



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Diseñar una propuesta de eficiencia energética para viviendas
de urbanizaciones en el cantón Manta, zona costera del
Ecuador, mediante el análisis y la optimización del consumo
diario de electricidad y GLP”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN SISTEMAS DE ENERGÍA

Presentada por:

Rodrigo Eduardo López Pallo

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2025

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron al éxito de este trabajo de investigación. Sus valiosas aportaciones, apoyo y aliento fueron fundamentales para alcanzar este logro.

En primer lugar, agradezco a mi asesor, la Dr. José Macías, por su orientación experta, paciencia y dedicación. Sus consejos fueron cruciales para dar forma a esta tesis y ampliar mi perspectiva académica.

También quiero reconocer a mis compañeros y amigos, quienes compartieron sus conocimientos y experiencias. Al Ing. David Lucas, Ing. Jorge Zambrano y Arq. Glenda Palma, gracias por las discusiones inspiradoras y el compañerismo que enriqueció mi proceso de investigación.

Finalmente, agradezco a todos aquellos que, de una forma u otra, contribuyeron a este proyecto. Vuestra confianza y ánimo me motivaron a seguir adelante, incluso cuando los obstáculos parecían insuperables.

DEDICATORIA

A mis queridos padres, quienes desde mi primera palabra me enseñaron que el conocimiento es un tesoro inagotable. Vuestra paciencia, sacrificio y amor incondicional me han sostenido en cada etapa de mi vida, y hoy, al culminar este camino, les dedico este logro con gratitud y cariño.

A mi amada esposa, compañera de risas y desvelos. Tu apoyo constante ha sido mi refugio en las noches de estudio y en los momentos de incertidumbre. Gracias por ser mi inspiración y cómplice en esta aventura académica.

A mis queridos hermanos y hermana, quienes han sido mi apoyo incondicional. Vuestra complicidad, ánimo y cariño han sido mi fortaleza en los momentos de desafío.

Declaración Expresa

Yo Ing. Rodrigo Eduardo López Pallo acuerdo y reconozco que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 21 de febrero de 2025.

Ing. Rodrigo Eduardo López Pallo

Evaluadores

PhD. Juan Manuel Peralta Jaramillo

Profesor de Materia

Msc. José Alberto Macias Zambrano

Tutor de proyecto

RESUMEN

El presente proyecto de investigación se encuentra enfocado al diseño de una propuesta de eficiencia energética basada en la adecuada implementación de sistemas de aislamiento térmico, de iluminación eficiente (tomando como base la normativa ecuatoriana para determinar los rangos de iluminación requeridas y apoyadas con tablas de rangos de empresas especializadas) y de uso eficiente de los equipos que mayor energía demandan en el hogar para una casa típica de urbanización en la ciudad de Manta. Para desarrollar el estudio propuesto se establecieron criterios de diseños para seleccionar adecuadamente los sistemas mencionados, además se analizó el consumo energético en una vivienda modelo con el fin de determinar los equipos o grupos consumidores que mayor influencia tienen en las demandas mensuales de energía, evidenciando al grupo de climatización como el sector de mayor demanda de energía en el hogar, representando un 34.95% del consumo energético anual en una vivienda.

También se evidenció que con el subsidio del gas GLP para las cocinas tradicionales y la tarifa PEC para las cocinas de inducción, la cocción de alimentos con cocinas de inducción, represento un menor costo y una mayor eficiencia energética. De igual manera, se identificó que a pesar de que los electrodomésticos presentaron características de eficiencia alta, su consumo energético fue mayor, esto se debió a un mal uso, programación y al medio en el cual funcionan.

A partir de los softwares de simulación (DIALux y Design Builder) se analizó el comportamiento de los sistemas de climatización en el hogar y se dimensionó un sistema de iluminación adecuado para la vivienda.

Para realizar la adecuada simulación, se tomó en cuenta los materiales típicos de construcción de paredes, techos y pisos en la ciudad de Manta, además de las propiedades higrotérmicas de estos materiales que se incluyen en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC. Los resultados del sistema de aislamiento obtenidos permitieron simular condiciones en la vivienda con el fin de determinar que diseño resultaría ser más eficiente, los escenarios propuestos incluyeron el uso de techos para las ventanas, la implementación de tejado de fibrocemento, el uso de lanas de fibrocemento, concluyendo que para un caso inicial en el que la vivienda cuente con dos plantas, con cuatro zonas climatizadas (sala y dormitorios) y su techo sea una losa, lo más eficiente sería la implementación de un tejado de fibrocemento, con gypsum y lana de fibra de vidrio en la parte superior, que las gráficas de ganancias analizadas identificaron que las mayores ganancias de calor en la vivienda se dan por el techo. El uso de figuras y tablas facilita una mejor comprensión de los datos analizados.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Identificación del Problema.....	1
1.3 Justificación.....	2
1.4 Objetivos	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos	3
1.5 Alcance.....	3
1.6 Criterios para la selección de medidas de eficiencia energética	3
2 METODOLOGIA.....	8
2.1 Mediciones en sitio	8
2.1.1 Evaluación de consumo energético	9
2.1.2 Identificación de Circuitos y Equipos	9
2.1.3 Vivienda de caso estudio.....	9
2.1.4 Instrumentación para Levantamiento de Información Técnica	15
2.2 Levantamiento de información por Encuestas	23
2.2.1 Información de la encuesta.....	24
2.2.2 Formato de encuesta aplicada a las viviendas.....	25
2.3 Simulaciones Dinámicas.....	29
2.3.1 DIALux.....	29
2.3.2 Design Builder	33
2.4 Costo de la energía eléctrica en Ecuador	35
2.4.1 Costo de la energía eléctrica a considerar en la investigación.....	35
2.5 Emisiones de CO2 en la Generación de Electricidad en Ecuador.....	37
2.5.1 Emisiones de CO2 del GLP en la Cocción de Alimentos	37
3 RESULTADOS	38
3.1 Mediciones en sitio	38
3.1.1 Calidad de Energía Eléctrica-Resultados del PQ BOX	38
3.1.2 Energía eléctrica mensual / Resultados de Emporia.....	40
3.1.3 Mediciones de temperatura y humedad relativa.....	43
3.1.4 Mediciones de Intensidad lumínica	52
3.1.5 Mediciones realizadas con la cámara termográfica.....	52
3.2 Resultados de encuestas.....	60
3.2.1 Información General	60
3.2.2 Características de la Vivienda	61
3.2.3 Vectores energéticos consumidos en la Vivienda	63
3.2.4 Equipamiento y Consumo.....	66
3.2.5 Hábitos de Consumos	68
3.2.6 Eficiencia y Mejoras.....	70
3.3 Simulaciones Dinámicas.....	71
3.3.1 Análisis de ganancias de calor con Design Builder.....	71
3.3.2 Análisis de aislamientos térmicos para la envolvente	114
3.3.3 Análisis Luminotécnico con DIALux	118
3.4 Análisis de los mayores consumidores energéticos	121
3.4.1 Sistema de Climatización.....	121
3.4.2 Refrigeración	137
3.4.3 Cocción	145

4	Conclusiones y recomendaciones	156
4.1	Conclusiones	156
4.2	Recomendaciones	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Esquema general de los componentes	8
Figura 2.2	Muestra el plano de la planta baja (izquierda) y la planta alta (derecha) de la vivienda en SARILAND.....	10
Figura 2.3	Plano con la ubicación en la cual se realiza el cálculo de la relación pared/ventana.....	11
Figura 2.4	Diagrama unifilar del circuito eléctrico de la vivienda caso estudio.....	14
Figura 2.5	Instalación del analizador de calidad de energía eléctrica PQ-BOX 100 ...	16
Figura 2.6	Instalación del medidor Emporia Vue Gen 2	17
Figura 2.7	Instalación de Termohigrómetro Switchbox en la planta baja y exterior	19
Figura 2.8	Instalación de Termohigrómetro Switchbox en la planta alta	20
Figura 2.9	Medición de Lux al interior de la vivienda con el Luxómetro LM-200LED ..	21
Figura 2.10	Medición de temperatura de la envolvente con la cámara termográfica FLIR E6xt	22
Figura 2.11	Ubicación geográfica de las Urbanizaciones encuestadas	23
Figura 2.12	Software DIALux	30
Figura 2.13	Definición de zonas de estudio para el análisis luminotécnico.....	30
Figura 2.14	Diseño 3D de la vivienda caso de estudio en software DIALUX	31
Figura 2.15	Luminaria LED RD Sylvania Pro (P29892) de 12W.....	32
Figura 2.16	Módulos del software Design Builder	34
Figura 3.1	Registro de la energía eléctrica mensual por grupos consumidores.....	40
Figura 3.2	Uso final de energía eléctrica por grupos consumidores	41
Figura 3.3	Diagrama de Pareto por grupos consumidores	42
Figura 3.4	Demandas eléctricas máximas mensuales (julio 2023 a junio 2024)	43
Figura 3.5	Comportamiento de la temperatura en la cocina	44

Figura 3.6 Comportamiento de la humedad relativa en la cocina	44
Figura 3.7 Comportamiento de la temperatura en la sala y comedor	45
Figura 3.8 Comportamiento de la humedad relativa en la sala y comedor	45
Figura 3.9 Comportamiento de la temperatura en el dormitorio #1.....	46
Figura 3.10 Comportamiento de la humedad relativa en el dormitorio #1	46
Figura 3.11 Comportamiento de la temperatura en el dormitorio #2.....	47
Figura 3.12 Comportamiento de la humedad relativa en el dormitorio #2.....	47
Figura 3.13 Comportamiento de la temperatura en el dormitorio #3.....	48
Figura 3.14 Comportamiento de la humedad relativa en el dormitorio #3.....	48
Figura 3.15 Comportamiento de la temperatura en la pared frontal.....	49
Figura 3.16 Comportamiento de la humedad relativa en la pared frontal.....	49
Figura 3.17 Comportamiento de la temperatura en la pared lateral.....	50
Figura 3.18 Comportamiento de la humedad relativa en la pared lateral.....	50
Figura 3.19 Comportamiento de la temperatura en la pared trasera	51
Figura 3.20 Comportamiento de la humedad relativa en la pared trasera	51
Figura 3.21 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared frontal de la planta alta.....	53
Figura 3.22 Medición de temperatura en la parte interior de la pared frontal de la planta alta.....	53
Figura 3.23 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared frontal de la planta baja.....	54
Figura 3.24 Medición de temperatura en la parte interior de la pared frontal de la planta baja.....	54
Figura 3.25 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared lateral de la planta alta.....	55
Figura 3.26 Medición de temperatura en la parte interior de la pared lateral de la planta alta.....	55
Figura 3.27 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared lateral de la planta baja.....	56

Figura 3.28 Medición de temperatura en la parte interior de la pared lateral de la planta baja.....	56
Figura 3.29 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared de la fachada posterior de la planta alta.....	57
Figura 3.30 Medición de temperatura en la parte interior de la pared de la fachada posterior de la planta alta.....	57
Figura 3.31 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared de la fachada posterior de la planta baja.....	58
Figura 3.32 Medición de temperatura en la parte interior de la pared de la fachada posterior de la planta baja.....	58
Figura 3.33 Medición de temperatura en la parte exterior del techo	59
Figura 3.34 Medición de temperatura en la parte interior del techo	59
Figura 3.35 Consumo de cilindros (15 kg) de GLP anual por vivienda	63
Figura 3.36 Uso final de cilindros (15 kg) de GLP	64
Figura 3.37 Consumo de electricidad (kWh) anual por vivienda.....	65
Figura 3.38 Potencia (W) instalada en electrodomésticos por vivienda	66
Figura 3.39 Potencia (W) instalada en equipo de climatización por vivienda.....	67
Figura 3.40 Cantidad de personas por vivienda	68
Figura 3.41 Porcentaje de preparaciones de alimentos realizadas de lunes a viernes	68
Figura 3.42 Porcentaje de preparaciones de alimentos realizadas de sábado y domingo	69
Figura 3.43 Porcentaje de mascotas en viviendas encuestadas	69
Figura 3.44 Porcentajes de viviendas que realizaron modificación para aumentar el ahorro o eficiencia energética	70
Figura 3.45 Porcentaje de interés de implementar acciones para mejorar la eficiencia energética.....	70
Figura 3.46 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – lunes 08/01/2024.....	67
Figura 3.47 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – lunes 08/01/2024.....	67
Figura 3.48 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – martes 19/12/2023.....	68

Figura 3.49 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – martes 19/12/2023.....	68
Figura 3.50 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – miércoles 29/11/2023.....	69
Figura 3.51 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – miércoles 29/11/2023.....	69
Figura 3.52 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – jueves 21/12/2023.....	70
Figura 3.53 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – jueves 21/12/2023	70
Figura 3.54 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – viernes 26/01/2024.....	71
Figura 3.55 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – viernes 26/01/2024	71
Figura 3.56 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – sábado 27/01/2024.....	72
Figura 3.57 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – sábado 27/01/2024	72
Figura 3.58 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – domingo 24/12/2023.....	73
Figura 3.59 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – domingo 24/12/2023	73
Figura 3.60 Registro de consumo mensual de electricidad del aire acondicionado (dormitorio 1)	74
Figura 3.61 Porcentaje del uso mensual del aire acondicionado respecto al total de horas mensuales (dormitorio 1)	75
Figura 3.62 Registro de consumo mensual de electricidad del aire acondicionado (dormitorio 2)	75
Figura 3.63 Porcentaje del uso mensual del aire acondicionado respecto al total de horas mensuales (dormitorio 2)	76
Figura 3.64 Registro de consumo mensual de electricidad del aire acondicionado (sala, comedor y cocina)	76
Figura 3.65 Porcentaje del uso mensual de aire acondicionado respecto al total de horas (sala, comedor y cocina).....	77
Figura 3.66 Registro de consumo (kWh) anual, desagregado por día de semana del aire acondicionado (dormitorio 1).....	77

Figura 3.67 Porcentaje del uso semanal de aire acondicionado respecto al total de horas anual (dormitorio 1).....	78
Figura 3.68 Registro de consumo (kWh) anual, desagregado por día de semana del aire acondicionado (dormitorio 2).....	78
Figura 3.69 Porcentaje del uso semanal de aire acondicionado respecto al total de horas anual (dormitorio 2).....	79
Figura 3.70 Registro de consumo (kWh) anual, desagregado por día de semana del aire acondicionado (Sala, comedor y cocina).....	79
Figura 3.71 Porcentaje del uso semanal de aire acondicionado respecto al total de horas anual (sala, comedor y cocina)	80
Figura 3.72 Zonas climáticas en el territorio ecuatoriano continental	80
Figura 3.73 Representación de los materiales constructivos de las paredes.....	84
Figura 3.74 Representación de los materiales constructivos del piso de la planta baja	85
Figura 3.75 Representación de los materiales constructivos del piso de la planta alta	86
Figura 3.76 Representación de los materiales constructivos del techo de la planta alta	87
Figura 3.77 Representación de los materiales constructivos del techo de la vivienda	88
Figura 3.78 Diseño de la vivienda realizada en el software Design Builder	88
Figura 3.79 Condiciones climáticas del mayor día de radiación solar para la ubicación de la vivienda.....	89
Figura 3.80 Temperatura y ganancias de calor de la vivienda “Casa Estudio”	90
Figura 3.81 Confort térmico de la vivienda “Casa Estudio”	91
Figura 3.82 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda “Casa Estudio”.....	92
Figura 3.83 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 1”	93
Figura 3.84 Confort térmico del área “Cuarto # 1”	94
Figura 3.85 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 2”	94
Figura 3.86 Confort térmico del área “Cuarto # 2”	95
Figura 3.87 Temperatura y ganancias del área “Sala, Comedor y Cocina”	95
Figura 3.88 Confort térmico del área “Sala, Comedor y Cocina”	96

Figura 3.89 Curva de radiación solar de la ubicación geográfica de la vivienda “Caso Estudio”	97
Figura 3.90 Recorrido solar para la simulación en DesignBuilder.....	97
Figura 3.91 Diseño de techo para el ventanal de la planta baja	98
Figura 3.92 Diseño de techo para las ventanas de la parte posterior de la vivienda ..	98
Figura 3.93 Temperatura y ganancias de calor de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 1.....	99
Figura 3.94 Confort térmico de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 1	100
Figura 3.95 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 1.....	101
Figura 3.96 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 1”, con propuesta 1	102
Figura 3.97 Confort térmico del área “Cuarto # 1”, con propuesta 1.....	102
Figura 3.98 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 2”, con propuesta 1	103
Figura 3.99 Confort térmico del área “Cuarto # 2”, con propuesta 1.....	103
Figura 3.100 Temperatura y ganancias del área “Sala, Comedor y Cocina”, con propuesta 1.....	104
Figura 3.101 Confort térmico del área “Sala, Comedor y Cocina”, con propuesta 1 .	104
Figura 3.102 Representación de los materiales constructivos del techo - Propuesta 2	106
Figura 3.103 Temperatura y ganancias de calor de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 2.....	107
Figura 3.104 Confort térmico de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 2	108
Figura 3.105 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 2.....	109
Figura 3.106 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 1”, con propuesta 2.....	110
Figura 3.107 Confort térmico del área “Cuarto # 1”, con propuesta 2.....	110
Figura 3.108 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 2”, con propuesta 2.....	111
Figura 3.109 Confort térmico del área “Cuarto # 2”, con propuesta 2.....	111
Figura 3.110 Temperatura y ganancias del área “Sala, Comedor y Cocina”, con propuesta 2.....	112

Figura 3.111 Confort térmico del área “Sala, Comedor y Cocina”, con propuesta 2 .	112
Figura 3.112 Distribución de luminarias en la planta baja de la vivienda “Caso Estudio”	119
Figura 3.113 Distribución de luminarias en la planta alta de la vivienda “Caso Estudio”	119
Figura 3.114 Relación del consumo de energía eléctrica y temperatura de la zona climatizada.....	122
Figura 3.115 Aire Acondicionado 12000 BTU INVERTER Dormitorio 1.....	122
Figura 3.116 Aire Acondicionado 12000 BTU Alta Eficiencia Dormitorio 1	123
Figura 3.117 Aire Acondicionado 12000 BTU Antiguo Dormitorio 2	123
Figura 3.118 Aire Acondicionado 12000 BTU Alta Eficiencia en Sala, comedor y cocina.	124
Figura 3.119 Registro de consumo de electricidad mensual - Aire Acondicionado Cuarto # 1	124
Figura 3.120 Evaluación del consumo de electricidad registrado y el consumo de electricidad proyectado en la etiqueta de eficiencia energética del Aire Acondicionado Cuarto # 1	125
Figura 3.121 Registro de consumo de electricidad mensual - Aire Acondicionado Cuarto # 2	125
Figura 3.122 Registro de consumo de electricidad anual - Aire Acondicionado Cuarto # 2	126
Figura 3.123 Registro de consumo de electricidad mensual - Aire Acondicionado de la Sala, Comedor y Cocina	126
Figura 3.124 Evaluación del consumo de electricidad registrado y el consumo de electricidad proyectado en la etiqueta de eficiencia energética del Aire Acondicionado Sala, Comedor y Cocina	127
Figura 3.125 Funcionamiento del aire acondicionado tipo inverter	128
Figura 3.126 Funcionamiento del aire acondicionado tipo alta eficiencia	128
Figura 3.127 Ficha descriptiva INDURAMA RI-780R	138
Figura 3.128 Programación de refrigeradora instalada en la “Casa Estudio”.....	139
Figura 3.129 Registro de consumo de electricidad mensual de la refrigeradora.....	139
Figura 3.130 Evaluación del consumo de electricidad registrado y el consumo de electricidad proyectado en la etiqueta de eficiencia energética de la refrigeradora ...	140

Figura 3.131 Registro de temperaturas ambiente del área de la cocina de la vivienda “Caso Estudio”	141
Figura 3.132 Electrodomésticos para cocción de alimentos instalados en la cocina en la “Casa Estudio”	145
Figura 3.133 Cocina de inducción modelo EI-4PVE60	146
Figura 3.134 Características técnicas de cocina de inducción modelo EI-4PVE60 ..	146
Figura 3.135 Registro de consumo de electricidad mensual de la cocina de inducción	147
Figura 3.136 Evaluación del consumo de electricidad registrado y el consumo de electricidad proyectado en la etiqueta de eficiencia energética de la cocina de inducción	147
Figura 3.137 Horno a gas modelo HLB-760 G	148
Figura 3.138 Características técnicas de Horno a gas modelo HLB-760 G	149
Figura 3.139 Etiqueta de eficiencia del horno a gas	149
Figura 3.140 Evaluación del consumo de GLP registrado y el consumo de GLP proyectado en la etiqueta de eficiencia energética del horno a gas	150
Figura 4.1 Cocina, Comedor y Sala	163
Figura 4.2 Sala, comedor y cocina	163
Figura 4.3 Baño planta baja	164
Figura 4.4 Escalera planta baja.....	164
Figura 4.5 Escalera y pasillo	165
Figura 4.6 Dormitorio 1	165
Figura 4.7 Baño 1 planta alta	166
Figura 4.8 Dormitorio 2	166
Figura 4.9 Baño 2 planta alta	167
Figura 4.10 Dormitorio 3	167
Figura 4.11 Confort térmico de la vivienda con paredes de bloque de 20 cm.....	192
Figura 4.12 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de bloque de 20 cm.....	192
Figura 4.13 Confort térmico de la vivienda con paredes de paneles metálicos.....	193

Figura 4.14 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de paneles metálicos	193
Figura 4.15 Confort térmico de la vivienda con paredes de paneles de gypsum aislado	194
Figura 4.16 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de paneles de gypsum aislado	194
Figura 4.17 Confort térmico de la vivienda con paredes de panel OSB aislado.....	195
Figura 4.18 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de panel OSB aislado.....	195
Figura 4.19 Confort térmico de la vivienda con paredes de panel de triplex aislado.	196
Figura 4.20 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de panel de triplex aislado.....	196
Figura 4.21 Confort térmico de la vivienda con techo de losa de hormigón.....	197
Figura 4.22 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con techo de losa de hormigón.....	197
Figura 4.23 Confort térmico de la vivienda con techo de teja	198
Figura 4.24 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con techo de teja	198
Figura 4.25 Confort térmico de la vivienda con techo de zinc.....	199
Figura 4.26 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con techo de zinc ...	199
Figura 4.27 Confort térmico de la vivienda con techo de paja	200
Figura 4.28 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con techo de paja ...	200

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos generales de vivienda seleccionada para levantamiento de información in situ.	9
Tabla 2 Dimensiones de las paredes y ventanas de la fachada de la casa estudio	11
Tabla 3 Dimensiones de las paredes y ventanas de la fachada posterior de la casa estudio.....	12
Tabla 4 Especificaciones técnicas del analizador Power Quality Analyser PQ-Box	15
Tabla 5 Especificaciones técnicas del equipo Emporia Vue Gen 2.....	17

Tabla 6 Especificaciones técnicas del Termohigrómetro para interiores y exteriores SwitchBot.....	18
Tabla 7 Especificaciones técnicas del Luxómetro LM-200LED.....	21
Tabla 8 Especificaciones técnicas de la cámara termográfica FLIR E6xt	22
Tabla 9 Lista de Urbanizaciones encuestadas y ubicaciones en formato UTM.....	23
Tabla 10 Niveles de iluminación estipulados en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC NEC-HS-EE.....	32
Tabla 11 Valores de eficiencia energética en una instalación de luminaria según la norma NEC-HS-EE.....	33
Tabla 12 Consumo promedio mensual de las viviendas encuestadas	36
Tabla 13 Evaluación del costo del kWh para las evaluaciones financieras	36
Tabla 14 Análisis del nivel de Voltaje en la vivienda de estudio según regulación ARCERNNR 002/20.....	38
Tabla 15 Análisis de la perturbación rápida de voltaje (flicker) en la vivienda de estudio según regulación ARCERNNR 002/20.....	39
Tabla 16 Análisis de la distorsión armónica de voltaje en la vivienda de estudio según regulación ARCERNNR 002/20	39
Tabla 17 Mediciones de intensidad lumínica en la vivienda Caso Estudio.....	52
Tabla 18 Evaluación de la temperatura de las paredes frontales.....	53
Tabla 19 Evaluación de la temperatura de las paredes laterales	55
Tabla 20 Evaluación de la temperatura de las paredes de la fachada posterior	57
Tabla 21 Evaluación de la temperatura del techo	59
Tabla 22 Códigos asignados a las viviendas	60
Tabla 23 Adosamiento de la vivienda y fecha de la encuesta realizada	60
Tabla 24 Antigüedad y superficie de construcción.....	61
Tabla 25 Características constructiva del techo y envolvente.....	61
Tabla 26 Relación de ventana/pared de las viviendas.....	62
Tabla 27 Consumo promedio de GLP (kg) anual por metro cuadrado	64
Tabla 28 Consumo promedio de energía eléctrica anual por metro cuadrado	65

Tabla 29	Potencia promedio instalada en electrodomésticos por metro cuadrado.....	66
Tabla 30	Potencia promedio instalada en equipos de climatización por metro cuadrado	67
Tabla 31	Detalle térmico y consumo eléctrico del “Cuarto #1”	71
Tabla 32	Clasificación de las zonas climáticas en Ecuador	81
Tabla 33	Zonas climáticas de algunas ciudades del Ecuador.....	81
Tabla 34	Condiciones metabólicas y vestimenta introducidos en la simulación Designbuilder.....	83
Tabla 35	Parametrización de las propiedades térmicas de las paredes	83
Tabla 36	Parametrización de las propiedades térmicas del piso de la planta baja.....	84
Tabla 37	Parametrización de las propiedades térmicas del piso de la planta alta.....	85
Tabla 38	Parametrización de las propiedades térmicas del techo de la planta alta	86
Tabla 39	Parametrización de las propiedades térmicas del techo de la vivienda.....	87
Tabla 40	Capacidad requerida para la climatización de cada zona de la vivienda “Caso estudio”	92
Tabla 41	Capacidad requerida para climatización en la vivienda “Caso estudio”, con propuesta 1.....	101
Tabla 42	Flujo de caja de la propuesta 1	105
Tabla 43	Parametrización de las propiedades térmicas del techo planta alta – Propuesta 2	106
Tabla 44	Capacidad requerida para climatización en la vivienda “Caso estudio”, con propuesta 2.....	109
Tabla 45	Flujo de caja de la propuesta 2.....	113
Tabla 46	Evaluación de paquetes constructivos para paredes	115
Tabla 47	Evaluación de paquetes constructivos para techo	116
Tabla 48	Consideraciones técnicas para paredes	116
Tabla 49	Consideraciones económicas para paredes	117
Tabla 50	Consideraciones técnicas para techo	117
Tabla 51	Consideraciones económicas para techo	118

Tabla 52 Resultados obtenidos de la simulación en el software Dialux	120
Tabla 53 Evaluación de eficiencia energética de la iluminación propuesta	120
Tabla 54 Evaluación del consumo energético entre el aire acondicionado tipo invertir y alta eficiencia.....	129
Tabla 55 Análisis del comportamiento del consumo de energía eléctrica en función de la configuración del Aire Acondicionado.....	130
Tabla 56 Flujo de caja del cambio de aire acondicionado alta eficiencia por inverter – Cuarto 1.....	131
Tabla 57 Flujo de caja de la inversión inicial con aire acondicionado tipo inverter – Cuarto 1	132
Tabla 58 Flujo de caja del cambio de aire acondicionado alta eficiencia por inverter – Cuarto 2.....	133
Tabla 59 Flujo de caja de la inversión inicial con aire acondicionado tipo inverter – Cuarto 2	134
Tabla 60 Flujo de caja del cambio de aire acondicionado alta eficiencia por inverter – Sala, Comedor y Cocina	136
Tabla 61 Flujo de caja de la inversión inicial con aire acondicionado tipo inverter – Sala, Comedor y Cocina	137
Tabla 62 Flujo de caja del cambio de refrigeradora	143
Tabla 63 Flujo de caja del cambio de refrigeradora y mejora en los hábitos de uso .	144
Tabla 64 Registro de consumo de cilindros de GLP (15 kg) en la vivienda “Caso Estudio”	150
Tabla 65 Flujo de caja del cambio de cocción de alimentos a cocina de inducción con subsidios en GLP y electricidad	153
Tabla 66 Flujo de caja del cambio de cocción de alimentos a cocina de inducción sin subsidios en GLP y electricidad	154
Tabla 67 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda CA-01	168
Tabla 68 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda CA-02	169
Tabla 69 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda CS-03.....	170
Tabla 70 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda CS-04.....	171
Tabla 71 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda SD-05.....	172
Tabla 72 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda SD-06.....	173

Tabla 73 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda TS-07	174
Tabla 74 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda TS-08	175
Tabla 75 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda MA-09.....	176
Tabla 76 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda MA-10.....	177
Tabla 77 Electrodomésticos instalados en las viviendas	178
Tabla 78 Equipos de climatización instalados en las viviendas	179
Tabla 79 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Lunes	180
Tabla 80 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Martes	181
Tabla 81 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Miércoles.....	182
Tabla 82 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Jueves.....	183
Tabla 83 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Viernes.....	184
Tabla 84 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Sábado.....	185
Tabla 85 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Domingo.....	186
Tabla 86 Propiedades térmicas de materiales	187
Tabla 87 Propiedades de paquetes constructivos	190

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En el contexto actual, en el que la creciente preocupación por la contaminación del medio ambiente, la explotación de las fuentes de energía no renovables y el aumento de los costos energéticos, se requiere de una atención cada vez mayor respecto al tema de aprovechamiento eficientemente de los recursos implicados, de manera que exista un beneficio tanto para el ambiente como para la economía de los residentes.

El consumo de energía en el Ecuador se encuentra dividido o sectorizado en residencial, comercial, industrial, alumbrado público, y otros, en donde la categoría residencial representa un alto consumo energético con un 35%, la categoría industrial un 31%, la categoría comercial un 20%, el servicio de alumbrado público general un 5%, y el consumo de los subsectores un 9% del consumo eléctrico nacional.[1]

De manera estandarizada, las viviendas representan un porcentaje considerable dentro de un balance general de consumo energético y el dimensionamiento de los electrodomésticos de mayor consumo que se adquieren en las mismas, generalmente no están asesorados por un profesional, lo cual repercute en costos elevados en su operación.

La eficiencia energética y el ahorro energético, aunque relacionados, son conceptos diferentes. Por lo cual el comunicar estos conceptos, pueden ser fácilmente malinterpretados o distorsionados cuando se presentan al público. La coordinación técnica y educativa en el uso del lenguaje adecuado es esencial, pues impacta directamente en la comprensión y la implementación efectiva de la política de eficiencia energética. Es crucial aclarar, distinguir y transmitir estos conceptos debido a sus efectos en nuestra vida diaria, tanto económicos, sociales como ambientales, especialmente en el uso de la energía. [2]

La construcción de las viviendas en los proyectos inmobiliarios, se diseñan en función de la optimización de los espacios del terreno que se dispone, procurando su funcionalidad y no se consideran como prioridad el consumo energético de estas viviendas en su fase de operación.

1.2 Identificación del Problema

En la actualidad se desarrollan muchas campañas de marketing por medios impresos, televisivos y el más preocupante los medios digitales, estos últimos con el uso de la inteligencia artificial cada vez son más efectivos para convencer y llegar o crear su nicho de mercado, utilizando cambios imperceptibles para nosotros a través de campañas diarias y focalizadas. Este tipo de comunicación cada día nos introduce más en una costumbre del consumismo y el de querer adquirir bienes que en muchos de los casos están sobredimensionados para nuestras necesidades.

Parte de estos problemas se ven reflejados en los consumos energéticos de nuestras viviendas, en las cuales cada año destinamos más recursos monetarios para poder mantenerla, sin realizar un análisis de eficiencia y cambios de costumbres en el consumo energético que requerimos.

Parte de este problema se focaliza cuando las familias que viven en la región Costa del Ecuador, como lo es el cantón Manta de la provincia de Manabí, incrementan su calidad de vida e incorporan o reemplazan electrodomésticos dentro sus viviendas, en especial los de mayor consumo energético como son los aires acondicionados, refrigeradora, bombas para el suministro de agua potable, cocinas, iluminación, entre otros. Generalmente para la adquisición de estos nuevos bienes, las familias son asesoradas por información que se encuentra en internet (muchos de los casos propagandas) o por el agente vendedor de un local comercial, como resultado se adquieren nuevos electrodomésticos que en alguno de los casos se encuentran sobre dimensionados para las reales necesidades que se tienen o equipos con muy poca eficiencia (que se encuentran con descuentos), repercutiendo en un consumo energético más elevado, incorporando gastos financieros a las familias que en algunos casos críticos son difícil de mantener de forma mensual.

De igual manera cuando se adquiere una vivienda dentro de un proyecto inmobiliario generalmente se lo selecciona en función de su ubicación y su proximidad centros médicos, unidades educativas y los espacios con los que dispone la infraestructura, pero no se considera la eficiencia energética de la vivienda y de cómo los recursos energéticos interactúan con la misma.

Por otra parte, es imperceptible y hasta desconocida la huella de carbono que estamos dejando en el planeta en estas tomas de decisiones, al no estar consiente de cuanto recurso energético y contaminación ambiental se están generando.

1.3 Justificación

La necesidad de implementar medidas de eficiencia energética o mejoras de la misma en el hogar se presenta como una urgencia imperante en la actualidad, la tendencia hacia un futuro en el que las consecuencias del calentamiento global (reflejadas principalmente en el cambio climático) requieren de respuestas y acciones que permitan actuar frente a esta situación, enfatizando en el aprovechamiento adecuado de los recursos que se encuentran en el ambiente para obtener un ahorro en su uso y de la economía que de estos se deriva.

