\$ 138.49	\$ 29.60	\$ 126.14	\$ 199.61
Julio	50.2	15.1	2.8	15.9	23.7	\$ 385.20	\$ 115.95	\$ 21.59	\$ 122.24	\$ 181.84
Agosto	54.1	19.3	2.6	16.7	28.1	\$ 414.89	\$ 147.97	\$ 20.30	\$ 128.30	\$ 215.97
Septiembre	53.1	20.6	8.7	17.9	27.9	\$ 407.57	\$ 158.13	\$ 66.99	\$ 137.27	\$ 214.31
Octubre	52.1	18.4	5.2	18.3	26.8	\$ 400.11	\$ 141.09	\$ 39.77	\$ 140.70	\$ 205.92
Noviembre	48.3	21.2	5.6	18.1	28.1	\$ 370.42	\$ 162.91	\$ 42.90	\$ 138.87	\$ 215.35
Diciembre	50.0	24.0	8.3	20.0	30.9	\$ 383.38	\$ 184.27	\$ 63.51	\$ 153.63	\$ 237.48
Total anual						\$ 4,807.25	\$ 1,845.02	\$ 513.40	\$ 1,601.89	\$ 2,549.33
Máximo	56.1	24.3	10.1	21.0	30.9	\$ 430.80	\$ 186.41	\$ 77.19	\$ 161.39	\$ 237.48
Promedio	52.2	20.0	5.6	17.4	27.7	\$ 400.60	\$ 153.75	\$ 42.78	\$ 133.49	\$ 212.44
Mínimo	48.3	15.1	2.6	15.7	23.7	\$ 370.42	\$ 115.95	\$ 20.30	\$ 120.36	\$ 181.84

Tabla 5.6 Comparación mensual en medidas de ahorro en demanda de potencia por aires acondicionados, edificio principal.

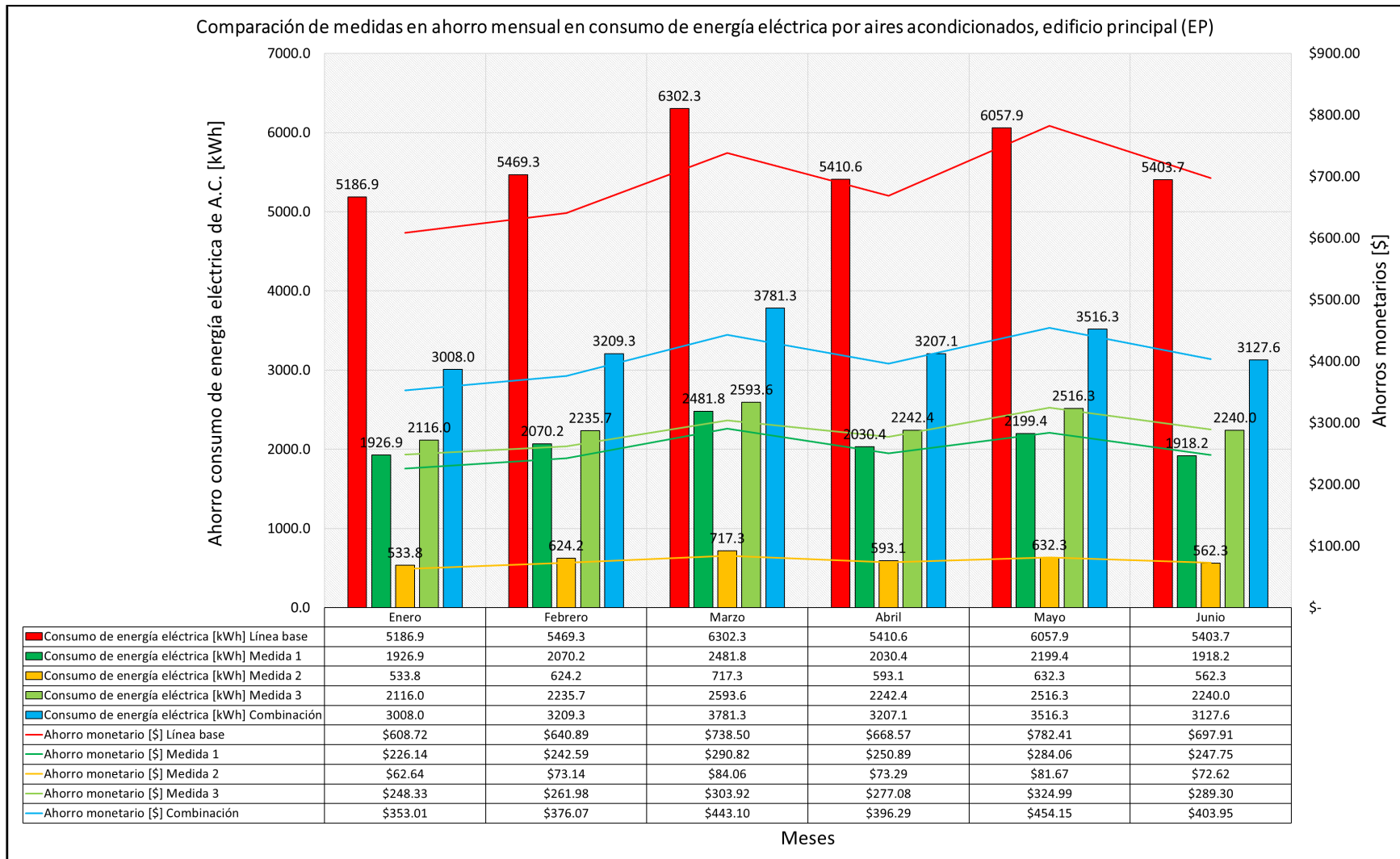


Figura 5.4 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en consumo de energía eléctrica mensuales por aires acondicionados, edificio principal.

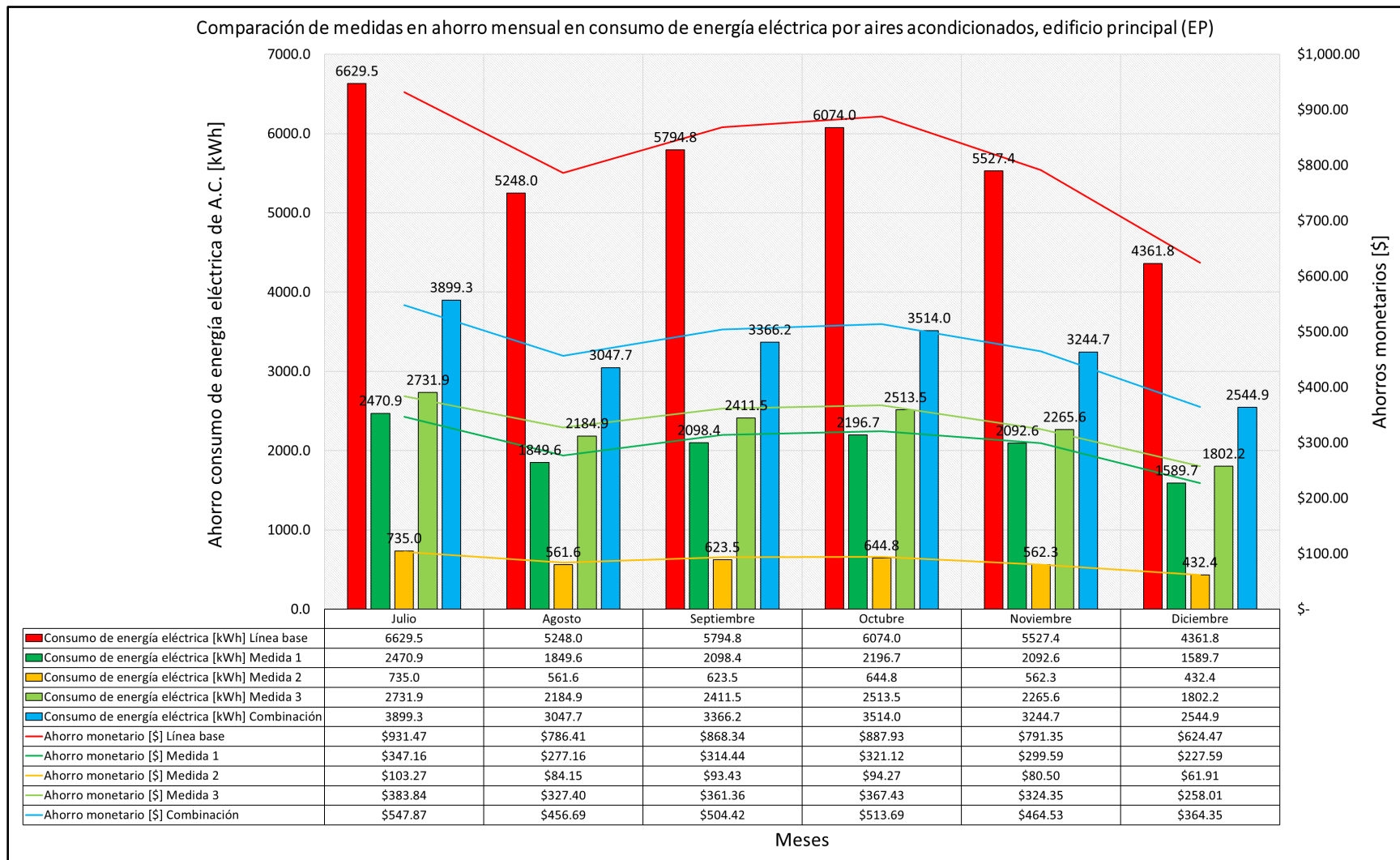


Figura 5.4 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en consumo de energía eléctrica mensuales por aires acondicionados, edificio principal (continuación).

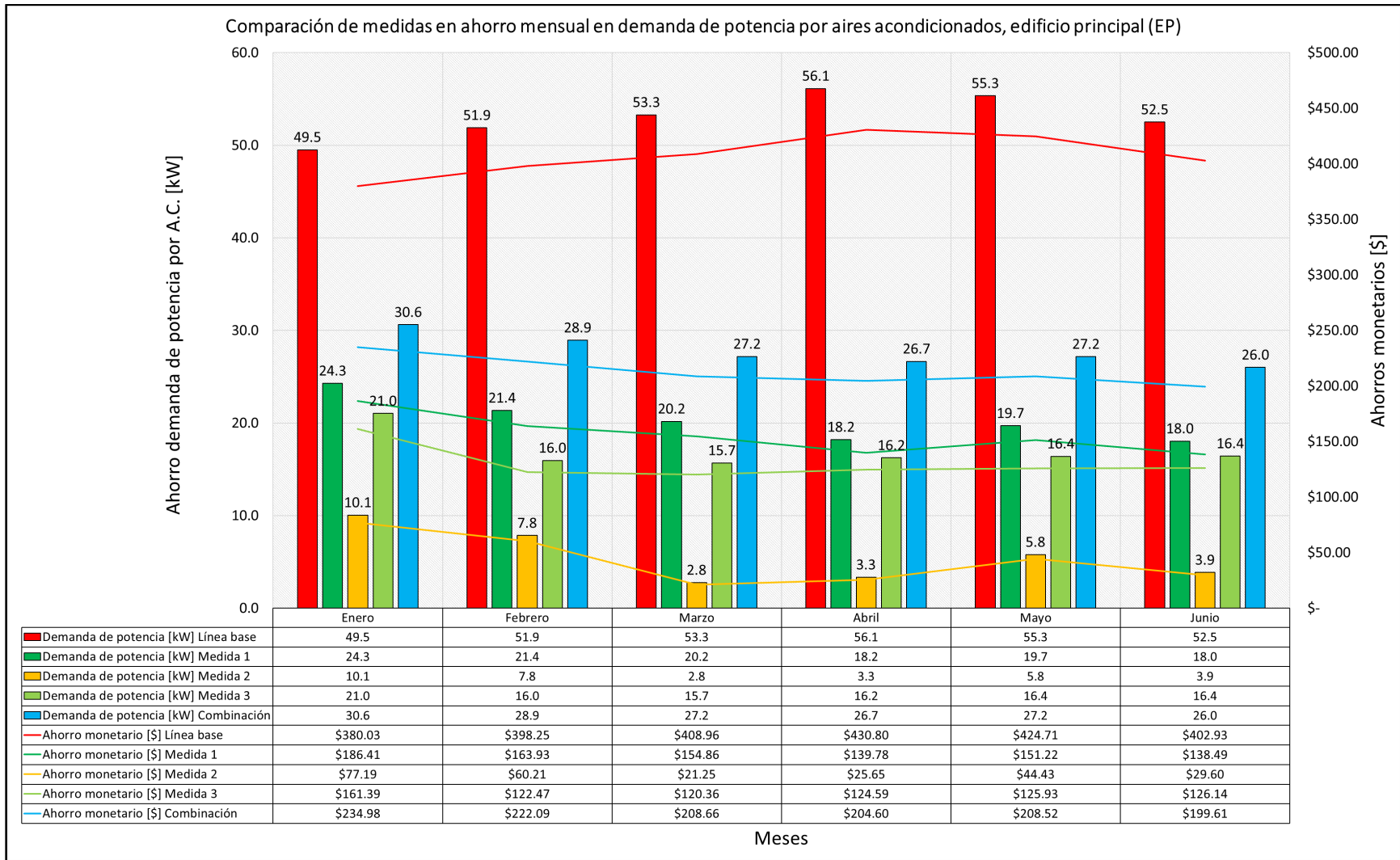


Figura 5.5 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en demanda de potencia mensuales por aires acondicionados, edificio principal.

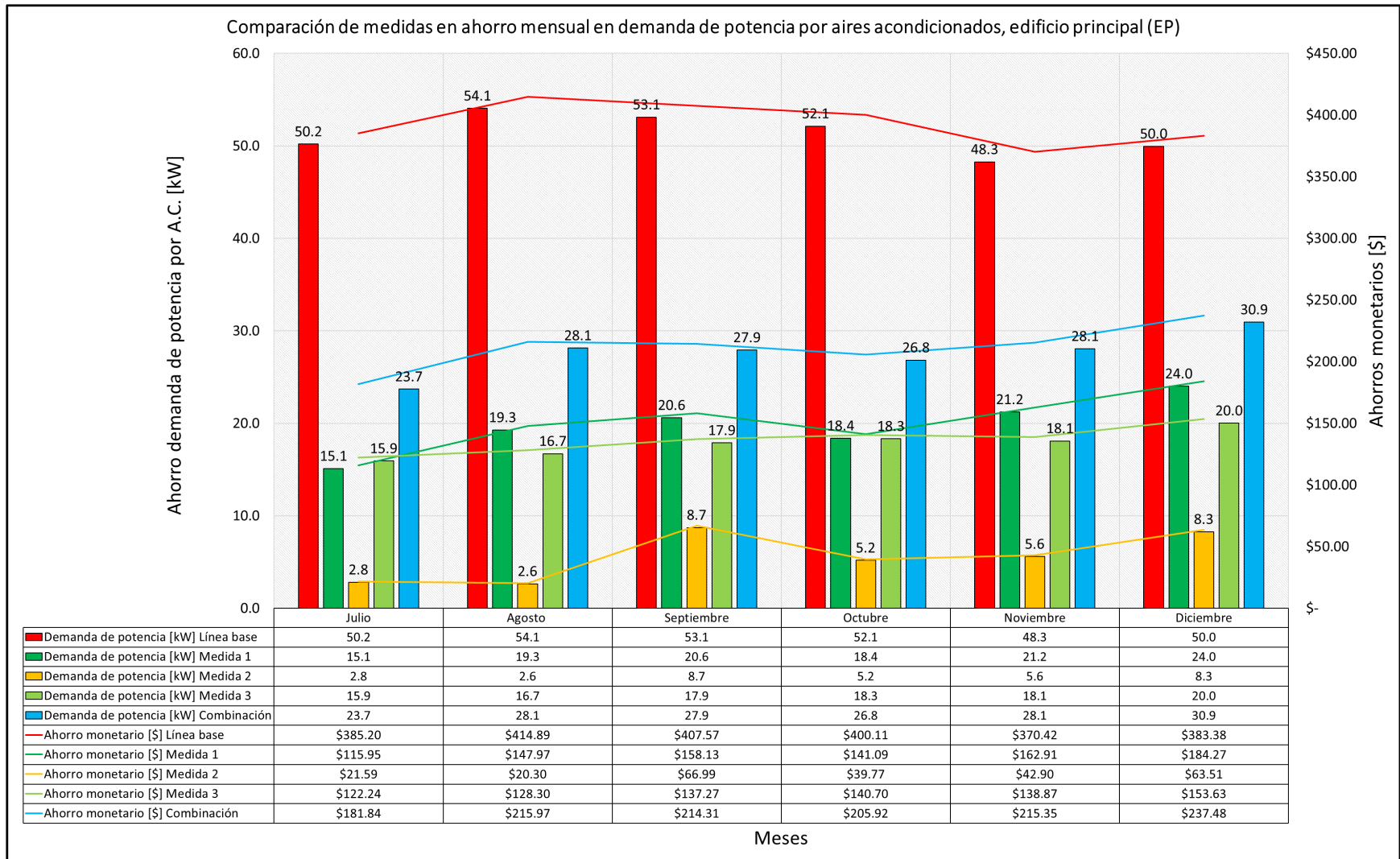


Figura 5.5 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en demanda de potencia mensuales por aires acondicionados, edificio principal (continuación).