Estos factores tienen su influencia en el consumo energético, el medio ambiente y el confort de las personas, siendo por tal motivo, que la propuesta del tema planteado tiene como fin principal encarar estas problemáticas y servir como guía para la búsqueda de soluciones adecuadas para aquello.

Las zonas costeras en Ecuador se han caracterizado por tener temperaturas más elevadas en comparación con otras regiones en el país (independientemente del tema del calentamiento global, pese a que también representa un punto importante a tomar en cuenta) y los materiales de construcción usados para la edificación de las viviendas en estos territorios representan un agente importante dentro del tema de eficiencia energética; la carga térmica que se genera puede aumentar significativamente a partir del material de construcción, lo que trae consigo la necesidad de requerir de equipos de refrigeración que, en otras condiciones, resultan estar sobredimensionados en

comparación con casos en los que las viviendas son construidas con materiales más adecuados.

La propuesta de eficiencia energética para las viviendas típicas en urbanizaciones en la ciudad de Manta se justifica como una medida requerida para analizar el aumento del consumo energético, buscando minimizarlo y mantener o mejorar el confort de los residentes reduciendo la economía de la familia destinada hacia esta problemática y por consecuencia, la reducción de los gases de efectos invernaderos para limitar su impacto en el ambiente.

Este estudio se basa en la necesidad de conocer la eficiencia energética de las viviendas y su repercusión en los consumos en el uso final de la energía, para lo cual se analizarán los métodos, materiales constructivos de la vivienda y el dimensionamiento de los electrodomésticos de mayor consumo energético.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar un conjunto de medidas de eficiencia energética mediante la caracterización exhaustiva y el análisis de costos de un grupo de viviendas residenciales en el cantón Manta, zona costera del Ecuador.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Implementar un estudio longitudinal sobre un caso de estudio, mediante el monitoreo de consumo de energía desagregado y variables de confort de ambientes interiores.
- Levantar la caracterización energética, tipologías de construcción y hábitos de consumo en un grupo de viviendas de tipo residencial en la ciudad de Manta, mediante la implementación de encuestas.
- Explorar el impacto de diferentes medidas de eficiencia energética mediante simulaciones térmicas y energéticas para un caso de estudio.
- Realizar un análisis de costos sobre un conjunto de medidas de eficiencia energética, considerando indicadores económicos estándar.

1.5 Alcance

El presente proyecto tiene como alcance la elaboración de una guía informativa que permita a los habitantes de zonas costeras, como es en el caso de Manta o similares, estructurar adecuadamente el diseño de sus viviendas abordando temas como la influencia del clima en la región, los materiales de construcción para las viviendas y la desinformación al adquirir productos que podrían estar sobredimensionados a las demandas existentes, de manera que se promueva una mejora en la eficiencia energética del caso y la reducción de la contaminación en el ambiente.

1.6 Panorama energético del sector residencial

El consumo global de energía continúa en aumento debido al crecimiento demográfico, la urbanización y el desarrollo económico. En este contexto, el sector de las

edificaciones juega un papel clave, ya que abarca el consumo energético destinado a la construcción, calefacción, refrigeración, iluminación, así como al uso de electrodomésticos y equipos en hogares y negocios. Según la Agencia Internacional de la Energía (AIE), en 2021 este sector representó más de un tercio del consumo y las emisiones de energía a nivel mundial, lo que resalta su impacto en el panorama energético global y su contribución al cambio climático [3].

El consumo final de energía en el sector de las edificaciones se distribuye principalmente entre el sector residencial y el sector no residencial. En 2021, el sector residencial representó aproximadamente el 21% del consumo final de energía, mientras que el sector no residencial abarcó alrededor del 8%. En conjunto, ambos sectores sumaron aproximadamente el 29% del consumo final de energía a nivel mundial. Dentro del sector residencial, los principales usos de la energía incluyen la calefacción y refrigeración, que representan una parte significativa del consumo energético; la iluminación, que también contribuye de manera notable al gasto total; y los electrodomésticos o equipos, que constituyen otra fracción importante del consumo energético en los hogares. Sin embargo, la proporción exacta del consumo varía según la región y las condiciones climáticas, lo que refleja la influencia de factores geográficos y tecnológicos en la demanda energética [3].

En Ecuador, el sector residencial representa el 13.5% del consumo total de energía, siendo superado únicamente por el sector del transporte, que concentra el 51.9%, y el sector industrial, con un 16.6% [4]. En términos de emisiones, según datos del 2019, para este sector las emisiones de carbono normalizadas por unidad de superficie alcanzan los 835 kgCO₂/m², de los cuales el 71% corresponde al carbono operacional, es decir, el derivado del consumo energético durante la ocupación y uso del edificio, mientras el 29% restante proviene del carbono incorporado, relacionado con los materiales de construcción, su transporte y la energía utilizada en el proceso constructivo. En referencia a los datos globales, el entorno construido es responsable del 37% de las emisiones anuales de GEI, de las cuales el 25% proviene del consumo energético de las edificaciones y un 12% adicional de la fabricación de materiales y el proceso de construcción [5], [6]. Para mitigar el impacto ambiental del sector de la construcción residencial en Ecuador, se han identificado diversas acciones prioritarias. Entre ellas, destacan la implementación de incentivos para mejorar la eficiencia energética en edificaciones nuevas y existentes, el desarrollo de un marco regulatorio que facilite la inclusión de ecotecnologías en los créditos hipotecarios verdes y la mejora de la eficiencia en la iluminación interior de los edificios ya construidos.

Existen desafíos significativos en términos de confort térmico y eficiencia energética para el sector residencial de Ecuador, especialmente en regiones con climas extremos. Diversos estudios han analizado la vulnerabilidad térmica de las viviendas y la eficiencia de las estrategias de mitigación para mejorar las condiciones de habitabilidad y reducir la demanda energética [7], [8], [9], [10]. Por ejemplo, en las Islas Galápagos, se ha identificado que las viviendas de bajo ingreso con ventilación natural presentan una alta vulnerabilidad térmica. Durante el 40% del tiempo ocupado, los residentes experimentan condiciones de disconfort que pueden derivar en afecciones de salud. Este fenómeno resalta la importancia de integrar estrategias pasivas como aislamiento térmico mejorado, techos reflectantes y ventilación eficiente para reducir la dependencia de recursos energéticos externos y mejorar la calidad de vida en este ecosistema frágil. Otros estudios sobre comportamiento térmico en viviendas de interés social en zonas de clima cálido y húmedo han evidenciado que, a pesar de poder cumplir con las normativas vigentes, estas construcciones no se adaptan completamente a las condiciones climáticas locales. En Guayaquil, por ejemplo, se ha registrado que la

temperatura del aire interior puede superar la exterior el 99% del tiempo, lo que subraya la necesidad de redefinir los criterios de confort térmico para garantizar condiciones adecuadas de habitabilidad [8], [10].

Las estrategias de mejora del confort térmico en viviendas sociales varían según la región climática. En Quito por ejemplo, caracterizado por un clima frío, el aislamiento en las paredes exteriores ha demostrado ser la opción más efectiva, aumentando el tiempo de confort hasta en un 17% en una planta alta. En contraste, en climas cálidos y húmedos como Nueva Loja y Esmeraldas, la ventilación en la cubierta y la implementación de aleros han sido soluciones clave para mitigar el sobrecalentamiento [11].

En otra arista, para ciudades de clima cálido y húmedo, la alta demanda de energía para enfriamiento revela la necesidad de establecer estándares más estrictos para la eficiencia energética de los acondicionadores de aire. Comparado con otros países de la región, Ecuador mantiene regulaciones menos exigentes, lo que retrasa la adopción de tecnologías de refrigeración más sostenibles. La implementación de nuevas normativas permitiría reducir significativamente el consumo eléctrico y las emisiones de CO₂, con beneficios tanto económicos como ambientales [9]. El rendimiento energético en viviendas de interés social y de clase media ha sido ampliamente estudiado, revelando que el consumo eléctrico anual varía según el método constructivo y las condiciones climáticas. Se ha demostrado que el aislamiento térmico y la reflectividad de las cubiertas son factores determinantes para mejorar la eficiencia energética y reducir la demanda de refrigeración [10], [12] [13].

En conclusión, los estudios sobre confort térmico y consumo energético en el sector residencial ecuatoriano resaltan la necesidad de adaptar las estrategias de diseño arquitectónico a las condiciones climáticas específicas de cada región. La integración de materiales eficientes y soluciones pasivas no solo optimizaría la habitabilidad de las viviendas, sino que también contribuiría a la sostenibilidad del sector y a la reducción de emisiones de carbono a largo plazo.

1.7 Criterios para la selección de medidas de eficiencia energética

La eficiencia energética en viviendas no solo implica la reducción de costos, sino también una mejora en la sostenibilidad ambiental y el confort interior. Para seleccionar las mejores medidas, es necesario aplicar un enfoque multidimensional que considere tanto las características físicas del inmueble como las necesidades de los ocupantes y los recursos disponibles. A continuación, se presentan criterios esenciales para elegir las medidas de eficiencia energética más adecuadas para una vivienda:

Evaluación de la Demanda Energética

La base para cualquier intervención energética debe ser un diagnóstico preciso de las necesidades energéticas de la vivienda. Esto incluye:

Estudio de la demanda térmica: Determinar las necesidades de calefacción y refrigeración en función de la ubicación geográfica, la orientación y el tipo de construcción.

Análisis del comportamiento de consumo: Observar los patrones de uso de energía (refrigeración, electrodomésticos) y la cantidad de ocupantes para identificar áreas de oportunidad en la reducción de consumo.

Eficiencia de la Envolvente del Edificio

La envolvente de la vivienda, compuesta por paredes, ventanas, techos y suelos, es crucial para minimizar las pérdidas de calor y frío. Las decisiones en este aspecto deben incluir:

Aislamiento térmico: Evaluar el rendimiento de los materiales de aislamiento en techos, paredes y suelos, considerando su capacidad para mantener una temperatura interior estable, reduciendo la necesidad de calefacción y refrigeración.

Mejora de ventanas: Optar por ventanas de alto rendimiento, como las de doble o triple acristalamiento, que minimicen las pérdidas de calor. La elección debe considerar factores como el índice de aislamiento térmico (valor U) y la transmisión solar (valor g).

Sistemas de Refrigeración

La elección de sistemas adecuados para climatización es fundamental para mejorar la eficiencia energética de la vivienda:

Tecnologías de climatización eficiente: Priorizar sistemas de refrigeración de alta eficiencia, que reduzcan el consumo energético sin comprometer el confort.

Uso Eficiente de la Iluminación

Mejorar la eficiencia energética en la iluminación es una de las intervenciones más sencillas y rentables:

Sustitución de iluminación incandescente por LEDs: Los bombillos LED tienen una mayor eficiencia lumínica y una vida útil mucho más larga que las bombillas tradicionales. Su implementación en toda la vivienda puede reducir significativamente el consumo eléctrico.

Electrodomésticos y Equipos de Uso Común

Los electrodomésticos constituyen una parte significativa del consumo energético en una vivienda. Para optimizar su uso, se deben considerar los siguientes aspectos:

Selección de electrodomésticos eficientes: Es esencial elegir electrodomésticos con clasificación energética A+++ o superior. Esto incluye refrigeradores, lavadoras, secadoras y lavavajillas, los cuales deben ser adecuados para el número de personas y las necesidades de la vivienda.

Uso racional y optimización del consumo: Fomentar prácticas eficientes de uso, como apagar electrodomésticos cuando no se utilicen o utilizar funciones de bajo consumo, como programas de lavado eficiente en las lavadoras.

Consideraciones Económicas

La viabilidad económica de las medidas de eficiencia energética es un criterio fundamental para su selección:

Análisis de rentabilidad y retorno de inversión: Evaluar el costo inicial de la implementación frente a los ahorros esperados a lo largo del tiempo. Es importante priorizar aquellas medidas que ofrezcan un retorno de inversión rápido, como la mejora del aislamiento o la actualización de sistemas de iluminación.

Disponibilidad de incentivos y financiación: Aprovechar subsidios gubernamentales, exenciones fiscales o programas de financiación que puedan hacer más accesible la implementación de medidas de eficiencia energética.

CAPITULO 2

2 METODOLOGIA

A continuación, se describe la metodología implementada para levantar la propuesta de estrategias de eficiencia energética para edificaciones residenciales en zonas costeras de Ecuador. El diseño metodológico está conformado por cuatro componentes: un conjunto mediciones en sitio para una vivienda residencial, el levantamiento de encuestas, simulaciones dinámicas y la selección de criterios para la elaboración de la propuesta. A continuación, la **Figura 2.1**. Muestra un esquema general de los componentes y una breve descripción de estos.



Figura 2.1 Esquema general de los componentes

Fuente: El autor

2.1 Mediciones en sitio

La realización de mediciones en sitio es un paso fundamental en cualquier proyecto de eficiencia energética, ya que permite obtener datos precisos y específicos sobre las condiciones reales de la vivienda. Esta fase es crucial para tomar decisiones informadas sobre las medidas más efectivas y adecuadas a implementar.

2.1.1 Evaluación de consumo energético

El proceso de analizar y medir la cantidad de energía utilizada en la vivienda permite entender cómo se está utilizando la energía y qué factores pueden estar afectando el consumo. Para esto se deben seguir las siguientes premisas.

Elegir los puntos de medición correctos en el hogar es fundamental para obtener un panorama completo del consumo energético. Esto implica instalar medidores tanto en el tablero principal como en los circuitos individuales para un análisis detallado. Además, es importante ubicar los medidores en lugares donde estén protegidos de condiciones adversas como la humedad o el calor extremo, ya que estos factores pueden comprometer su precisión y funcionamiento adecuado.

Es importante que la frecuencia de las lecturas sea adecuada para reflejar con precisión los patrones de consumo de energía. Tomar lecturas más frecuentes puede ofrecer datos más detallados y valiosos para un análisis exhaustivo.

La capacidad de producir informes claros y detallados es muy valiosa para evaluar el uso de energía y tomar decisiones informadas sobre la gestión energética en el hogar.

2.1.2 Identificación de Circuitos y Equipos

En el análisis energético de una vivienda, es fundamental identificar con precisión los diversos circuitos eléctricos y los aparatos conectados a cada uno. Este proceso implica realizar un inventario detallado de todos los dispositivos eléctricos presentes, que van desde electrodomésticos hasta sistemas de iluminación y equipos de climatización. Cada circuito se examina minuciosamente para comprender cómo se distribuye el consumo de energía eléctrica a lo largo de la vivienda, lo que permite una evaluación completa de dónde y cómo se utiliza la electricidad en el hogar. Este nivel de detalle no solo simplifica la gestión eficaz del consumo energético, sino que también proporciona la base necesaria para identificar áreas potenciales de mejora en términos de eficiencia energética y optimización del uso de recursos eléctricos.

2.1.3 Vivienda de caso estudio

La vivienda en la cual se realiza el estudio energético presenta la siguiente información.

Tabla 1 Datos generales de vivienda seleccionada para levantamiento de información in situ.

Especificaciones	Urbanización: SARILAND
Tipo de vivienda	Residencial
Orientación	15° NO
Latitud	-0.95
Longitud	-80.68
Metros sobre Nivel del Mar (MSNM)	6
Adosamiento	Lateral Derecho
Pisos	2 plantas
Año de construcción	2014
Área de construcción	72 [m ²]

Tipo de techo	Eternit
Altura de techo	Planta Baja: 2.7[m] Planta Alta: 2.72 [m]
Espesor de las paredes	12 [cm]
Envolvente	10 a 20 cm
Habitantes	2 adultos
Mascota	1

Fuente: El autor

2.1.3.1 Plano de la vivienda

La distribución de los espacios de la vivienda planteada como caso estudio se muestran en la figura.



Figura 2.2 Muestra el plano de la planta baja (izquierda) y la planta alta (derecha) de la vivienda en SARILAND.

Fuente: El autor

2.1.3.2 Relación Ventana/Pared

En la evaluación energética de una vivienda, la relación entre las paredes y las ventanas es fundamental para determinar la eficiencia energética del edificio. Las paredes y las ventanas actúan como barreras entre el interior y el exterior, influyendo directamente en la cantidad de energía necesaria para mantener una temperatura confortable dentro de la vivienda.

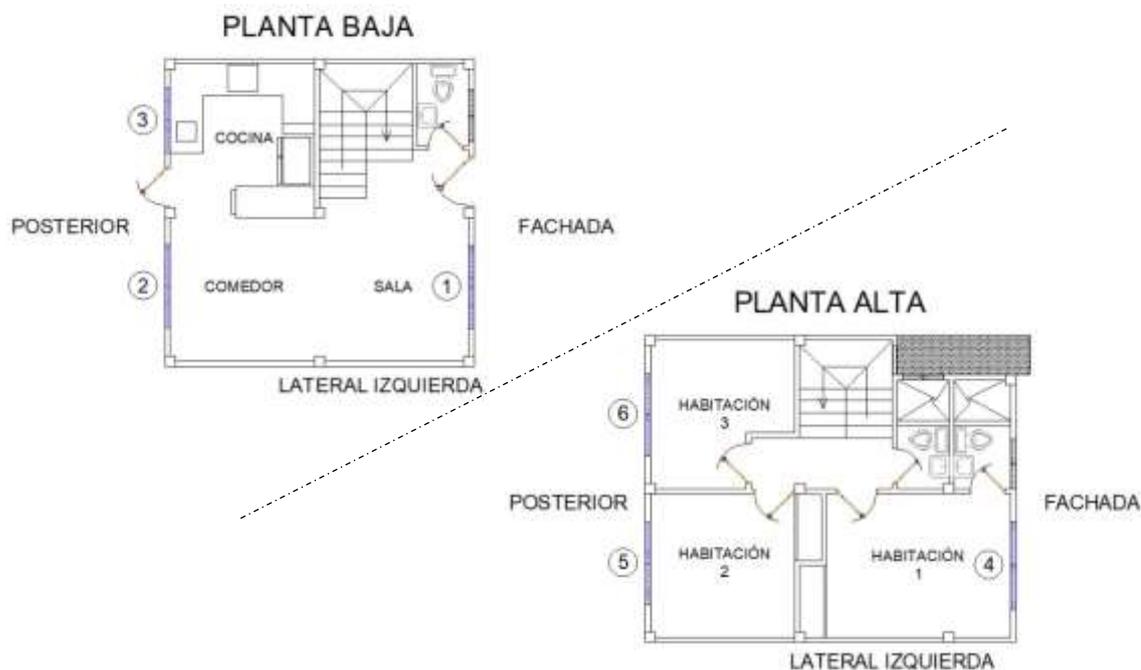


Figura 2.3 Plano con la ubicación en la cual se realiza el cálculo de la relación pared/ventana

Fuente: El autor

Tabla 2 Dimensiones de las paredes y ventanas de la fachada de la casa estudio

Ítems	Pared			Ventana			Planta
	Base [m]	Altura [m]	Área [m ²]	Base [m]	Altura [m]	Área [m ²]	
1	2,67	2,38	6,35	1,6	1,49	2,38	Baja
4	2,67	2,44	6,51	1,6	1,35	2,16	Alta
Área Total de Pared [m ²]			12,87	Área Total de Ventana [m ²]		4,54	

Fuente: El autor

Tabla 3 Dimensiones de las paredes y ventanas de la fachada posterior de la casa estudio

Ítems	Pared			Ventana			Planta
	Base [m]	Altura [m]	Área [m ²]	Base [m]	Altura [m]	Área [m ²]	
5	2,67	2,45	6,54	1,6	1,35	2,16	Alta
2	2,68	2,38	6,38	1,6	2,38	3,81	Baja
3	2,67	2,38	6,35	1,25	1,31	1,64	Baja
6	2,68	2,45	6,57	1,6	1,35	2,16	Alta
Área Total de Pared [m ²]			25,84	Área Total de Ventana [m ²]		9,77	

Fuente: El autor

Para calcular la relación pared/ventana $W_t W_r$, se utiliza la ecuación (1).

$$W_t W_r = \frac{\text{Área Total de Ventana}}{\text{Área Total de Pared}} \times 100 \quad (1).$$

2.1.3.3 Calidad de la energía Eléctrica

Es fundamental mantener el voltaje en el hogar dentro de los niveles aceptables debido a varias razones que incluyen la seguridad (como el riesgo de sobrecalentamiento o inestabilidad eléctrica), la eficiencia (debido a un posible aumento en el consumo de energía), y el rendimiento de los electrodomésticos y sistemas eléctricos (que puede verse comprometido, resultando en un funcionamiento ineficiente y posibles daños a los equipos).

Los índices de interés dentro del análisis de la calidad del producto, bajo normativa de la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNR), en la resolución 003/2023 y Regulación 002/20, (Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020) son: [14]

2.1.3.3.1 Nivel de Voltaje

Se realizan mediciones en puntos estratégicos de la vivienda para verificar si el nivel de voltaje está dentro de los rangos adecuados según normativas.

$$\Delta V_K = \frac{V_K - V_N}{V_N} \times 100 [\%] \quad (2).$$

Donde ΔV_k es la variación del voltaje de suministro respecto al voltaje nominal en el punto k, V_k es el voltaje de suministro en el punto k, determinado como el promedio de las medidas registradas (al menos cada 3 segundos) en un intervalo de 10 minutos y V_N es el voltaje nominal en el punto k[14]

2.1.3.3.2 Perturbaciones rápidas de voltaje (Flicker).

Se mide y analiza el índice de flicker para determinar si se cumplen los requisitos mínimos establecidos, garantizando así la calidad del suministro eléctrico en cuanto a la estabilidad del voltaje.

$$P_{st} = \sqrt{0,0314P_{0,1} + 0,0525P_1 + 0,0657P_3 + 0,28P_{10} + 0,08P_{50}} \quad (3).$$

Donde P_{st} es el Índice de severidad de flicker de corta duración, conforme la norma IEC 61000-4-15, $P_{0,1}, P_1, P_3, P_{10}, P_{50}$ son los niveles de efecto flicker que se sobrepasa durante el 0.1%, 1%, 3%, 10%, 50% del tiempo total del intervalo de medición (10 minutos).[14]

2.1.3.3.3 Distorsión armónica de voltaje.

Se realiza mediciones para evaluar los límites máximos de distorsión armónica permitidos, asegurando que no se excedan y comprometan la eficiencia de los equipos eléctricos.

$$THD_k = \left[\frac{1}{V_{h,1}} \sqrt{\sum_{h=2}^{50} (V_{h,k})^2} \right] \times 100 [\%] \quad (4).$$

Dónde THD_k es el factor de distorsión armónica total de voltaje, $V_{h,1}$ es el valor eficaz (rms) de la componente fundamental de voltaje en el punto de medición.[14]

2.1.3.4 Caja de breakers

La caja de breaker es monofásica 220V, con capacidad de alojar 17 breaker monopolares con protección de cortocircuito/sobrecarga, no incluye protección diferencial, los circuitos y la capacidad de sus protecciones se indican a continuación:



Figura 2.4 Diagrama unifilar del circuito eléctrico de la vivienda caso estudio

Fuente: El autor

2.1.4 Instrumentación para Levantamiento de Información Técnica

Para la recopilación de información del consumo eléctrico, confort térmico y evaluación de la envolvente se utilizaron los siguientes equipos.

2.1.4.1 Analizador de Voltaje

El analizador de redes PQ-Box 100 está diseñado para evaluar redes eléctricas de baja, media y alta tensión. Este dispositivo cumple con los estándares establecidos por la norma IEC 61000-4-30 para instrumentos de medición de clase A. [15]

Por medio del Analizador PQ-Box 100, en un período de dos semanas se obtuvo datos a partir de 2231 mediciones. En la **Figura 2.5** se puede apreciar la conexión del analizador con los circuitos de la vivienda estudiada.

Tabla 4 Especificaciones técnicas del analizador Power Quality Analyser PQ-Box 100

Marca	A. Eberle GmbH & Co. KG
Parámetro por medir	Cuatro canales para baja, media y alta tensión
Rango de medición	690[V] RMS de línea a línea y 400[V] RMS de línea a tierra
Precisión	<0,1% desde el 10% al 150% de la tensión nominal.
Fuente de Alimentación	100 a 280 [V] AC (50/60 Hz) o de 140 a 220 [V] DC
Condición de operación	Rango de temperatura de funcionamiento: -20°C a +70°C Humedad: <95% Protección IP65 contra polvo y agua.
Capacidad de Almacenamiento y Registro de datos	Memoria interna de 2 GB (más de 12 meses de datos) Conexión USB de alta velocidad Software de análisis gratuito
Certificación Internacional	EN50160, CEI61000-2-2 y CEI61000-2-4 en redes de baja y media tensión

Fuente: Prometeq.be



Figura 2.5 Instalación del analizador de calidad de energía eléctrica PQ-BOX 100

Fuente: El autor

2.1.4.2 Monitor de energía eléctrica

Para el monitoreo del consumo de energía eléctrica se utilizó el equipo Gen 2 Emporia Vue, el cual realiza un monitoreo en tiempo real y almacena reportes en formatos de tiempo de 1 segundo, 1 minuto, 15 minutos, 1 hora y 1 día. El equipo tiene conexión a la red Wifi de la vivienda y el monitoreo se lo realiza por medio de la aplicación para iPhone/Android. [16]

Tabla 5 Especificaciones técnicas del equipo Emporia Vue Gen 2

Marca	EMPORIA ENERGY
Parámetro por medir	
Rango de medición	
Precisión	$\pm 1\%$
Fuente de Alimentación	100-240VAC 50-60Hz
Condición de operación	
Capacidad de Almacenamiento y Registro de datos	Conectividad: WiFi 2,4 GHz 802.11b/g/n
Certificación Internacional	CE, UL

Fuente: EMPORIAENERGY

La instalación de este equipo de medición se realizó en la caja de breaker principal a través de 2 TC de 200 Amp como principales y 16 TC de 50 Amp para los circuitos de la vivienda, el voltaje se mide de manera directa en la barra principal. El equipo tiene conexión a la red Wifi de la vivienda y el monitoreo se lo realiza por medio de la aplicación para iPhone/Android.

**Figura 2.6** Instalación del medidor Emporia Vue Gen 2

Fuente: El autor

2.1.4.3 Termómetro

Para la medición de la temperatura y humedad relativa se utilizó el equipo SwitchBot el cual se puede instalar en interiores y exteriores para lo cual cuenta con IP65, realiza un monitoreo en tiempo real y almacena reportes en formatos de tiempo de 1 minuto, 15 minutos, 30 minutos, 1 hora, 12 horas y 24 horas.[17]

Tabla 6 Especificaciones técnicas del Termohigrómetro para interiores y exteriores
SwitchBot

Marca	SwitchBot
Parámetro a medir	Temperatura / Humedad Relativa.
Rango de medición	-40°C ~60°C / 0~100%RH
Precisión	± 0,2 °C / ± 1,8% HR
Resolución	0,1°C / 1% HR
Fuente de Alimentación	Batería de litio AAA*2
Condición de operación	Protección IP65 contra polvo y agua. 120 m en zona abierta
Capacidad de Almacenamiento y Registro de datos	Conectividad Wifi. Compatible con Alexa, Google Home, Siri Shortcuts, SmartThings. Bluetooth 4.2 Almacenamiento de datos locales: ≤6 meses
Certificación Internacional	Norma ISO7730, CE, UKCA, Telec, RoHs, FCC-ID

Fuente: SwitchBot

Para este análisis se utilizaron 8 sensores instalados 3 en la parte externa de la vivienda y 5 distribuidos al interior de la vivienda.

Interior:

- 1 Cocina
- 2 Sala y Comedor
- 3 Dormitorio #1
- 4 Dormitorio #2
- 5 Dormitorio #3

Exterior:

- 1 Pared Frontal (Fachada)
- 2 Pared lateral
- 3 Pared trasera

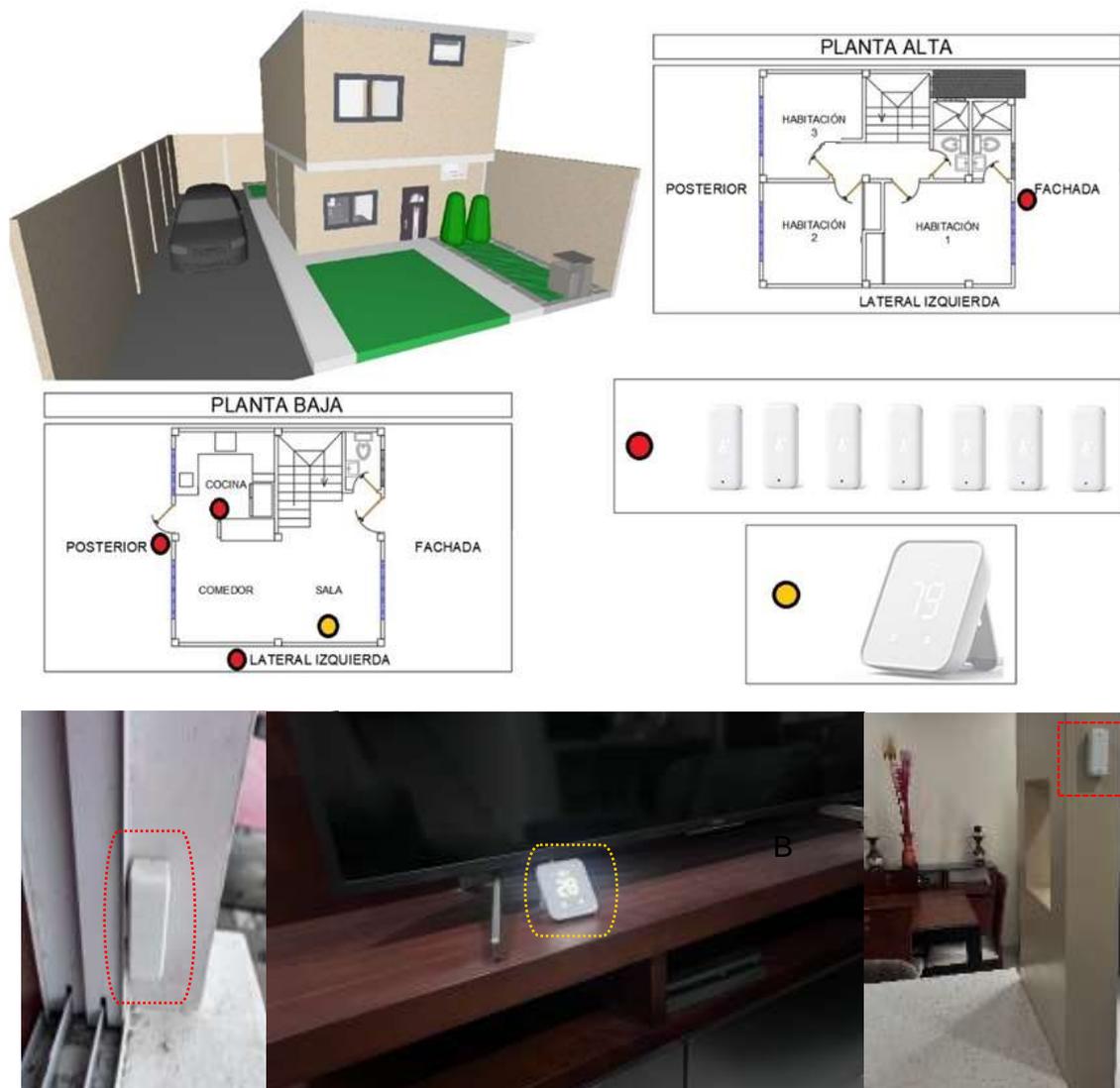


Figura 2.7 Instalación de Termohigrómetro Switchbox en la planta baja y exterior

Fuente: El autor

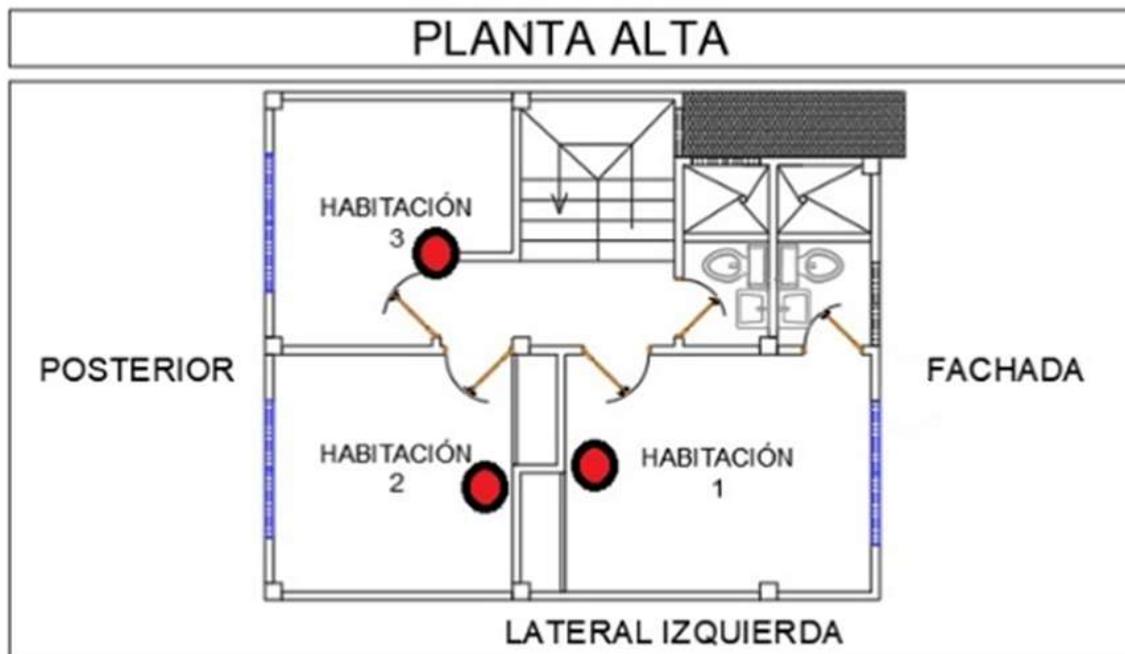


Figura 2.8 Instalación de Termohigrómetro Switchbox en la planta alta

Fuente: El autor

2.1.4.4 Luxómetro

Para la medición de los lúmenes de las diferentes áreas de la vivienda tipo, se utilizó el equipo Amprobe LM-200, el cual tiene un rango de medición de luz visible de 200 a 200.000 lux, cuenta con un sensor fotodiodo y filtro de silicio.[18]

Tabla 7 Especificaciones técnicas del Luxómetro LM-200LED

Marca	AMPROBE
Sensor	Fotodiodo de sílice y filtro
Rango de medición	20, 200, 2.000, 20.000 y 200.000 luxes o pies candela
Exactitud	$\pm 3 \%$ (calibrado con lámpara incandescente estándar a 2854 °K) 6 % del resto de fuentes de luz visibles Características de desviación angular respecto al coseno: 30 ° $\pm 2 \%$; 60 ° $\pm 6 \%$; 80 ° $\pm 25 \%$
Fuente de Alimentación	Batería de 9 voltios
Condición de operación	Ambiente interior. 10°C a 50°C / 0 a 80% HR Altitud de hasta 2.000 [m]
Capacidad de Almacenamiento y Registro de datos	10°C a 50°C / 0 a 70% HR Tiempo de servicio de batería: 200 horas. No almacena datos. Velocidad de muestreo: 2,5 veces por segundo
Certificación Internacional	CE, EMC EN61326-1

Fuente: AMPROBE



Figura 2.9 Medición de Lux al interior de la vivienda con el Luxómetro LM-200LED

Fuente: El autor

2.1.4.5 Cámara termográfica

Para la medición de la temperatura de la envolvente de la vivienda tipo, se utilizó la cámara termográfica FLIR E6xt, la cual contiene las siguientes características técnicas.[19]

Tabla 8 Especificaciones técnicas de la cámara termográfica FLIR E6xt

Marca	FLIR
Resolución de IR	240 x 180 píxeles
Sensibilidad térmica/NETD	0.06°C (0.11°F) / < 60 mK
Campo de visión (FOV)	45° x 34°
Distancia mínima de enfoque	0.5 m (1.6 ft.)
Resolución espacial (IFOV)	3.4 mrad
Modos de imagen	MSX térmico, térmico, imagen en imagen, mezcla térmica, cámara digital.
Rango de temperatura de la cámara	-20 to 250°C (-4 to 482°F) 10 to 550°C (50 to 1022°F)
Precisión	±2 °C (±3,6 °F) o ±3 % de lectura para una temperatura ambiente de 10 °C a 35 °C (50 °F a 95 °F) y una temperatura del objeto superior a 0 °C (32 °F)

Fuente: FLIR



Figura 2.10 Medición de temperatura de la envolvente con la cámara termográfica FLIR E6xt

Fuente: El autor

2.2 Levantamiento de información por Encuestas

Se utilizó el método de encuestas en viviendas para analizar otras viviendas mediante la recopilación de información técnica que proviene directamente de las personas involucradas en el área de estudio.