Una visión más general de la comparación de las medidas energéticas, se obtiene de la Tabla 5.7 la cual muestra los ahorros monetarios anuales por cada una de las medidas y el porcentaje de reducción en base a los costos de la línea base. La Figura 5.6 muestra una reducción máxima en consumo de energía anual del 41.3% por la medida 3 y una reducción máxima en demanda de potencia anual del 38.4% por la medida 1. Al combinar las medidas se puede obtener un ahorro total anual de \$7,827.43 que representa un 56.6% del costo total por consumo de energía y demanda de potencia por equipos de aires acondicionado en el edificio principal de INSAFORP.

Comparación de medidas en ahorros anuales monetarios por consumo de energía y demanda de potencia por A.C. edificio principal (EP)						
Escenarios	Consumo de energía	% Reducción	Demanda de potencia	% Reducción	Total	% Reducción
Ahorro Medida 1	\$ 3,329.29	36.9%	\$ 1,845.02	38.4%	\$ 5,174.31	37.4%
Ahorro Medida 2	\$ 964.94	10.7%	\$ 513.40	10.7%	\$ 1,478.34	10.7%
Ahorro Medida 3	\$ 3,728.00	41.3%	\$ 1,601.89	33.3%	\$ 5,329.90	38.5%
Ahorro Combinación	\$ 5,278.10	58.5%	\$ 2,549.33	53.0%	\$ 7,827.43	56.6%
Costos Línea base	\$ 9,026.96		\$ 4,807.25		\$ 13,834.21	

Tabla 5.7 Comparación monetaria anual entre las medidas de ahorro energético para consumo de energía y demanda de potencia, edificio principal.

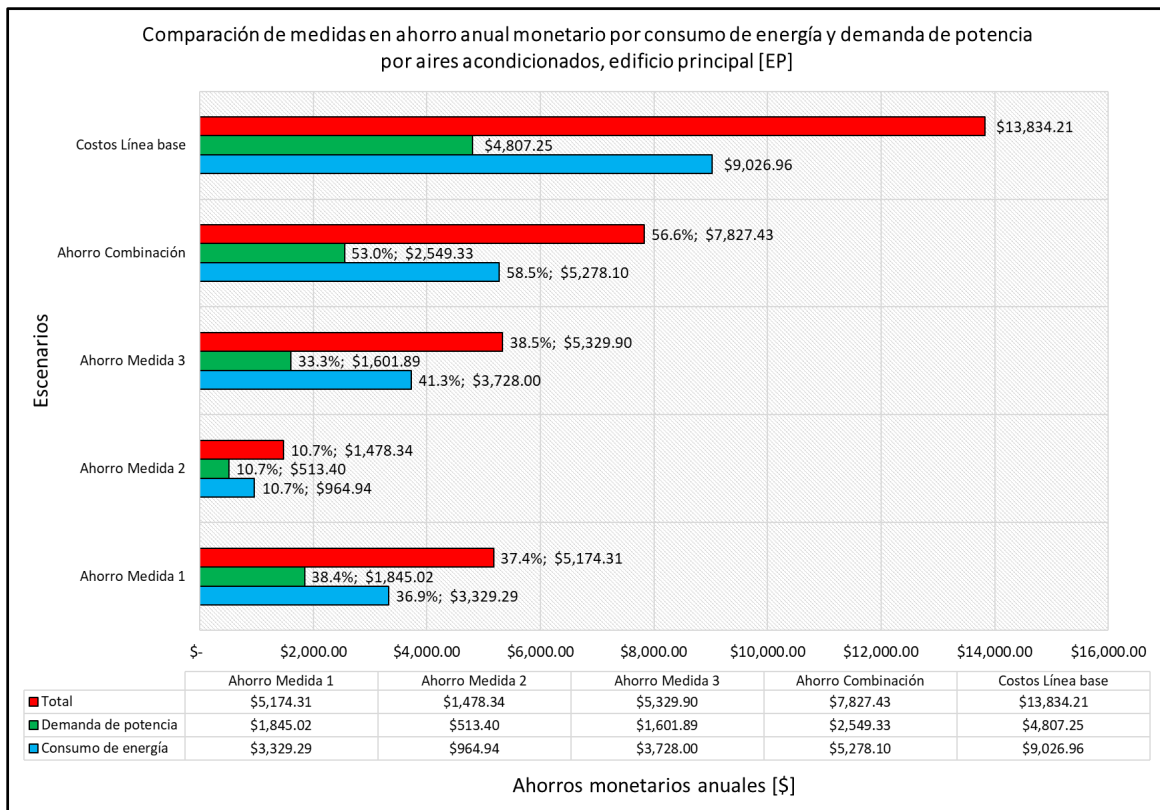


Figura 5.6 Gráfico de barras de comparación monetaria anual entre medidas de ahorro energético por consumo de energía y demanda de potencia, edificio principal.

5.2.2. COMPARACIÓN DE MEDIDAS DE AHORRO EN EDIFICIO DE ESTACIONAMIENTO (EE)

Similar al edificio principal, la tabulación de resultados se muestra en las tablas 5.8 y 5.9 de ahorros por consumo de energía eléctrica y demanda de potencia respectivamente. Se observa en la Figura 5.7 que la M1 produce un ahorro mayor con promedio mensual de 431.2 kWh en cuanto a consumo, alcanza su valor máximo en el mes de abril (623.2 kWh) mientras que la M3 en el mes de julio (447.1 kWh), la M2 es la que menores ahorros genera de las 3 medidas con un promedio mensual de 75.7 kWh. Como se puede esperar la combinación de las 3 medidas es la que genera los mayores ahorros en consumo de energía eléctrica por aires acondicionados, obtiene un promedio de ahorro mensual de 566 kWh que representa un ahorro de \$75.60 mensuales.

Comparación de medidas en ahorro mensual de consumo de energía eléctrica por aires acondicionados, edificio estacionamiento [EE]										
Meses	Consumo de energía eléctrica [kWh]					Ahorro monetario [\$]				
	Línea base	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Combinación	Línea base	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Combinación
Enero	457.4	168.8	50.3	169.5	264.3	\$ 53.67	\$ 19.81	\$ 5.90	\$ 19.90	\$ 31.01
Febrero	865.7	409.7	61.3	371.5	617.6	\$ 101.44	\$ 48.00	\$ 7.18	\$ 43.54	\$ 72.37
Marzo	966.8	582.0	68.4	420.9	736.8	\$ 113.29	\$ 68.20	\$ 8.01	\$ 49.32	\$ 86.34
Abril	969.2	623.2	67.1	424.9	774.0	\$ 119.75	\$ 77.01	\$ 8.29	\$ 52.50	\$ 95.65
Mayo	810.9	592.2	95.9	349.6	649.8	\$ 104.73	\$ 76.48	\$ 12.39	\$ 45.16	\$ 83.92
Junio	694.4	385.8	69.3	295.8	505.9	\$ 89.68	\$ 49.83	\$ 8.95	\$ 38.20	\$ 65.34
Julio	1029.5	548.7	90.3	447.1	761.6	\$ 144.65	\$ 77.09	\$ 12.68	\$ 62.82	\$ 107.01
Agosto	946.0	518.8	97.8	414.4	728.7	\$ 141.75	\$ 77.74	\$ 14.65	\$ 62.09	\$ 109.19
Septiembre	741.3	477.8	105.8	316.4	580.1	\$ 111.09	\$ 71.59	\$ 15.86	\$ 47.41	\$ 86.93
Octubre	656.8	432.2	92.6	268.0	496.3	\$ 96.01	\$ 63.18	\$ 13.54	\$ 39.17	\$ 72.55
Noviembre	612.7	266.9	63.1	251.3	405.9	\$ 87.71	\$ 38.22	\$ 9.03	\$ 35.98	\$ 58.10
Diciembre	421.6	168.5	47.0	173.3	270.7	\$ 60.35	\$ 24.13	\$ 6.73	\$ 24.81	\$ 38.75
Total anual	9172.1	5174.5	908.7	3902.7	6791.6	\$ 1,224.14	\$ 691.26	\$ 123.20	\$ 520.90	\$ 907.16
Máximo	1029.5	623.2	105.8	447.1	774.0	\$ 144.65	\$ 77.74	\$ 15.86	\$ 62.82	\$ 109.19
Promedio	764.3	431.2	75.7	325.2	566.0	\$ 102.01	\$ 57.61	\$ 10.27	\$ 43.41	\$ 75.60
Mínimo	421.6	168.5	47.0	169.5	264.3	\$ 53.67	\$ 19.81	\$ 5.90	\$ 19.90	\$ 31.01

Tabla 5.8 Comparación mensual en medidas de ahorro en consumo de energía por aires acondicionados, EE.

Para la demanda de potencia por aires acondicionados en el edificio de estacionamiento como se observa en la Figura 5.8, de las 3 medidas energéticas la M3 es la que genera mayores ahorros con un promedio de ahorro mensual de 6.6 kW, luego sigue la M1 con 4.5 kW y por último la M2 con 0.4 kW. La combinación de las medidas genera un ahorro promedio mensual de 9.3 kW en demanda de potencia, lo cual se traduce en un ahorro de \$71.40 mensuales aproximadamente. Al tomarse en cuenta los ahorros promedios mensuales que se generan en consumo de energía eléctrica y demanda de potencia, al aplicar la combinación de medidas energéticas se está ahorrando un promedio mensual de \$147.00.

Comparación de medidas en ahorro mensual en demanda de potencia por aires acondicionados, edificio estacionamiento [EE]										
Meses	Demanda de potencia [kW]					Ahorro monetario [\$]				
	Línea base	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Combinación	Línea base	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Combinación
Enero	13.1	6.4	0.3	5.7	9.4	\$ 100.32	\$ 48.82	\$ 2.01	\$ 43.98	\$ 71.88
Febrero	15.4	1.8	0.5	6.8	8.0	\$ 118.15	\$ 13.66	\$ 3.75	\$ 52.10	\$ 61.19
Marzo	15.2	6.7	0.3	6.7	10.5	\$ 116.89	\$ 51.10	\$ 2.66	\$ 51.55	\$ 80.89
Abril	17.4	4.2	0.5	7.7	10.1	\$ 133.36	\$ 31.85	\$ 4.09	\$ 58.98	\$ 77.36
Mayo	15.1	6.1	0.3	6.7	10.4	\$ 115.85	\$ 46.75	\$ 2.31	\$ 51.10	\$ 79.68
Junio	14.9	2.2	0.4	6.5	8.0	\$ 114.10	\$ 16.53	\$ 3.21	\$ 50.24	\$ 61.32
Julio	14.7	3.7	0.3	6.5	8.7	\$ 112.49	\$ 28.59	\$ 2.56	\$ 49.51	\$ 67.08
Agosto	16.4	2.6	0.5	7.3	9.0	\$ 126.14	\$ 19.91	\$ 3.46	\$ 55.71	\$ 68.99
Septiembre	14.6	2.8	0.3	6.5	8.2	\$ 112.38	\$ 21.26	\$ 2.26	\$ 49.50	\$ 63.16
Octubre	14.0	7.2	0.3	6.1	10.4	\$ 107.40	\$ 55.63	\$ 2.50	\$ 47.19	\$ 79.59
Noviembre	14.3	5.3	0.3	6.3	9.4	\$ 109.55	\$ 40.32	\$ 2.27	\$ 48.20	\$ 71.90
Diciembre	14.2	5.8	0.3	6.2	9.6	\$ 108.72	\$ 44.40	\$ 2.23	\$ 47.83	\$ 73.72
Total anual						\$ 1,375.37	\$ 418.83	\$ 33.31	\$ 605.89	\$ 856.75
Máximo	17.4	7.2	0.5	7.7	10.5	\$ 133.36	\$ 55.63	\$ 4.09	\$ 58.98	\$ 80.89
Promedio	14.9	4.5	0.4	6.6	9.3	\$ 114.61	\$ 34.90	\$ 2.78	\$ 50.49	\$ 71.40
Mínimo	13.1	1.8	0.3	5.7	8.0	\$ 100.32	\$ 13.66	\$ 2.01	\$ 43.98	\$ 61.19

Tabla 5.9 Comparación mensual en medidas de ahorro en demanda de potencia por aires acondicionados, EE.

Comparación de medidas en ahorro mensual en consumo de energía eléctrica por aires acondicionados, edificio estacionamiento (EE)

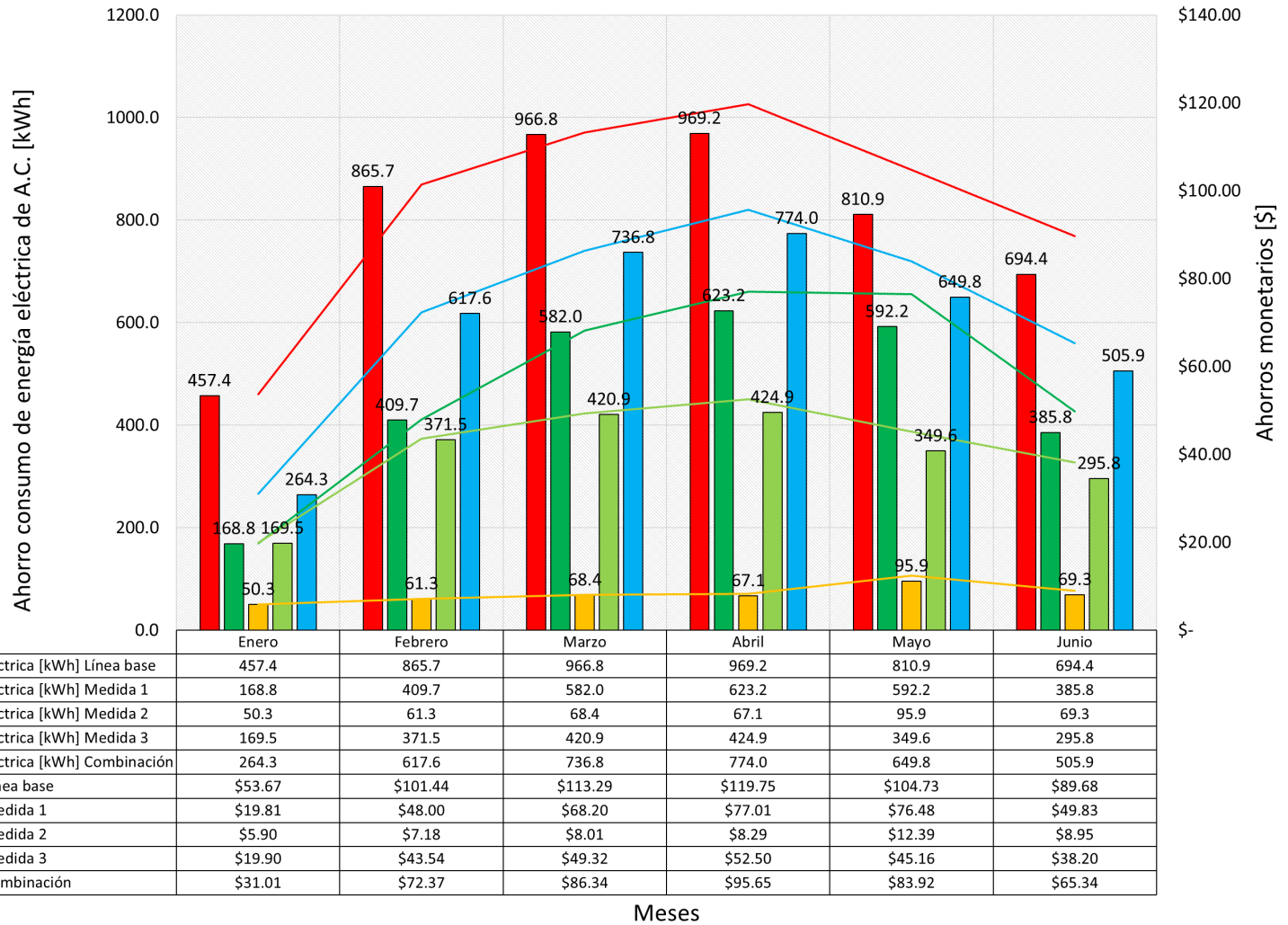


Figura 5.7 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en consumo de energía eléctrica mensuales por aires acondicionados, edificio estacionamiento.

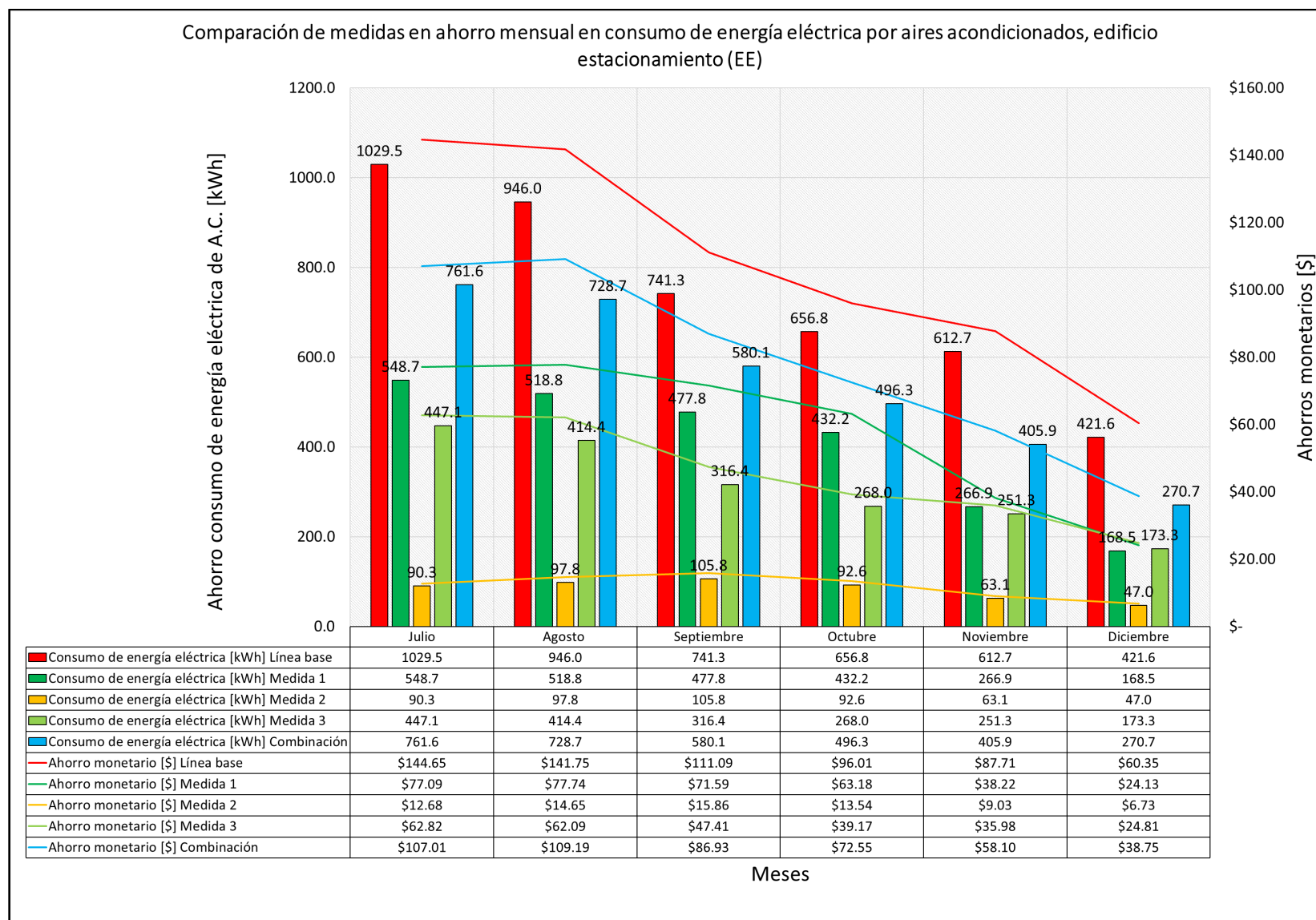


Figura 5.7 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en consumo de energía eléctrica mensuales por aires acondicionados, edificio estacionamiento (continuación).

Comparación de medidas en ahorro mensual en demanda de potencia por aires acondicionados, edificio estacionamiento (EE)

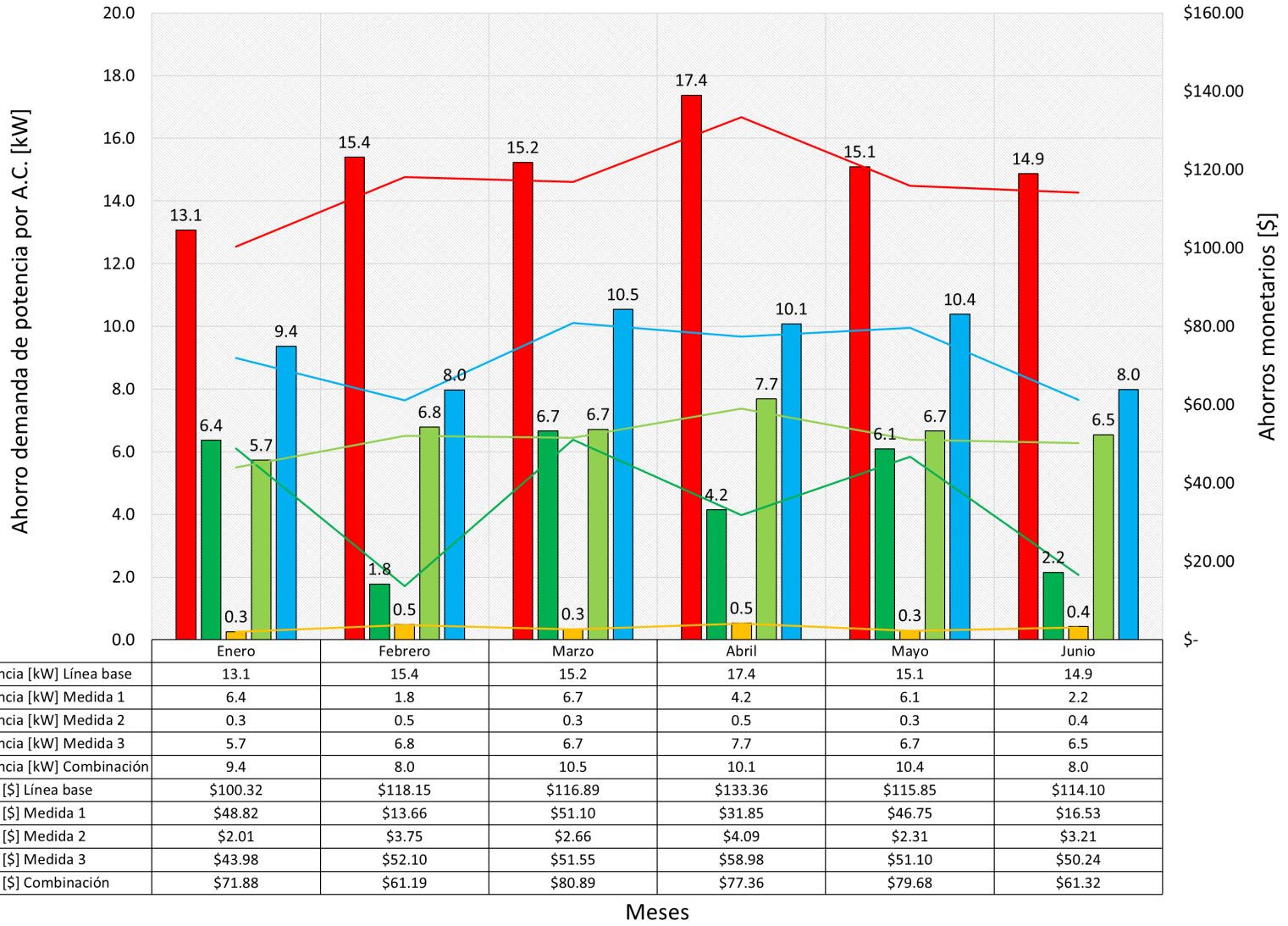


Figura 5.8 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en demanda de potencia mensuales por aires acondicionados, edificio estacionamiento.

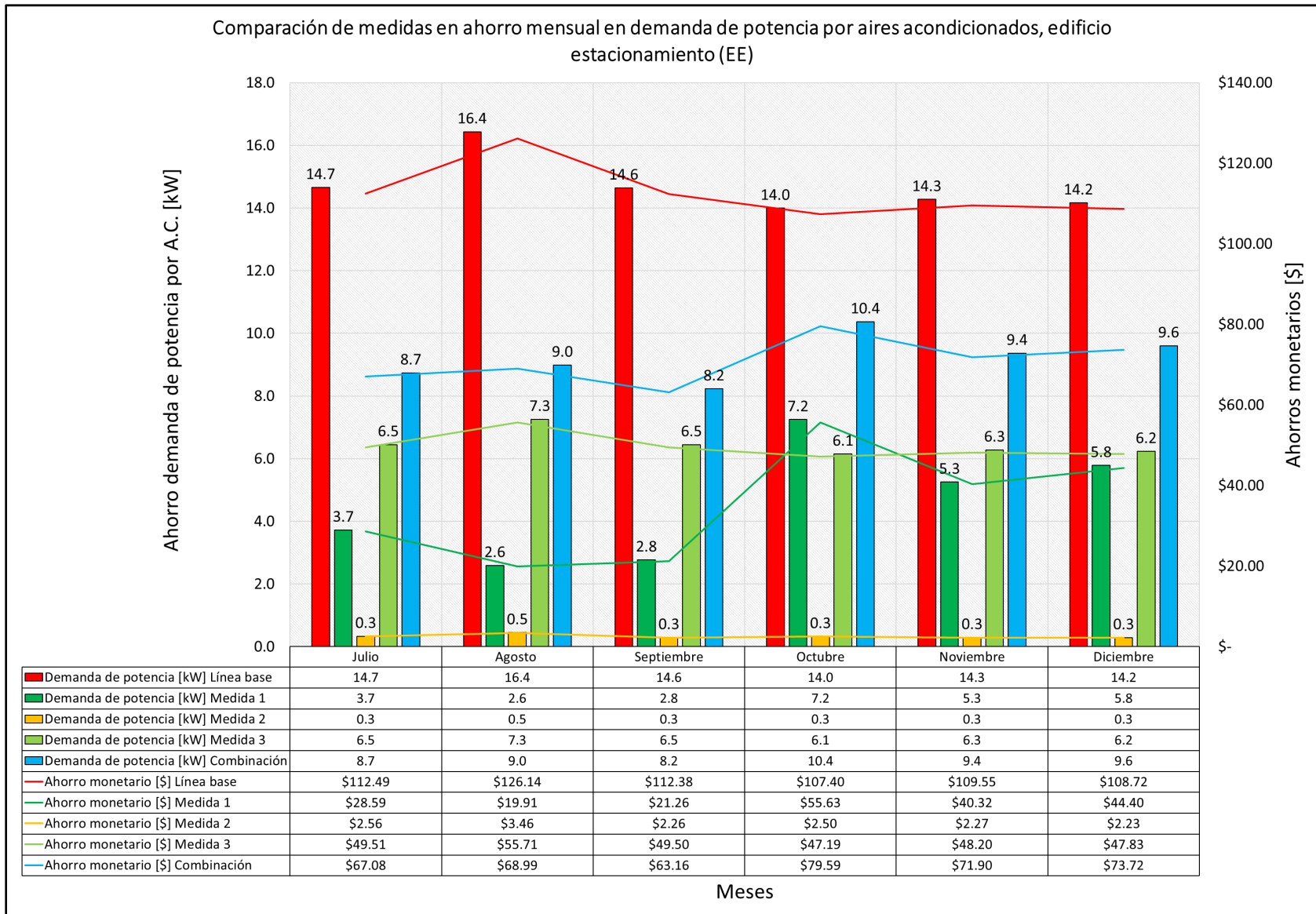


Figura 5.8 Gráfico de barras y líneas de comparación de medidas de ahorro en demanda de potencia mensuales por aires acondicionados, edificio estacionamiento (continuación).

La comparación anual de los ahorros monetarios generados por las medidas energéticas se indica en la Figura 5.9 a continuación, la medida 1 ,2 y 3 ahorran un 56.5%, 10.1% y 42.6% respectivamente en cuanto a costos por consumo de energía eléctrica. De manera independiente la medida 3 alcanza ahorros del 43.3% en costos totales por consumo de energía y demanda de potencia, por último, la combinación de medidas obtiene un 74.1% de ahorro anual en costos por consumo de energía eléctrica y un 62.3% de ahorro anual en costos por demanda de potencia, con un ahorro total del 67.9% (\$1,763.92) de los costos por operación anual de aires acondicionados en el edificio de estacionamiento de INSAFORP.

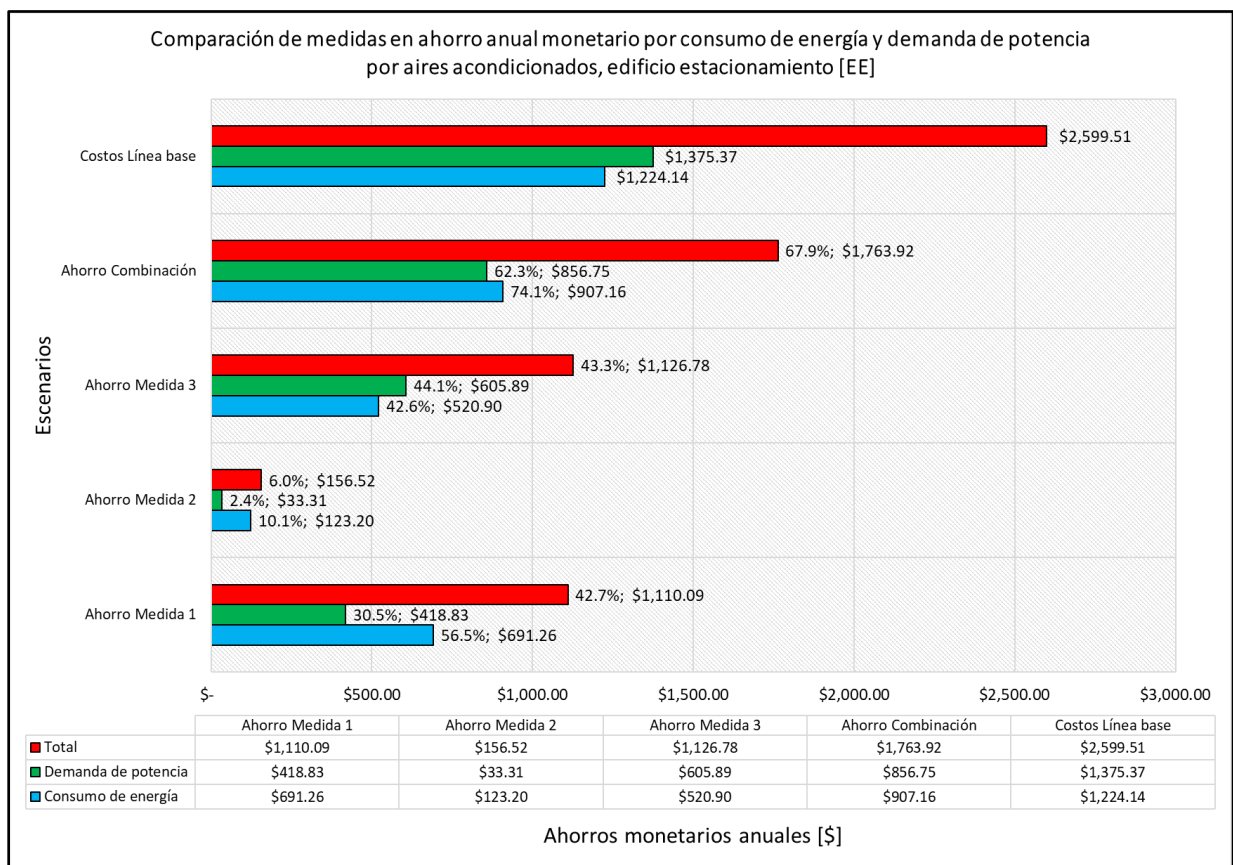


Figura 5.9 Grafico de barras de comparación monetaria anual entre medidas de ahorro energético por consumo de energía y demanda de potencia, edificio estacionamiento.

5.3. ANÁLISIS ECONÓMICO

Para conocer la viabilidad de la aplicación de las medidas energéticas, es necesario el apoyo de un análisis económico que respalde los ahorros en años futuros. Al conocer los valores que se estiman anualmente de ahorros monetarios por electricidad, en ambos edificios, es posible realizar una proyección de estos ahorros al tener en cuenta, la variación de los precios de la energía eléctrica en El Salvador y la tasa de degradación anual de la eficiencia energética de los aires acondicionados de reemplazo.

5.3.1. PROYECCIÓN DE AHORROS

Un estudio realizado sobre la expansión de generación eléctrica en El Salvador¹³, que toma en cuenta factores como el incremento de la demanda de energía y potencia, inflación de combustibles fósiles, proyectos futuros confirmados de generación eléctrica, muestra un incremento lineal del 39% de los costos marginales de operación en el periodo de los años 2023 a 2028, los cuales se traducen en 7.8% de crecimiento anual en precios de energía eléctrica. Por otra parte, un estudio realizado sobre la degradación anual del rendimiento en aires acondicionados¹⁴, demuestra resultados con una tasa de degradación anual del 5.2% en condiciones normales de operación (23 a 26°C); estas tasas de cambio son usadas para estimar la proyección anual de ahorros monetarios. En la sección anterior se determina que, la combinación de medidas energéticas es la que mejor resultados presenta en ahorros monetarios en cuanto a demanda y consumo de energía eléctrica por aires acondicionados, al tomar como referencia esos resultados y que el ciclo de vida de los aires acondicionados nuevos de reemplazo pueden alcanzar hasta los 12 años, se construye la Tabla 5.10 que muestra la proyección a 10 años de los ahorros generados en los edificios administrativos de INSAFORP. Se agrega la proyección de la degradación del mejor aire acondicionado de reemplazo en cada edificio, para monitorear cuando todos están por debajo del EER límite recomendado (2.72 W/W) que están propiamente marcados en rojo en la misma tabla. Los resultados indican un ahorro acumulado de \$88,371.47 y \$19,914.54 en una década de proyección para el edificio principal y de estacionamiento respectivamente.