El diseño de la encuesta se basó en la información recopilada en la vivienda del caso de estudio y en la estrecha relación con los propietarios. Esta proximidad permitió formular preguntas más relevantes y contextualizadas, garantizando que los datos obtenidos reflejen con precisión características específicas de la vivienda en cuestión.

Las encuestas se realizaron en 10 viviendas de 5 urbanizaciones localizadas en el cantón Manta, las cuales cuentan con características constructivas similares con la vivienda de caso de estudio. A continuación, se describe la ubicación de las viviendas seleccionadas del cantón Manta.

Tabla 9 Lista de Urbanizaciones encuestadas y ubicaciones en formato UTM

Urbanización	X (Este)	Y (Norte)
CRISTAL AZUL3	526438	9892469
CIUDAD DEL SOL	527342	9893596
SARILAND	529751	9892415
TERRAZAS SANTA MARIA	531584	9891218
MARATEA	532844	9894523

Fuente: El autor

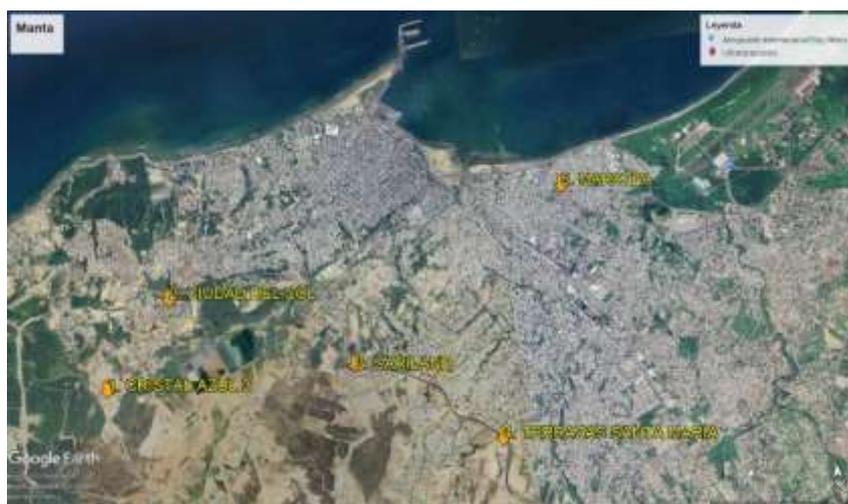


Figura 2.11 Ubicación geográfica de las Urbanizaciones encuestadas

Fuente: El autor

2.2.1 Información de la encuesta

Esta encuesta, está enfocada en el ámbito energético, es un proceso fundamental para evaluar y mejorar la eficiencia energética del hogar. El levantamiento de información se llevó a cabo con el objetivo de recopilar datos detallados sobre el consumo de energía, identificar áreas de mejora y proponer soluciones que contribuyan a la reducción del consumo energético. En este estudio, se abordaron seis campos, los cuales se describen a continuación:

Información General: Se recopiló datos básicos sobre la vivienda tales como ubicación, y el tipo de vivienda.

Características de la Vivienda: Se evaluó las características físicas importante como superficie de construcción, distribución funcional, número de pisos y otros detalles constructivos generales.

Con esta información, se espera analizar los siguientes indicadores:

- Edad promedio de las edificaciones
- Superficie promedio por vivienda
- Número de pisos de las viviendas.
- Características generales de la envolvente

Vectores Energéticos Consumidos: Se identificó las fuentes y consumo de energía utilizadas en la vivienda tales como electricidad, gas, y energías renovables.

Con esta información, se espera calcular los siguientes indicadores:

- Consumo promedio anual de combustible fósiles por metro cuadrado.
- Consumo promedio anual de combustible fósiles por vivienda.
- Consumo de energía eléctrica promedio al año por vivienda.
- Consumo de energía eléctrica promedio al año por metro cuadrado.
- Potencia promedio instalada de recurso energético renovable por vivienda.

Equipamiento: Se documentó los electrodomésticos y sistemas de climatización la vivienda.

Con esta información, se espera calcular los siguientes indicadores:

- Potencia promedio instalada en electrodomésticos por vivienda
- Potencia promedio instalada en electrodomésticos por metros cuadrado
- Potencia promedio instalada en equipo de climatización por vivienda
- Potencia promedio instalada en equipo de climatización por metros cuadrado

Hábitos de Consumo: Se entrevistó a los residentes para identificar hábitos básicos sobre el uso de energía. Se espera caracterizar ciertos hábitos de consumo y uso de la energía en los encuestados, por ejemplo; la frecuencia de cocción de alimentos en cada hogar, número de ocupantes y otros.

Eficiencia y Mejoras: Se consultó sobre el interés y la práctica de hábitos de eficiencia energética en residentes. Se espera identificar si los ocupantes de las viviendas aplican hábitos de eficiencia energética o si están interesados en aplicarlos.

2.2.2 Formato de encuesta aplicada a las viviendas

1. Información General

Fecha de Encuesta: _____ / _____ / _____
dd mm aa

Nombre de la Urbanización: _____

Ubicación Geográfica (UTM): X: _____ Y: _____

Tipo de Vivienda: Residencial Oficina Comercial Mixta

Adosamientos de la vivienda:

Independiente Lateral Derecho Lateral Izquierdo Ambos Laterales

2. Característica de la vivienda

Año de construcción: _____

Superficie total de construcción de la vivienda (m²): _____

Pisos de la vivienda: 1 2 3 4 5

Cantidad de habitaciones: 1 2 3 4 5

Tipo de techo: Eternit Losa (Hormigón Armado) Zinc Galvanizado

Tiene aislante en el techo de la vivienda: Si No

En la planta alta tiene instalado techo falso: Si No

La Cocina, comedor y sala se encuentran en un solo ambiente: Si No

Orientación de la vivienda: _____ ° _____

Altura del techo en la planta baja (m): _____

Altura del techo en la planta alta (m): _____

Grosor de las paredes (cm): _____

Relación Pared con ventana

Ítem	Pared			Ventana			Relación Ventana Pared	Planta	Ubicación
	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)			
1								<input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> Alta	<input type="checkbox"/> Fachada <input type="checkbox"/> Lateral Derecha <input type="checkbox"/> Lateral Izquierda <input type="checkbox"/> Posterior

3. Vectores energéticos consumidos en la vivienda

(A) GLP (B) Leña (C) Carbón (D) Kerosene

Uso:

A B C D Cocción de alimentos

A B C D Calentador de agua

A B C D Secadora de Ropa

Cantidad utilizada

Detalle	Mes		Año	
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad
(A) GLP				
(B) Leña				
(C) Carbón				
(D) Kerosene				

➤ Energía eléctrica de una empresa distribuidora local

Si No

Detalle	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Consumo KHW						
Valor (\$)						

Detalle	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Consumo KHW						
Valor (\$)						

➤ Energía eléctrica de fuente renovable, generada para la vivienda o SGDA

Si No

Recurso energético:

Solar Eólica Hidráulica Geotérmica

Capacidad instalada:

Solar _____ KWp

Eólica _____ KWp

Hidráulica _____ KWp

Geotérmica _____ KWp

Generación de energía:

Detalle	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Producción KHW						

Detalle	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Producción KHW						

4. Equipamiento y Consumo

Climatización

Ítems	Tipo de Ambiente de la casa	Potencia del AA BTU	Tipo de tecnología	Horas promedio de uso (lunes - viernes)	Horas promedio de uso (Fin de semana)	Realiza Mantenimientos	Mantenimientos al año
1	<input type="radio"/> Habitación <input type="radio"/> Oficina <input type="radio"/> Sala <input type="radio"/> Comedor <input type="radio"/> Cocina		<input type="radio"/> Inverte <input type="radio"/> Alta Efici <input type="radio"/> Antiguo			<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO	<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 4

Electrodomésticos de la vivienda

Ítems	Clasificación	Electrodomésticos	Cantidad
1	Cocción de Alimentos	Cocina a Gas con quemadores y horno	
2		Cocina de Inducción con Horno Eléctrico	
3		Horno a Gas	
4		Plancha de cocina de Inducción	
5	Cocina Varios	Dispensador de Agua	
6		Licuadaora	
7		Licuadaora de mano	
8		Licuadaora personal	
9		Olla Arrocera	
10		Procesador de Alimentos	
11	Conservación de Alimentos	Congelador	
12		Refrigeradora	
13	Distribución de agua potable	Bomba de agua 1 HP	
14		Bomba de agua 1 HP, con tanque a presión	
15		Bomba de agua 1/2 HP	
16		Bomba de agua 1/2 HP, con tanque a presión	
17	Seguridad	Cámaras de seguridad	
18		Central de Alarma	
19	Iluminación	Focos Fluorescentes	
20		Focos Incandescentes	
21		Focos Led	
22	Internet	Modems (Internet)	
23		Modems y Router en un solo equipo	
24		Router	
25	Varios	Aspiradora	
26		Calentador de Agua a Gas	
27		Calentador de Agua Eléctrico	
28		Cargador de Celular	
29		Computadora de escritorio	
30		Ducha Eléctrica	
31		Equipo con función de asistente de hogar	
32		Impresora	
33		Impresora Multifunción	
34		Laptops	
35		Lavadora de ropa	
36		Plancha	
37		Plancha a Vapor	
38		Secadora de Ropa a Gas	
39		Secadora de Ropa Eléctrica	
40		Tablet	
41		Equipo Medico	

5. Hábitos de consumo

¿Desconecta los dispositivos electrónicos, cuando no los utiliza?

Si No

¿Los dispositivos electrónicos los mantiene en modo de espera, cuando no los utiliza?

Si No

¿Cuántas personas viven en la vivienda?

Adultos _____ Adultos Mayores _____ Niños _____ Total _____

¿Cuántas veces al día se preparan alimentos en la vivienda?

Lunes a viernes:

Fin de semana:

Cantidad de mascotas en la vivienda

Perros _____ Gatos _____ Otros _____ Total _____

6. Eficiencia y mejoras

¿Ha realizado alguna mejora para aumentar el ahorro o la eficiencia energética de la vivienda?

Si No

Seleccionar con una "X" los aspectos tomados en cuenta:

- () Compra de electrodomésticos de alta eficiencia
- () Mejoras en el techo de la vivienda para disminuir el ingreso de calor
- () Instalación de techos para disminuir la luz solar en la fachada o patio
- () Realizó aperturas de ventanas para mejorar el flujo de aire
- () Realizó mejoras en las paredes para disminuir el ingreso de calor
- () Modificó los hábitos de consumos energéticos

¿Está interesado en realizar mejoras de eficiencia energética en el futuro?

Si No

2.3 Simulaciones Dinámicas

La simulación dinámica, tanto en DesignBuilder como en DIALux, ofrece herramientas clave para la evaluación energética de una vivienda. Estas herramientas no solo permiten estimar el consumo energético de la vivienda, sino también optimizarla, con el fin de reducir la huella de carbono y los costos operativos. Gracias a la integración de variables climáticas, arquitectónicas y de ocupación, las simulaciones dinámicas permiten identificar posibles mejoras en la eficiencia energética, tales como el ajuste en los sistemas HVAC, el aislamiento de las paredes o el diseño de la iluminación.

2.3.1 DIALux

DIALux es un software de simulación de iluminación ampliamente utilizado en la industria para diseñar y evaluar sistemas de iluminación en espacios interiores y exteriores. Es especialmente útil para profesionales en arquitectura, ingeniería y diseño de iluminación, ya que permite realizar cálculos precisos sobre la distribución de la luz en un ambiente determinado.

La primera versión de DIALux fue lanzada en 1994, mientras que DIALux evo fue introducida en 2012. La diferencia entre ambos programas radica en los algoritmos que utilizan: DIALux 4.12 emplea el método de radiosidad, que es adecuado para geometrías más simples, mientras que DIALux evo implementa el algoritmo de mapeo de fotones (photon mapping), el cual está diseñado para manejar geometrías más complejas e irregulares.[20]

El software tiene varias versiones, entre las cuales destacan DIALux 4.12 y DIALux evo 4.1, que han sido evaluadas según los casos de prueba técnicos de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE) bajo el estándar CIE 171:2006. Este estándar se usa para verificar la precisión de las herramientas de simulación de iluminación, lo que permite a los usuarios confiar en los resultados obtenidos con estas herramientas.[20]

DIALux ha introducido un nuevo método de cálculo por hora que supera al enfoque clásico simplificado, ya que reduce significativamente el tiempo necesario para calcular la luz natural en puntos específicos. La nueva interfaz de usuario está diseñada para integrarse perfectamente en el flujo de trabajo de los diseñadores de iluminación, facilitando su adopción sin interrumpir sus procesos. Esta mejora permite que aquellos diseñadores que no consideraban previamente la luz natural en sus proyectos ahora puedan aprovechar su potencial para el ahorro energético. Además, el nuevo procedimiento ayuda a evaluar y optimizar el desempeño energético de las soluciones de iluminación, tanto natural como artificial, con un enfoque detallado de cálculos por hora, beneficiando la práctica común de planificación en iluminación. [21]



Figura 2.12 Software DIALux

Fuente: El autor

El estudio realizado con DIALux estuvo delimitado a la iluminación interna de la vivienda, la cual se dividió en las siguientes zonas de estudio.



Figura 2.13 Definición de zonas de estudio para el análisis luminotécnico

Fuente: El autor

- Zona 1: Sala (véase **Figura 4.1** y **Figura 4.2** en anexos)
- Zona 2: Comedor (véase **Figura 4.1** y **Figura 4.2** en anexos)
- Zona 3: Cocina (véase **Figura 4.1** y **Figura 4.2** en anexos)
- Zona 4: Baño planta baja (PB) (véase **Figura 4.3** en anexos)
- Zona 5: Escalera planta baja (PB) (véase **Figura 4.4** en anexos)
- Zona 6: Escalera y pasillo (PA) (véase **Figura 4.5** en anexos)
- Zona 7: Dormitorio 1 (véase **Figura 4.6** en anexos)
- Zona 8: Baño 1 planta alta (PA) (véase **Figura 4.7** en anexos)
- Zona 9: Dormitorio 2 (véase **Figura 4.8** en anexos)
- Zona 10: Baño 2 planta alta (PA) (véase **Figura 4.9** en anexos)
- Zona 11: Dormitorio 3 (véase **Figura 4.10** en anexos)



Figura 2.14 Diseño 3D de la vivienda caso de estudio en software DIALUX

Fuente: El autor

Para este análisis también se hace uso del tamaño y ubicación de las ventanas de cada sección del modelo de la vivienda.

- Zona 1,2 y 3 cuenta con la disposición de dos ventanas de dimensiones 1m de altura x 1.5m de anchura, además de una puerta deslizante transparente de 2.7m x 1.62m.
- Zona 4,8 y 10 que son baños cuenta con una ventana de 0.68m x 0.78m.
- Zona 7, 9 y 11 que son dormitorios cuenta con una ventana de 1m x 1.7m
- Zona 6 dispone de una ventana de 2.4m x 0.6m

Las horas de uso de cada local se estimaron según las mediciones propuestas y valores estimados por normativa IESNA Lighthing Handbook (10° edición) EN 15193:2008, DIN V 18588:2007, CIE 97:2005 y CIE 154:2003 que proporciona el software DIALux.

A partir de esto se desarrolló una simulación en el software DIALux en el que se comparó un diseño de luminaria para la vivienda de caso de estudio.

El modelo de luminaria seleccionada para la simulación tiene características similares a la marca Sylvania (**Figura 2.15**), sus principales características son:

- LED panel RD Sylvania Pro (P29892) de 12W, 840lm (3000K) (Φ 170x25 mm)



Figura 2.15 Luminaria LED RD Sylvania Pro (P29892) de 12W

Fuente: Sylvania

En Ecuador los niveles de luxes aceptados a partir de la normativa ecuatoriana de la Construcción (NEC) de código NEC-HS-EE (Eficiencia energética en edificaciones residenciales) como se muestra en la **Tabla 10**. [22]

Tabla 10 Niveles de iluminación estipulados en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción NEC NEC-HS-EE

Áreas	Mínimo	Recomendado	Óptimo
Viviendas			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo/baños	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de estudio o trabajo	300	500	750
Zonas generales de edificios			
Zonas de circulación y pasillos	50	100	150
Escaleras, roperos, lavabos. Almacenes y archivos	100	150	200

Fuente: Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) NEC-HS-EE

2.3.1.1 Valores de Eficiencia Energética (VEEI)

Otro factor importante que se analiza es el cálculo de los valores de eficiencia energética en una instalación de luminaria (NEC-HS-EE). En la **Tabla 11** se muestran estos parámetros.[22]

Tabla 11 Valores de eficiencia energética en una instalación de luminaria según la norma NEC-HS-EE

Zona de actividad diferenciada	VEEI máximo (W/m^2)
Dormitorio	12.0
Salas	7.5
Cocina/comedor	10
Cuarto de estudio	10
Baños	12.0
Bodega	6.0

Fuente: Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) NEC-HS-EE

Este valor representa el criterio máximo que debe alcanzar el valor de iluminación en términos de eficiencia energética, este se calcula por cada 100 luxes mediante la fórmula (4), tal como lo estipula la normativa NEC-HS-EE.[22]

$$VEEI = \frac{P * 100}{S_i * E_m} \quad (4)$$

Siendo

P = Potencia total instalada

S_i = Superficie iluminada en metro cuadrado

E_m = Iluminancia promedio horizontal mantenida en lux

2.3.2 Design Builder

Es un software de simulación energética usada por profesionales en el diseño y construcción de edificios, permitiendo analizar el rendimiento energético en el mismo, evaluar el confort térmico, la iluminación natural y demás medidas relacionadas en el estudio del edificio.

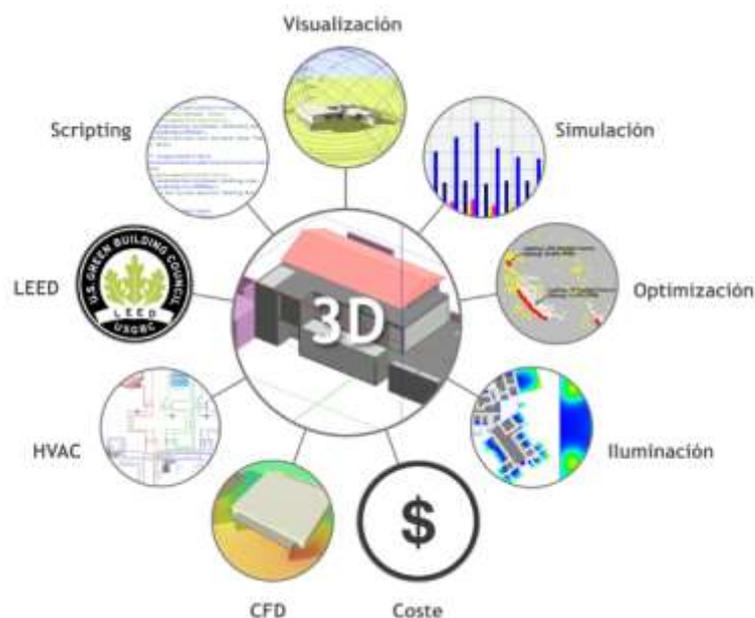


Figura 2.16 Módulos del software Design Builder

Fuente: Design Builder

Design Builder es una herramienta de fácil uso que permite a usuarios sin experiencia profesional realizar modelaciones rápidas de edificios complejos. A través de plantillas de datos y opciones desplegadas, se pueden configurar la estructura general del edificio, las actividades internas, los sistemas de HVAC, iluminación y otros aspectos del modelo. Es posible reutilizar edificios del mismo tipo y agregarlos a la base de plantillas. Además, esta función está conectada a una base de datos que facilita la modificación del edificio y su entorno. Durante las etapas de diseño y evaluación, se puede personalizar en detalle cada modelo de edificio. [23]

En la actualidad, el software cuenta con nueve módulos **Figura 2.16**, cada uno especializado en realizar un tipo específico de tarea o análisis. Este diseño modular proporciona a DesignBuilder una notable flexibilidad, permitiéndole adaptarse a las necesidades particulares de sus usuarios.

Por este motivo se hizo uso de este programa para utilizar la plantilla de datos climáticos y las dimensiones de la envolvente de la vivienda fueron obtenidas de las tablas de la Norma Ecuatoriana de la construcción.

Para el presente estudio se requiere del uso de 4 módulos, siendo:

- Modelador 3D
- Visualización
- Simulación
- HVAC

2.4 Costo de la energía eléctrica en Ecuador

La Agencia De Regulación Y Control De Energía Y Recursos Naturales No Renovables, estableció el pliego tarifario del servicio público de energía eléctrica para el año 2024, mediante documento de código GGPGE.GPSCCC.02.FO.01 versión 03, con resolución Nro. ARCERNNR-034/2023, en el cual se indica lo siguiente:[24]

En la sección 4.1.1 Categoría Residencial, se establece que corresponde al servicio público de energía eléctrica destinado exclusivamente al uso doméstico de los consumidores; es decir, en la residencia de la unidad familiar independiente del tamaño de la carga. [24]

En la sección 4.3.2 Tarifa Residencial para el Programa PEC (Programa Eficiente de Cocción), se establece que aplica a los consumidores de la categoría residencial que se registren en el Programa PEC, conforme los lineamientos establecidos por el MERNNR (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables) para su implementación.[24]

El Programa PEC, es un programa emblemático de eficiencia energética para la cocción por inducción y/o el calentamiento de agua sanitaria con electricidad en sustitución del GLP en el sector residencial (PEC) cuya ejecución y lineamientos se encuentran a cargo del MERNNR.[24]

Esta tarifa se aplicará en función del incremento del consumo de energía eléctrica mensual de cada abonado, que se denominará Consumo Incremental, para lo cual se considerará los siguientes límites para cada caso.[24]

- **Cocción Eléctrica:** Un Consumo Incremental de hasta 80 kWh-mes, sin importar su nivel de consumo de la residencia, estrato socioeconómico, ubicación geográfica, tipo de cocina eléctrica de inducción o fecha de adquisición del electrodoméstico.
- **Calentamiento de Agua Sanitaria que usen sistemas eléctricos:** Un Consumo Incremental de hasta 20 kWh-mes.
- **Cocción Eléctrica y Calentamiento de Agua Sanitaria que usen sistemas eléctricos:** Un Consumo Incremental de hasta 100 kWh-mes.

2.4.1 Costo de la energía eléctrica a considerar en la investigación

En el pliego tarifario para el sector residencial en el año 2024, se establecen valores de la energía eléctrica (USD/kWh) por rango de consumo.[24]

Para realizar las evaluaciones económicas de las propuestas de mejoras, se debe establecer un valor de la energía eléctrica (USD/kWh), para lo cual realiza lo siguiente:

Para determinar el rango de consumo y la energía mensual promedio, se recurre a los consumos kWh-anual de las viviendas encuestadas y a la casa estudio.

Tabla 12 Consumo promedio mensual de las viviendas encuestadas

Código de Vivienda	kWh-anual	kWh-mensual (Promedio)
CA-01	3445	287
CA-02	4138	345
CS-03	11216	935
CS-04	3875	323
SD-05	4414	368
SD-06	5057	421
TS-07	3460	288
TS-08	3826	319
MA-09	8556	713
MA-10	4355	363
Casa Estudio	4144	345
kWh (Promedio)	5135	428

Fuente: El autor

Con lo cual se establece un consumo de energía promedio mensual para una vivienda en **428 kWh-mes**.

Para establecer el costo promedio de Energía (USD/kWh) se utiliza los valores por rango de consumo y el consumo promedio de la vivienda.

Tabla 13 Evaluación del costo del kWh para las evaluaciones financieras

Rango de Consumo	Energía (USD/kWh)	Consumo kWh-mes	Costo (USD)
1-50	0,091	50	4,55
51-100	0,093	50	4,65
101-150	0,095	50	4,75
151-200	0,097	50	4,85
201-250	0,099	50	4,95
251-300	0,101	50	5,05
301-350	0,103	50	5,15
351-500	0,105	78	8,19
Total		428	42,14
Costo promedio de Energía (USD/kWh)		0,098	

Fuente: El autor

Con lo cual se establece un costo promedio de energía, sin considerar los costos de comercialización, aporte al cuerpo de bomberos e impuestos de terceros en **0.098 (USD/kWh)**.

2.5 Emisiones de CO2 en la Generación de Electricidad en Ecuador

Ecuador ha logrado mantener un factor de emisión de CO2 relativamente bajo en la generación de electricidad, gracias a su dependencia de fuentes hidroeléctricas. Según el informe del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) de 2022, en la sección 4.2 titulada "Factor de Emisión del SNI de Ecuador Aplicable para Inventarios de GEI o Huella de Carbono Corporativa", se establece que el factor de emisión es de 0.0920 toneladas de CO2 por megavatio-hora (tCO2/MWh), lo que equivale a 0.000092 toneladas de CO2 por kilovatio-hora (tCO2/kWh). Este logro refleja los esfuerzos del país en la implementación de energías renovables y la mejora de la eficiencia energética.[25]

2.5.1 Emisiones de CO2 del GLP en la Cocción de Alimentos

En el estudio titulado "Emisiones provocadas por combustión de GLP a partir de calefones en la ciudad de Loja y su posible relación con enfermedades respiratorias agudas (ERA's)", realizado por la Universidad Nacional de Loja, se indica que en Ecuador se comercializan cilindros de GLP de 15 kg para uso doméstico, de los cuales son utilizables 13.64 kg. El estudio revela que la quema de GLP genera aproximadamente 43224.8 gramos de CO2 por cilindro. Al convertir estas unidades, se obtiene que la emisión es de aproximadamente 0.00317 toneladas de CO2 por kilogramo de GLP quemado.[26]

CAPÍTULO 3

3 RESULTADOS

En este capítulo se presenta una caracterización exhaustiva en términos de variables de confort y consumo energética para un conjunto de edificaciones residenciales ubicados en la ciudad de Marta. En primer lugar, se ofrece un levantamiento longitudinal para un caso de estudio de una vivienda. En este monitoreo se obtuvieron los consumos de energía desagregados a lo largo de varios meses, así como algunas variables de confort tales como temperatura y humedad relativa.

En segunda instancia se hizo un levantamiento de encuestas para caracterizar 10 viviendas de características similares al caso de estudio. Se obtuvieron los consumos anuales de energía y un conjunto de variables respecto a los hábitos de uso de electrodomésticos, tipologías de construcción, y el interés de los usuarios sobre medidas de eficiencia energética. Seguidamente se realizaron simulaciones energéticas sobre un modelo equivalente al caso de estudio, con la finalidad de explorar el impacto de posibles medidas de eficiencia energética.

Finalmente se hace un análisis económico sobre supuestos de implementación de medidas de eficiencia energética, tales como el cambio de electrodomésticos, mejora en los elementos de la envolvente y otros.

3.1 Mediciones en sitio

Todos estos resultados fueron obtenidos de la casa modelo ubicada en la urbanización Sariland.

3.1.1 Calidad de Energía Eléctrica-Resultados del PQ BOX

El análisis de los niveles de voltaje para la vivienda se encuentra limitado para el caso de bajo voltaje, con un rango admisible de $\pm 8\%$ y se puede determinar que el índice cumple con lo establecido cuando el 95% o más de los registros de mediciones se encuentran dentro del rango admisible, esta primicia no se cumple, tal como se evidencia en la **Tabla 14** presentada a continuación:

Tabla 14 Análisis del nivel de Voltaje en la vivienda de estudio según regulación

ARCERNNR 002/20

Descripción	Fase A	Fase B
Cantidad de mediciones realizadas en la vivienda	2231	2231
Mediciones que cumplen regulación ($\pm 8\%$)	1279	1279
Mediciones que no cumplen regulación ($\pm 8\%$)	952	952
Registro que cumple	57,33%	57,33%
Solicitado por Regulación	95%	95%
Criterio	No Cumple	No Cumple
Nivel de Voltaje	No Cumple	

Fuente: El autor

El valor límite para el índice del flicker no debe exceder el valor de la unidad (1) y se puede determinar que el índice cumple con lo establecido cuando el 95% o más de los registros de mediciones se encuentran dentro del rango admisible, esto se evidencia en la **Tabla 15** presentada a continuación.

Tabla 15 Análisis de la perturbación rápida de voltaje (flicker) en la vivienda de estudio según regulación ARCERNNR 002/20

Detalle	Fase A	Fase B
Cantidad de mediciones realizadas en la vivienda	2230	2230
Mediciones que cumplen regulación (<1)	2182	2207
Mediciones que no cumplen regulación (>1)	48	23
Registro que cumple	97,85%	98,97%
Solicitado por Regulación	95%	95%
Criterio	Cumple	Cumple
FLIKER	Cumple	

Fuente: El autor

Los límites máximos para el análisis del factor de distorsión armónica total no deben exceder $\pm 8\%$ del rango admisible para el caso de bajo voltaje y se puede determinar que el índice cumple con lo establecido cuando el 95% o más de los registros de mediciones se encuentran dentro del rango admisible, esto se evidencia en la **Tabla 16** presentada a continuación.

Tabla 16 Análisis de la distorsión armónica de voltaje en la vivienda de estudio según regulación ARCERNNR 002/20

Detalle	Fase A	Fase B
Cantidad de mediciones realizadas en la vivienda	2231	2231
Mediciones que cumplen regulación (8%)	2231	2231
Mediciones que no cumplen regulación (8%)	0	0
Registro que cumple	100%	100%
Solicitado por Regulación	95%	95%
Criterio	Cumple	Cumple
THD (%)	Cumple	

Fuente: El autor

3.1.2 Energía eléctrica mensual / Resultados de Emporia

Los datos de las mediciones obtenidos durante el periodo comprendido desde el 1 de julio de 2023 al 30 de junio 2024, se clasificaron en 8 grupos consumidores, climatización (aires acondicionados), refrigeradora, cocina de inducción (cocción), electrodomésticos varios excepto cocina, lavadora, iluminación, electrodomésticos cocina y bomba de agua, estos datos mostraron un consumo total anual de 4101,27 kWh.

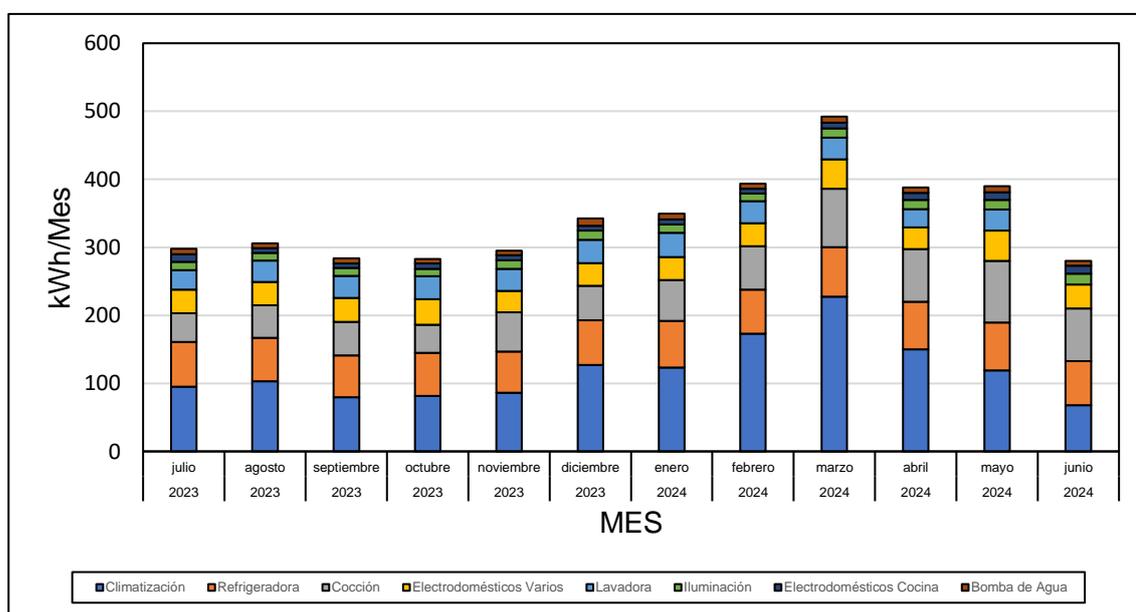


Figura 3.1 Registro de la energía eléctrica mensual por grupos consumidores

Fuente: El autor

Los valores medidos durante el rango de tiempo establecido (véase **Figura 3.2** y **Figura 3.3**) evidenciaron que el grupo de climatización fue el que mayor energía demandó de

manera anual con un 34,95% del uso de energía total en la vivienda. Por otro lado, el sector de refrigeradora representa el segundo lugar con un 19,32%, el grupo cocción representa el 18,14%, el grupo de electrodomésticos varios representa el 10,47%, el grupo lavadora representa el 8,55%, la iluminación representa el 3,74%, mientras en el grupo electrodomésticos cocina representa el 2,53% y finalmente, el grupo de bomba de agua que representa el 2,31% del consumo total en la vivienda, los grupos electrodomésticos corresponden a todos los tomacorrientes que existen en el hogar y se agruparon así porque estimar el uso de cada equipo por separado no permite identificar a mayor precisión los equipos involucrados y la energía demandada para cada caso.

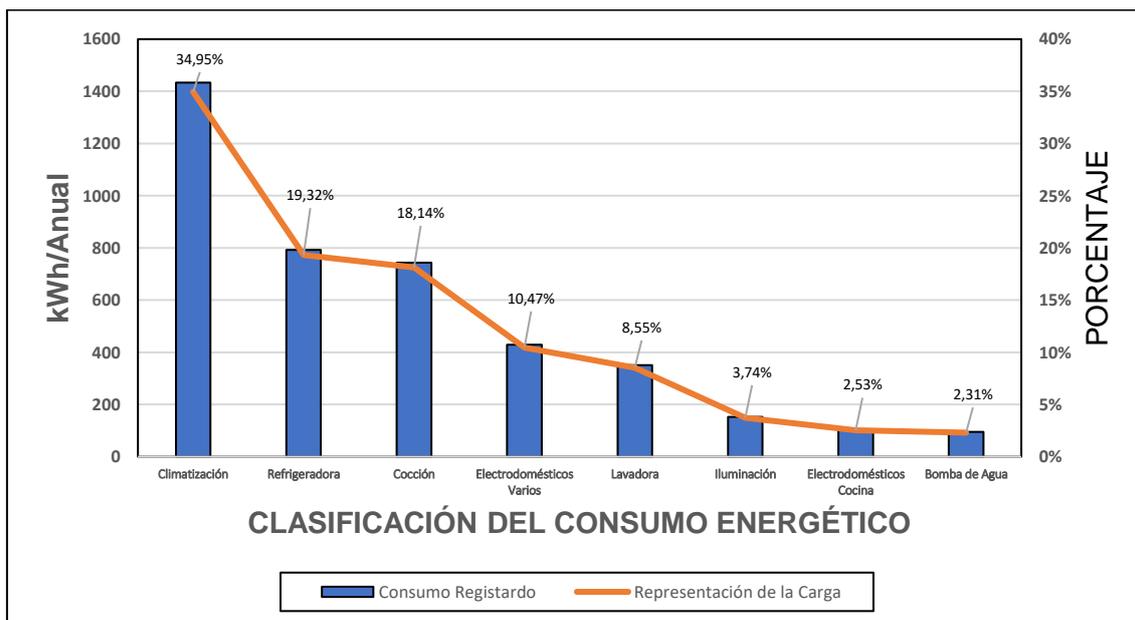


Figura 3.2 Uso final de energía eléctrica por grupos consumidores

Fuente: El autor

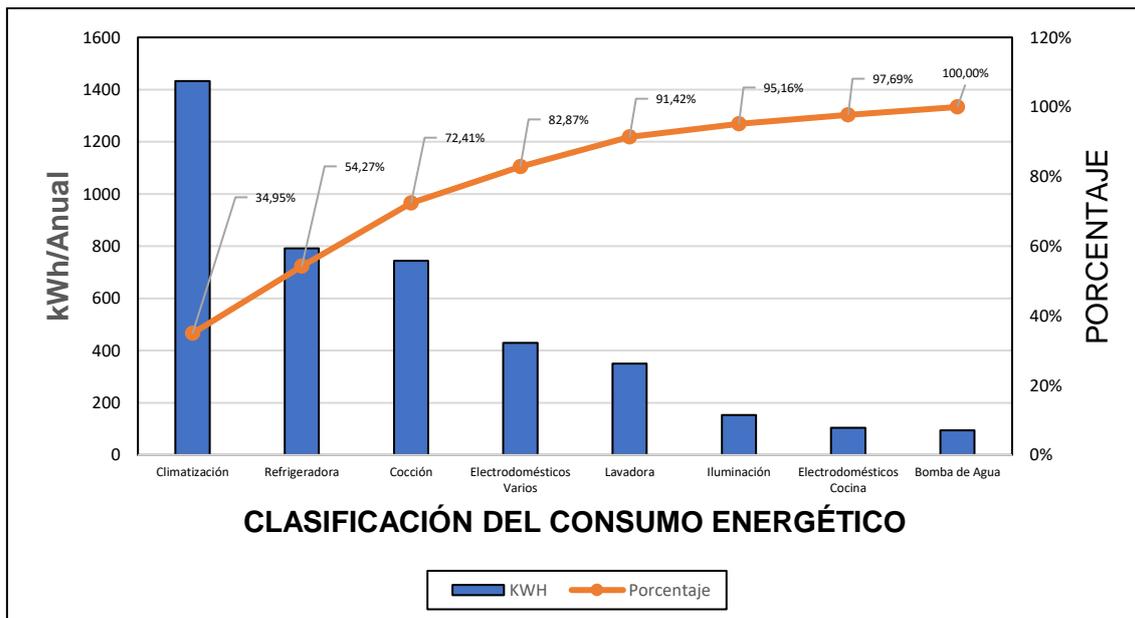


Figura 3.3 Diagrama de Pareto por grupos consumidores

Fuente: El autor

En base al Análisis de Pareto **Figura 3.3** se determina que existen 3 áreas de consumo que registran el 72.41% de la energía consumida de la vivienda, por lo cual este estudio se enfocara en cada uno de ellos, los cuales por su importancia se clasifican en:

- Climatización
- Refrigeradora
- Cocción

Adicionalmente se evaluará la iluminación por ser parte del confort de los habitantes, a pesar de que su consumo energético solo representa el 3.74%.

3.1.2.1 Demanda máxima eléctrica

Evaluar la demanda máxima eléctrica de una vivienda es un paso fundamental para mejorar la eficiencia energética, ya que permite conocer en detalle el comportamiento del consumo eléctrico en diferentes momentos del día y en diferentes circunstancias. La demanda máxima se refiere al pico de consumo de electricidad que se alcanza cuando varios electrodomésticos, sistemas de calefacción, refrigeración o iluminación están funcionando al mismo tiempo. Este valor es crucial porque, a menudo, se determina por los equipos que generan los picos de carga y por los periodos de mayor consumo, los cuales pueden generar un impacto significativo tanto en el coste de la electricidad como en el rendimiento energético general de la vivienda.

Uno de los aspectos más importantes de evaluar la demanda máxima eléctrica es que permite dimensionar adecuadamente la instalación eléctrica de la vivienda. Esto significa que el sistema eléctrico, incluyendo cables, interruptores y paneles de

distribución, se puede dimensionar de manera óptima para evitar sobrecargas, reducir riesgos y garantizar la seguridad del hogar. Un sistema sobredimensionado representa un gasto innecesario, mientras que un sistema subdimensionado puede comprometer el suministro eléctrico y generar costos adicionales por reparaciones o fallos.

A continuación, se muestra el comportamiento de la demanda máxima eléctrica en el periodo de análisis.

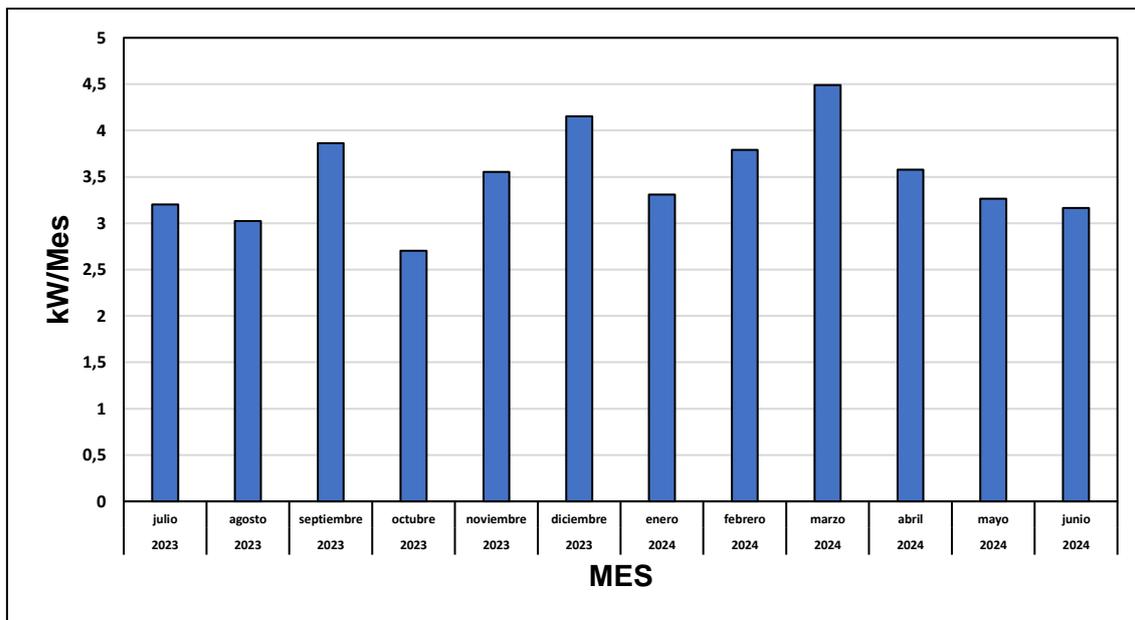


Figura 3.4 Demandas eléctricas máximas mensuales (julio 2023 a junio 2024)

Fuente: El autor

3.1.3 Mediciones de temperatura y humedad relativa

Utilizando los datos obtenidos a partir de las mediciones realizadas con los equipos SwitchBot, durante el periodo comprendido entre el 22 de noviembre de 2023 y el 30 de junio de 2024, se ha elaborado un gráfico de dispersión. Las **Figura 3.5** hasta la **Figura 3.20** incluyen cada uno de los registros recopilados durante el periodo analizado, proporcionando una visualización detallada de la información, como se muestra a continuación para cada una de las áreas.

Interior:

(1). Cocina

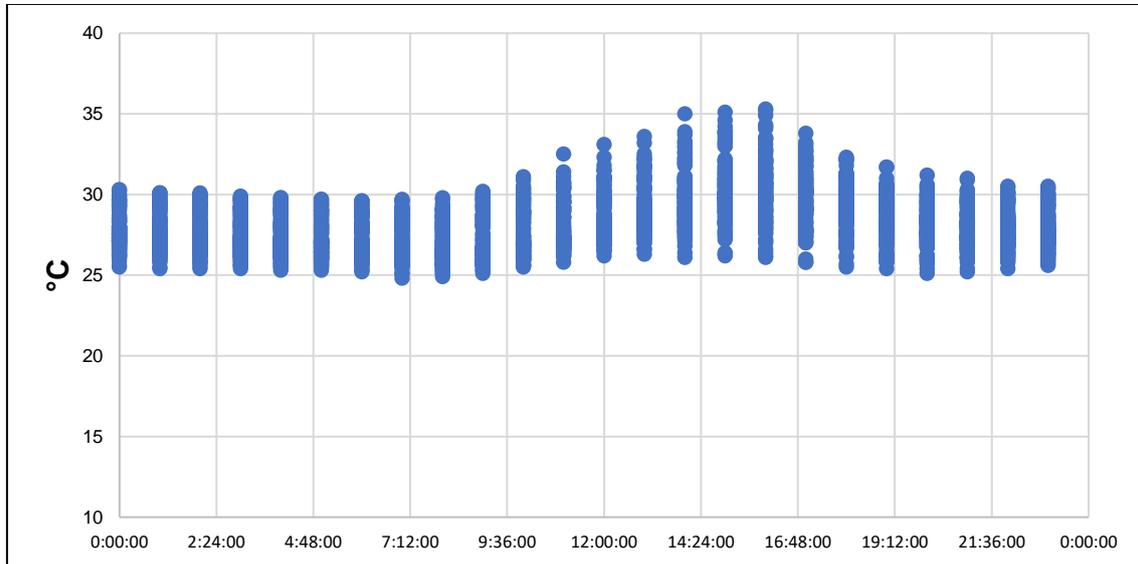


Figura 3.5 Comportamiento de la temperatura en la cocina

Fuente: El autor

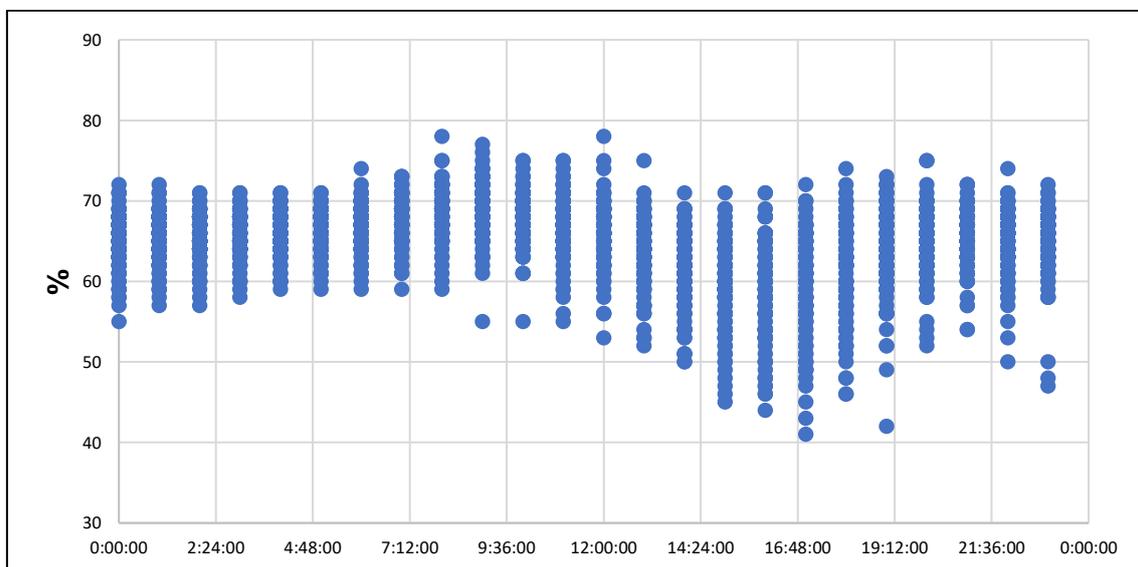
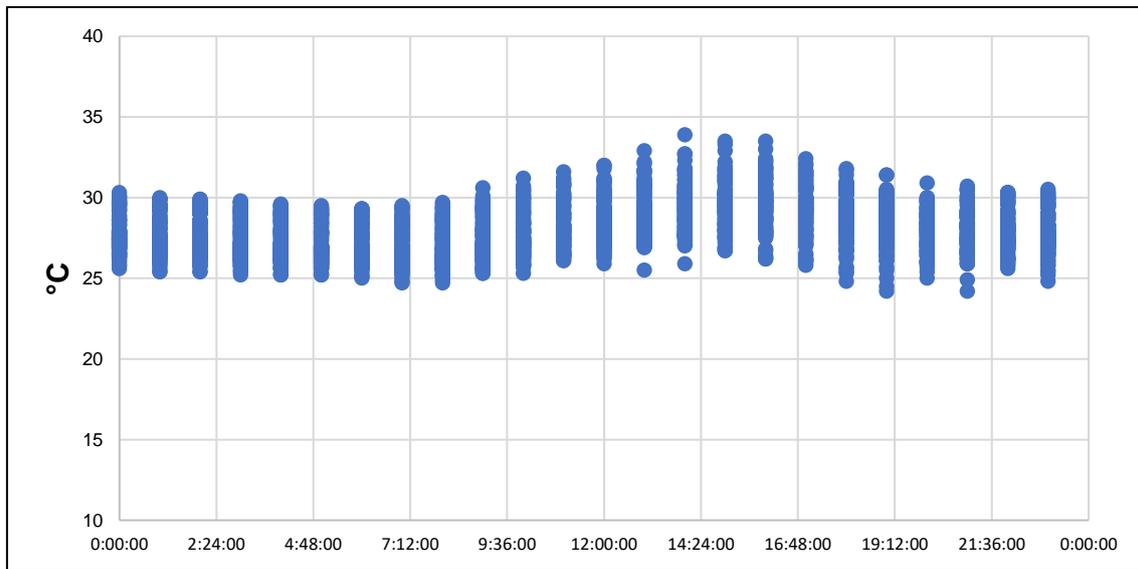


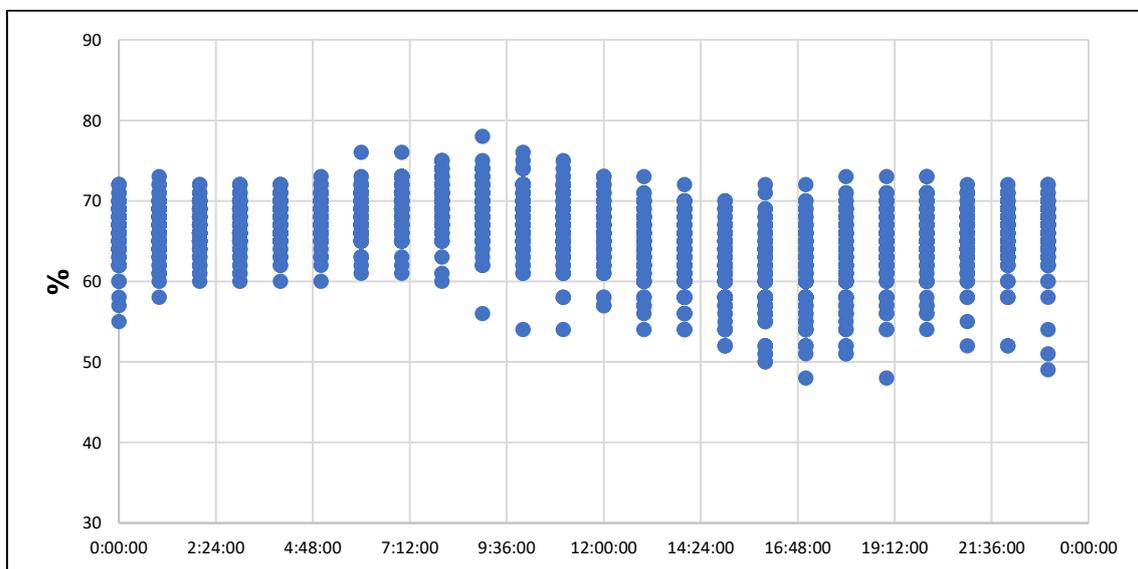
Figura 3.6 Comportamiento de la humedad relativa en la cocina

Fuente: El autor

(2). Sala y Comedor

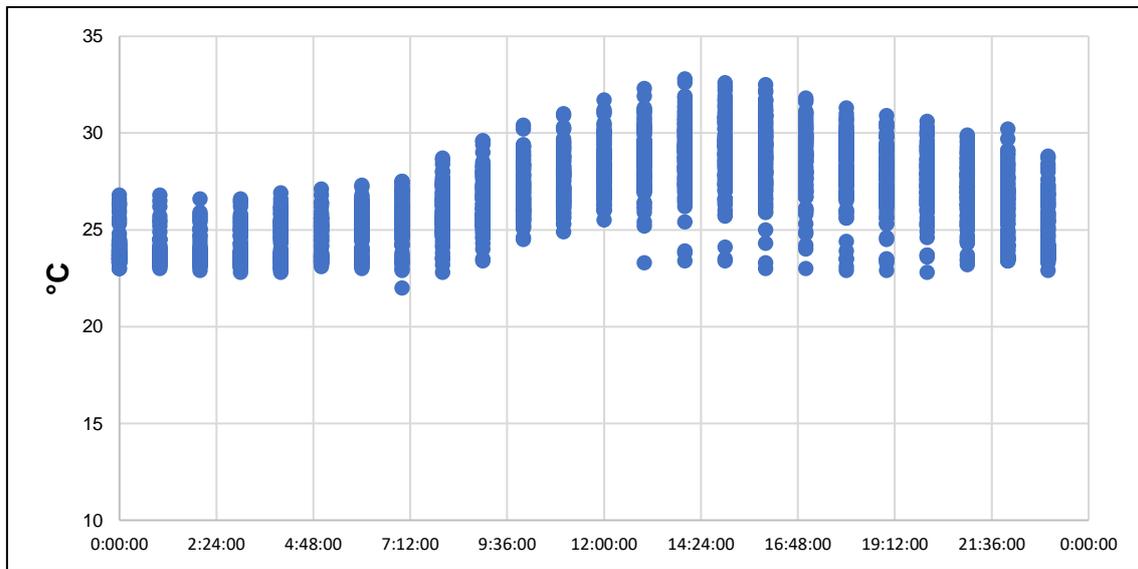
**Figura 3.7** Comportamiento de la temperatura en la sala y comedor

Fuente: El autor

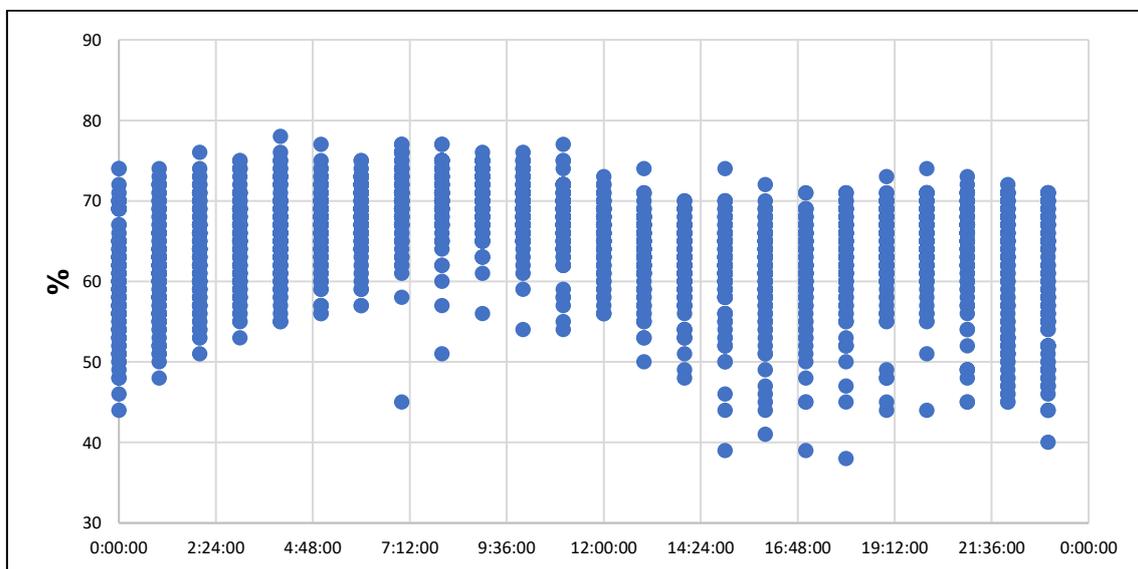
**Figura 3.8** Comportamiento de la humedad relativa en la sala y comedor

Fuente: El autor

(3). Dormitorio #1

**Figura 3.9** Comportamiento de la temperatura en el dormitorio #1

Fuente: El autor

**Figura 3.10** Comportamiento de la humedad relativa en el dormitorio #1

Fuente: El autor

(4). Dormitorio #2

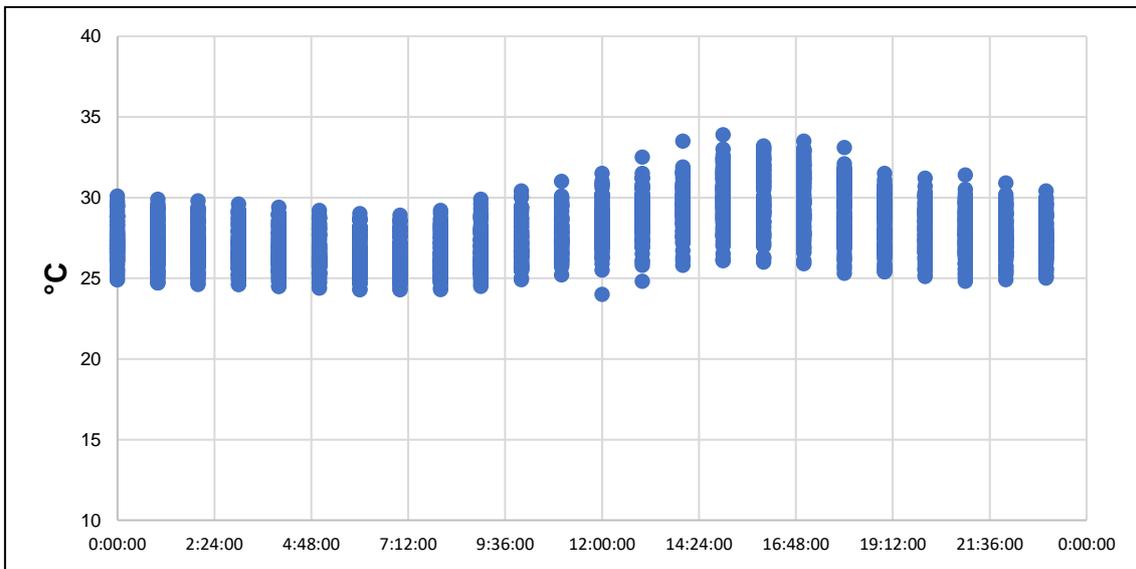


Figura 3.11 Comportamiento de la temperatura en el dormitorio #2

Fuente: El autor

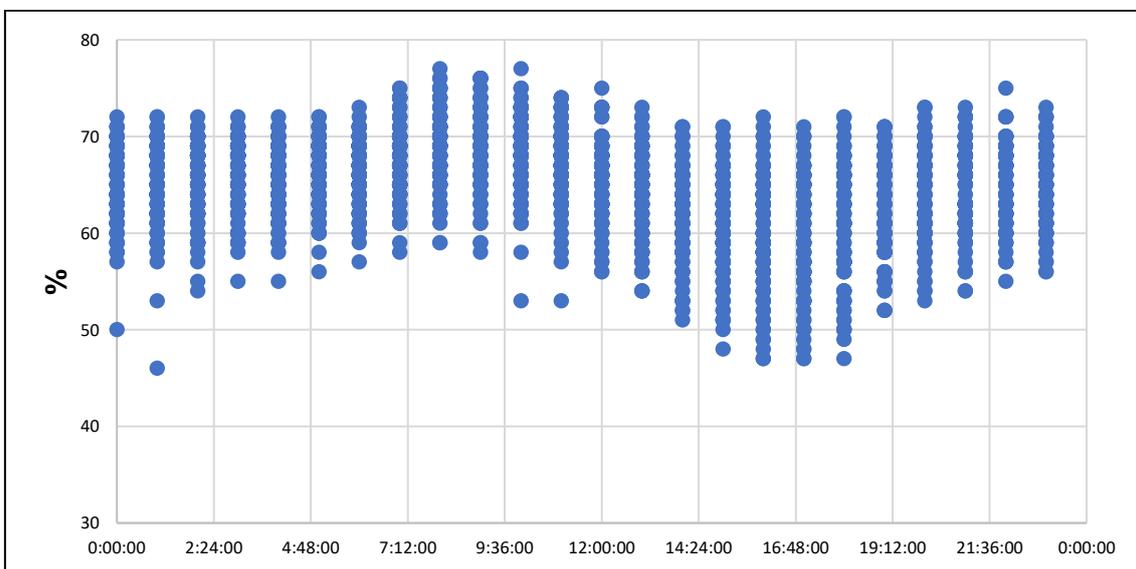


Figura 3.12 Comportamiento de la humedad relativa en el dormitorio #2

Fuente: El autor

(5). Dormitorio #3

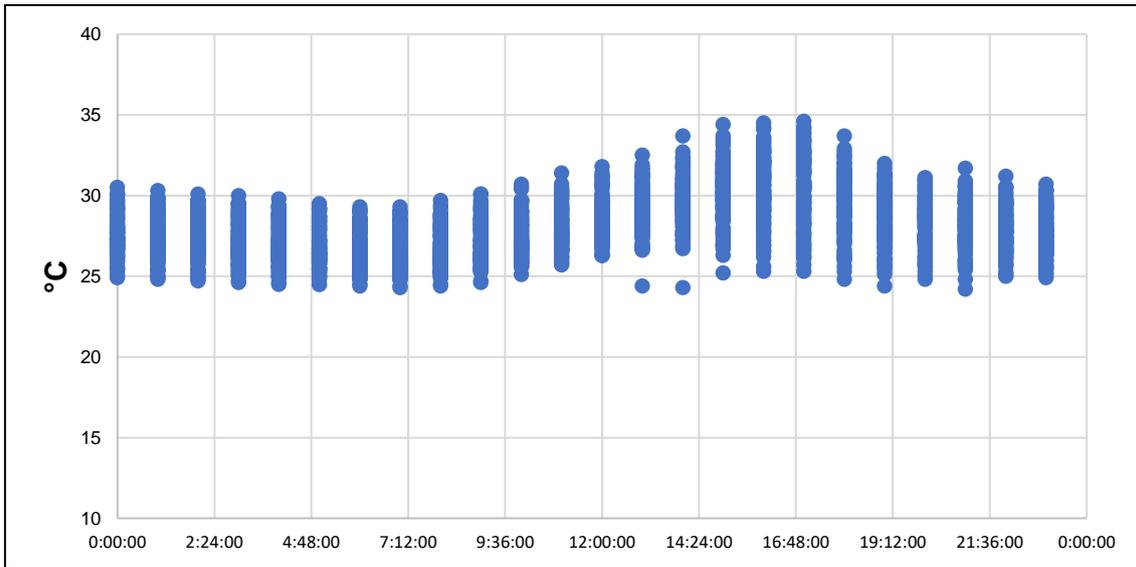


Figura 3.13 Comportamiento de la temperatura en el dormitorio #3

Fuente: El autor

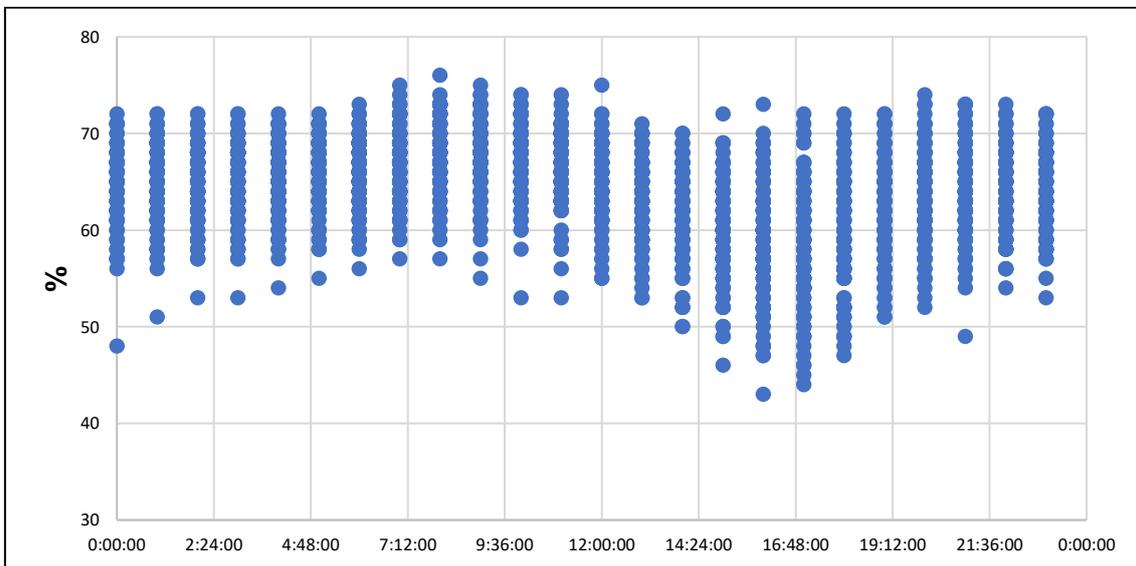


Figura 3.14 Comportamiento de la humedad relativa en el dormitorio #3

Fuente: El autor

Exterior:

(1). Pared Frontal (Fachada)

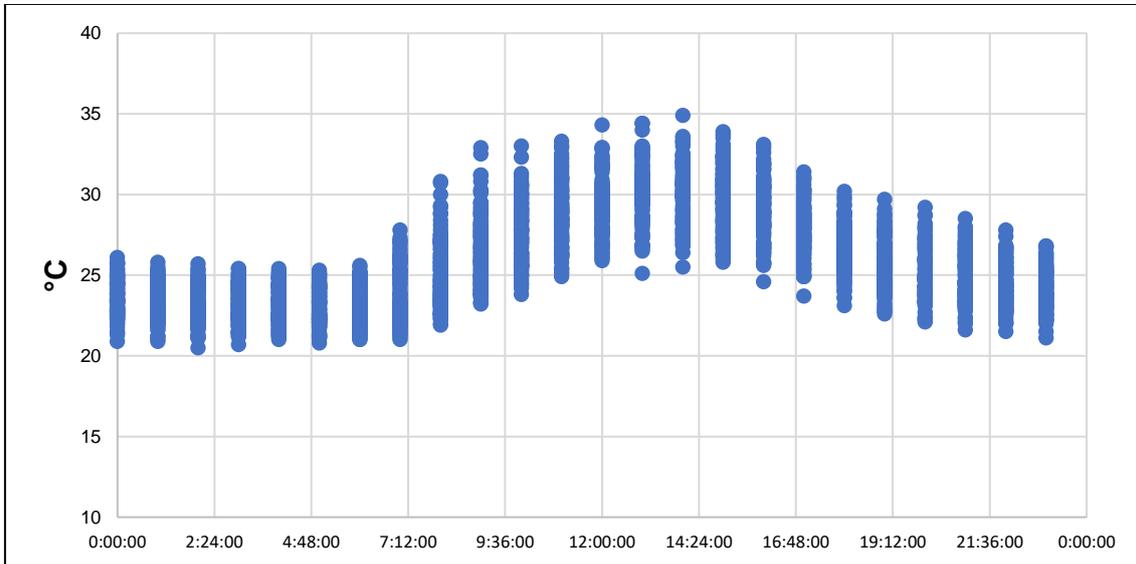


Figura 3.15 Comportamiento de la temperatura en la pared frontal

Fuente: El autor

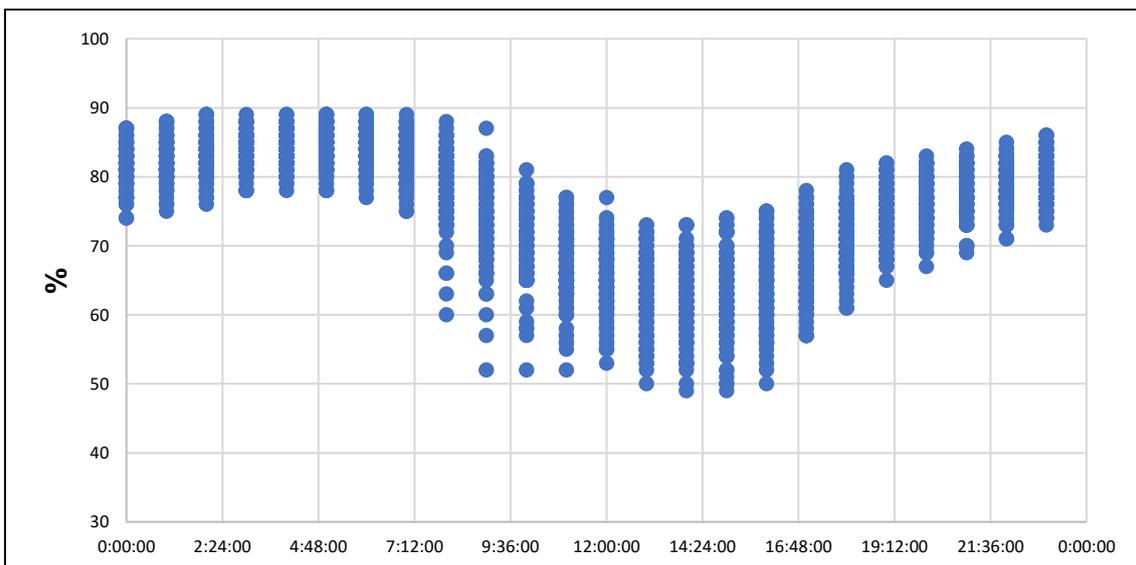


Figura 3.16 Comportamiento de la humedad relativa en la pared frontal

Fuente: El autor

(2). Pared lateral

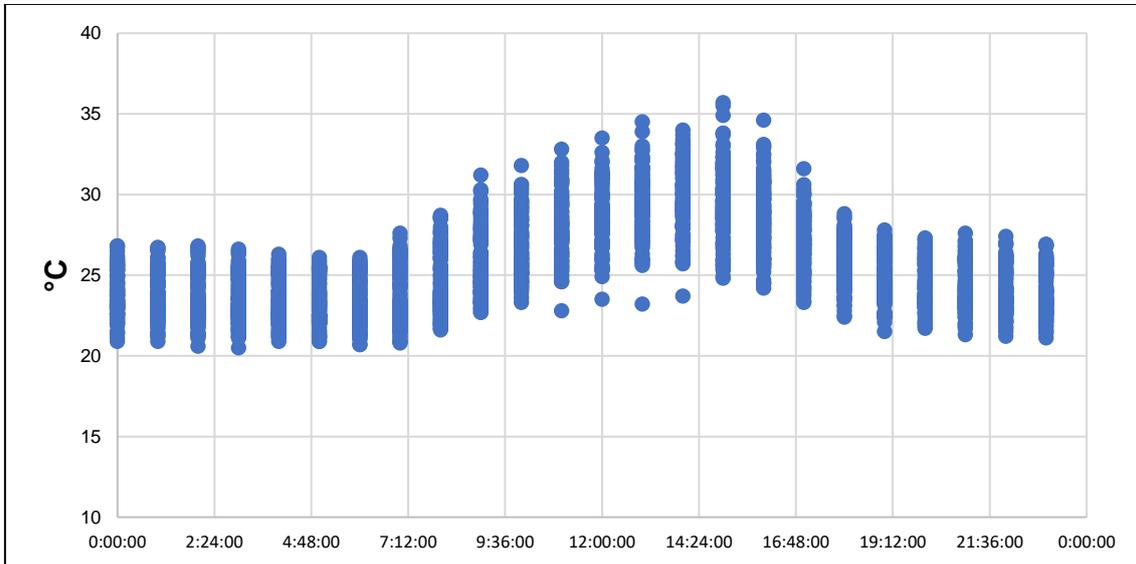


Figura 3.17 Comportamiento de la temperatura en la pared lateral

Fuente: El autor

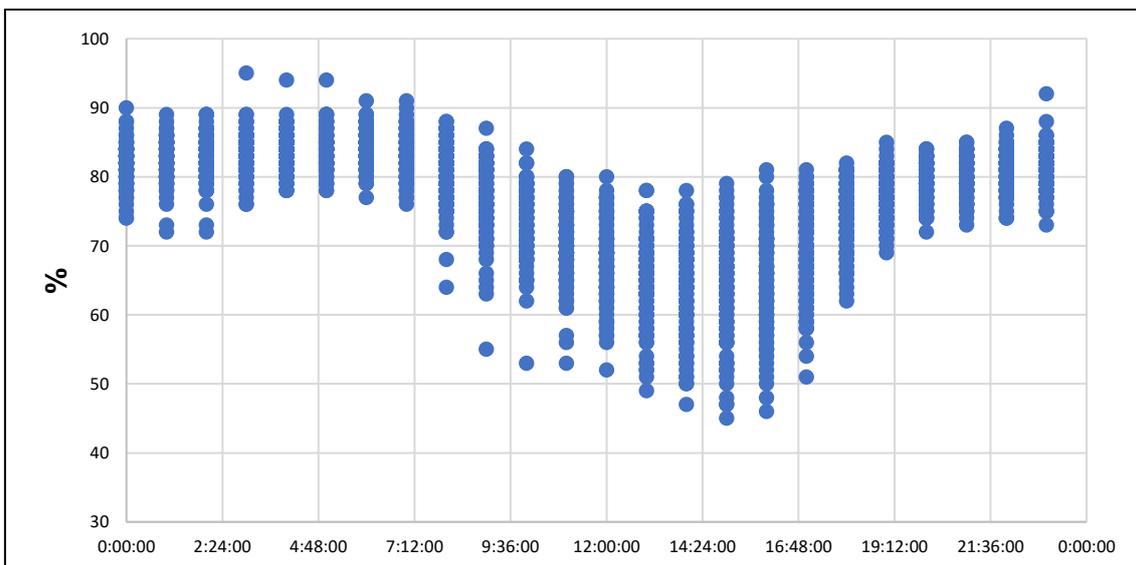


Figura 3.18 Comportamiento de la humedad relativa en la pared lateral

Fuente: El autor

(3). Pared trasera

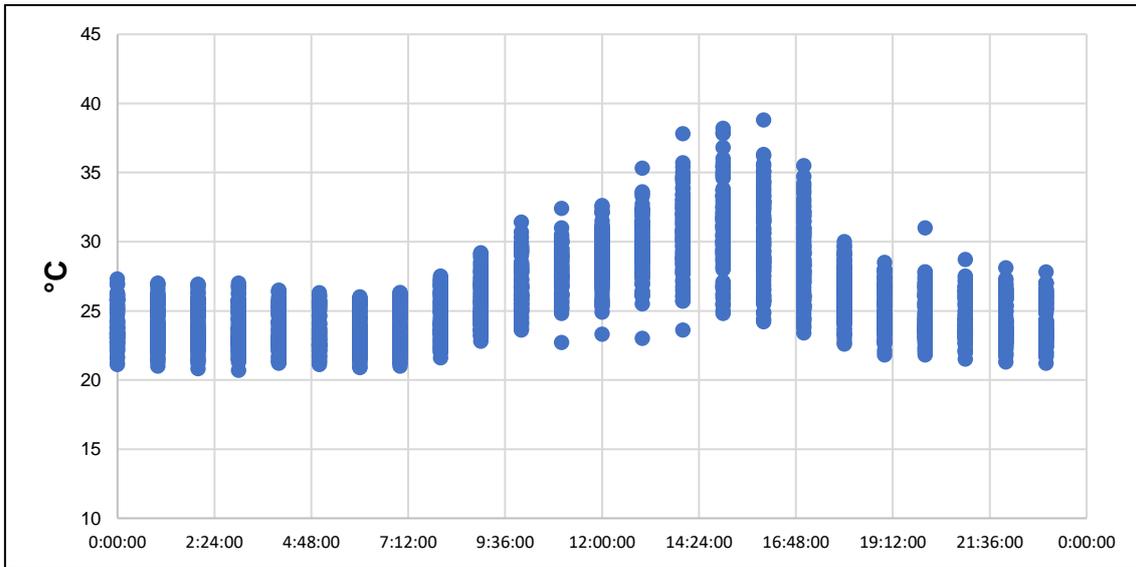


Figura 3.19 Comportamiento de la temperatura en la pared trasera

Fuente: El autor

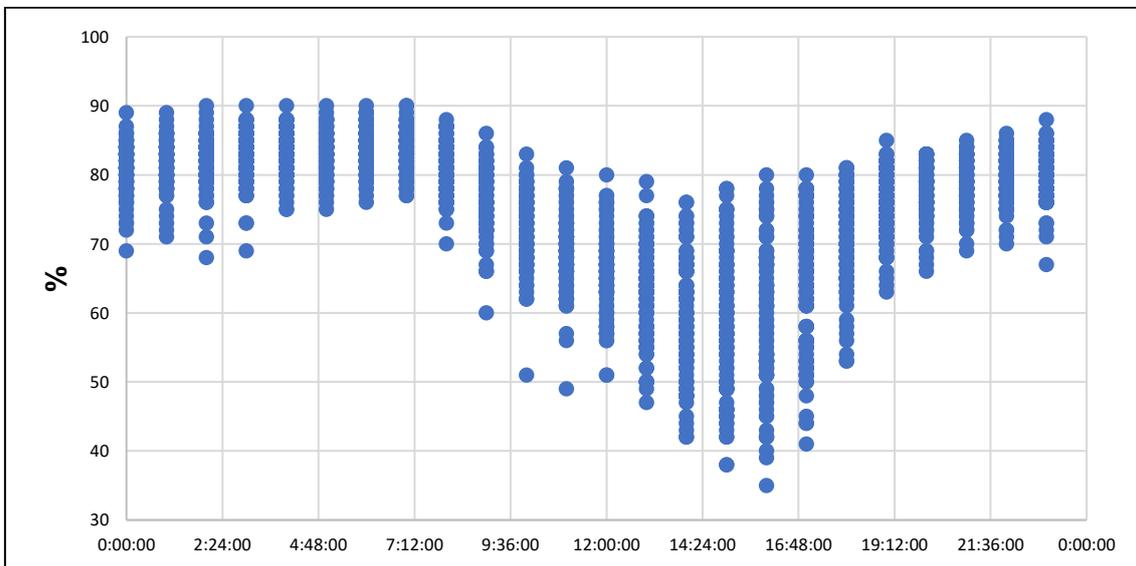


Figura 3.20 Comportamiento de la humedad relativa en la pared trasera

Fuente: El autor

3.1.4 Mediciones de Intensidad lumínica

Para este análisis se realizaron mediciones de la intensidad lumínica en las diferentes áreas de la habitación, con los siguientes resultados:

Tabla 17 Mediciones de intensidad lumínica en la vivienda Caso Estudio

Áreas	LUX
Cocina	81,8
Sala	89,5
Comedor	76,7
Escalera	46
Dormitorio #1	84,4
Dormitorio #2	21,9
Dormitorio #3	17,2

Fuente: El autor

3.1.5 Mediciones realizadas con la cámara termográfica

La utilización de una cámara termográfica en la inspección de la vivienda “Caso Estudio” permite evaluar la envolvente del edificio con el objetivo de determinar su eficiencia energética e identificar las ganancias de calor. Este dispositivo es capaz de visualizar las diferencias de temperatura en las superficies de la vivienda, lo que facilita la detección de áreas problemáticas que pueden estar afectando el rendimiento energético.

Durante la inspección, la cámara termográfica captura imágenes térmicas que muestran las variaciones de temperatura en elementos como paredes, techos, ventanas y puertas. Estas imágenes son esenciales para detectar puntos de fuga de calor, puentes térmicos y zonas con aislamiento deficiente. Por ejemplo, si una pared presenta una temperatura más baja en comparación con el resto, podría indicar una fuga de aire o un aislamiento insuficiente. Del mismo modo, áreas con temperaturas más altas pueden señalar ganancias de calor no deseadas, como la entrada de calor a través de ventanas mal aisladas.

Identificar estos problemas es crucial para implementar soluciones que mejoren la eficiencia energética de la vivienda. Al sellar las fugas de aire y mejorar el aislamiento, se puede reducir la pérdida de calor en invierno y minimizar las ganancias de calor en verano. Esto no solo disminuye el consumo de energía, sino que también reduce las facturas de servicios públicos y mejora el confort interior.

De la inspección realizada a las 3:15 pm del día 10/12/2023 en la vivienda “Caso estudio” se presentan los siguientes resultados:

Temperatura Exterior: 42°C

Humedad Relativa: 36.7%

Emisividad: 0.95

Evaluación de paredes

- Pared Frontal

Tabla 18 Evaluación de la temperatura de las paredes frontales

Detalle	Temperatura Exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Diferencia (°C)
Planta Alta	36,7	32,5	4,2
Planta Baja	36,1	32,0	4,1

Fuente: El autor

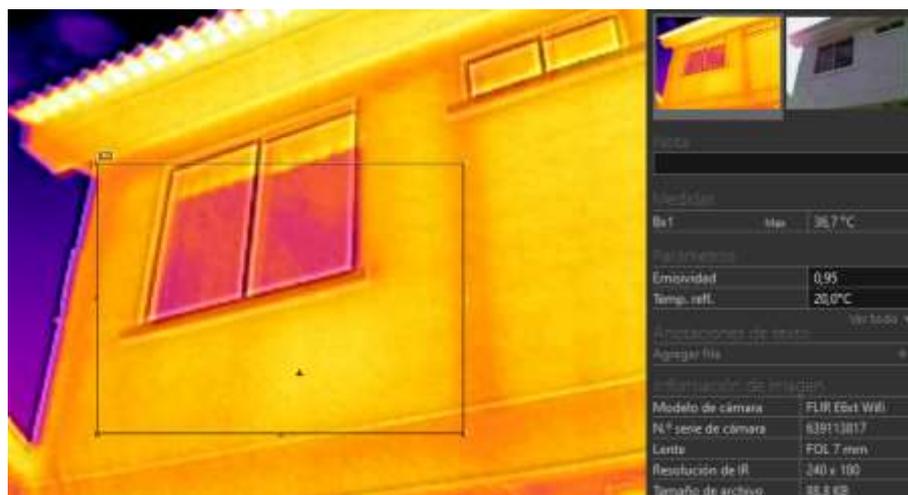


Figura 3.21 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared frontal de la planta alta

Fuente: El autor

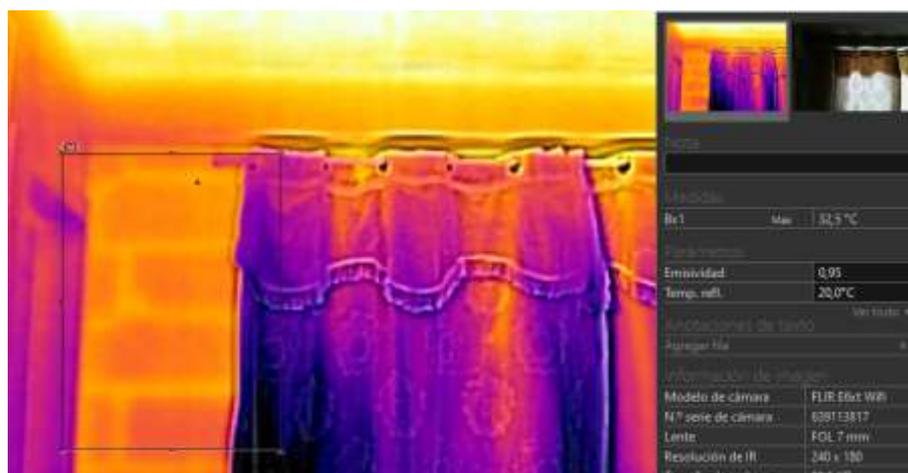


Figura 3.22 Medición de temperatura en la parte interior de la pared frontal de la planta alta

Fuente: El autor



Figura 3.23 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared frontal de la planta baja

Fuente: El autor

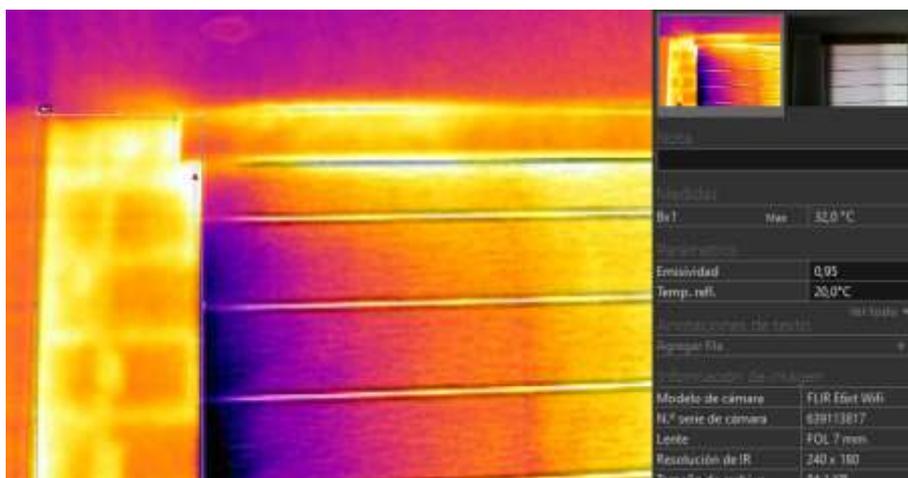


Figura 3.24 Medición de temperatura en la parte interior de la pared frontal de la planta baja

Fuente: El autor

- **Pared Lateral**

Tabla 19 Evaluación de la temperatura de las paredes laterales

Detalle	Temperatura Exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Diferencia (°C)
Planta Alta	34,4	29,4	5,0
Planta Baja	39,1	33,2	5,9

Fuente: El autor



Figura 3.25 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared lateral de la planta alta

Fuente: El autor

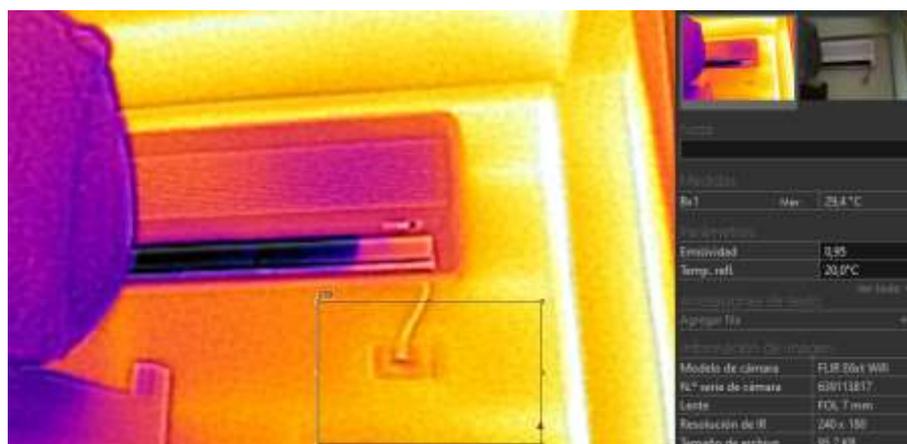


Figura 3.26 Medición de temperatura en la parte interior de la pared lateral de la planta alta

Fuente: El autor



Figura 3.27 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared lateral de la planta baja

Fuente: El autor



Figura 3.28 Medición de temperatura en la parte interior de la pared lateral de la planta baja

Fuente: El autor

- **Pared Fachada Posterior**

Tabla 20 Evaluación de la temperatura de las paredes de la fachada posterior

Detalle	Temperatura Exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Diferencia (°C)
Planta Alta	37,4	29,8	7,6
Planta Baja	38,2	33,9	4,3

Fuente: El autor

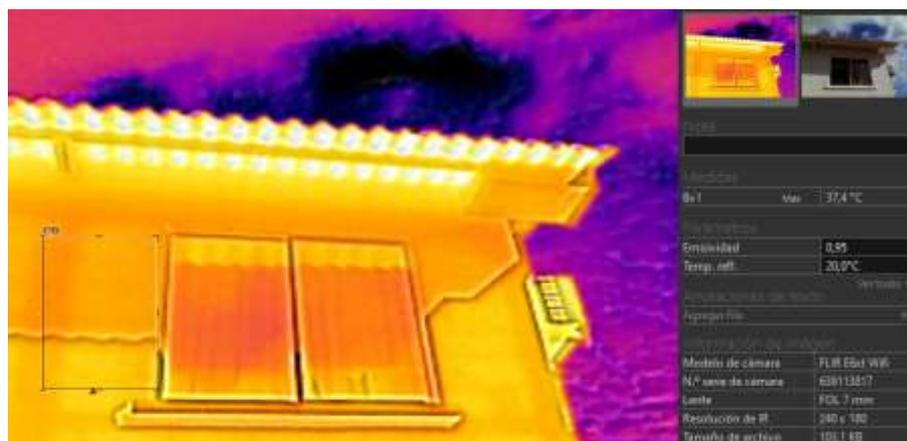


Figura 3.29 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared de la fachada posterior de la planta alta

Fuente: El autor

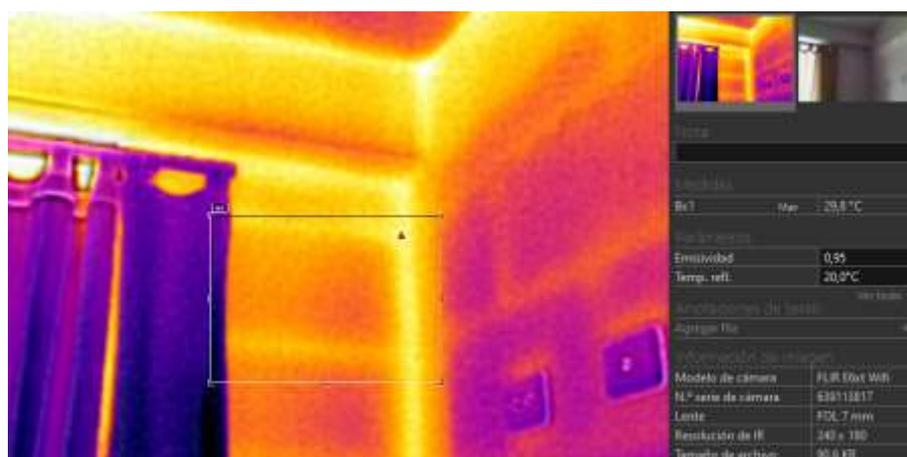


Figura 3.30 Medición de temperatura en la parte interior de la pared de la fachada posterior de la planta alta

Fuente: El autor

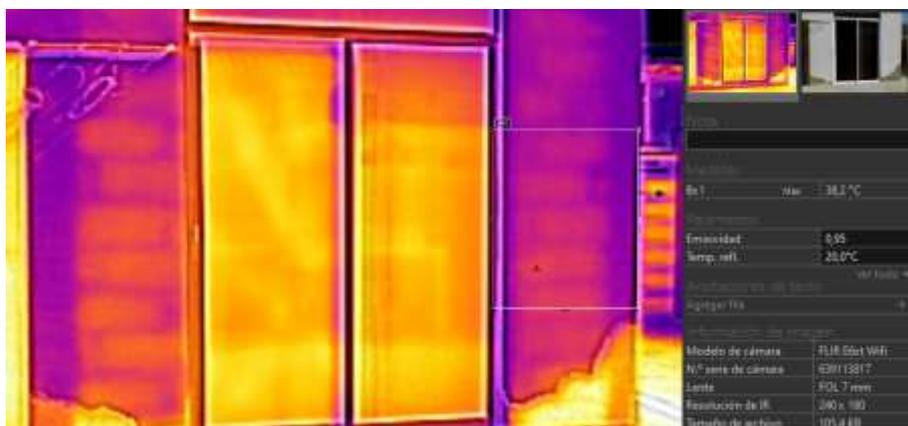


Figura 3.31 Medición de temperatura en la parte exterior de la pared de la fachada posterior de la planta baja

Fuente: El autor



Figura 3.32 Medición de temperatura en la parte interior de la pared de la fachada posterior de la planta baja

Fuente: El autor

- **Techo**

Tabla 21 Evaluación de la temperatura del techo

Detalle	Temperatura Exterior (°C)	Temperatura Interior (°C)	Diferencia (°C)
Techo	46,1	36,1	10,0

Fuente: El autor

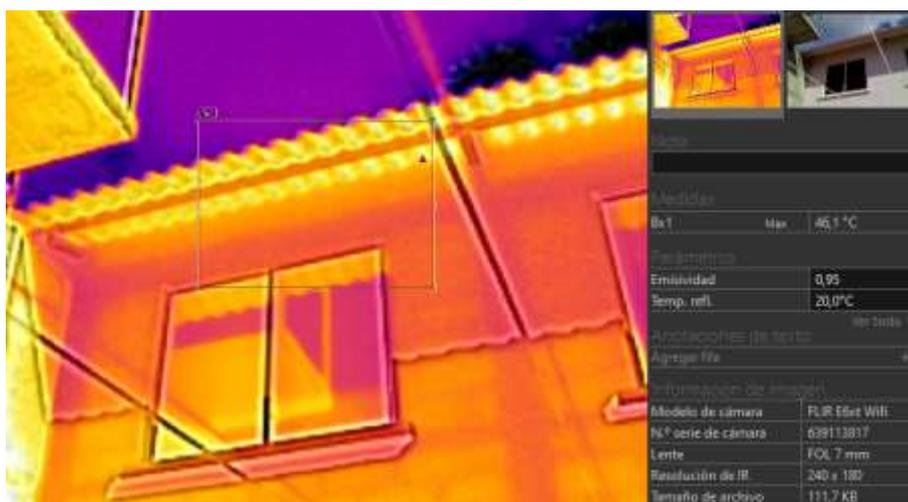


Figura 3.33 Medición de temperatura en la parte exterior del techo

Fuente: El autor

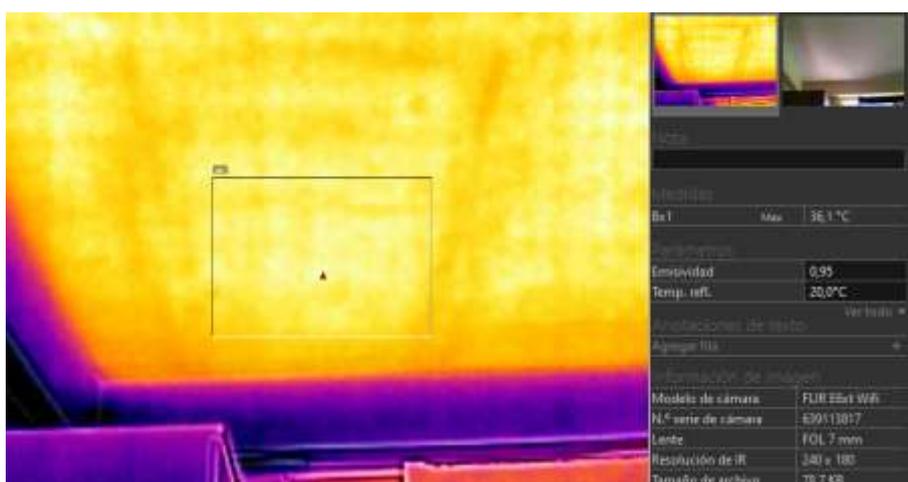


Figura 3.34 Medición de temperatura en la parte interior del techo

Fuente: El autor

3.2 Resultados de encuestas

3.2.1 Información General

Las diez viviendas encuestadas están ubicadas en cinco urbanizaciones diferentes del cantón Manta, y presentan características de uso y distribución de espacios similares. En la **Tabla 22** se presenta una codificación para presentar los resultados de cada vivienda, este código está construido con las iniciales de la urbanización de hasta dos letras y dos dígitos haciendo referencia al orden de presentación, el adosamiento y la fecha de las encuestas se encuentra en la **Tabla 23**.

Tabla 22 Códigos asignados a las viviendas

Urbanización	Cristal Azul3	Ciudad del Sol	Sariland	Terrazas Santa María	Maratea
Código	CA-01 CA-02	CS-03 CS-04	SD-05 SD-06	TS-07 TS-08	MA-09 MA-10

Fuente: El autor

Tabla 23 Adosamiento de la vivienda y fecha de la encuesta realizada

Código de Vivienda	Adosamiento		Fecha de la encuesta
	Independiente	Lateral Derecho	
CA-01	x		13-06-2024
CA-02	x		13-06-2024
CS-03		x	13-06-2024
CS-04		x	13-06-2024
SD-05		x	16-06-2024
SD-06		x	16-06-2024
TS-07	x		14-06-2024
TS-08	x		14-06-2024
MA-09	x		14-06-2024
MA-10	x		14-06-2024

Fuente: El autor

3.2.2 Características de la Vivienda

Las viviendas constan de dos plantas, con una distribución de espacios que incluye sala, comedor, cocina y tres habitaciones.

A continuación, se realiza el análisis de la antigüedad y superficie de construcción de la muestra de viviendas encuestadas.

Tabla 24 Antigüedad y superficie de construcción

Código de Vivienda	Año de Construcción	Edad de la Vivienda [años]	Superficie de Construcción [m ²]
CA-01	2023	1	100
CA-02	2023	1	100
CS-03	2002	22	100
CS-04	2002	22	100
SD-05	2014	10	72
SD-06	2014	10	72
TS-07	2018	6	105
TS-08	2018	6	105
MA-09	2014	10	106
MA-10	2014	10	106

Fuente: El autor

La edad promedio de las viviendas es de 9,8 años, el rango entre las superficies de construcción es de 72 a 106 [m²] y el promedio se encuentra en 96,6 [m²].

Tabla 25 Características constructiva del techo y envolvente

Código de Vivienda	Tipo de Techo	Altura del techo en la Planta Baja [cm]	Altura del techo en la Planta Alta [cm]	Espesor de envolventes [cm]
CA-01	Galvanizado	248	247	15
CA-02	Galvanizado	248	247	15
CS-03	Eternit	251	238	10
CS-04	Eternit	251	238	10
SD-05	Eternit	270	272	10
SD-06	Eternit	270	272	10
TS-07	Hormigón Armado	300	300	15
TS-08	Hormigón Armado	300	300	15
MA-09	Hormigón Armado	300	300	20
MA-10	Hormigón Armado	300	300	20

Fuente: El autor

Entre los materiales más representativos para los techos se encuentran el Eternit y Losas de Hormigón, con una menor representación los techos galvanizados. En las viviendas encuestadas no se evidenciaron techos de zinc.

El rango de la altura de los techos para la planta baja y alta se encuentra entre 2,4 y 3 [m] y el promedio en 2,7 [m].