¹³ Fuente: CNE (Consejo Nacional de Energía), Plan indicativo de la expansión de la generación eléctrica de El Salvador 2019-2028.

¹⁴ Fuente: Evaluation of Air Conditioning Performance Degradation: Opportunities from Diagnostic Methods, Karen Fenaughty and Danny Parker, Florida Solar Energy Center, 2018.

Año	EER [W/W]	Edificio principal [EP]		EER [W/W]	Edificio de estacionamiento [EE]	
		Ahorro anual [\$]	Ahorro acumulado [\$]		Ahorro anual [\$]	Ahorro acumulado [\$]
1	3.98	\$ 7,999.20	\$ 7,999.20	3.45	\$ 1,802.62	\$ 1,802.62
2	3.77	\$ 8,174.73	\$ 16,173.93	3.27	\$ 1,842.18	\$ 3,644.80
3	3.58	\$ 8,354.12	\$ 24,528.04	3.10	\$ 1,882.60	\$ 5,527.41
4	3.39	\$ 8,537.44	\$ 33,065.48	2.94	\$ 1,923.92	\$ 7,451.32
5	3.22	\$ 8,724.79	\$ 41,790.27	2.79	\$ 1,966.13	\$ 9,417.46
6	3.05	\$ 8,916.24	\$ 50,706.51	2.64	\$ 2,009.28	\$ 11,426.74
7	2.89	\$ 9,111.90	\$ 59,818.41	2.50	\$ 2,053.37	\$ 13,480.11
8	2.74	\$ 9,311.85	\$ 69,130.26	2.37	\$ 2,098.43	\$ 15,578.54
9	2.60	\$ 9,516.19	\$ 78,646.45	2.25	\$ 2,144.48	\$ 17,723.02
10	2.46	\$ 9,725.01	\$ 88,371.47	2.13	\$ 2,191.54	\$ 19,914.55

Tabla 5.10 Proyección anual de ahorros monetarios por la combinación de medidas energéticas aplicadas a aires acondicionados en edificios administrativos de INSAFORP.

Hasta ahora solo se toma en cuenta los ahorros que se generan en cuanto a aires acondicionados, pero como se especifica en secciones anteriores, la medida energética 2 (Disminución de carga térmica por iluminación) genera ahorros por obvias razones principalmente en el rubro de iluminación. Es necesario incluir tanto los ahorros como los costos, de la aplicación de esta medida en el análisis económico, por ello se relaciona a dos rubros energéticos diferentes y dependientes. En resumen se presentan los ahorros anuales de dicha medida energética en la Tabla 5.11 que se muestra a continuación, se observa que el porcentaje de ahorro es mayor en el edificio principal con 55% aproximadamente referente a la línea base de consumo, debido a que el reemplazo de luminarias a tecnología LED cubre una mayor parte de la iluminación total del edificio, caso que no ocurre en el edificio de estacionamiento porque actualmente cuenta con una considerable iluminación LED en las oficinas y salas de reuniones.

Comparación de ahorros en consumo de energía eléctrica anual y demanda de potencia mensual por iluminación						
Edificio	Ahorro en consumo de energía eléctrica anual			Ahorro demanda de potencia mensual		
	Línea base [kWh]	Medida 2 [kWh]	% Reducción	Línea base [kW]	Medida 2 [kW]	% Reducción
EP	41062.24	22432.68	54.63%	21.15	11.55	54.60%
EE	8344.49	3180.26	38.11%	4.41	1.69	38.26%

Tabla 5.11 Comparación de ahorros en consumo anual de energía eléctrica y demanda de potencia mensual por iluminación, edificios administrativos.

Se realiza una proyección a 10 años de los ahorros generados por la medida energética de reducción de carga térmica por iluminación, como se indica en la Tabla 5.12. En este caso solo se considera el factor de crecimiento del precio de la energía eléctrica, debido a que la degradación de luminarias LED afecta principalmente al valor del flujo luminoso (lumen) y no al consumo eléctrico¹⁵, por esta razón se observan más marcados los ahorros de un año a otro en comparación a la Tabla 5.10 de ahorros por aires acondicionados. Los resultados de la Tabla 5.12 muestran un ahorro proyectado en una década de \$62,892.72 y \$8,987.7 para el edificio principal y de estacionamiento respectivamente.

Año	Edificio principal [EP]		Edificio de estacionamiento [EE]	
	Ahorro anual [\$]	Ahorro acumulado [\$]	Ahorro anual [\$]	Ahorro acumulado [\$]
1	\$ 4,382.86	\$ 4,382.86	\$ 626.33	\$ 626.33
2	\$ 4,724.72	\$ 9,107.58	\$ 675.19	\$ 1,301.52
3	\$ 5,093.25	\$ 14,200.84	\$ 727.85	\$ 2,029.37
4	\$ 5,490.53	\$ 19,691.36	\$ 784.63	\$ 2,814.00
5	\$ 5,918.79	\$ 25,610.15	\$ 845.83	\$ 3,659.82
6	\$ 6,380.45	\$ 31,990.60	\$ 911.80	\$ 4,571.63
7	\$ 6,878.13	\$ 38,868.73	\$ 982.92	\$ 5,554.55
8	\$ 7,414.62	\$ 46,283.35	\$ 1,059.59	\$ 6,614.13
9	\$ 7,992.96	\$ 54,276.31	\$ 1,142.24	\$ 7,756.37
10	\$ 8,616.41	\$ 62,892.72	\$ 1,231.33	\$ 8,987.70

Tabla 5.12 Proyección anual de ahorros monetarios por iluminación en edificios administrativos de INSAFORP.

5.3.2. PRESUPUESTO DE COMBINACIÓN DE MEDIDAS ENERGÉTICAS

Al calcular los ahorros anuales proyectados, es necesario estimar una inversión inicial para la ejecución de las medidas energéticas, cabe recalcar que la Medida 1: Regulación de temperatura de consigna, no posee costos algunos en su ejecución, sin embargo, es de las más difíciles de aplicar por el hecho de que requiere el compromiso de ahorro energético del personal responsable de cada equipo climatizador y respetar el horario mensual de temperatura. La medida energética 2 y 3 si presentan costos en su ejecución, la Tabla 5.13 muestra el presupuesto de la ejecución de estas medidas, incluye los costos totales para ambos edificios administrativos por un valor total de \$132,397.02 incluyendo el impuesto del IVA.

¹⁵ Fuente: Guidance Paper, Evaluating performance of LED based luminaires, LightingEUROPE, 2018.

Presupuesto de ejecución de combinación de medidas energéticas en edificios administrativos de INSAFORP					
ITEM	Descripción	Cantidad	Unidad	P.U.	P. Total
1	SUMINISTRO DE EQUIPOS IMPORTADOS				
1.1	AC 36 kBTU/h tipo cassette marca LG, modelo UT36FH. NAO + UUD1.U30 con accesorios	2	Compresor + Evaporador	\$2,957.90	\$5,915.80
1.2	AC 48 kBTU/h tipo cassette marca LG, modelo UT48FH. NAO + UUD1.U30 con accesorios	1	Compresor + Evaporador	\$3,188.90	\$3,188.90
1.3	AC 60 kBTU/h tipo cassette marca LG, modelo UT60FH. NAO + UUD1.U30 con accesorios	8	Compresor + Evaporador	\$3,331.90	\$26,655.20
1.4	AC 36 kBTU/h tipo central marca LG, modelo UM36FH.N30 + UUD1.U30 con accesorios	1	Compresor + Evaporador	\$2,514.60	\$2,514.60
1.5	Compresor 96 kBTU/h tipo VRF marca Toshiba, modelo MAP1006HT5P-E con accesorios	3	Compresor	\$11,627.00	\$34,881.00
1.6	Luminaria LED 5600lm/40W marca Philips modelo (2x RC340B LED28S/940), temperatura de color 4000K, montaje de empotrar, dimensiones 4' x 2'.	337	Luminaria	\$80.00	\$26,960.00
1.7	Luminaria LED 2800lm/20W marca Philips modelo (1x RC340B LED28S/940), temperatura de color 4000K, montaje de empotrar, dimensiones 4' x 1'.	35	Luminaria	\$40.00	\$1,400.00
2	SUMINISTRO Y/O INSTALACIÓN DE MATERIALES Y MANO DE OBRA				
2.1	Instalación de equipo AC tipo cassette 36 kBTU/h, monofásico 208V	2	U	\$300.00	\$600.00
2.2	Instalación de equipo AC tipo cassette 48 kBTU/h, monofásico 208V	1	U	\$300.00	\$300.00
2.3	Instalación de equipo AC tipo cassette 60 kBTU/h, monofásico 208V	8	U	\$300.00	\$2,400.00
2.4	Instalación de equipo AC tipo central 36 kBTU/h, monofásico 208V	1	U	\$400.00	\$400.00
2.5	Instalación de compresores para sistema VRF 96 kBTU/h, 10 HP trifásico 208V	3	U	\$1,000.00	\$3,000.00
2.6	Instalación de luminaria LED 5600lm/40W 4' x 2'	337	U	\$25.00	\$8,425.00
2.7	Instalación de luminaria LED 2800lm/20W 4' x 1'	35	U	\$15.00	\$525.00
	Suma				\$117,165.50
	IVA 13%				\$15,231.52
	Total				\$132,397.02

Tabla 5.13 Presupuesto de medidas energéticas en edificios administrativos de INSAFORP.

5.3.3. RETORNO DE LA INVERSIÓN

Al utilizar las proyecciones anuales totales, de ambos edificios y el presupuesto oficial de la ejecución de la combinación de medidas energéticas, se procede a generar una hoja de cálculo como la que se indica en la Tabla 5.14, en donde se muestra el detalle del retorno de la inversión (Payback). Se obtienen resultados de un retorno de la inversión a los 7.74 años luego de poner en marcha la ejecución de la combinación de medidas energéticas orientadas a equipos climatizadores. Por lo tanto, el proyecto energético es viable y se avala con los resultados que se obtienen.

Retorno de la inversión (Payback)			
	Año	Monto	Faltante a recuperar
Inversión inicial	0	-\$ 132,397.02	
Ahorros	1	\$ 14,811.01	-\$ 117,586.00
	2	\$ 15,416.82	-\$ 102,169.18
	3	\$ 16,057.83	-\$ 86,111.35
	4	\$ 16,736.51	-\$ 69,374.85
	5	\$ 17,455.53	-\$ 51,919.31
	6	\$ 18,217.77	-\$ 33,701.54
	7	\$ 19,026.32	-\$ 14,675.22
	8	\$ 19,884.49	\$ 5,209.27
	9	\$ 20,795.87	\$ 26,005.14
	10	\$ 21,764.29	\$ 47,769.43
Payback	7.74 años		

Tabla 5.14 Cálculo del retorno de la inversión o Payback.

Por supuesto los resultados que se obtienen de ahorros monetarios, pueden variar en dependencia de los cambios en el mercado eléctrico del que se hace la estimación, como de la forma en que se aplican la combinación de medidas energéticas, orientadas a equipos climatizadores. Queda a criterio de las autoridades respectivas de INSAFORP el evaluar si aplicar o no este proyecto de eficiencia energética y reducir los grandes costos monetarios que se tienen, producto del consumo energético y demanda de potencia por aires acondicionados en sus edificios administrativos.

6. RECOMENDACIONES

- ❖ Para el uso apropiado de los programas como SketchUp y su extensión de OpenStudio con el motor de cálculo de EnergyPlus, para el modelado energético de edificios, se recomienda para uso profesional el utilizar las últimas versiones vigentes de dichos programas, considerando que poseen mejoras en cuanto arreglos de bugs, nuevas herramientas y mejor interfaz gráfica. De no ser posible la adquisición de programas recientes, teniendo en cuenta que, las nuevas versiones de SketchUp Pro son de paga, se recomienda utilizar SketchUp Make 2017 con la extensión de OpenStudio 2.9 que son de uso libre.
- ❖ Para futuros proyectos de modelado energético de edificios, se recomienda inspeccionar primero la ubicación del edificio y ver que la ubicación geográfica de los archivos climáticos de EnergyPlus, no sean muy distantes entre sí, para obtener mejores resultados.
- ❖ Para futuras actualizaciones de este trabajo de graduación, se recomienda medir la potencia eléctrica de los aires acondicionados, directamente desde la ubicación de la unidad condensadora, debido a la mala ubicación y rotulación de algunos equipos en los tableros generales de aires acondicionados de INSAFORP, utilizando un analizador de redes que muestre la potencia real de los equipos.
- ❖ Implementar un uso adecuado de los equipos electrónicos, como nos indica el RTS, los resultados favorables de ahorro de energía dependerán de los hábitos y localización del equipo.
- ❖ Los equipos de aire acondicionado que tengan un valor de eficiencia menor a 9.3 BTU/Wh, se recomienda revisión y mantenimiento, para mejorar su funcionamiento y ahorro.

7. CONCLUSIONES

- Se realizaron mediciones de potencia, velocidad del aire de salida, humedad relativa de entrada y salida, temperatura de entrada y salida, para los 80 equipos de aire acondicionados ubicados en el edificio central del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP), de los resultados obtenidos se recopiló en una base de datos y se determinó la relación de eficiencia energética de cada unidad de climatización, de acuerdo a los valores de eficiencia obtenidos, se comparó con los valores mínimos que debe tener un equipo de refrigeración propuesto por el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS) y se determinó que los porcentajes de los equipos que cumplen con el valor mínimo establecido en el primer nivel es 26.3%, en el segundo nivel es el 44.4% y en el tercer nivel 7.1%. Por lo tanto, se demuestra que la mayoría de los equipos en funcionamiento han sufrido un deterioro importante en su eficiencia energética, afectando directamente al consumo energético en los edificios y a los costos monetarios de operación hacia la institución.
- En la toma de datos de los equipos de aire acondicionado se utilizaron los equipos Higrómetro THWD-3, Anemómetro HoldPeak 856A para los datos que intervienen en el cálculo de potencia frigorífica y Amperímetro True RMS Klein Tools para la potencia eléctrica, es importante realizar una medición correcta de los parámetros requeridos para el cálculo de eficiencia de los equipos de aire acondicionado, por lo tanto se implementó las recomendaciones establecidas por el Reglamento Técnico Salvadoreño 23.01.03:15, donde nos indica que todos los equipos de medición se deben de ubicar a la mitad del largo de la salida de aire y para los datos de entrada se colocan a 10 cm de la entrada de aire.
- Los equipos del tercer nivel del edificio central del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional (INSAFORP) están conectados por un sistema VRF para garantizar un menor consumo de energía con una corriente de arranque baja, se calculó los valores individuales de eficiencia energética utilizando la fórmula que involucra la potencia frigorífica y la potencia eléctrica de cada equipo por individual, a partir de los valores individuales de eficiencia obtenidos por cada unidad, se determinó el valor de eficiencia global del sistema VRF obteniendo como resultado EER VRF de 6.64 BTU/Wh, por debajo del valor mínimo recomendado por el Reglamento Técnico Salvadoreño.

- Se demuestra que el modelado energético en edificios, mediante software de uso libre como OpenStudio, es una herramienta práctica y útil para obtener un diagnóstico del comportamiento energético actual de los edificios administrativos de INSAFORP. Al obtener resultados de línea base energética simulada por debajo del 16.27% de error promedio, en cuanto al consumo energético real de los edificios estudiados para la franja horaria “resto”. Se demuestra también que el 40% y 29% de consumo de energía eléctrica en edificio principal y de estacionamiento respectivamente, es debido a los aires acondicionados en funcionamiento.
- De los resultados de simulación para el edificio principal, se demuestra que, la combinación de medidas energéticas M1 (regulación de temperatura de consigna), M2 (disminución de carga térmica por iluminación) y M3 (reemplazo de equipos ineficientes) consiguen ahorros anuales de 39,466.4 kWh (58.5%) con un promedio mensual de 3,288.9 kWh. De manera similar, para el edificio de estacionamiento, se obtienen ahorros anuales por la combinación de medidas energéticas de 6,791.6 kWh (74.1%) con un promedio mensual de 566 kWh.
- Se comprueba que la aplicación de la combinación de medidas energéticas, orientadas a equipos climatizadores, en los edificios administrativos de INSAFORP, representan un ahorro monetario anual del 56.6% y 67.9% en el edificio principal y de estacionamiento respectivamente, en cuanto al consumo de energía eléctrica y demanda de potencia por aires acondicionados. Obteniendo un retorno de la inversión inicial, por los costos de la aplicación de estas medidas energéticas, en un periodo aproximado de 7.74 años.

8. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Agilent Technologies U1251A Handheld LCD Digital Multimeter, Datasheet [Online]: <https://uk.rs-online.com/web/p/multimeters/0501297>.
- Amprobe THWD-3 Relative Humidity Temperature Meter, Datasheet [Online]: <https://www.amprobe.com/product/thwd-3/>.
- ANSI/ASHRAE/IES Standard 90.1 (2019), **Energy Standard for Building Except Low-Rise Residential Building**, (SI Edition), NE Atlanta, Georgia: 1791 Tullie Circle, GA 30329-2305.
- Arturo Ordoñez García (2014), **Manual de ayuda DesingBuilder en español**, (4 ed.).
- ASHRAE Handbook (2019), **Heating, Ventilating, and Air-Conditioning APPLICATIONS**, (SI Edition), 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329.
- ASHRAE Handbook (2020), **Heating, Ventilating, and Air-Conditioning SYSTEMS AND EQUIPMENT**, (SI Edition), 1791 Tullie Circle, N.E., Atlanta, GA 30329.
- ASHRAE Handbook (2021), **Fundamentals**, (SI Edition), Atlanta, Georgia: 180 Technology Parkway, Peachtree Corners GA 30092.
- ASHRAE Reserch Project Report 1681-RP (2016), **Low Energy LED Lighting Heat Distribution in Buildings**, United States: Iowa Energy Center.
- Byung-Lip Ahn, Ji-Woo Park, Seunghwan Yoo, Jonghun Kim, Seung-Bok Leigh and Cheol-Yong Jang (2015), **Savings in Cooling Energy with a Thermal Management System for LED Lighting in Office Buildings**, Energy Saving Laboratory, Korea Institute of Energy Research, 152 Gajeong-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-343, Korea.
- Catálogo y tarifa de equipos para climatización LG (2021), [Online]: <https://www.fanairs.l.com/wp-content/uploads/Tarifa-2021-LG-Aire-Acondicionado.pdf>.
- Consejo Nacional de Energía (2018), **Plan indicativo de la expansión de la generación eléctrica de El Salvador 2019-2028**, San Salvador, El Salvador: CNE.
- Digital Pro HP-856A USB Anemometer HVAC Wind Speed Meter, Datasheet [Online]: <https://holdpeak-store.com/digital-pro-hp-856a-usb-anemometer-hvac-wind-speed-meter/>.

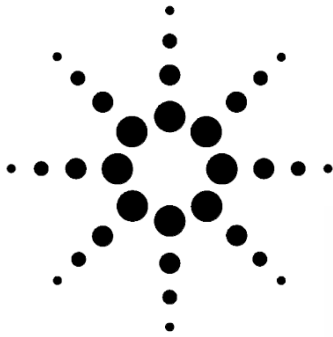
- Dr. Carlos Pocasangre & Manfred Gonzalez (2021), **Medidor de relación de eficiencia energética de bajo costo para aires acondicionados de ventana y unidades separadas**, San Salvador, El salvador: Revista Multidisciplinaria de la Universidad de El Salvador.
- Eficiencia energética en edificios, [online]: <https://www.rehau.com/es-es/que-es-eficiencia-energetica-edificio>.
- El clima y el tiempo promedio en todo el año en Antiguo Cuscatlán, El Salvador, [Online]: <https://es.weatherspark.com/y/12277/Clima-promedio-en-Antiguo-Cuscatlán-El-Salvador-durante-todo-el-año>.
- Elías Hernández, 30 jul. 2021. **Ubicación de tableros generales, compresores, vías de acceso, horarios de funcionamiento de equipos climatizadores, personal, iluminación, equipos eléctricos misceláneos en INSAFORP**, (entrevista). INSAFORP, Antiguo Cuscatlán, La Paz, El salvador.
- Gerson Joel Álvarez Martínez, José Roberto Zelada Ramírez & Oswaldo Alonso Guzmán Villalobos (2014), **“Modelado energético de las instalaciones administrativas de La Geo, Santa Tecla”**, San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador.
- HVAC Digital Clamp Meter, AC Auto-Ranging 400 Amp CL320, Datasheet [Online]: <https://www.kleintools.com/catalog/clamp-meters/hvac-digital-clamp-meter-ac-auto-ranging-400-amp#Product%20Media>.
- Ing. Francisco Antonio Muñoz Hidalgo, 26 abr. 2021. **Historial de facturación, planos de aire acondicionado, arquitectónicos, estructurales, eléctricos e hidráulicos de INSAFORP**, (mesa redonda y correo electrónico). INSAFORP, Antiguo Cuscatlán, La Paz, El salvador.
- INSAFORP (2018), **Proyecto de “Reformas al reglamento interno de trabajo del Instituto Salvadoreño de Formación Profesional”**, San Salvador, El Salvador.
- José Fisas Jindra (2018), **Análisis de Sistemas de Climatización con EnergyPlus**, Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- José Miguel Menéndez Montes, Sergio Edmundo Santamaría Doratt & Gerardo Rafael Vega Osorio (2015), **“Adaptación de una metodología basada en normas internacionales para el cálculo de eficiencia en unidades de aire acondicionado de expansión”**, San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador.

- Juan Pablo Cartagena Portillo (2012), “**Eficiencia energética en los edificios de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de El Salvador**”, San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Karen Fenaughty and Danny Parker, Florida solar energy center (2018), **Evaluation of Air Conditioning Performance Degradation: Opportunities from Diagnostic Method**, Florida, United States: 1679 Clearlake Road Cocoa.
- LarryBrackney, AndrewParker, DanielMacumber & KyleBenne (2018), **Building Energy Modeling with OpenStudio**, Gewerbestrasse 11, 6330 Cham, Switzerland.
- Lee - Yoon-Jin, Ahn - Byung-Lip, Kim - Jong-Hun, Jeong - Hak-Geun, Jang – Cheol Yong, Kim - Tae-Yeon (2015), **Interior heating effect in an office building according to heat properties of light fixture**, South Korea: Korea Institute of Ecological Architecture and Environment.
- Lennox 13ACX-018-230 Installation Instructions Manual, [Online]: <https://manualsandmore.com/manual/Lennox-13ACX018230-Installation-Instructions-Manual>.
- LightingEUROPE (2018), Guidance paper, **Evaluating Performance of LED based Luminaires**.
- Manfred Mauricio Gonzales Romero (2016), “**Medidor de eficiencia energética para aires acondicionados de expansión con monitoreo remoto SCADA**”, San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Manuales y documentación de equipo LG AUUQ18GH2 y similares, [Online]: <https://www.lg.com/eastafrica/support/product/lg-AUUQ18GH2>.
- Partes de un sistema de aire acondicionado, [Online]: <https://www.trane.com/residential/es/recursos/partes-de-aire-acondicionado/>.
- Programa de modelado 3D , SketchUp Make 2019, [Online]: <https://help.sketchup.com/en/downloading-older-versions>.
- Programa de modelado energético en edificios , Openstudio 2.9, [Online]: <https://github.com/NREL/OpenStudio/releases/tag/v2.9.1>.

- Programa de motor de cálculo en modelado energético en edificios , EnergyPlus 9.2, [Online]: <https://github.com/NREL/EnergyPlus/releases/tag/v9.2.0>.
- Programa de simulación de iluminación , DialuxEVO 10.1 (2022), [Online]: <https://www.dialux.com/es-ES/descargar>.
- Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 23.01.03:15, **Eficiencia energética. Acondicionadores de aire tipo dividido, descarga libre y sin conductos de aire. Límites, método de prueba y etiquetado**, San Salvador, El Salvador: Organismo Salvadoreño de Reglamentación.
- Roberto Balmore Galán Parras (2014), “**Estudio de demanda energética utilizando software y hardware libre en el Edificio de Ingeniería Industrial, UES**”, San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador.
- Tarifas de electricidad año 2021, SIGET [Online]: <https://www.siget.gob.sv/gerencias/electricidad/tarifas-de-electricidad/tarifas-de-electricidad-ano-2021/>.
- Termodinámica y sus principios, [Online]: <https://www.ucuenca.edu.ec/component/content/article/275-espanol/investigacion/blog-de-ciencia/ano-2021/marzo-2021/1932-termodinamica>.
- U.S. Department of Energy (2021), **Getting Started, EnergyPlus 9.6 Documentation**, United States: University of Illinois.
- U.S. Department of Energy (2021), **Input Output Reference, EnergyPlus 9.6 Documentation**, United States: University of Illinois.
- U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy (2006), **Thermal Management of White LEDs**, Pacific Northwest National Laboratory, United States.
- Won Pyo - Hong (2016), **Comparative study on the effect of cooling & heating loads by lighting energy of various light sources in an office building**, Korea: Dept. of Building & Plant Engineering, Hanbat National University.

9. ANEXOS

A. DATASHEET DE EQUIPOS DE MEDICIÓN



Agilent U1251A and U1252A Handheld Digital Multimeter

Data Sheet



Features

- 50,000 count dual display
- Up to 0.025 % basic DC voltage accuracy
- True RMS measurement
- J-type and K-type temperature measurements
- Data storage capability with optional IR-USB link to PC
- 20 MHz frequency counter
- Programmable square wave generator
- -20 °C to +55 °C operating temperature
- Safety certified with EN/IEC 61010-1 Category III 1000 V overvoltage protection
- Built-In battery charger capability
- Multi function tilt stand

Introduction

The Agilent U1250A series Handheld Digital Multimeter gives you 4.5 digit resolution with a 50,000 count full scale and basic DC voltage accuracy of up to 0.025%. These features give you the flexibility to perform quick validation measurements or perform tolerance checks and marginal failure troubleshooting. It also offers True RMS, dBm, and AC+DC readings to measure both sinusoidal and non-sinusoidal waveforms accurately.

Versatile functionality

The U1250A series Handheld Digital Multimeter delivers many features that you would expect from a benchtop multimeter. These instruments come with all the basic measurement functions and added functionality needed in today's changing maintenance environment such as temperature measurements, frequency measurements, 4-20 mA process loop measurement with % readout, 20 MHz frequency counter (U1252A only), and dBm measurements.

More than just a measurement tool

The U1250A series expands users' capability beyond typical measurements. These instruments provide data storage capability which can be done both manually or automatically with the optional PC interface cable. The accompanying Agilent

Graphical User Interface (GUI) further extends the potential of these instruments by allowing you to customize your data logging needs. Other features include sophisticated math functions that allow users to manipulate the data obtained. The U1252A can be used as a programmable square wave generator that allows you to stimulate electronic circuits for debugging purposes.

Uncompromising ruggedness and safety

Use The U1250A series Handheld Digital Multimeter with confidence in almost any environment. These instruments come in a robust package with shock absorbing overmold and operate within their rated specifications from -20 °C right up to +55 °C. Furthermore, these instruments are rated at Cat III 1000 V (IEC 61010 Compliant) which allows you to confidently make measurements on building electrical installations, at locations between the main circuit breaker and the mains socket-outlets, including measurements performed on equipment that is permanently connected to the mains circuits.

Visit our Web for more information on Agilent's Handheld Digital Multimeter at www.agilent.com

U1251A AC SPECIFICATIONS

FUNCTION	RANGE	RESOLUTION	ACCURACY ± (% of reading + No. of Least Significant Digit)			
			FREQUENCY			
			30 Hz ~ 45 Hz	45 Hz ~ 1 kHz	1 kHz ~ 10 kHz	10 kHz ~ 30 kHz
TRUE-RMS AC VOLTAGE	50.000 mV	0.001 mV	1+60	0.6+40	1.0+40	1.6+60
	500.00 mV	0.01 mV	1+60	0.6+25	1.0+40	1.6+60
	1000.0 mV	0.1 mV	1+60	0.6+25	1.0+25	1.6+40
	5.0000 V	0.0001 V	1+60	0.6+25	1.0+25	1.6+40
	50.000 V	0.001 V	1+60	0.6+25	1.0+25	1.6+40
	500.00 V	0.01 V	1+60	0.6+25	1.0+25	1.6+40 ⁽¹⁾
	1000.0 V	0.1 V	1+60	0.6+40	1.0+40	N/A

FUNCTION	RANGE	RESOLUTION	ACCURACY ± (% of reading + No. of Least Significant Digit)		
			FREQUENCY		
			30 Hz ~ 45 Hz	45 Hz ~ 2 kHz	2 kHz ~ 20 kHz
AC CURRENT	500.00 µA ⁽²⁾	0.01 µA	1.5+50	0.8+20	3+80
	5000.0 µA	0.1 µA	1.5+40	0.8+20	3+60
	50.000 mA	0.001 mA	1.5+40	0.8+20	3+60
	440.00 mA	0.01 mA	1.5+40	0.8+20	3+60
	5.0000 A	0.0001 A	2+40 ⁽⁴⁾	0.8+20	3+60
	10.000 A ⁽³⁾	0.001 A	2+40 ⁽⁴⁾	0.8+20	<3 A/5 kHz

U1252A AC SPECIFICATIONS

FUNCTION	RANGE	RESOLUTION	ACCURACY ± (% of reading + No. of Least Significant Digit)				
			FREQUENCY				
			20 Hz ~ 45 Hz	45 Hz ~ 1 kHz	1 kHz ~ 10 kHz	10 kHz ~ 20 kHz	20 kHz ~ 100 kHz ⁽⁵⁾
TRUE-RMS AC VOLTAGE	50.000 mV	0.001 mV	1.5+60	0.4+40	0.7+40	0.75+40	3.5+120
	500.00 mV	0.01 mV	1.5+60	0.4+25	0.4+25	0.75+40	3.5+120
	1000.0 mV	0.1 mV	1.5+60	0.4+25	0.4+25	0.75+40	3.5+120
	5.0000 V	0.0001 V	1.5+60	0.4+25	0.4+25	0.75+40	3.5+120
	50.000 V	0.001 V	1.5+60	0.4+25	0.4+25	0.75+40	3.5+120
	500.00 V	0.01 V	1.5+60	0.4+25	0.4+25	1.5+40	3.5+120 ⁽¹⁾
	1000.0 V	0.1 V	1.5+60	0.4+40	0.4+40	1.5+40 ⁽¹⁾	N/A

FUNCTION	RANGE	RESOLUTION	ACCURACY ± (% of reading + No. of Least Significant Digit)			
			FREQUENCY			
			20 Hz ~ 45 Hz	45 Hz ~ 1 kHz	1 kHz ~ 20 kHz	20 kHz ~ 100 kHz ⁽⁵⁾
AC CURRENT	500.00 µA ⁽²⁾	0.01 µA	1.0+20	0.7+20	0.75+20	5+80
	5000.0 µA	0.1 µA	1.0+20	0.7+20	0.75+20	5+80
	50.000 mA	0.001 mA	1.0+20	0.7+20	0.75+20	5+80
	440.00 mA	0.01 mA	1.0+20	0.7+20	1.5+20	5+80
	5.0000 A	0.0001 A	1.5+20 ⁽⁴⁾	0.7+20	3+60	N/A
	10.000 A ⁽³⁾	0.001 A	1.5+20 ⁽⁴⁾	0.7+20	<3 A/5 kHz	

[1] The input signal is lower than the product of 20,000,000 V-Hz (product of voltage and frequency).

[2] Input current >35 µArms.

[3] Current can be measured from 2.5 A up to 10 A continuously. An additional 0.5% needs to be added to the specified accuracy if the signal measured is in the range of 10 A ~ 20 A for 30 seconds maximum. After measuring a current of >10 A, leave the meter to cool down for twice the measuring time used before application of low current measurement.

[4] Input current < 3 Arms.

[5] The additional error to be added as frequency >20 kHz and signal input <10% of range: 3 counts of LSD per kHz.



THWD-3 Relative Humidity Temperature Meter

- Dual display
- Extended probe stem to easily access air ducts
- Dew Point
- Wet Bulb
- Min/Max readings
- Data Hold
- Capacitive sensor with protective cover
- Auto Power off
- Carrying Case
- One year warranty

The THWD-3 uses a precision capacitance sensor to deliver accurate performance with long term stability. This high accuracy instrument measures the full range of relative humidity from 0% to 100% and features an exceptionally wide ambient temperature measurement range from -20 °C (-4 °F) to 60 °C (140 °F). The sensor is mounted on a long shaft extending from the top surface of the unit, making probing into ductwork and hard to reach areas more easy. The large LCD displays two measurements simultaneously with a full range of display options including Hold, Min, Max, Dew Point (DP) and Wet Bulb (WB). The THWD-3 comes with soft carrying case, sensor cover, battery and manual.

Included Accessories

Carrying case, sensor cover, battery (installed), users manual

No hassle warranty

No waiting.

No shipping charges.



Our commitment to high-quality products and customer service is demonstrated by our industry exclusive "No Hassle" warranty. In the unlikely event that an Amprobe Test Tool requires warranty service, any of our local dealers are authorized to replace it, on the spot.

(note: \$500 MSLP limit)

General Specifications

Display	Dual display
Operating Conditions:	0 °C to 40 °C
Storage Conditions:	-10 °C to 60 °C; <70 % RH
Altitude	Up to 2000 meters
Sample rate	2.5 times per second
Battery	9 V Battery, NEDA 1604 or JIS 006P or IEC6F22
Battery life	85-hours continuous (with alkaline battery)
Dimension	240 x 54 x 34 mm (9.5 x 2.1 x 1.3 in.)
Weight	Approximately 180 g (6.4 oz.)