El grosor de las paredes se relaciona con el material usado en su construcción, en las encuestas realizadas se evidencia que las paredes son generalmente de 10, 15 y 20 cm **Tabla 25.**

Con los datos recolectados en las encuestas se procede a calcular la relación ventana/pared de cada vivienda.

Tabla 26 Relación de ventana/pared de las viviendas

Código de vivienda	Pared	Área Total de Ventana	Área Total de Pared	Relación Ventana/Pared WWr
CA-01	Fachada Frontal	5,6	17,0	32,6%
	Fachada Posterior	9,8	29,8	32,7%
CA-02	Fachada Frontal	5,7	17,3	32,9%
	Fachada Posterior	9,5	29,9	31,6%
CS-03	Fachada Frontal	4,3	15,5	27,6%
	Fachada Posterior	8,9	28,7	31,1%
CS-04	Fachada Frontal	4,2	15,4	27,2%
	Fachada Posterior	8,7	28,8	30,2%
SD-05	Fachada Frontal	4,7	13,0	36,2%
	Fachada Posterior	9,6	25,8	37,3%
SD-06	Fachada Frontal	4,4	12,8	34,5%
	Fachada Posterior	9,7	26,2	36,8%
TS-07	Fachada Frontal	6,1	14,7	41,9%
	Fachada Posterior	4,5	18,8	23,9%
	Lateral Derecha	4,4	7,6	58,2%
TS-08	Fachada Frontal	6,2	14,9	41,4%
	Fachada Posterior	4,5	18,9	23,7%
	Lateral Derecha	4,3	7,5	57,3%
MA-09	Fachada Frontal	7,0	21,0	33,3%
	Fachada Posterior	7,9	42,0	18,8%
MA-10	Fachada Frontal	7,1	21,0	33,6%
	Fachada Posterior	8,0	42,1	18,9%
WWr General		144,9	468,7	30,9%

Fuente: El autor

La relación ventana/pared debe ser cuidadosamente planificada, considerando la orientación, el aislamiento y la eficiencia térmica de las ventanas para cumplir con los objetivos de eficiencia energética y confort en el interior del edificio. Estos valores no son rígidos y deben adaptarse a las características específicas de cada edificio y su ubicación, pero de manera superficial se suelen recomendar de 15% al 25% en climas fríos y 30% al 40% en climas cálidos.

Los resultados de la relación ventana/pared de las viviendas encuestadas **Tabla 26** se encuentran con un promedio de 30,9%, lo cual es muy bueno para la iluminación natural, pero al utilizar un vidrio convencional, lo cual incrementa las ganancias de calor en las zonas climatizadas, el detalle de cada vivienda se encuentra desde la **Tabla 67** hasta la **Tabla 76**.

3.2.3 Vectores energéticos consumidos en la Vivienda

3.2.3.1 Combustibles fósiles

Uno de los vectores energéticos más utilizados es el GLP, en el cual se determina que una vivienda en promedio utiliza 11.5 cilindros de 15 kg de GLP al año **Figura 3.35** y que el 77% se lo utiliza para la cocción de los alimentos, 15% para el calentamiento de agua y 8% para secado de ropa **Figura 3.36**

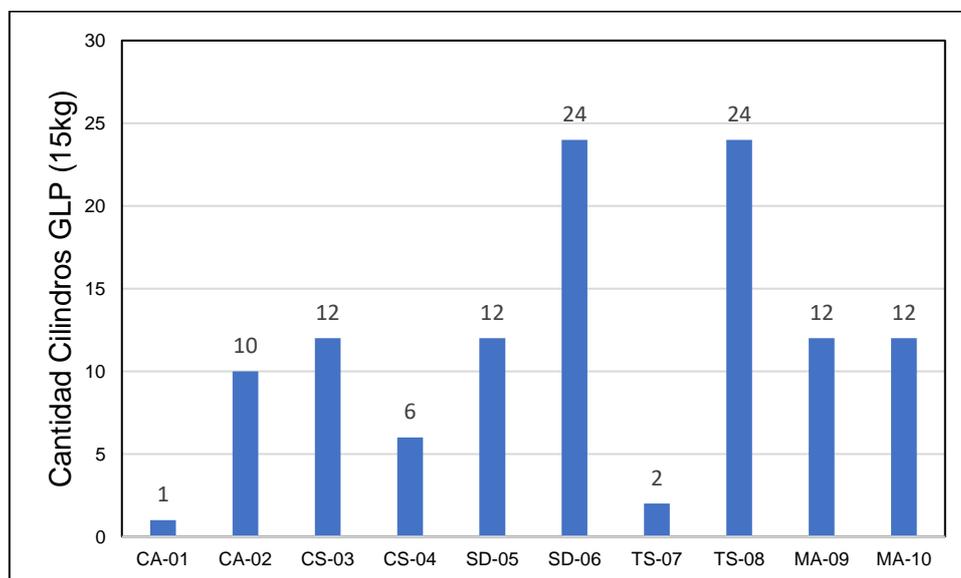


Figura 3.35 Consumo de cilindros (15 kg) de GLP anual por vivienda

Fuente: El autor

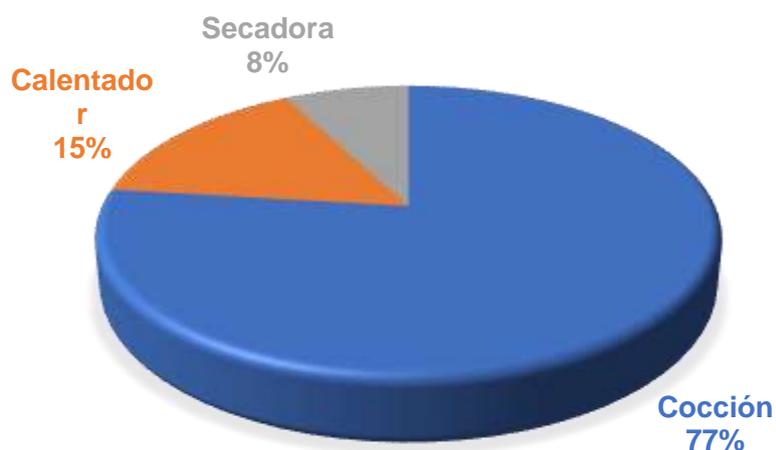


Figura 3.36 Uso final de cilindros (15 kg) de GLP

Fuente: El autor

Tabla 27 Consumo promedio de GLP (kg) anual por metro cuadrado

Código	Consumo de GLP [kg]	Área de construcción [m ²]	kg/ m ²
CA-01	15	100	0.2
CA-02	150	100	1.5
CS-03	180	100	1.8
CS-04	90	100	0.9
SD-05	180	72	2.5
SD-06	360	72	5.0
TS-07	30	105	0.3
TS-08	360	105	3.4
MA-09	180	106	1.7
MA-10	180	106	1.7

Fuente: El autor

El consumo promedio anual de GLP en kg por metro cuadrado es de $1,9 \frac{kg}{m^2}$

3.2.3.2 Energía eléctrica

El 80% de las viviendas encuestadas tienen un consumo de electricidad promedio de 4071 [kWh] al año y un 20% registran consumos superiores a los 8000 [kWh] de manera anual **Figura 3.37**

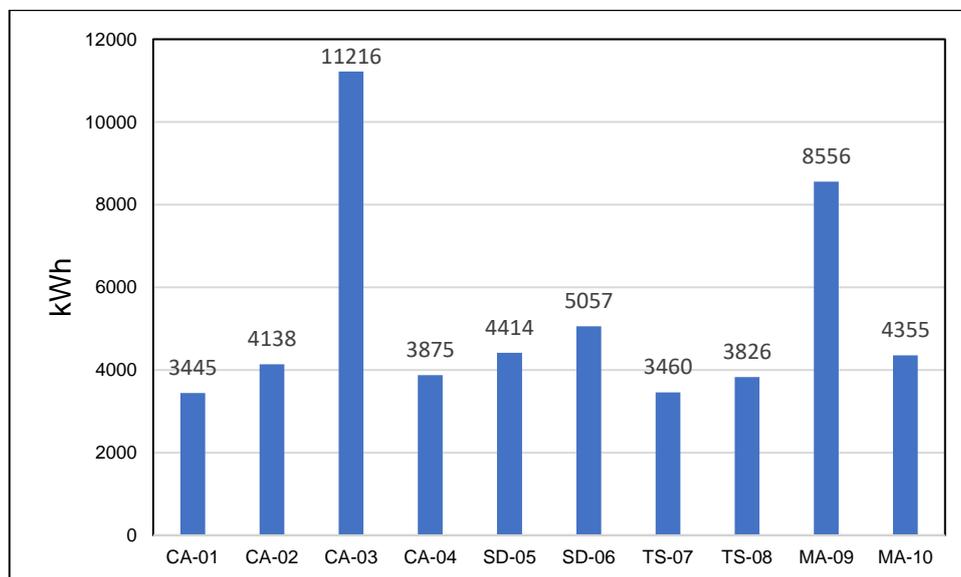


Figura 3.37 Consumo de electricidad (kWh) anual por vivienda

Fuente: El autor

Tabla 28 Consumo promedio de energía eléctrica anual por metro cuadrado

Código	Consumo de Energía		kWh/ m ²
	Eléctrica [kWh]	Área de construcción [m ²]	
CA-01	3445	100	34,5
CA-02	4138	100	41,4
CS-03	11216	100	112,2
CS-04	3875	100	38,8
SD-05	4414	72	61,3
SD-06	5057	72	70,2
TS-07	3460	105	33,0
TS-08	3826	105	36,4
MA-09	8556	106	80,7
MA-10	4355	106	41,1

Fuente: El autor

El consumo promedio anual de Energía Eléctrica (kWh) por metro cuadrado es de $54,96 \frac{kWh}{m^2}$

3.2.4 Equipamiento y Consumo

3.2.4.1 Electrodomésticos

La potencia promedio instalada en electrodomésticos es de 621,2 [W] por vivienda **Figura 3.38**, el detalle de los aires acondicionados instalados se encuentra en la **Tabla 77**.

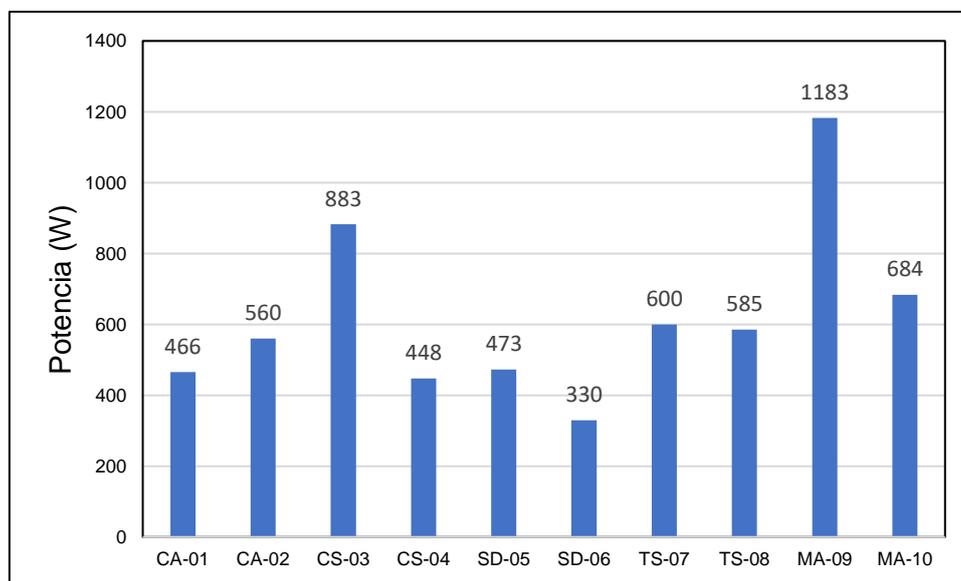


Figura 3.38 Potencia (W) instalada en electrodomésticos por vivienda

Fuente: El autor

Tabla 29 Potencia promedio instalada en electrodomésticos por metro cuadrado

Código	Potencia Total Instalada (W)	Área de construcción [m ²]	W/ m ²
CA-01	466	100	4,7
CA-02	560	100	5,6
CS-03	883	100	8,8
CS-04	448	100	4,5
SD-05	473	72	6,6
SD-06	330	72	4,6
TS-07	600	105	5,7
TS-08	585	105	5,6
MA-09	1183	106	11,2
MA-10	684	106	6,5

Fuente: El autor

La potencia promedio instalada en electrodomésticos por metro cuadrado es de $6,4 \frac{W}{m^2}$ por vivienda.

3.2.4.2 Climatización

La potencia promedio instalada en equipo de climatización es de 3670 [W] por vivienda **Figura 3.39**, el detalle de los aires acondicionados instalados se encuentra en la **Tabla 78**.

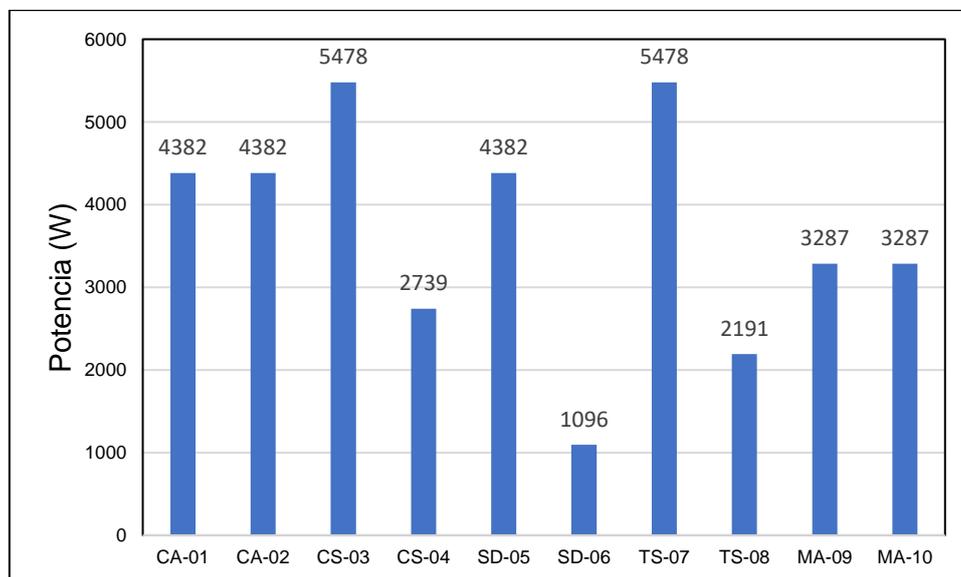


Figura 3.39 Potencia (W) instalada en equipo de climatización por vivienda

Fuente: El autor

Tabla 30 Potencia promedio instalada en equipos de climatización por metro cuadrado

Código	Potencia Total	Área de construcción	W/ m ²
	Instalada (W)	[m ²]	
CA-01	4382	100	43,8
CA-02	4382	100	43,8
CS-03	5478	100	54,8
CS-04	2739	100	27,4
SD-05	4382	72	60,9
SD-06	1096	72	15,2
TS-07	5478	105	52,2
TS-08	2191	105	20,9
MA-09	3287	106	31,0
MA-10	3287	106	31,0

Fuente: El autor

La potencia promedio instalada en equipos de climatización por metro cuadrado es de $38,1 \frac{W}{m^2}$ por vivienda.

3.2.5 Hábitos de Consumos

La información recopilada evidencia que generalmente las viviendas son ocupadas por 4 personas, en la mitad de los casos analizados se cuenta con la presencia de niños **Figura 3.40**

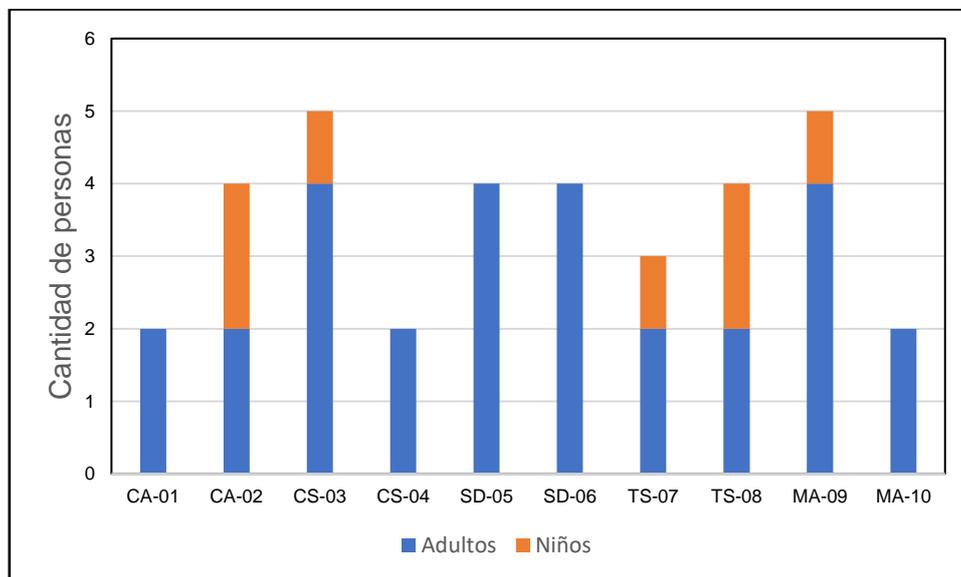


Figura 3.40 Cantidad de personas por vivienda

Fuente: El autor

Entre semana, la mitad de los encuestados afirmaron que se preparan alimentos 3 veces al día, lo que identifica el constante uso de recursos para realizar dicha acción **Figura 3.41**. Por otro lado, los fines de semana representan días de menor uso del electrodoméstico **Figura 3.42**

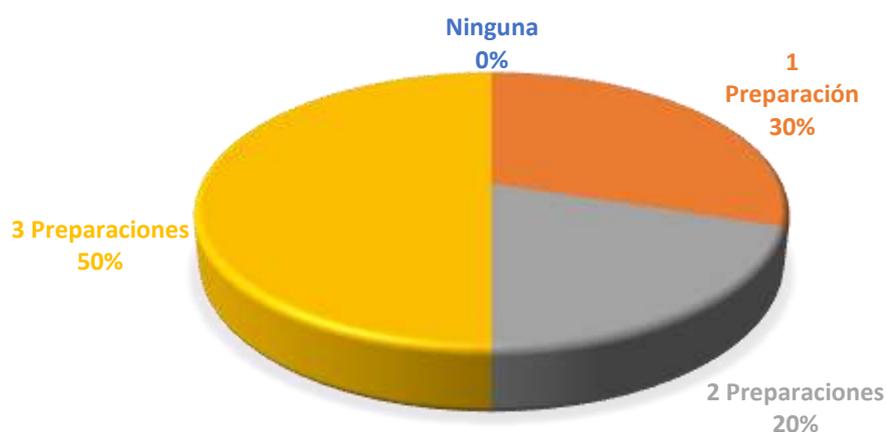


Figura 3.41 Porcentaje de preparaciones de alimentos realizadas de lunes a viernes

Fuente: El autor

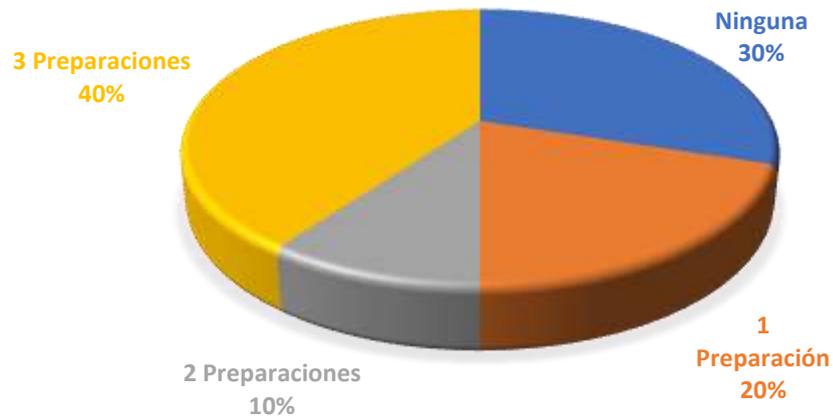


Figura 3.42 Porcentaje de preparaciones de alimentos realizadas de sábado y domingo

Fuente: El autor

Se evidencia que el 50% de las viviendas cuentan con mascotas **Figura 3.43**



Figura 3.43 Porcentaje de mascotas en viviendas encuestadas

Fuente: El autor

3.2.6 Eficiencia y Mejoras

En la última parte de la encuesta, se consulta la implementación de alguna mejora en la vivienda o compra de electrodomésticos para aumentar el ahorro o la eficiencia energética. Sorpresivamente, solamente el dos viviendas TS-07 y MA-09. contestaron “Si” mientras que en el resto de viviendas los encuestados respondieron “No” **Figura 3.44**. Sin embargo, siete viviendas respondieron “Si” a la pregunta referente a ejecutar mejoras de eficiencia energética en su vivienda **Figura 3.45**. Lo que se infiere que existe un interés en disminuir el consumo energético ya que esto implica una reducción en el costo de facturación, pero existe una resistencia al cambio debido a la inversión que se debe hacer para implementar correcciones en la vivienda que resulten en el uso adecuado del recurso energético.

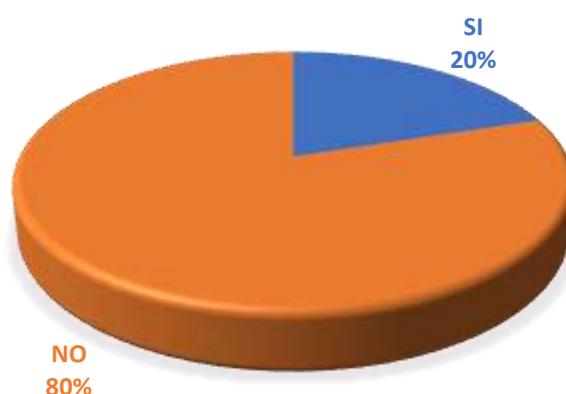


Figura 3.44 Porcentajes de viviendas que realizaron modificación para aumentar el ahorro o eficiencia energética

Fuente: El autor



Figura 3.45 Porcentaje de interés de implementar acciones para mejorar la eficiencia energética

Fuente: El autor

3.3 Simulaciones Dinámicas

3.3.1 Análisis de ganancias de calor con Design Builder

Para llevar a cabo un análisis del aislamiento de la vivienda "Caso Estudio", es fundamental desarrollar un modelo energético que simule el funcionamiento del sistema de aire acondicionado. Este modelo debe basarse en los registros de consumo eléctrico y garantizar el confort térmico bajo diversas condiciones climáticas. Un modelo bien diseñado permite que el sistema de aire acondicionado responda de manera eficiente a las fluctuaciones de temperatura, optimizando así su rendimiento energético y asegurando un uso más sostenible de los recursos.

Para el diseño del sistema de aislamiento térmico se realiza un estudio de la envolvente térmica de la vivienda "Casa Estudio" analizada por medio del programa de diseño Design Builder, con el objetivo de evaluar el consumo de energía eléctrica para el sistema de climatización y el confort térmico.

3.3.1.1 Comportamiento de temperatura y humedad relativa de la vivienda "Caso estudio"

Del análisis realizado a la climatización de la vivienda "Caso Estudio", se determinó que el aire acondicionado del área denominada "Cuarto #1" representa el mayor consumo energético. Por lo tanto, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de todos los días de una semana, utilizando los registros obtenidos desde el 22 de noviembre de 2023 hasta el 7 de abril de 2024. De estos registros, se seleccionaron los comportamientos de cada día de la semana y se eligió el día que presentó la mayor temperatura externa. Con esta fecha, se evaluaron los consumos energéticos, la temperatura interna y la humedad relativa, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 31 Detalle térmico y consumo eléctrico del "Cuarto #1"

Detalle		Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Valores Promedio
Funcionamiento de AA	Enciende	21:30	22:30	20:15	21:30	22:15	14:15	20:30	20:23
	Apaga	3:30	3:30	6:00	4:30	3:15	5:00	8:30	4:53
	Horas Funcionamiento	6:00	5:00	9:45	7:00	5:00	14:45	12:00	8:30
Consumo	kWh/Día	2,18	1,91	3,25	2,82	2,18	6,54	3,96	3,26
	kW	0,36	0,38	0,33	0,40	0,44	0,44	0,33	0,38
Temperatura Mínima de Operación Interna	°C	23,10	23,60	23,10	23,30	23,30	24,10	22,70	23,31
Temperatura externa coincidente con Interna	°C	24,50	24,60	23,50	23,30	24,60	24,70	28,90	24,87

Fuente: El autor

El comportamiento en detalle para cada día de la semana seleccionado se muestra a continuación:

Lunes

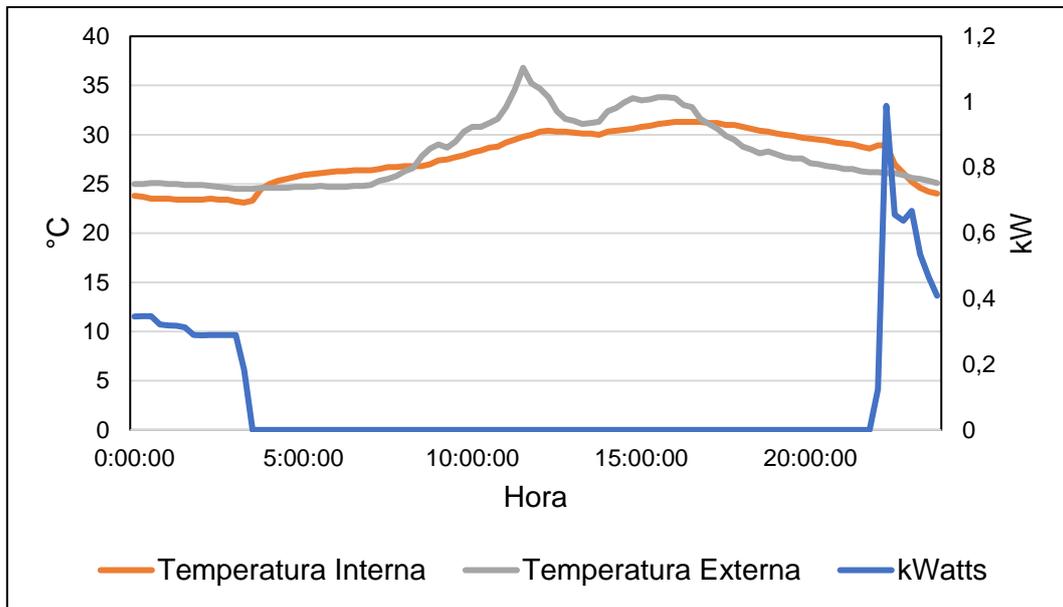


Figura 3.46 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – lunes 08/01/2024

Fuente: El autor

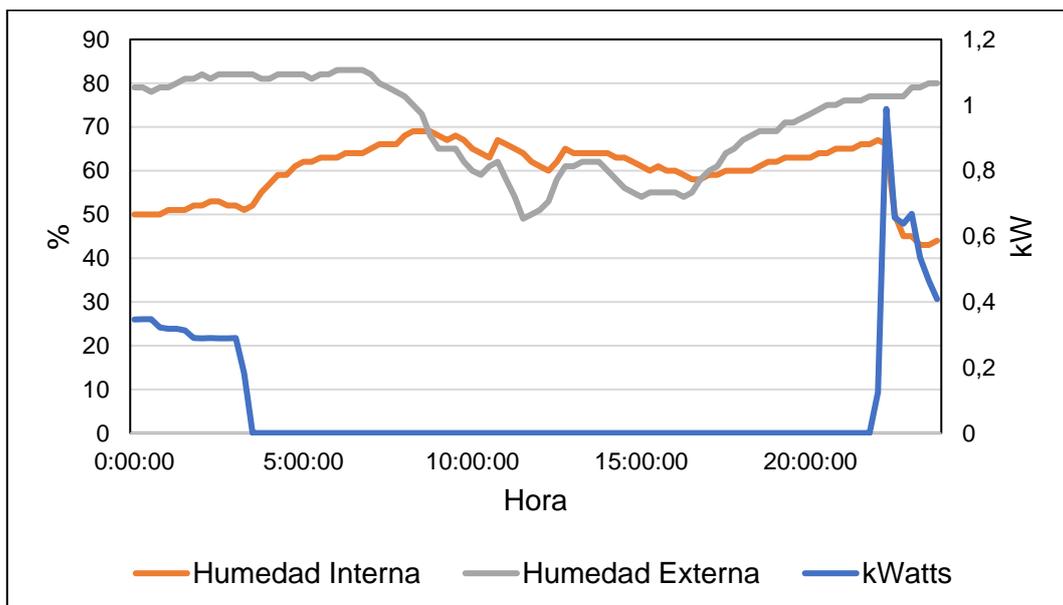


Figura 3.47 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – lunes 08/01/2024

Fuente: El autor

Martes

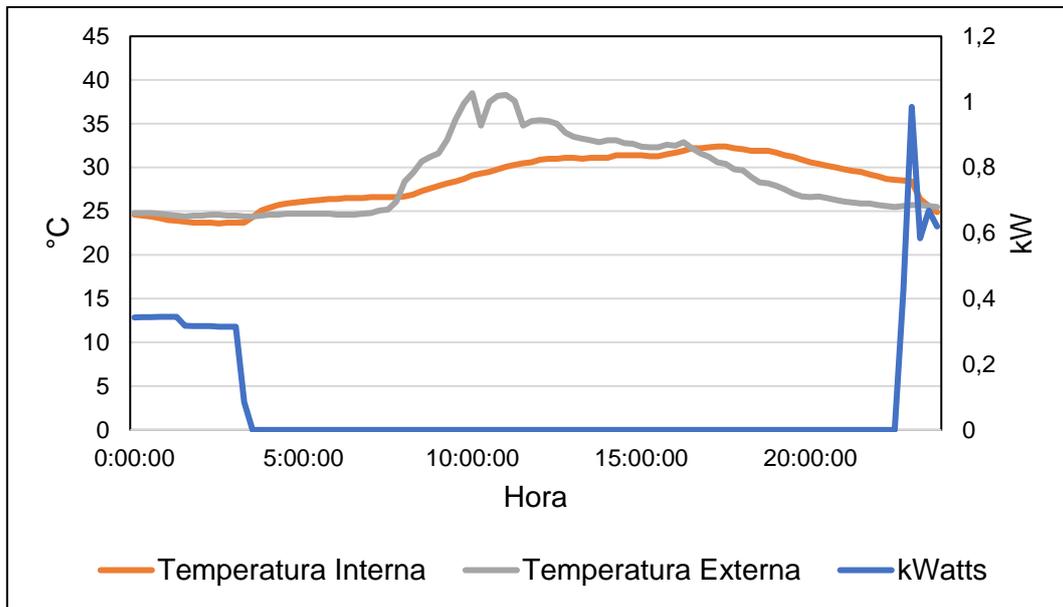


Figura 3.48 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – martes 19/12/2023

Fuente: El autor

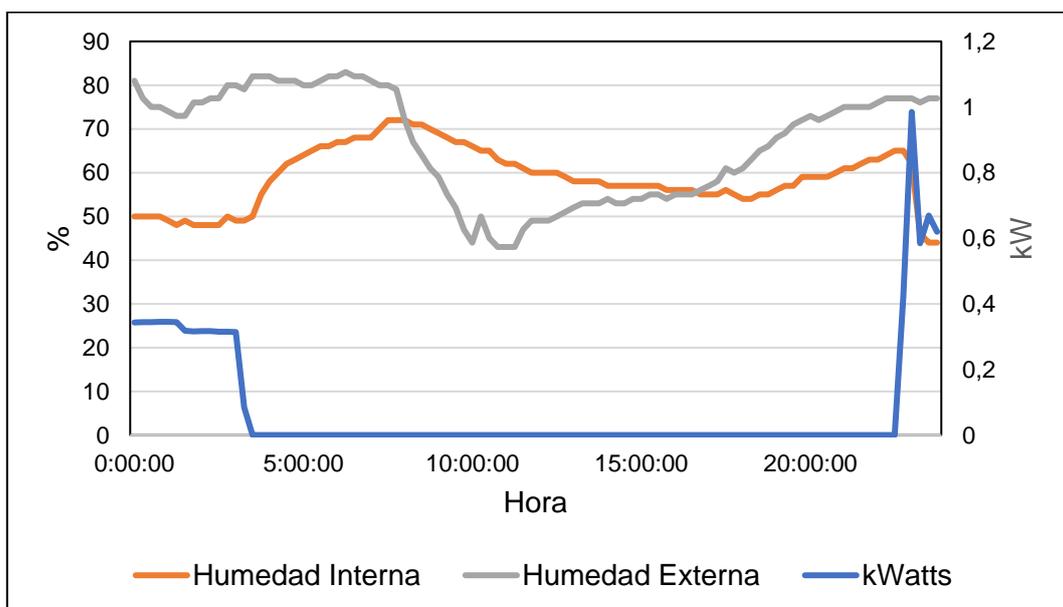


Figura 3.49 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – martes 19/12/2023

Fuente: El autor

Miércoles

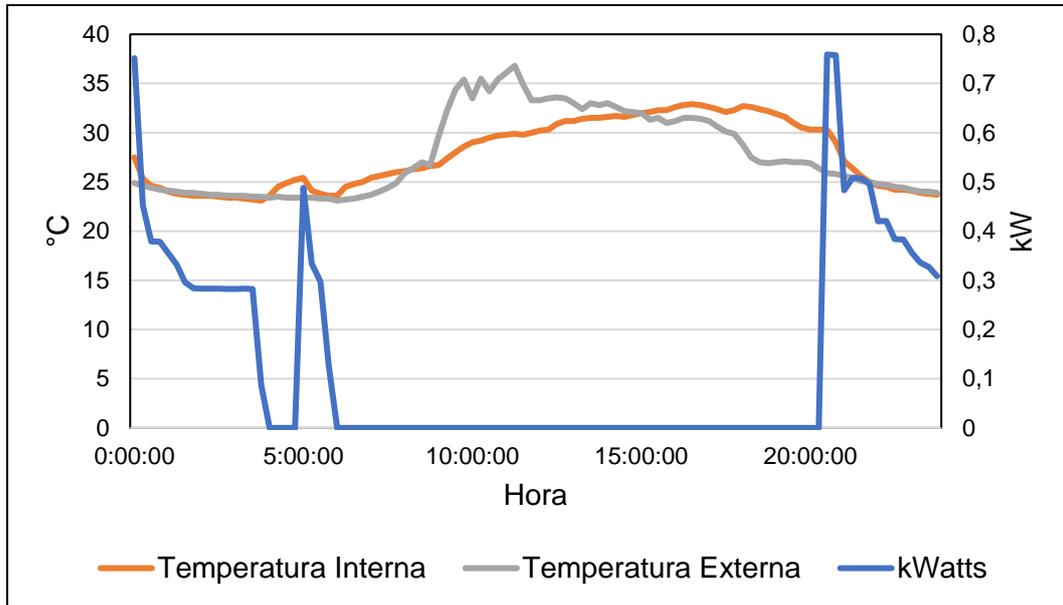


Figura 3.50 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – miércoles 29/11/2023

Fuente: El autor

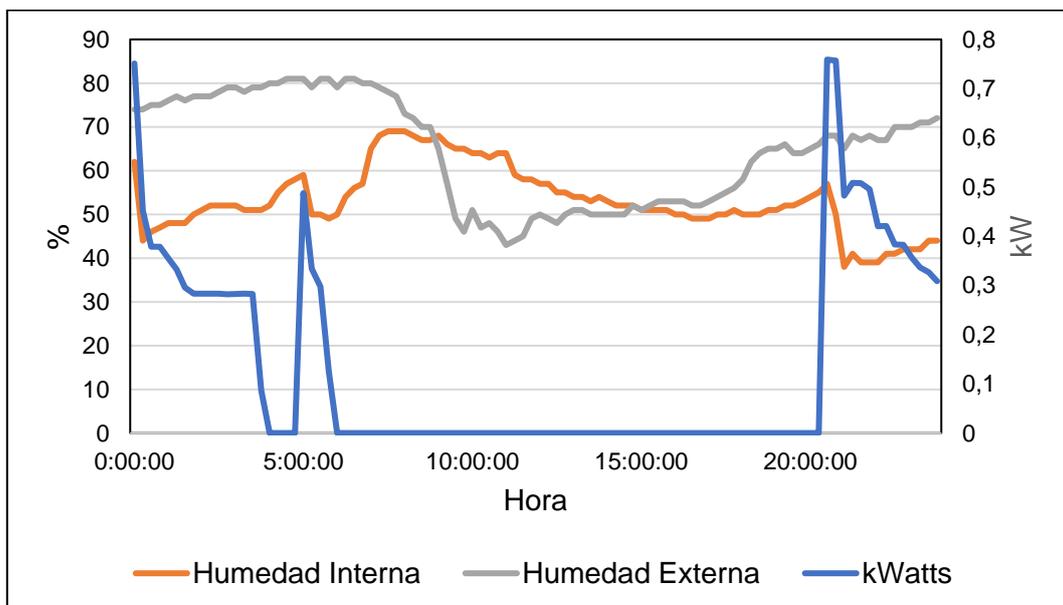


Figura 3.51 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – miércoles 29/11/2023

Fuente: El autor

Jueves

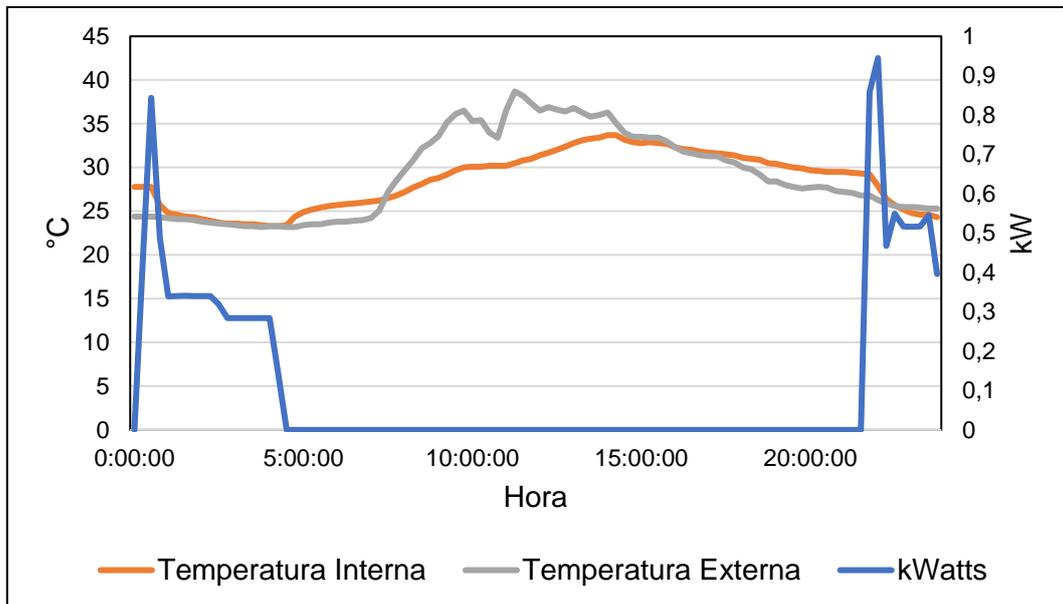


Figura 3.52 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – jueves 21/12/2023

Fuente: El autor

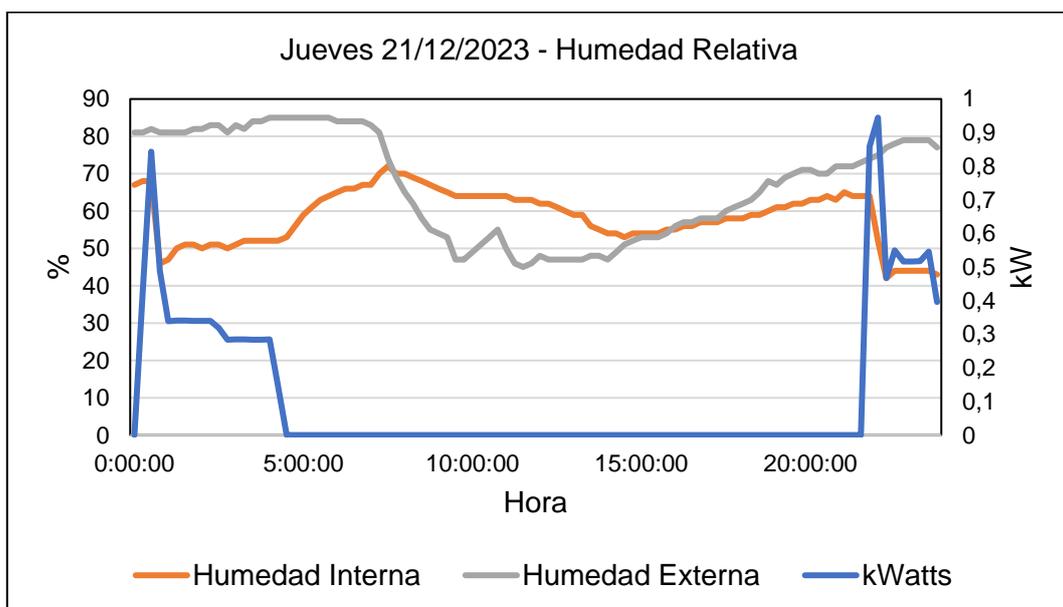


Figura 3.53 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – jueves 21/12/2023

Fuente: El autor

Viernes

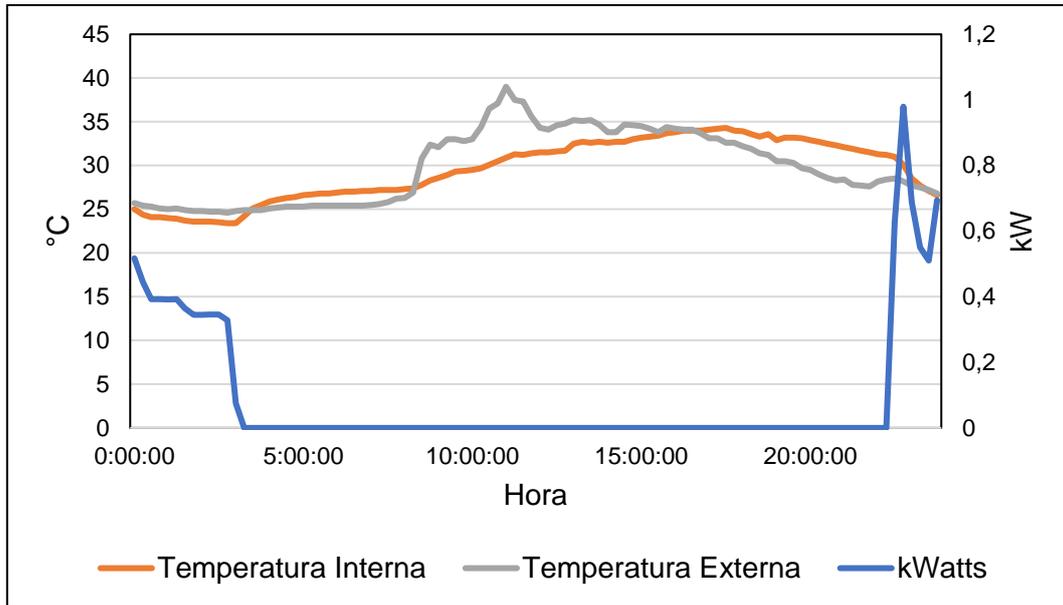


Figura 3.54 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – viernes 26/01/2024

Fuente: El autor

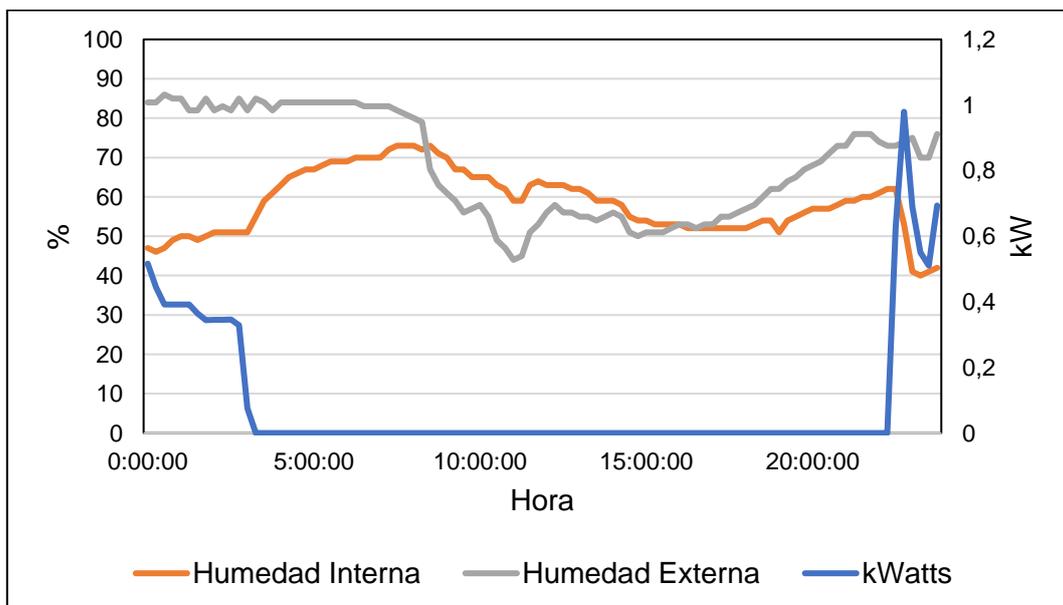


Figura 3.55 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – viernes 26/01/2024

Fuente: El autor

Sábado

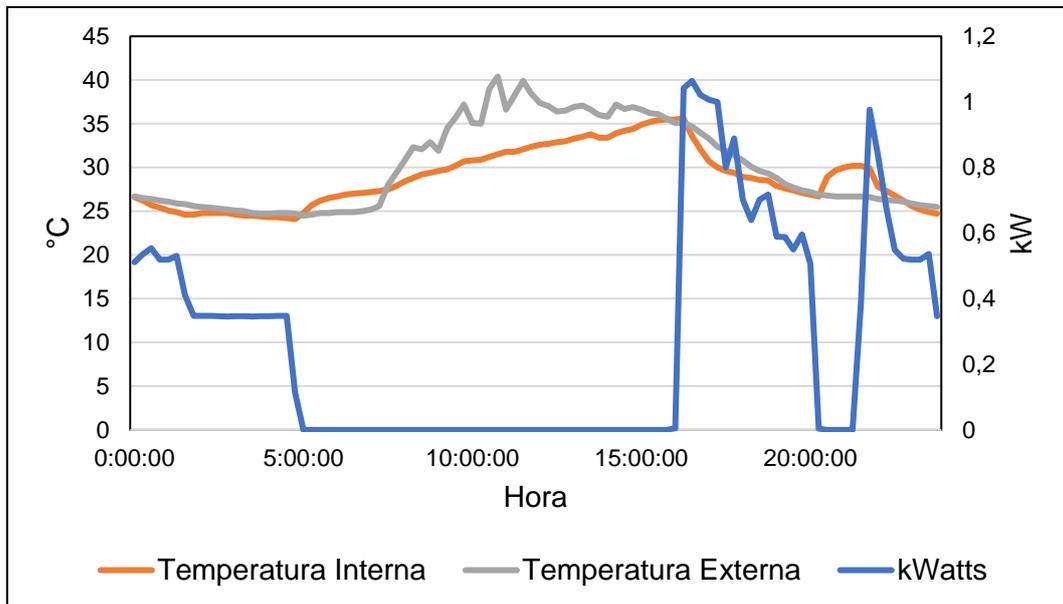


Figura 3.56 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – sábado 27/01/2024

Fuente: El autor

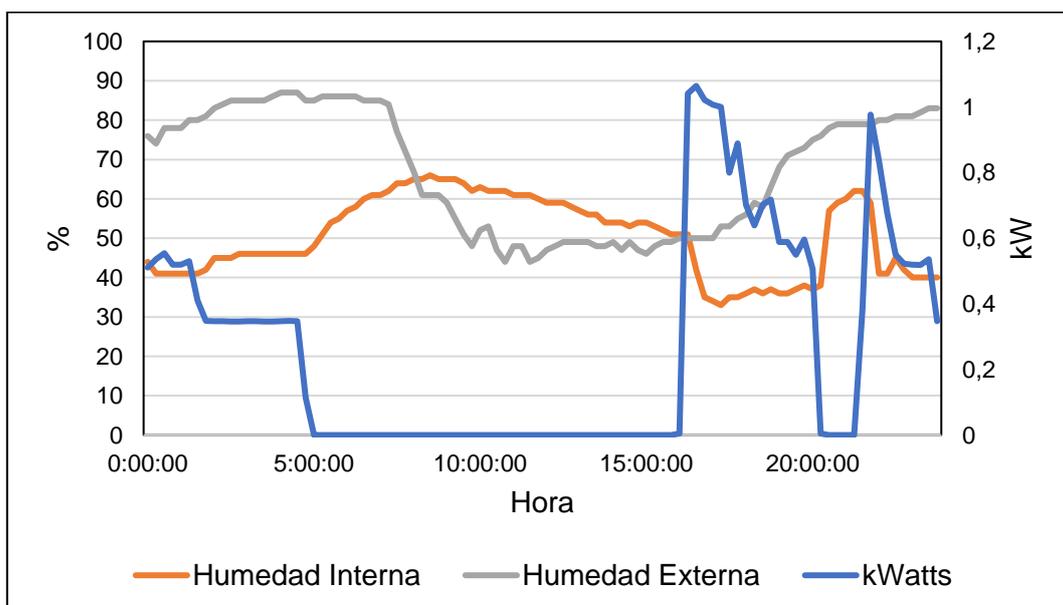


Figura 3.57 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – sábado 27/01/2024

Fuente: El autor

Domingo

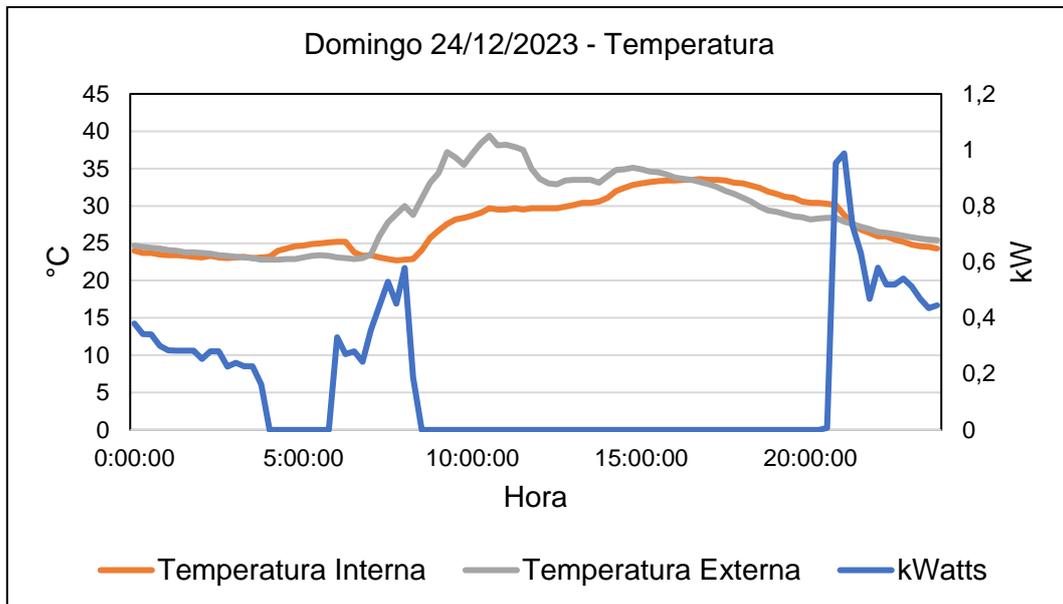


Figura 3.58 Monitoreo de temperatura y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – domingo 24/12/2023

Fuente: El autor

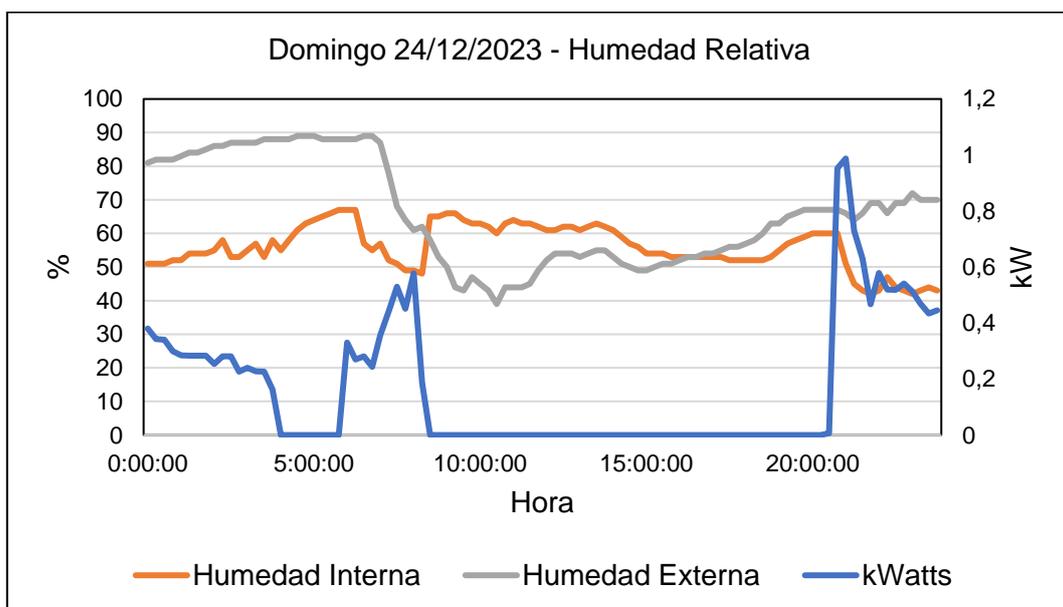


Figura 3.59 Monitoreo de Humedad Relativa y consumo eléctrico del “Cuarto #1” – domingo 24/12/2023

Fuente: El autor

3.3.1.2 Patrones de uso de los aires acondicionados

Basándonos en las mediciones de consumo de electricidad realizadas en los aires acondicionados durante el periodo de estudio, se determinó cuántas horas al mes funcionan los aires acondicionados en las áreas climatizadas. Esto ofrece una evaluación precisa de los patrones de uso, permitiendo analizar la variación del uso de los aires acondicionados de un mes a otro y ayudando a identificar patrones estacionales y periodos de mayor demanda.

Los perfiles de uso de los aires acondicionados utilizados en la evaluación de la envolvente se encuentran en las **Tabla 79** a la **Tabla 85** de la sección anexos.

Los registros de consumo de energía eléctrica se presentan para el “Dormitorio 1” (**Figura 3.60** y **Figura 3.61**), “Dormitorio 2” (**Figura 3.62** y **Figura 3.63**) y la “Sala, Comedor y Cocina” (**Figura 3.64** y **Figura 3.65**).

Una vez determinadas las horas de uso mensual, se puede calcular el porcentaje que estas horas representan del total de horas en un mes, proporcionando una medida clara de la intensidad de uso de los aires acondicionados.

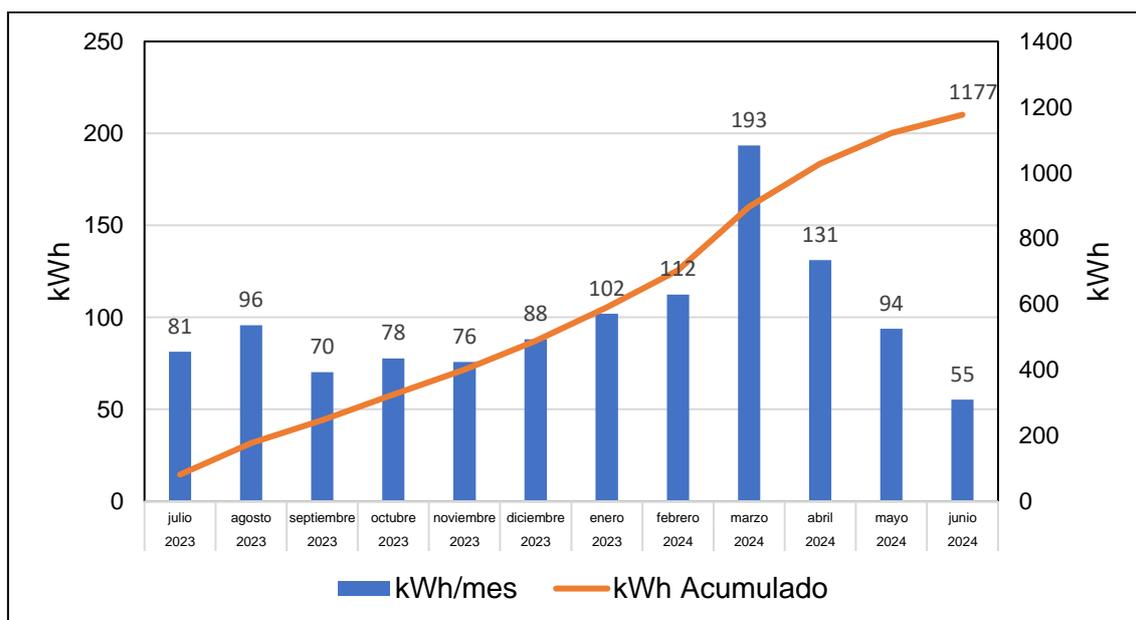


Figura 3.60 Registro de consumo mensual de electricidad del aire acondicionado (dormitorio 1)

Fuente: El autor

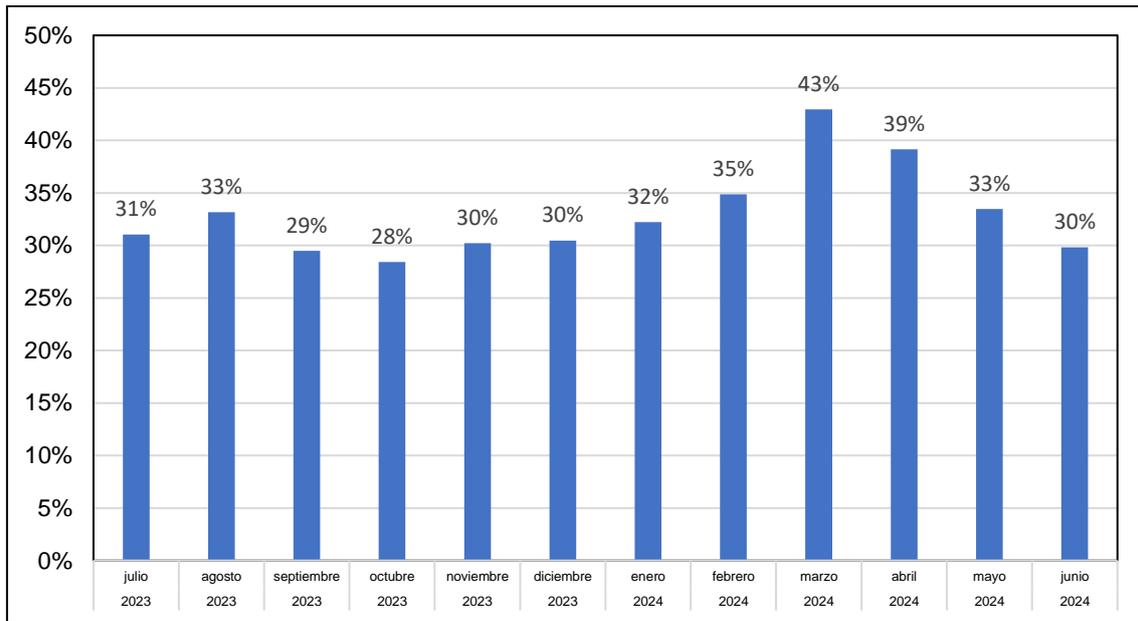


Figura 3.61 Porcentaje del uso mensual del aire acondicionado respecto al total de horas mensuales (dormitorio 1)

Fuente: El autor

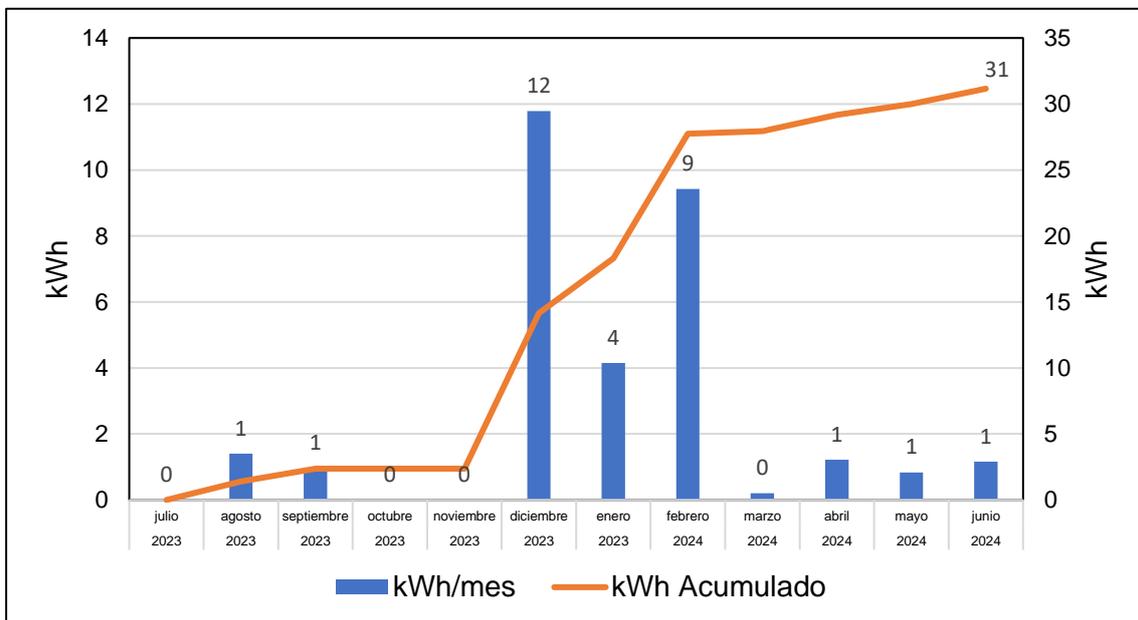


Figura 3.62 Registro de consumo mensual de electricidad del aire acondicionado (dormitorio 2)

Fuente: El autor

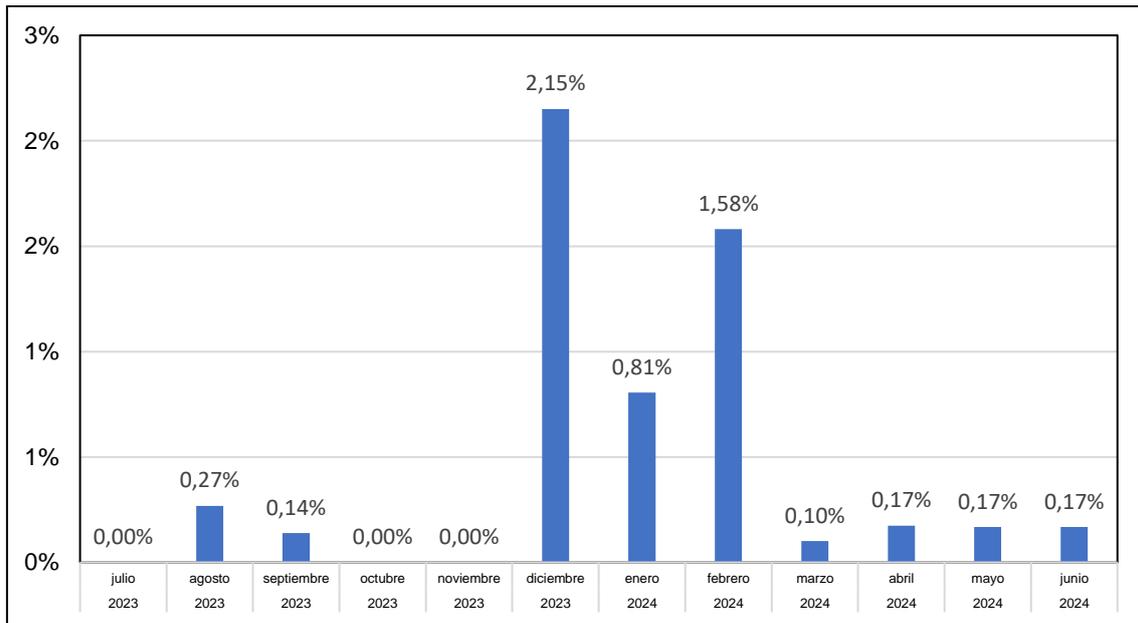


Figura 3.63 Porcentaje del uso mensual del aire acondicionado respecto al total de horas mensuales (dormitorio 2)

Fuente: El autor

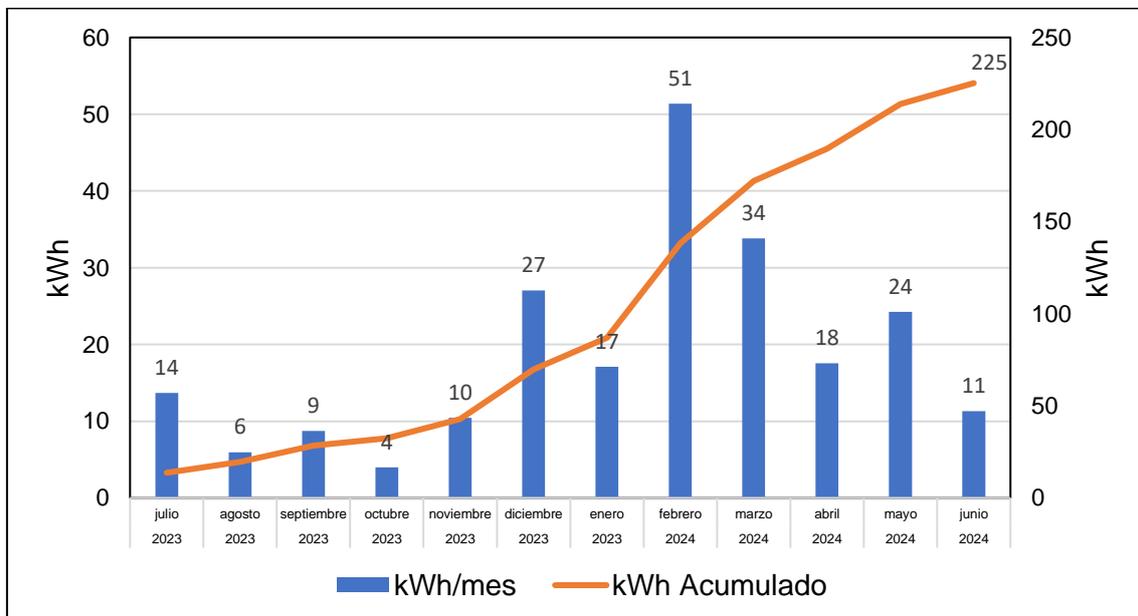


Figura 3.64 Registro de consumo mensual de electricidad del aire acondicionado (sala, comedor y cocina)

Fuente: El autor

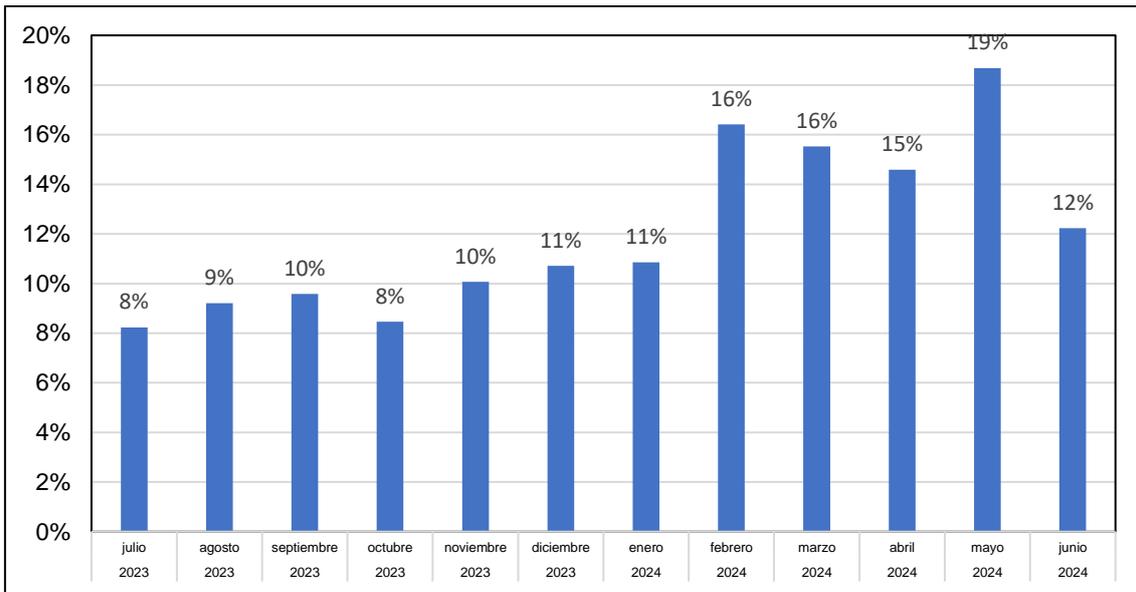


Figura 3.65 Porcentaje del uso mensual de aire acondicionado respecto al total de horas (sala, comedor y cocina)

Fuente: El autor

Para tener un mayor detalle del consumo de energía en los aires acondicionados y entender el uso diario, es útil desglosar el consumo anual de energía eléctrica consumida y el porcentaje de las horas de uso en los días de semana. Esto se logra agrupando el consumo de cada día de la semana con lo registrado en el periodo analizado y promediando las horas de funcionamiento diario en cada habitación y en la sala a lo largo de la semana. Lo cual se presenta para el dormitorio 1 en las **Figura 3.66** y **Figura 3.67**, para el dormitorio 2 en las **Figura 3.68** y **Figura 3.69** y para la sala comedor y cocina en las **Figura 3.70** y **Figura 3.71**.