Technical Specifications

Function	Range	Accuracy
Measurement Ranges		
Humidity	0 % RH to 100 % RH	
	5 % RH to 95 % RH:	±3 % RH @ 23 °C
	<5%RH, >95% RH	±5 % RH @ 23 °C
Temperature Coefficient:		0.1 x specified accuracy/ °C <23 °C, >23 °C
Resolution	0.1 %RH	
Temperature (Dry Bulb)	-20 °C to 60 °C:	±0.8 °C
	-4 °F to -140 °F	±1.6 °F
Dew Point (DP)	-20 °C to 60 °C:	±0.8 °C
	-4 °F to -140 °F	±1.6 °F
Web Bulb (WB)	-20 °C to 60 °C:	±0.8 °C
	-4 °F to -140 °F	±1.6 °F
Resolution	0.1 °C/0.1 °F	
Response time (in slowly moving air)		
Humidity	180 sec	
Temperature	10 sec	

Amprobe® Test Tools
Everett, WA 98203

Amprobe® Test Tools Europe
In den Engematten 14
79286 Glottertal, Germany

©2007 Amprobe Test Tools. All rights reserved.
5/2007 3052169 EN-NP Rev A



17 Anemometer

These meters can measure windspeed, temperature and Air Volume. Also have Windspeeds average/Current/Max and date hold functions. USB interface to quickly transfer data to PC. These meters can be widely used in environmental, ocean and flying industries, etc.



Specifications

Basic function

Model Specifications	Range					
	HP-816B	HP-836A	HP-846A	HP-856A	HP-866A	HP-866B
Wind Speed Range	0.3 ~ 30m/s	0.3-45m/s	0.3-45m/s	0.3-45m/s	0.3-40m/s	0.3 ~ 30m/s
Temperature Range	-10°C - 45°C	0-45 °C	0-45 °C	0-45 °C	-10°C - 60°C	-10°C - 45°C
Wind flow range			0-999900m ³ /min	0-999900m ³ /min	0-999900m ³ /min	
wind speed	± 0.1dgts	± 0.1dgts(m/s)	± 0.1dgts(m/s)	± 0.1dgts(m/s)	± 0.1dgts(m/s)	± 0.1dgts
Accuracy of Temperature	± 2°C	± 1°C	± 1°C	± 1°C	± 1°C	± 2°C
Resolution	0.1m/s ; 0.2°C	0.01m/s; 0.2°C	0.01m/s; 0.2°C	0.01m/s; 0.2°C	0.01m/s; 0.2°C	0.1m/s ; 0.2°C
Back Light	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Manual/Auto Power Off	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wind Speed Unit Selection	m/s, Ft/min, Knots, Km/hr, Mph	m/s, Ft/min, Knots, Km/hr, Mph	m/s, Ft/min, Knots, Km/hr, Mph	m/s, Ft/min, Knots, Km/hr, Mph	m/s, Ft/min, Knots, Km/hr, Mph	m/s, Ft/min, Knots, Km/hr, Mph
Max/Average/Current	✓	Max/Min/Average/Current	Max/Min/(2/3)Max/Average/Current	Max/Min/(2/3)Max/Average/Current	Max/Min/(2/3)Max/Average/Current	✓
Data Hold		✓	✓	✓	✓	
Wind chill indication	✓					✓
°C/°F	✓		✓	✓	✓	✓
Data Record		√/(100 Groups)	√/(300 Groups)	√/(600 Groups)	√/(600 Groups)	
Connect to PC with usb				✓	✓	
Real Time Measure				✓	✓	

General Features

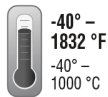
Battery Type	3V(CR2032)x1	9V(6F22)x1	9V(6F22)x1	9V(6F22)x1	9V(6F22)x1	9V(6F22)x1
Dimension	113 x 40 x 15mm	165 x 85 x 34mm	165 x 85 x 34mm	165 x 85 x 34mm	165 x 85 x 38mm	165 x 85 x 38mm
Weight	53g	320g	320g	320g	200g	200g

ESPAÑOL

MANUAL DE INSTRUCCIONES

Multímetro digital
de gancho de rango
automático de
400 A CA

**Tecnología
de medición
media cuadrática
real**



- PRUEBA DE VOLTAJE SIN CONTACTO
- RANGO AUTOMÁTICO
- RETENCIÓN DE DATOS
- RETENCIÓN DE RANGO
- TEMPERATURA
- INDICADOR DE CONTINUIDAD AUDIBLE

600 V 
400 A  2m
40 MΩ



KLEIN TOOLS 

CL320



CAT III
600V

ESPAÑOL

ESPECIFICACIONES GENERALES

Klein Tools CL320 es un multímetro digital de gancho de rango automático con media cuadrática real (TRMS) que mide corriente CA con las pinzas, mide voltaje CA/CD, microamperios CD, resistencia, continuidad, frecuencia y capacitancia, prueba diodos con cables de prueba y mide temperatura con una sonda de termopar.

- **Altitud de funcionamiento:** 6562' (2000 m)
- **Humedad relativa:** < 95 %, sin condensación
- **Temperatura de funcionamiento:** 32 ° a 122 °F (0 ° a 50 °C)
- **Temperatura de almacenamiento:** 14 ° a 122 °F (-10 ° a 50 °C)
- **Precisión:** valores establecidos según una temperatura ambiente de 65 a 83 °F (18 a 28 °C)
- **Coefficiente de temperatura:** 0,1 × (precisión indicada) por cada °C por encima de los 28 °C o por debajo de los 18 °C, es necesario realizar correcciones si la temperatura del ambiente de trabajo se encuentra fuera del rango de precisión de temperatura
- **Dimensiones:** 8,46" × 3,54" × 1,50" (215 × 90 × 38 mm)
- **Peso:** 11,04 oz (313 g) incluida la batería
- **Calibración:** precisa durante un año
- **Función de apagado automático (APO):** después de aproximadamente 10 minutos de inactividad
- **Normas:** IEC EN 61010-1, 61010-2-032, 61010-2-033. IEC EN 61326-1, 61326-2-2.
Cumple con las normas UL STD.61010-1, 61010-2-032, 61010-2-033;
Certificado según las normas CSA STD.C22.2 n.º 61010-1, 61010-2-032, 61010-2-033.
- **Grado de contaminación:** 2
- **Precisión:** ± (% de lectura + cantidad de dígitos menos significativos)
- **Protección ante caídas:** 6,6' (2 m)
- **Clasificación de seguridad:** CAT III 600 V, clase 2, doble aislamiento
- **Entorno electromagnético:** IEC EN 61326-1. Este equipo cumple con los requisitos para su uso en entornos electromagnéticos básicos y controlados, como propiedades residenciales, establecimientos comerciales e instalaciones de industria ligera.

Especificaciones sujetas a cambios.

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

Función	Rango	Resolución	Precisión
Voltaje CA (V CA)	400,0 mV	0,1 mV	± (1,8 % + 5 dígitos)
	4,000 V	1 mV	± (1,5 % + 5 dígitos)
	40,00 V	10 mV	± (1,2 % + 5 dígitos)
	400,0 V	100 mV	± (1,2 % + 5 dígitos)
	600 V	1 V	± (1,5 % + 5 dígitos)
Voltaje CD (V CD)	400,0 mV	0,1 mV	± (1,0 % + 8 dígitos)
	4,000 V	1 mV	± (0,8 % + 3 dígitos)
	40,00 V	10 mV	
	400,0 V	100 mV	
	600 V	1 V	± (1,0 % + 3 dígitos)

Impedancia de entrada: 10 MΩ
 Rango de frecuencia: 45 a 400 Hz
 Entrada máxima: 600 V CA RMS o 600 V CD

Corriente CA (A CA)	4,000 A	1 mA	± (2,5 % + 30 dígitos)
	40,00 A	10 mA	± (2,5 % + 10 dígitos)
	400,0 A	100 mA	± (2,0 % + 10 dígitos)

Rango de frecuencia: 50 a 60 Hz

Microamperios CD (μA CD)	200 μA	0,1 μA	± (1,0 % + 5 dígitos)
-----------------------------	--------	--------	-----------------------

Entrada máxima: 600 V CA RMS o 600 V CD

Resistencia	400,0 Ω	0,1 Ω	± (1,2 % + 5 dígitos)
	4,000 kΩ	1 Ω	± (1,2 % + 3 dígitos)
	40,00 kΩ	10 Ω	
	400,0 kΩ	100 Ω	
	4,000 MΩ	1 kΩ	± (2,0 % + 5 dígitos)
40,00 MΩ	10 kΩ		

Entrada máxima: 600 V CA RMS o 600 V CD

ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS

Función	Rango	Resolución	Precisión
Capacitancia	40,00 nF	0,010 nF	± (4 % + 25 dígitos)
	400,0 nF	0,100 nF	± (4 % + 8 dígitos)
	4,000 μF	0,001 μF	
	40,00 μF	0,010 μF	
	400,0 μF	0,100 μF	± (5 % + 9 dígitos)
4,000 mF	0,001 mF		

Entrada máxima: 600 V CA RMS o 600 V CD

Temperatura °F	-40 a 10 °F	1 °F	± (1,2 % + 7 dígitos)
	11 a 1832 °F		± (1,2 % + 6 dígitos)
Temperatura °C	-40 a -12 °C	1 °C	± (1,2 % + 4 dígitos)
	-11 a 1000 °C		± (1,2 % + 3 dígitos)

Entrada máxima: 600 V CA RMS o 600 V CD

Frecuencia	10 Hz a 60 kHz	0,001 Hz a 0,01 kHz	± (0,1 % + 5 dígitos)
Ciclo de servicio	0,1 % a 99,9 % (≤ 100 kHz)	0,1 %	± 1,5 % (Rango: 10 % – 90 %)

Entrada máxima: 600 V CA RMS o 600 V CD

OTRAS APLICACIONES DE MEDICIÓN

Entrada máxima: 600 V CD o 600 V CA RMS

- **Prueba de diodo:** 1 mA aprox., 3,0 V CD de voltaje de circuito abierto aprox.
- **Verificación de continuidad:** señal audible < 10 Ω, 1,5 mA de corriente máxima
- **Frecuencia de muestreo:** 3 muestras por segundo
- **Sobrecarga:** se indica "OL" en la pantalla
- **Polaridad:** "-" en pantalla indica polaridad negativa
- **Pantalla:** LCD de 3-3/4 dígitos con recuento de 4000

B. PLIEGOS TARIFARIOS 2021

Pliego tarifario vigencia 1 de enero a 14 de enero 2021

III. GRANDES DEMANDAS (>50 kW)									
BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO									
		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Atención al Cliente	US\$/Usuario-m	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.140437	0.132109	0.145570	0.146763	0.153478	0.127950	0.132742	0.090604
Energía en Resto	US\$/kWh	0.116724	0.113663	0.117644	0.118293	0.116140	0.106772	0.118147	0.071049
Energía en Valle	US\$/kWh	0.137478	0.127503	0.141759	0.143527	0.149709	0.117908	0.128984	0.078768
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	14.081315	21.598128	22.424130	26.988660	28.455883	30.233598	16.937229	19.887423
MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO									
		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.130101	0.120933	0.132761	0.130868	0.136035	0.119555	0.126172	0.080073
Energía en Resto	US\$/kWh	0.108133	0.104047	0.107293	0.105481	0.102941	0.099766	0.112299	0.062791
Energía en Valle	US\$/kWh	0.127360	0.116716	0.129286	0.127982	0.132695	0.110172	0.122600	0.069613
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	6.881023	6.791453	12.712465	17.324019	18.540127	9.410379	10.374532	5.123979

Pliego tarifario vigencia 15 de enero a 14 de abril 2021

III. GRANDES DEMANDAS (>50 kW)									
BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO									
		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Atención al Cliente	US\$/Usuario-m	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.135889	0.129245	0.142963	0.144375	0.148592	0.126870	0.126661	0.090243
Energía en Resto	US\$/kWh	0.116823	0.113283	0.119686	0.122369	0.120139	0.105301	0.110421	0.069930
Energía en Valle	US\$/kWh	0.129496	0.122413	0.136881	0.139033	0.143640	0.113548	0.118848	0.074244
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	14.081315	21.598128	22.424130	26.988660	28.455883	30.233598	16.937229	19.887423
MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO									
		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.125887	0.118311	0.130384	0.128739	0.131705	0.118545	0.120392	0.079754
Energía en Resto	US\$/kWh	0.108224	0.103699	0.109155	0.109116	0.106486	0.098392	0.104956	0.061802
Energía en Valle	US\$/kWh	0.119965	0.112057	0.124837	0.123976	0.127315	0.106097	0.112966	0.065615
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	6.881023	6.791453	12.712465	17.324019	18.540127	9.410379	10.374532	5.123979

Pliego tarifario vigencia 15 de abril a 14 de julio 2021

III. GRANDES DEMANDAS (>50 kW)									
BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO									
		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Atención al Cliente	US\$/Usuario-m	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.152295	0.144324	0.158285	0.157689	0.164366	0.138330	0.144354	0.077997
Energía en Resto	US\$/kWh	0.127431	0.124859	0.127645	0.129312	0.126571	0.113663	0.122033	0.076729
Energía en Valle	US\$/kWh	0.151841	0.143157	0.157617	0.157283	0.164917	0.134529	0.141902	0.131115
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	14.081315	21.598128	22.424130	26.988660	28.455883	30.233598	16.937229	19.887423
MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO									
		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.141086	0.132114	0.144357	0.140611	0.145686	0.129254	0.137209	0.068932
Energía en Resto	US\$/kWh	0.118052	0.114296	0.116414	0.115307	0.112187	0.106205	0.115993	0.067811
Energía en Valle	US\$/kWh	0.140665	0.131046	0.143748	0.140249	0.146175	0.125702	0.134878	0.115876
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	6.881023	6.791453	12.712465	17.324019	18.540127	9.410379	10.374532	5.123979

Pliego tarifario vigencia 15 de julio a 14 de octubre 2021

III. GRANDES DEMANDAS (>50 kW)									
BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO									
		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Atención al Cliente	US\$/Usuario-m	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.163997	0.171618	0.175422	0.173243	0.183891	0.167109	0.150773	0.142996
Energía en Resto	US\$/kWh	0.134912	0.144864	0.138890	0.140961	0.142785	0.138168	0.120355	0.140358
Energía en Valle	US\$/kWh	0.162343	0.169001	0.172538	0.171987	0.183814	0.159020	0.147437	0.133729
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	14.081315	21.598128	22.424130	26.988660	28.455883	30.233598	16.937229	19.887423
MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO									
		CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:									
Cargo Fijo	US\$/Usuario-m	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:									
Energía en Punta	US\$/kWh	0.151926	0.157099	0.159987	0.154480	0.162992	0.156144	0.143311	0.126376
Energía en Resto	US\$/kWh	0.124983	0.132609	0.126669	0.125695	0.126558	0.129102	0.114398	0.124045
Energía en Valle	US\$/kWh	0.150395	0.154703	0.157356	0.153360	0.162924	0.148586	0.140140	0.118186
Cargo de Distribución:									
Potencia:	US\$/kW-mes	6.881023	6.791453	12.712465	17.324019	18.540127	9.410379	10.374532	5.123979

Pliego tarifario vigencia 15 de octubre a 14 de enero 2022

III. GRANDES DEMANDAS (>50 kW)								
BAJA TENSION CON MEDIDOR HORARIO								
	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Atención al Cliente US\$/Usuario-mes	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:								
Energía en Punta US\$/kWh	0.170219	0.170388	0.181786	0.176290	0.183857	0.165071	0.166989	0.153761
Energía en Resto US\$/kWh	0.140144	0.138406	0.143823	0.146955	0.146144	0.119465	0.134327	0.141588
Energía en Valle US\$/kWh	0.157490	0.153724	0.167200	0.162920	0.170035	0.134862	0.154318	0.135567
Cargo de Distribución:								
Potencia: US\$/kW-mes	14.081315	21.598128	22.424130	26.988660	28.455883	30.233598	16.937229	19.887423
MEDIA TENSION CON MEDIDOR HORARIO								
	CAESS	DEL SUR	CLESA	EEO	DEUSEM	EDESAL	B&D	ABRUZZO
Cargo de Comercialización:								
Cargo Fijo US\$/Usuario-mes	12.253858	14.323192	11.229079	13.057050	11.885648	18.711930	16.400246	6.782011
Cargo de Energía:								
Energía en Punta US\$/kWh	0.157691	0.155973	0.165791	0.157197	0.162962	0.154240	0.158724	0.135890
Energía en Resto US\$/kWh	0.129830	0.126697	0.131168	0.131040	0.129535	0.111626	0.127679	0.125132
Energía en Valle US\$/kWh	0.145898	0.140718	0.152488	0.145276	0.150711	0.126013	0.146680	0.119810
Cargo de Distribución:								
Potencia: US\$/kW-mes	6.881023	6.791453	12.712465	17.324019	18.540127	9.410379	10.374532	5.123979

**C. DETALLES DE RESULTADOS EN MEDICIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA
DE REFRIGERACIÓN [EER] DE AIRES ACONDICIONADOS**

NIVEL 1 [EP]:

ETIQUETA		N1-1	
UBICACIÓN		Plaza visitantes C o 3	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA °C	23.11	T SALIDA °C	15.0
HUMEDAD ENTRADA %	67.0	HUMEDAD SALIDA %	85.46
POTENCIA [W]	738.52	VELOCIDAD	3.4 m/s
EER [BTU/Wh]		16.31	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-1 tiene una eficiencia de 16.31 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 75.38.</p>			

ETIQUETA		N1-2	
UBICACIÓN		Centro de atención a clientes	
MARCA	LENNOX	TIPO	Cassette
MODELO	13ACX-060-230-17	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0832	
T ENTRADA °C	22.49	T SALIDA °C	16.5
HUMEDAD ENTRADA %	77.0	HUMEDAD SALIDA %	89.16
POTENCIA [W]	4545.0	VELOCIDAD	4.4 m/s
EER [BTU/Wh]		3.94	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-2 tiene una eficiencia de 3.94 BTU/Wh, es muy bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-3	
UBICACIÓN		Centro de atención al cliente, ventanillas	
MARCA	LENNOX	TIPO	Cassette
MODELO	13ACX-060-230-17	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0832	
T ENTRADA °C	21.47	T SALIDA °C	15.6
HUMEDAD ENTRADA %	79.0	HUMEDAD SALIDA %	92.26
POTENCIA [W]	5197.83	VELOCIDAD	5.0 m/s
EER [BTU/Wh]		3.66	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N1-3 tiene una eficiencia de 3.66 BTU/Wh, es muy bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N1-4	
UBICACIÓN		Gerencia financiera institucional	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA °C	22.44	T SALIDA °C	11.1
HUMEDAD ENTRADA %	73	HUMEDAD SALIDA %	92.54
POTENCIA [W]	3513.81	VELOCIDAD	4.4 m/s
EER [BTU/Wh]		6.82	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N1-4 tiene una eficiencia de 6.82 BTU/Wh, es muy bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N1-5	
UBICACIÓN		Coordinador de atención a clientes	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA °C	21.06	T SALIDA °C	14.3
HUMEDAD ENTRADA %	69.0	HUMEDAD SALIDA %	83.83
POTENCIA [W]	1179.83	VELOCIDAD	4.0 m/s
EER [BTU/Wh]		5.89	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-5 tiene una eficiencia de 5.89 BTU/Wh, es muy bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-6	
UBICACIÓN		Gerente financiero institucional	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA °C	23.74	T SALIDA °C	16.8
HUMEDAD ENTRADA %	76.0	HUMEDAD SALIDA %	88.39
POTENCIA [W]	625.37	VELOCIDAD	4.0m/s
EER [BTU/Wh]		13.75	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-6 tiene una eficiencia de 13.75 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 47.85.</p>			

ETIQUETA		N1-7	
UBICACIÓN		Gerente UACI	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VVM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA °C	22.34	T SALIDA °C	12.3
HUMEDAD ENTRADA %	59.0	HUMEDAD SALIDA %	77.13
POTENCIA [W]	1313.78	VELOCIDAD	4.0 m/s
EER [BTU/Wh]		8.66	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-7 tiene una eficiencia de 8.66 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-8	
UBICACIÓN		Area de espera y recepción	
MARCA	LG	TIPO	Split central
MODELO	AUUQ48GH2	CAPACIDAD	48000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.1534	
T ENTRADA °C	21.64	T SALIDA °C	11.5
HUMEDAD ENTRADA %	64.0	HUMEDAD SALIDA %	84.84
POTENCIA [W]	4766.38	VELOCIDAD	4.1m/s
EER [BTU/Wh]		9.36	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-8 tiene una eficiencia de 9.36 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 0.65. El valor de ahorro es muy bajo, se recomienda revisión de equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-9	
UBICACIÓN		P1-Gerencia UACI	
MARCA	LENNOX	TIPO	Cassette
MODELO	13ACX-060-230-17	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0832	
T ENTRADA °C	22.61	T SALIDA °C	10.5
HUMEDAD ENTRADA %	76.0	HUMEDAD SALIDA %	93.97
POTENCIA [W]	3997.74	VELOCIDAD	5.9 m/s
EER [BTU/Wh]		12.66	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-9 tiene una eficiencia de 12.66 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 36.13.</p>			

ETIQUETA		N1-10	
UBICACIÓN		Cuarto de tableros y rack de datos	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA °C	21.67	T SALIDA °C	11.8
HUMEDAD ENTRADA %	59.0	HUMEDAD SALIDA %	76.40
POTENCIA [W]	1212.28	VELOCIDAD	4.0 m/s
EER [BTU/Wh]		7.97	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-10 tiene una eficiencia de 7.97 BTU/Wh, el valor obtenido es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-11	
UBICACIÓN		Sala de reuniones A o 1	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM182C6A	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA °C	21.24	T SALIDA °C	15.9
HUMEDAD ENTRADA %	74	HUMEDAD SALIDA %	83.86
POTENCIA [W]	607.96	VELOCIDAD	3.4m/s
EER [BTU/Wh]		8.53	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-11 tiene una eficiencia de 8.53 BTU/Wh, es muy bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-12	
UBICACIÓN		Sala de visitantes A o 1	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA °C	23.37	T SALIDA °C	17.6
HUMEDAD ENTRADA %	65	HUMEDAD SALIDA %	82.86
POTENCIA [W]	912.22	VELOCIDAD	4.0 m/s
EER [BTU/Wh]		5.76	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-12 tiene una eficiencia de 5.76 BTU/Wh, es muy bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-13	
UBICACIÓN		Sala de visitantes B o 2	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VVM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA °C	21.91	T SALIDA °C	14.6
HUMEDAD ENTRADA %	70.0	HUMEDAD SALIDA %	78.69
POTENCIA [W]	781.65	VELOCIDAD	4.2 m/s
EER [BTU/Wh]		11.29	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-13 tiene una eficiencia de 11.29 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 21.40.</p>			

ETIQUETA		N1-14	
UBICACIÓN		Gerente de formación inicial	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA °C	73.0	T SALIDA °C	83.37
HUMEDAD ENTRADA %	20.51	HUMEDAD SALIDA %	16.0
POTENCIA [W]	620.16	VELOCIDAD	3.0 m/s
EER [BTU/Wh]		5.73	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-14 tiene una eficiencia de 5.73 BTU/Wh, es muy bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-15	
UBICACIÓN		Sala de reuniones B o 2	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM182C6A	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA °C	17.94	T SALIDA °C	12.7
HUMEDAD ENTRADA %	65.0	HUMEDAD SALIDA %	85.09
POTENCIA [W]	879.24	VELOCIDAD	3.4 m/s
EER [BTU/Wh]		3.62	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-15 tiene una eficiencia de 3.62 BTU/Wh, es muy bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-16	
UBICACIÓN		Sala de reuniones C o 3	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA °C	21.03	T SALIDA °C	13.6
HUMEDAD ENTRADA %	83.94	HUMEDAD SALIDA %	64.0
POTENCIA [W]	500.92	VELOCIDAD	3.0 m/s
EER [BTU/Wh]		16.92	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-16 tiene una eficiencia de 16.92 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 81.93.</p>			

ETIQUETA		N1-17	
UBICACIÓN		Sala de reuniones D o 4	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA [°C]	23.41	T SALIDA [°C]	16.00
HUMEDAD ENTRADA %	58.00	HUMEDAD SALIDA %	82.73
POTENCIA[W]	743.16	VELOCIDAD	4.40 m/s
EER [BTU/Wh]		8.50	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-17 tiene una eficiencia de 8.50 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-18	
UBICACIÓN		Sobre estaciones de formación inicial	
MARCA	LENNOX	TIPO	Cassette
MODELO	13ACX-060-230-17	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0832	
T ENTRADA [°C]	20.36	T SALIDA [°C]	8.30
HUMEDAD ENTRADA %	67.00	HUMEDAD SALIDA %	83.30
POTENCIA[W]	4252.73	VELOCIDAD	2.8 m/s
EER [BTU/Wh]		4.86	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-18 tiene una eficiencia de 4.86 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-19	
UBICACIÓN		Sobre estación de formación inicial	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	24.00	T SALIDA [°C]	15.80
HUMEDAD ENTRADA %	57.00	HUMEDAD SALIDA %	85.31
POTENCIA [W]	4245.68	VELOCIDAD	4.2 m/s
EER [BTU/Wh]		2.57	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-19 tiene una eficiencia de 2.57 BTU/Wh, el valor es muy bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-20	
UBICACIÓN		Gerente de inv. y estudios de formación profesional	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA [°C]	22.61	T SALIDA [°C]	12.60
HUMEDAD ENTRADA %	63.00	HUMEDAD SALIDA %	77.71
POTENCIA [W]	705.88	VELOCIDAD	3.8 m/s
EER [BTU/Wh]		14.72	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-20 tiene una eficiencia de 14.72 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 58.28.</p>			

ETIQUETA		N1-21	
UBICACIÓN			
MARCA	COMFORTSTAR	TIPO	Mini split
MODELO	CC112CD	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0378	
T ENTRADA [°C]	21.64	T SALIDA [°C]	10.8
HUMEDAD ENTRADA %	70.00	HUMEDAD SALIDA %	85.66
POTENCIA [W]	580.75	VELOCIDAD	2.4 m/s
EER [BTU/Wh]		13.16	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N1-21 tiene una eficiencia de 13.16 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 41.50.			

ETIQUETA		N1-22	
UBICACIÓN			
Sobre estaciones servicios generales			
MARCA	LENNOX	TIPO	Cassette
MODELO	13ACX-060-230-17	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0832	
T ENTRADA [°C]	22.34	T SALIDA [°C]	11.50
HUMEDAD ENTRADA %	62.00	HUMEDAD SALIDA %	79.00
POTENCIA [W]	4151.54	VELOCIDAD	3.8 m/s
EER [BTU/Wh]		6.07	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N1-22 tiene una eficiencia de 6.07 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N1-23	
UBICACIÓN		Sobre estaciones servicios generales	
MARCA	LENNOX	TIPO	Cassette
MODELO	13ACX-060-230-17	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0832	
T ENTRADA [°C]	22.34	T SALIDA [°C]	11.50
HUMEDAD ENTRADA %	62.00	HUMEDAD SALIDA %	79.00
POTENCIA [W]	4151.54	VELOCIDAD	3.5 m/s
EER [BTU/Wh]		5.59	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-23 tiene una eficiencia de 5.59 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-24	
UBICACIÓN		Coordinador servicios generales	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA [°C]	23.86	T SALIDA [°C]	20.30
HUMEDAD ENTRADA %	63.00	HUMEDAD SALIDA %	73.60
POTENCIA [W]	805.65	VELOCIDAD	3.5 m/s
EER [BTU/Wh]		3.30	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-24 tiene una eficiencia de 3.30 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-25	
UBICACIÓN		P1-Auditorium (SO)	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	23.41	T SALIDA [°C]	14.80
HUMEDAD ENTRADA %	69.00	HUMEDAD SALIDA %	84.73
POTENCIA [W]	3220.74	VELOCIDAD	5.2 m/s
EER [BTU/Wh]		6.63	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-25 tiene una eficiencia de 6.63 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-26	
UBICACIÓN		P1-Auditorium (SE)	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	23.91	T SALIDA [°C]	13.00
HUMEDAD ENTRADA %	68.00	HUMEDAD SALIDA %	85.44
POTENCIA [W]	3682.29	VELOCIDAD	5.1 m/s
EER [BTU/Wh]		7.39	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-26 tiene una eficiencia de 7.39 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-28	
UBICACIÓN		P1- Auditorium (E)	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	23.59	T SALIDA [°C]	13.50
HUMEDAD ENTRADA %	67.00	HUMEDAD SALIDA %	84.54
POTENCIA [W]	3140.46	VELOCIDAD	5.4 m/s
EER		8.23	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-28 tiene una eficiencia de 8.23 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-29	
UBICACIÓN		P1- Auditorium (O)	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	23.41	T SALIDA [°C]	14.80
HUMEDAD ENTRADA %	69.00	HUMEDAD SALIDA %	84.73
POTENCIA [W]	3220.74	VELOCIDAD	5.20 m/s
EER [BTU/Wh]		6.63	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-29 tiene una eficiencia de 6.63 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-30	
UBICACIÓN		P1- Auditorium (NO)	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	23.59	T SALIDA [°C]	13.50
HUMEDAD ENTRADA %	67.00	HUMEDAD SALIDA %	84.54
POTENCIA [W]	3140.46	VELOCIDAD	5.4 m/s
EER [BTU/Wh]		8.23	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-30 tiene una eficiencia de 8.23 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-31	
UBICACIÓN		P1- Auditorium (NE)	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	23.91	T SALIDA [°C]	13.00
HUMEDAD ENTRADA %	68.00	HUMEDAD SALIDA %	85.44
POTENCIA [W]	3682.29	VELOCIDAD	5.1 m/s
EER		7.39	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-31 tiene una eficiencia de 7.39 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-32	
UBICACIÓN		Vestíbulo del Auditorium (E)	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ24GH2	CAPACIDAD	24000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	24.53	T SALIDA [°C]	17.6
HUMEDAD ENTRADA %	62.00	HUMEDAD SALIDA %	75.99
POTENCIA [W]	1214.52	VELOCIDAD	3.00 m/s
EER [BTU/Wh]		7.66	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-32 tiene una eficiencia de 7.66 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-33	
UBICACIÓN		Vestíbulo del Auditorium (O)	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ24GH2	CAPACIDAD	24000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	23.90	T SALIDA [°C]	15.70
HUMEDAD ENTRADA %	64.00	HUMEDAD SALIDA %	79.81
POTENCIA [W]	1646.13	VELOCIDAD	3.2 m/s
EER [BTU/Wh]		7.19	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-33 tiene una eficiencia de 7.19 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-34	
UBICACIÓN		Coordinador unidad de monitoreo y evaluación	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	21.31	T SALIDA [°C]	18.50
HUMEDAD ENTRADA %	70.00	HUMEDAD SALIDA %	75.36
POTENCIA [W]	535.99	VELOCIDAD	3.0 m/s
EER [BTU/Wh]		7.46	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-34 tiene una eficiencia de 7.46 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N1-35	
UBICACIÓN		Centro de documentación e información	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ24GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA °C	21.39	T SALIDA °C	16.00
HUMEDAD ENTRADA %	74.00	HUMEDAD SALIDA %	83.43
POTENCIA [W]	658.49	VELOCIDAD	3.4 m/s
EER [BTU/Wh]		13.33	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N1-35 tiene una eficiencia de 13.33 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 43.33.</p>			

ETIQUETA		N1-36	
UBICACIÓN		Oficina del sindicato	
MARCA	CONFORTSTAR	TIPO	Mini Split
MODELO	CL118CD-410	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0408	
T ENTRADA [°C]	23.27	T SALIDA [°C]	17.10
HUMEDAD ENTRADA %	75.00	HUMEDAD SALIDA %	91.56
POTENCIA [W]	827.71	VELOCIDAD	3.1 m/s
EER [BTU/Wh]		7.06	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N1-36 tiene una eficiencia de 7.06 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N1-37	
UBICACIÓN		Biblioteca	
MARCA	CONFORTSTART	TIPO	Mini split
MODELO	CL118CD-410	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0408	
T ENTRADA [°C]	23.41	T SALIDA [°C]	13.70
HUMEDAD ENTRADA %	72.00	HUMEDAD SALIDA %	84.97
POTENCIA [W]	790.53	VELOCIDAD	3.3 m/s
EER [BTU/Wh]		14.20	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N1-37 tiene una eficiencia de 14.20 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 52.69.			

ETIQUETA		CL-1	
UBICACIÓN		Clínica ISSS – oficina Dra. Dina	
MARCA	LENNOX	TIPO	Mini split
MODELO	AHTC024100P2	CAPACIDAD	24000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0426	
T ENTRADA [°C]	24.01	T SALIDA [°C]	12.90
HUMEDAD ENTRADA %	60.00	HUMEDAD SALIDA %	84.30
POTENCIA [W]	3074.21	VELOCIDAD	3.2 m/s
EER [BTU/Wh]		3.38	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo CL-1 tiene una eficiencia de 3.38 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		CL-2	
UBICACIÓN		Clínica ISSS	
MARCA	LENNOX	TIPO	Mini split
MODELO	AHTC012100P2HA	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA [°C]	23.53	T SALIDA [°C]	14.50
HUMEDAD ENTRADA %	51.00	HUMEDAD SALIDA %	73.20
POTENCIA [W]	1161.30	VELOCIDAD	4.1 m/s
EER [BTU/Wh]		6.82	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo CL-2 tiene una eficiencia de 6.82 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

NIVEL 2 [EP]:

ETIQUETA		N2-1	
UBICACIÓN		P2- sala de reuniones C	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA [°C]	21.59	T SALIDA [°C]	9.50
HUMEDAD ENTRADA %	72.00	HUMEDAD SALIDA %	88.34
POTENCIA [W]	837.95	VELOCIDAD	4.3 m/s
EER [BTU/Wh]		17.74	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-1 tiene una eficiencia de 17.74 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 90.75.</p>			

ETIQUETA		N2-2	
UBICACIÓN		Auditor interno	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	21.26	T SALIDA [°C]	15.30
HUMEDAD ENTRADA %	78.00	HUMEDAD SALIDA %	92.46
POTENCIA [W]	696.39	VELOCIDAD	5.00 m/s
EER [BTU/Wh]		20.12	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-2 tiene una eficiencia de 20.12 BTU/Wh, el valor obtenido cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS.</p>			

ETIQUETA		N2-3	
UBICACIÓN		Pasillo entre sala de reuniones C y auditor interno	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	20.76	T SALIDA [°C]	13.3
HUMEDAD ENTRADA %	61.00	HUMEDAD SALIDA %	80.47
POTENCIA [W]	634.31	VELOCIDAD	3.2 m/s
EER [BTU/Wh]		14.06	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-3 tiene una eficiencia de 14.06 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 51.18.</p>			

ETIQUETA		N2-4	
UBICACIÓN		P2- sala de reuniones B	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	20.30	T SALIDA [°C]	12.80
HUMEDAD ENTRADA %	65.00	HUMEDAD SALIDA %	84.77
POTENCIA [W]	1109.67	VELOCIDAD	3.5 m/s
EER [BTU/Wh]		8.84	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-4 tiene una eficiencia de 8.84 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N2-5	
UBICACIÓN		Formación continua	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	22.66	T SALIDA [°C]	14.80
HUMEDAD ENTRADA %	59.00	HUMEDAD SALIDA %	78.76
POTENCIA [W]	2725.99	VELOCIDAD	4.1 m/s
EER [BTU/Wh]		4.54	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-5 tiene una eficiencia de 4.54 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N2-6	
UBICACIÓN		Área de usos múltiples, descanso y ejercicio	
MARCA	LG	TIPO	Techo
MODELO	AVUQ60GM2A0	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.1904	
T ENTRADA [°C]	21.07	T SALIDA [°C]	9.10
HUMEDAD ENTRADA %	57.00	HUMEDAD SALIDA %	81.67
POTENCIA [W]	4485.52	VELOCIDAD	2.5 m/s
EER [BTU/Wh]		8.19	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-6 tiene una eficiencia de 8.19 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N2-7	
UBICACIÓN		Auditoria interna	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ36GH2	CAPACIDAD	36000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	20.70	T SALIDA [°C]	12.10
HUMEDAD ENTRADA %	65.00	HUMEDAD SALIDA %	83.84
POTENCIA [W]	1581.78	VELOCIDAD	3.5 m/s
EER [BTU/Wh]		7.85	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-7 tiene una eficiencia de 7.85 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N2-8	
UBICACIÓN		Gerencia Formación continua	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	22.10	T SALIDA [°C]	16.60
HUMEDAD ENTRADA %	66.00	HUMEDAD SALIDA %	73.81
POTENCIA [W]	450.96	VELOCIDAD	3.3 m/s
EER [BTU/Wh]		19.17	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-8 tiene una eficiencia de 19.17 BTU/Wh, el valor obtenido cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS</p>			

ETIQUETA		N2-9	
UBICACIÓN		Sala de reuniones C	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM122C6A	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA [°C]	23.37	T SALIDA [°C]	14.60
HUMEDAD ENTRADA %	67.00	HUMEDAD SALIDA %	78.90
POTENCIA [W]	450.96	VELOCIDAD	2.9 m/s
EER [BTU/Wh]		14.06	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-9 tiene una eficiencia de 14.06 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 51.18.</p>			

ETIQUETA		N2-10	
UBICACIÓN		Pasillo de usos múltiples, bodega, archivos, sanitarios.	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	21.99	T SALIDA [°C]	14.90
HUMEDAD ENTRADA %	64.00	HUMEDAD SALIDA %	77.74
POTENCIA [W]	885.71	VELOCIDAD	3.5 m/s
EER [BTU/Wh]		12.15	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-10 tiene una eficiencia de 12.15 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 30.64.</p>			

ETIQUETA		N2-11	
UBICACIÓN		Coordinador atención a distancia	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	21.97	T SALIDA [°C]	14.60
HUMEDAD ENTRADA %	55.00	HUMEDAD SALIDA %	75.29
POTENCIA [W]	692.24	VELOCIDAD	2.7 m/s
EER [BTU/Wh]		9.63	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-11 tiene una eficiencia de 9.63 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 3.54.</p>			

ETIQUETA		N2-12	
UBICACIÓN		Coordinador de planificación estratégica	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	20.44	T SALIDA [°C]	13.90
HUMEDAD ENTRADA %	71.00	HUMEDAD SALIDA %	82.71
POTENCIA [W]	689.71	VELOCIDAD	3.4 m/s
EER [BTU/Wh]		14.67	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-12 tiene una eficiencia de 14.67 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 57.74.</p>			

ETIQUETA		N2-13	
UBICACIÓN		Gerencia comunicación institucional	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	20.51	T SALIDA [°C]	14.00
HUMEDAD ENTRADA %	71.00	HUMEDAD SALIDA %	82.64
POTENCIA [W]	689.71	VELOCIDAD	3.4 m/s
EER [BTU/Wh]		14.81	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-13 tiene una eficiencia de 14.81 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 59.25.</p>			

ETIQUETA		N2-14	
UBICACIÓN		Aula E-LEARNING	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	22.86	T SALIDA [°C]	9.70
HUMEDAD ENTRADA %	52.00	HUMEDAD SALIDA %	76.00
POTENCIA [W]	1701.86	VELOCIDAD	4.3 m/s
EER [BTU/Wh]		12.91	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-14 tiene una eficiencia de 12.91 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 38.82.</p>			

ETIQUETA		N2-15	
UBICACIÓN		Aula E-LEARNING	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	23.37	T SALIDA [°C]	10.10
HUMEDAD ENTRADA %	47.00	HUMEDAD SALIDA %	74.70
POTENCIA [W]	2599.15	VELOCIDAD	5.0 m/s
EER [BTU/Wh]		9.22	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-15 tiene una eficiencia de 9.22 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N2-16	
UBICACIÓN		Vestíbulo de acceso, escaleras de caracol	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ54GH2	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	20.36	T SALIDA [°C]	14.70
HUMEDAD ENTRADA %	64.00	HUMEDAD SALIDA %	83.61
POTENCIA [W]	4783.46	VELOCIDAD	4.4 m/s
EER [BTU/Wh]		1.68	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-16 tiene una eficiencia de 1.68 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N2-17	
UBICACIÓN		Unidad de planificación estratégica	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ36GH2	CAPACIDAD	36000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	22.10	T SALIDA [°C]	13.10
HUMEDAD ENTRADA %	59.00	HUMEDAD SALIDA %	77.99
POTENCIA [W]	2374.57	VELOCIDAD	2.9 m/s
EER [BTU/Wh]		4.40	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N2-17 tiene una eficiencia de 4.40 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N2-18	
UBICACIÓN		Gerencia de recursos humanos	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ36GH2	CAPACIDAD	36000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	21.16	T SALIDA [°C]	11.30
HUMEDAD ENTRADA %	60.00	HUMEDAD SALIDA %	77.34
POTENCIA [W]	2351.67	VELOCIDAD	3.00 m/s
EER [BTU/Wh]		5.12	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N2-18 tiene una eficiencia de 5.12 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N2-19	
UBICACIÓN		Gerente Legal 2	
MARCA	LG	TIPO	Mini split
MODELO	VM182C6A	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.036	
T ENTRADA [°C]	21.74	T SALIDA [°C]	9.90
HUMEDAD ENTRADA %	61.00	HUMEDAD SALIDA %	85.09
POTENCIA [W]	1210.64	VELOCIDAD	3.3 m/s
EER [BTU/Wh]		7.94	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N2-19 tiene una eficiencia de 7.94 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N2-20	
UBICACIÓN		Gerente de Recursos humanos	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	21.56	T SALIDA [°C]	13.60
HUMEDAD ENTRADA %	57.00	HUMEDAD SALIDA %	76.86
POTENCIA [W]	984.68	VELOCIDAD	2.7 m/s
EER [BTU/Wh]		8.03	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N2-20 tiene una eficiencia de 8.03 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N2-21	
UBICACIÓN		Jefe UTI	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	21.80	T SALIDA [°C]	11.90
HUMEDAD ENTRADA %	54.00	HUMEDAD SALIDA %	73.50
POTENCIA [W]	653.75	VELOCIDAD	3.00 m/s
EER [BTU/Wh]		16.98	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-21 tiene una eficiencia de 16.98 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 82.58.</p>			

ETIQUETA		N2-22	
UBICACIÓN		Unidad tecnológica de la información	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ36GH2	CAPACIDAD	36000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	20.57	T SALIDA [°C]	11.50
HUMEDAD ENTRADA %	56.00	HUMEDAD SALIDA %	72.40
POTENCIA [W]	1209.81	VELOCIDAD	2.9 m/s
EER [BTU/Wh]		8.50	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-22 tiene una eficiencia de 8.50 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N2-23	
UBICACIÓN		Cafetería	
MARCA	LENNOX	TIPO	Cassette
MODELO	13ACX-060-230-17	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0832	
T ENTRADA [°C]	22.34	T SALIDA [°C]	11.50
HUMEDAD ENTRADA %	62.00	HUMEDAD SALIDA %	79.00
POTENCIA [W]	4151.54	VELOCIDAD	3.8 m/s
EER [BTU/Wh]		6.07	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N2-23 tiene una eficiencia de 6.07 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N2-24	
UBICACIÓN		Gerencia de recursos humanos	
MARCA	LENNOX	TIPO	Cassette
MODELO	13ACX-060-230-17	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.0832	
T ENTRADA [°C]	22.34	T SALIDA [°C]	11.50
HUMEDAD ENTRADA %	62.00	HUMEDAD SALIDA %	79.00
POTENCIA [W]	4151.54	VELOCIDAD	3.5 m/s
EER [BTU/Wh]		5.59	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N2-24 tiene una eficiencia de 5.59 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N2-26	
UBICACIÓN		Oficina de Cabina	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.06	
T ENTRADA [°C]	23.10	T SALIDA [°C]	13.40
HUMEDAD ENTRADA %	58.00	HUMEDAD SALIDA %	80.23
POTENCIA [W]	753.97	VELOCIDAD	3.3 m/s
EER [BTU/Wh]		16.57	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-26 tiene una eficiencia de 16.57 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 78.17.</p>			

ETIQUETA		N2-27A	
UBICACIÓN		Cuarto de servidores	
MARCA	LG	TIPO	Central
MODELO	ABNQ36GM2A2	CAPACIDAD	36000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.245	
T ENTRADA [°C]	21.31	T SALIDA [°C]	14.90
HUMEDAD ENTRADA %	52.00	HUMEDAD SALIDA %	70.01
POTENCIA [W]	3157.44	VELOCIDAD	2.3 m/s
EER [BTU/Wh]		6.07	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N2-27A tiene una eficiencia de 6.07 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

NIVEL 3 [EE]:

ETIQUETA		N3-1	
UBICACIÓN		Sala de reuniones Consejo directivo	
MARCA	TOSHIBA	TIPO	Central
MODELO	AP0484H-E	CAPACIDAD	48000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.26	
T ENTRADA [°C]	20.97	T SALIDA [°C]	14.40
HUMEDAD ENTRADA %	59.00	HUMEDAD SALIDA %	80.64
POTENCIA [W]	4205.40	VELOCIDAD	2.6 m/s
EER [BTU/Wh]		5.58	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-1 tiene una eficiencia de 5.58 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-2	
UBICACIÓN		Kitchenet	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ09GH2	CAPACIDAD	9000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	20.99	T SALIDA [°C]	10.00
HUMEDAD ENTRADA %	69.00	HUMEDAD SALIDA %	84.94
POTENCIA [W]	2838.59	VELOCIDAD	3.0 m/s
EER [BTU/Wh]		2.68	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-2 tiene una eficiencia de 2.68 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-3	
UBICACIÓN		Sala de Reuniones Dirección	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	20.93	T SALIDA [°C]	11.00
HUMEDAD ENTRADA %	65.00	HUMEDAD SALIDA %	84.01
POTENCIA [W]	1659.26	VELOCIDAD	3.8 m/s
EER [BTU/Wh]		4.91	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-3 tiene una eficiencia de 4.91 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-4	
UBICACIÓN		Pasillo principal	
MARCA	TOSHIBA	TIPO	Central
MODELO	AP0724H-E	CAPACIDAD	60000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.50	
T ENTRADA [°C]	23.25	T SALIDA [°C]	15.50
HUMEDAD ENTRADA %	58.00	HUMEDAD SALIDA %	78.03
POTENCIA [W]	5118.17	VELOCIDAD	3.50 m/s
EER [BTU/Wh]		16.03	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-4 tiene una eficiencia de 16.03 BTU/Wh, cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, entonces aplicando la ecuación [2.1] tenemos que el % ahorro de este equipo es de 72.36.</p>			

ETIQUETA		N3-5	
UBICACIÓN		Sala de reuniones	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ09GH2	CAPACIDAD	9000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	21.04	T SALIDA [°C]	12.60
HUMEDAD ENTRADA %	67.00	HUMEDAD SALIDA %	82.73
POTENCIA [W]	1646.05	VELOCIDAD	3.0 m/s
EER [BTU/Wh]		3.36	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-5 tiene una eficiencia de 3.36 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-6	
UBICACIÓN		Oficina consultor temporal	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ12GH2	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	21.07	T SALIDA [°C]	11.05
HUMEDAD ENTRADA %	66.00	HUMEDAD SALIDA %	83.31
POTENCIA [W]	1773.01	VELOCIDAD	4.30 m/s
EER [BTU/Wh]		5.06	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-6 tiene una eficiencia de 5.06 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-7	
UBICACIÓN		Sala de reuniones Consejo directivo	
MARCA	TOSHIBA	TIPO	Central
MODELO	AP0484H-E	CAPACIDAD	48000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.26	
T ENTRADA [°C]	20.99	T SALIDA [°C]	14.20
HUMEDAD ENTRADA %	61.00	HUMEDAD SALIDA %	80.01
POTENCIA [W]	4225.23	VELOCIDAD	3.2 m/s
EER [BTU/Wh]		7.72	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-7 tiene una eficiencia de 7.72 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-8	
UBICACIÓN		Recepción	
MARCA	TOSHIBA	TIPO	Central
MODELO	AP0364H-E	CAPACIDAD	36000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.26	
T ENTRADA [°C]	21.33	T SALIDA [°C]	14.60
HUMEDAD ENTRADA %	59.00	HUMEDAD SALIDA %	76.46
POTENCIA [W]	2267.99	VELOCIDAD	1.1 m/s
EER [BTU/Wh]		4.89	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-8 tiene una eficiencia de 4.89 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-9	
UBICACIÓN		Sub dirección ejecutiva	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ12GH2	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	21.07	T SALIDA [°C]	11.50
HUMEDAD ENTRADA %	66.00	HUMEDAD SALIDA %	83.31
POTENCIA [W]	1773.01	VELOCIDAD	4.3 m/s
EER [BTU/Wh]		5.06	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-9 tiene una eficiencia de 5.06 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-10	
UBICACIÓN		Dirección ejecutiva	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ12GH2	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	21.07	T SALIDA [°C]	11.50
HUMEDAD ENTRADA %	66.00	HUMEDAD SALIDA %	83.31
POTENCIA [W]	1773.01	VELOCIDAD	4.30 m/s
EER [BTU/Wh]		5.06	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-10 tiene una eficiencia de 5.06 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-11	
UBICACIÓN		Presidencia	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ12GH2	CAPACIDAD	12000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	21.07	T SALIDA [°C]	11.50
HUMEDAD ENTRADA %	66.00	HUMEDAD SALIDA %	83.31
POTENCIA [W]	1773.01	VELOCIDAD	4.3 m/s
EER [BTU/Wh]		5.06	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-11 tiene una eficiencia de 5.06 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-12	
UBICACIÓN		Sala de reuniones presidencia	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	21.29	T SALIDA [°C]	13.40
HUMEDAD ENTRADA %	66.00	HUMEDAD SALIDA %	83.69
POTENCIA [W]	1631.13	VELOCIDAD	3.40 m/s
EER [BTU/Wh]		3.43	
<p>Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño: Según los resultados obtenidos el equipo N3-12 tiene una eficiencia de 3.43 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.</p>			

ETIQUETA		N3-13	
UBICACIÓN		Sala de reuniones presidencia	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ18GH2	CAPACIDAD	18000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	21.04	T SALIDA [°C]	10.60
HUMEDAD ENTRADA %	66.00	HUMEDAD SALIDA %	84.67
POTENCIA [W]	1753.39	VELOCIDAD	3.1 m/s
EER [BTU/Wh]		4.10	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N3-13 tiene una eficiencia de 4.10 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			

ETIQUETA		N3-14	
UBICACIÓN		Oficina consultor temporal	
MARCA	LG	TIPO	Cassette
MODELO	AUUQ09GH2	CAPACIDAD	9000 BTU/h
MEDICIONES REALIZADAS			
AREA [m²]		0.03	
T ENTRADA [°C]	20.61	T SALIDA [°C]	10.90
HUMEDAD ENTRADA %	66.00	HUMEDAD SALIDA %	77.21
POTENCIA [W]	1662.91	VELOCIDAD	3.2 m/s
EER [BTU/Wh]		4.37	
Comparando con el Reglamento Técnico Salvadoreño:			
Según los resultados obtenidos el equipo N3-14 tiene una eficiencia de 4.37 BTU/Wh, el valor es bajo y no cumple con el nivel mínimo de eficiencia establecido por RTS, por lo tanto, se recomienda revisión y mantenimiento para mejorar el funcionamiento y eficiencia del equipo.			