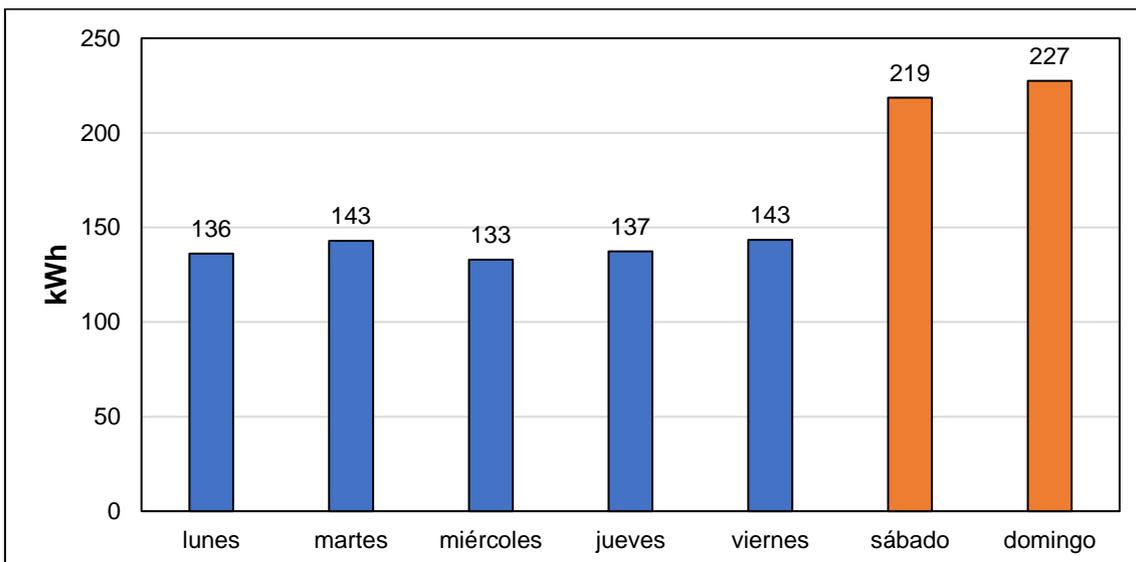


Figura 3.66 Registro de consumo (kWh) anual, desagregado por día de semana del aire acondicionado (dormitorio 1)

Fuente: El autor

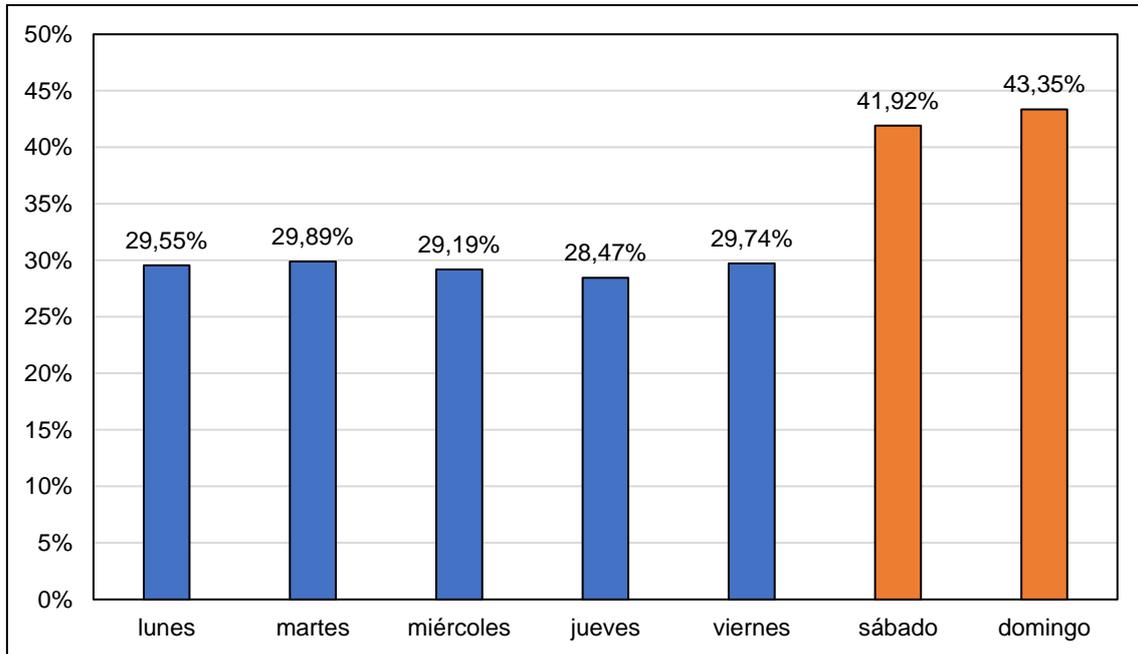


Figura 3.67 Porcentaje del uso semanal de aire acondicionado respecto al total de horas anual (dormitorio 1)

Fuente: El autor

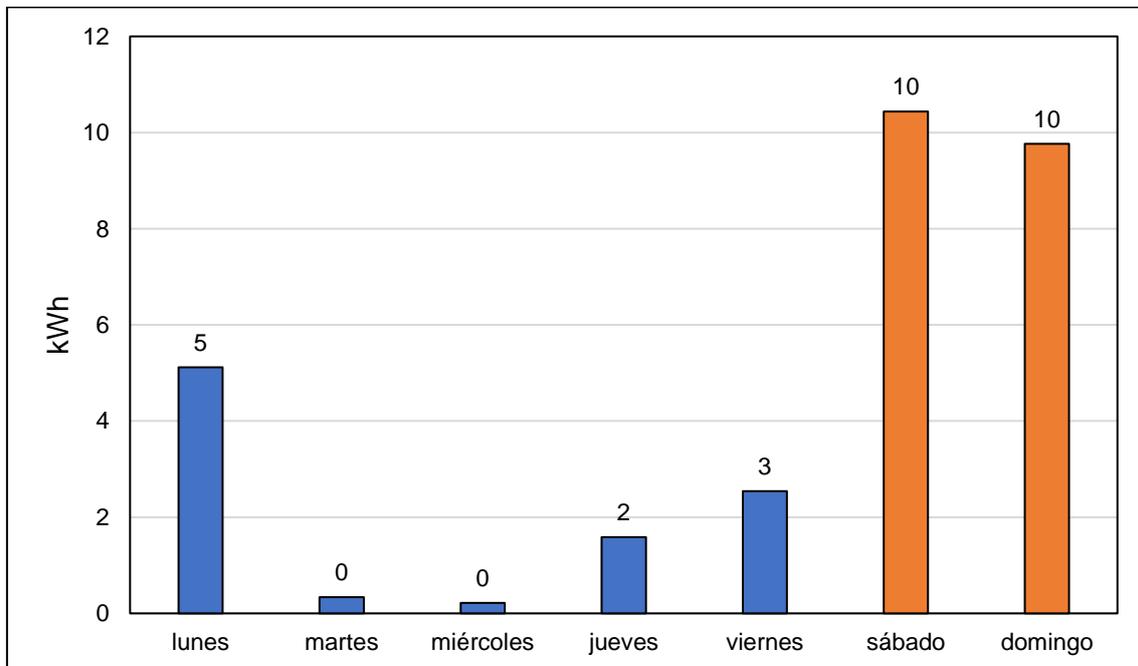


Figura 3.68 Registro de consumo (kWh) anual, desagregado por día de semana del aire acondicionado (dormitorio 2)

Fuente: El autor

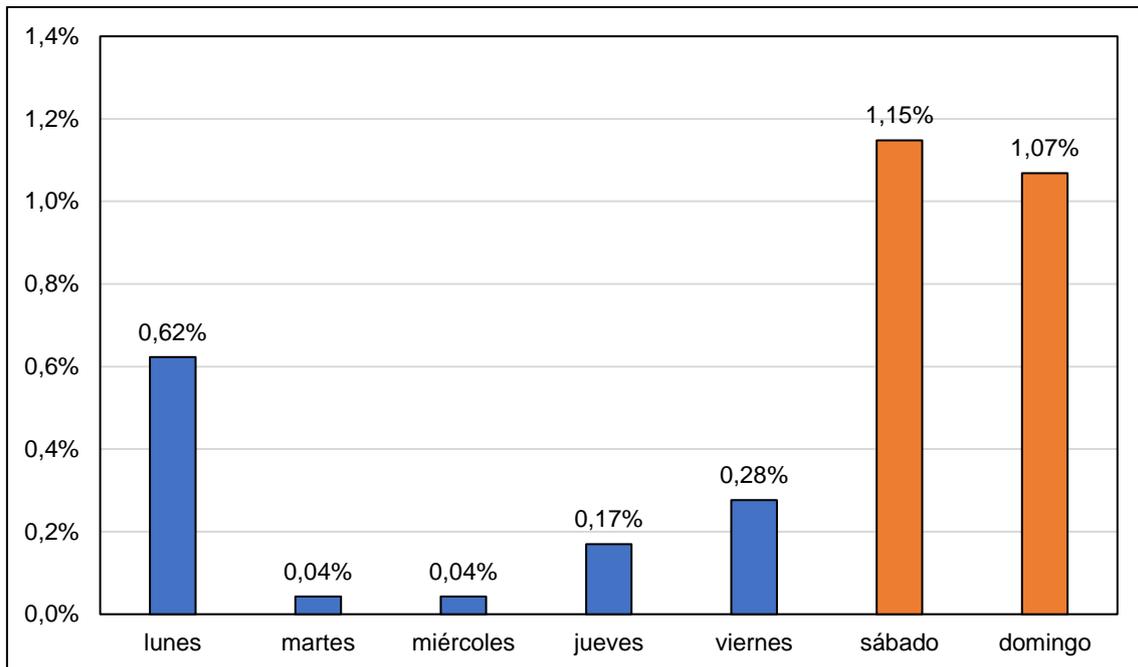


Figura 3.69 Porcentaje del uso semanal de aire acondicionado respecto al total de horas anual (dormitorio 2)

Fuente: El autor

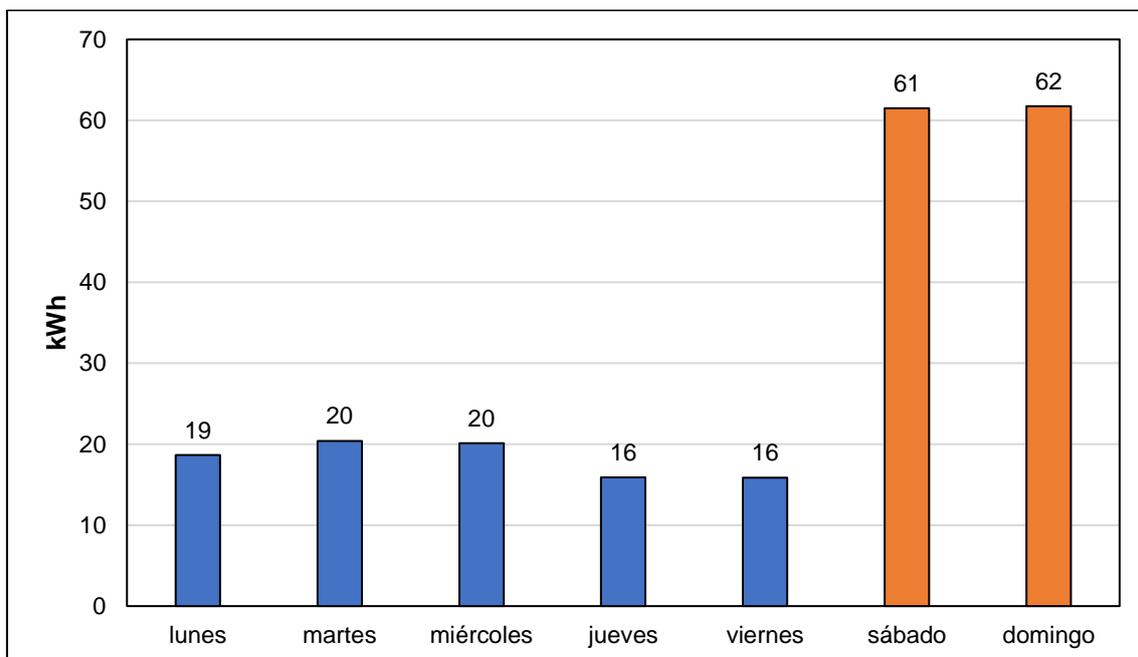


Figura 3.70 Registro de consumo (kWh) anual, desagregado por día de semana del aire acondicionado (Sala, comedor y cocina)

Fuente: El autor

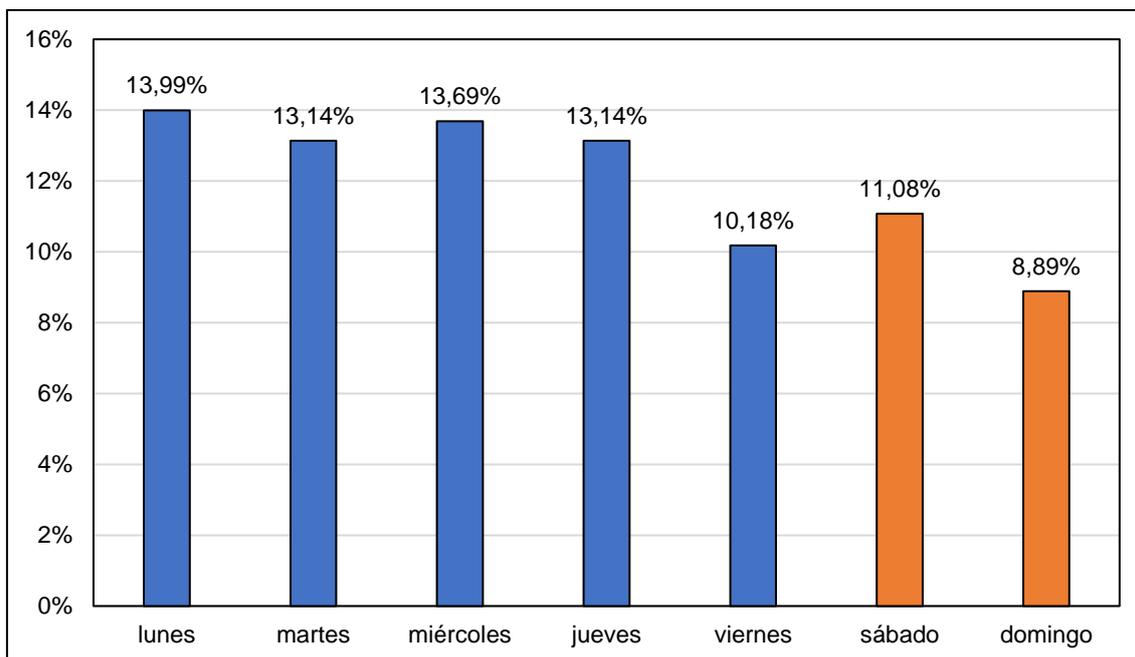


Figura 3.71 Porcentaje del uso semanal de aire acondicionado respecto al total de horas anual (sala, comedor y cocina)

Fuente: El autor

3.3.1.3 Condiciones climáticas

La ciudad de Manta corresponde a un territorio catalogado con una zona climática húmeda muy calurosa, tal como se muestra en la **Figura 3.72** [22]

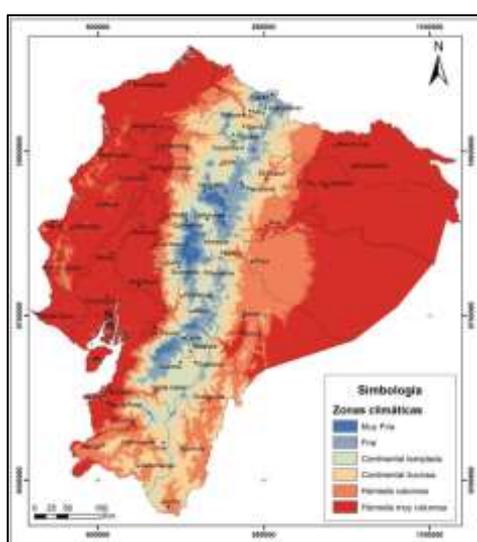


Figura 3.72 Zonas climáticas en el territorio ecuatoriano continental

Fuente: Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) NEC-HS-EE

Esta característica la ubica como zona climática 1, de acuerdo a los datos presentados en la **Tabla 32**, misma que es compartida con distintas ciudades en el país, tal como se muestra en la **Tabla 33**.

Tabla 32 Clasificación de las zonas climáticas en Ecuador

ZONA CLIMÁTICA (Ecuador)	ZONA CLIMÁTICA (ASHRAE 90.1)	NOMBRE	CRITERIO TÉRMICO
1	1A	Húmeda muy calurosa	$5000 < CDD10^{\circ}C$
2	2A	Húmeda calurosa	$3500 < CDD10^{\circ}C \leq 5000$
3	3C	Continental lluviosa	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$
4	4C	Continental templado	$2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$
5	5C	Fría	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ Y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $3000m < Altura(m) \leq 5000m$
6	6B	Muy fría	$CDD10^{\circ}C \leq 2500$ Y $HDD18^{\circ}C \leq 2000$ $2000 < HDD18^{\circ}C \leq 3000$ $5000m < Altura (m)$

Fuente: Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) NEC-HS-EE

Tabla 33 Zonas climáticas de algunas ciudades del Ecuador

Provincia	Ciudad	Zona Climática
REGIÓN COSTA		
El Oro	Machala	Húmeda muy calurosa
	Zaruma	Húmeda muy calurosa
	Santa Rosa	Húmeda muy calurosa
Esmeralda	Esmeraldas	Húmeda muy calurosa
	Quinindé	Húmeda muy calurosa
Guayas	Guayaquil	Húmeda muy calurosa
	Balzar	Húmeda muy calurosa
Los Ríos	Babahoyo	Húmeda muy calurosa
	Quevedo	Húmeda muy calurosa
Manabí	Puerto López	Húmeda muy calurosa
	Portoviejo	Húmeda muy calurosa

	Manta	Húmeda muy calurosa
	Chone	Húmeda muy calurosa
	El Carmen	Húmeda muy calurosa
	Pedernales	Húmeda muy calurosa
REGIÓN SIERRA		
Bolívar	Las Naves	Húmeda muy calurosa
Cañar	La Troncal	Húmeda muy calurosa
Cotopaxi	La Maná	Húmeda muy calurosa
Santo Domingo de los Tsáchilas	Santo Domingo	
REGIÓN ORIENTE		
Morona Santiago	Sucúa	Húmeda muy calurosa
Orellana	Francisco de Orellana	Húmeda muy calurosa

Fuente: Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) NEC-HS-EE

Esta información se presenta como base para usar, como guía, datos que puedan obtenerse de investigaciones aplicadas en otras regiones fuera de Manta, pero que comparten la misma zona climática.

Adicional a aquello, entender el recorrido del sol es fundamental en el análisis térmico de una vivienda, ya que permite optimizar la captación solar. Esto implica diseñar espacios que permitan reducir la exposición al sol especialmente en verano, evitando el sobrecalentamiento. Además, conocer el trayecto de su recorrido influye en la planificación de la orientación del edificio, la ubicación y tamaño de las ventanas, así como la implementación de elementos de sombreado como aleros y toldos, mejorando así la eficiencia energética y el confort.

3.3.1.4 Condiciones metabólicas y vestimenta

La tasa metabólica se refiere a la cantidad de energía que el cuerpo necesita para mantener sus funciones vitales en reposo. Esta energía se mide en calorías y es esencial para procesos como la respiración, la circulación sanguínea, la regulación de la temperatura corporal y la digestión.

El grado CLO es una unidad de medida que se utiliza para expresar el aislamiento térmico de la ropa. Un CLO es el aislamiento necesario para mantener a una persona en reposo a una temperatura confortable de 21°C (70°F) en un ambiente sin viento. Este concepto es crucial en el diseño de ropa y equipos para diferentes condiciones climáticas, asegurando que las personas se mantengan cómodas y seguras en diversas temperaturas.

El grado CLO se utiliza en la industria textil y en la investigación sobre confort térmico. Por ejemplo, una prenda con un valor de 1 CLO proporciona suficiente aislamiento para mantener a una persona confortable en una habitación a 21°C. Valores más altos de CLO indican mayor aislamiento, adecuado para temperaturas más frías.

Las condiciones metabólicas y vestimenta ingresados para la simulación son los siguientes:

Tabla 34 Condiciones metabólicas y vestimenta introducidos en la simulación
Designbuilder

Ubicación	Tasa metabólica (factor)	Vestimenta [clo]	
		Invierno	Verano
Baño 1 PB	0,84		
Sala, Comedor, Cocina	0,84	1	0,5
Dormitorio 1	0,93	1	0,5
Dormitorio 2	0,75	1	0,5
Dormitorio 3	0,75	1	0,5
Baño 1 PA	0,93	1	0,5
Baño 2 PA	0,75	1	0,5
Pasillo y Escaleras	0,84	1	0,5

Fuente: El autor

3.3.1.5 Características constructivas de la vivienda

Con base en los datos obtenidos del levantamiento de información sobre las características constructivas de la "Casa Estudio", se realizaron las simulaciones técnicas respectivas para evaluar la envolvente de la vivienda.

Las propiedades higrotérmicas de los materiales de construcción utilizados para la evaluación de la envolvente de la "Casa estudio" se refieren a los indicados en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) NEC-HS-EE[22]

A continuación, se describen las características constructivas de los materiales utilizados.

Paredes

Para las paredes externas e internas de la vivienda se configuran 3 capas de elementos, las cuales se parametrizan acorde a lo indicado en la **Tabla 35** y su representación constructiva acorde a la **Figura 3.73** en el siguiente orden:

Tabla 35 Parametrización de las propiedades térmicas de las paredes

Componentes (Capa)	Espesor de la Capa de Material (m)	Propiedades Térmicas		
		Conductividad (W/m-K)	Calor específico (J/kg-K)	Densidad (kg/m ³)
Enlucido exterior	0,0100	0,50	1000	1300
Bloque de concreto	0,1500	0,62	840	1040
Enlucido interior	0,0100	0,72	1000	1760

Fuente: El autor



Figura 3.73 Representación de los materiales constructivos de las paredes

Fuente: El autor

Piso de la planta baja

Para el piso de la planta baja de la vivienda se configuran 4 capas de elementos, las cuales se parametrizan acorde a lo indicado en la **Tabla 36** y su representación constructiva acorde a la **Figura 3.74** en el siguiente orden:

Tabla 36 Parametrización de las propiedades térmicas del piso de la planta baja

Componentes (Capa)	Espesor de la Capa de Material (m)	Propiedades Térmicas		
		Conductividad (W/m-K)	Calor específico (J/kg-K)	Densidad (kg/m ³)
Cerámica/Porcelana	0,0050	1,30	840	2300
Concreto de mediana densidad	0,0500	1,35	1000	1800
Polietileno Baja Densidad	0,0004	0,33	2200	920
Piedra	0,1000	3,49	840	2880

Fuente: El autor



Figura 3.74 Representación de los materiales constructivos del piso de la planta baja

Fuente: El autor

Piso de la planta alta

Para el piso de la planta baja de la vivienda se configuran 4 capas de elementos, las cuales se parametrizan acorde a lo indicado en la **Tabla 37** y su representación constructiva acorde a la **Figura 3.75** en el siguiente orden:

Tabla 37 Parametrización de las propiedades térmicas del piso de la planta alta

Componentes (Capa)	Espesor de la Capa de Material (m)	Propiedades Térmicas		
		Conductividad (W/m-K)	Calor específico (J/kg-K)	Densidad (kg/m ³)
Cerámica/Porcelana	0,0050	1,30	840	2300
Losa de Hormigón Armado	0,1000	2,30	1000	2400
Espacio de aire	0,2000	0,30	1000	1000
Plancha de Gypsum	0,0200	0,23	1000	900

Fuente: El autor



Figura 3.75 Representación de los materiales constructivos del piso de la planta alta

Fuente: El autor

Techo de la planta alta

Para techo de la planta alta de la vivienda se configuran 1 capa de elemento, la cual se parametriza acorde a lo indicado en la **Tabla 38** y su representación constructiva acorde a la **Figura 3.76** en el siguiente orden:

Tabla 38 Parametrización de las propiedades térmicas del techo de la planta alta

Componentes (Capa)	Espesor de la Capa de Material (m)	Propiedades Térmicas		
		Conductividad (W/m-K)	Calor específico (J/kg-K)	Densidad (kg/m ³)
Enlucido de Yeso	0,01	0,81	837	1800

Fuente: El autor



Figura 3.76 Representación de los materiales constructivos del techo de la planta alta

Fuente: El autor

Techo de la vivienda

Para el techo de la vivienda se configuran 1 capa de elemento, la cual se parametriza acorde a lo indicado en la **Tabla 39** y su representación constructiva acorde a la **Figura 3.77** en el siguiente orden:

Tabla 39 Parametrización de las propiedades térmicas del techo de la vivienda

Componentes (Capa)	Espesor de la Capa de Material (m)	Propiedades Térmicas		
		Conductividad (W/m-K)	Calor específico (J/kg-K)	Densidad (kg/m ³)
Panel de Fibrocemento	0,0055	1	850	1120

Fuente: El autor

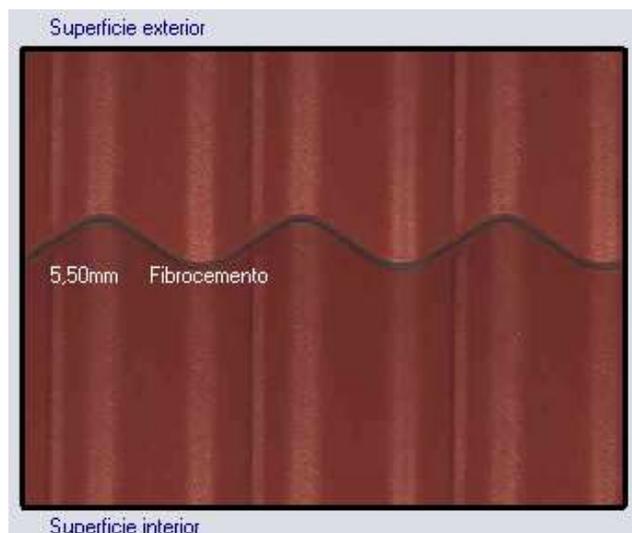


Figura 3.77 Representación de los materiales constructivos del techo de la vivienda

Fuente: El autor

Las características térmicas de los materiales mencionados son parametrizadas a partir de las **Tabla 86** y **Tabla 87** presentadas en la sección de anexos.

Los dimensionamientos de las ventanas son diseñados a partir de los planos constructivos de la vivienda.

3.3.1.6 Resultados de la simulación (Estado Inicial)

La vivienda **Figura 3.78** se encontró orientada hacia el noroeste con un ángulo de 15° y se referenció a su lado otra vivienda independiente, esta segunda vivienda fue representada como un segundo bloque debido a que únicamente afectaba a la vivienda modelo con las sombras generadas.



Figura 3.78 Diseño de la vivienda realizada en el software Design Builder

Fuente: El autor

La temperatura para la climatización se estableció en 18°C y como consigna secundaria 24°C esta configuración se establece en función a las condiciones monitoreadas por los sensores de temperatura, para la humedad relativa se estableció entre 40 a 60%.

Datos Climáticos

A partir de la base de datos climáticos de la ciudad de Manta **Figura 3.79**, utilizada para evaluar las simulaciones realizadas en el software DesignBuilder, se determinó que la mayor radiación solar se registró en el mes de diciembre. A continuación, se presenta el detalle de esta condición:

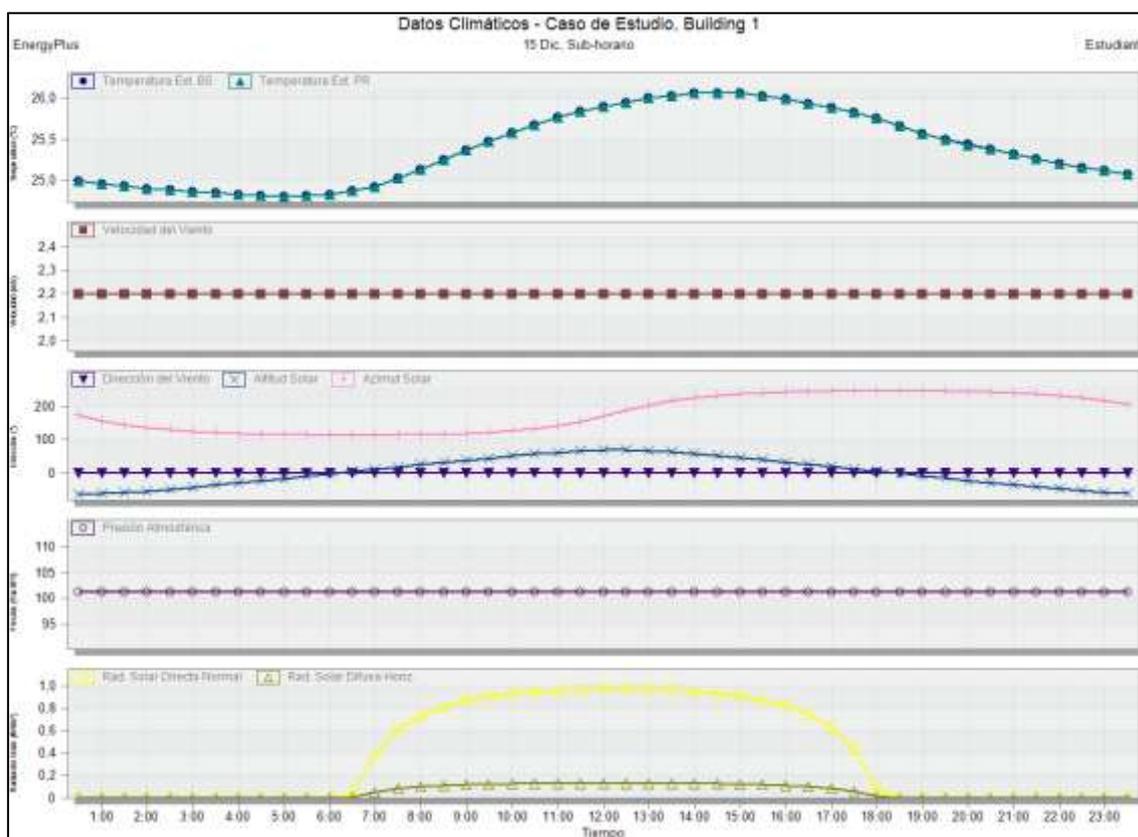


Figura 3.79 Condiciones climáticas del mayor día de radiación solar para la ubicación de la vivienda

Fuente: El autor

Para analizar el comportamiento de la envolvente de la vivienda del "Caso Estudio", se iniciará con una evaluación general desde la **Figura 3.80** hasta la **Figura 3.82** y **Tabla 40**. Posteriormente, se procederá a una evaluación detallada de cada una de las áreas específicas desde la **Figura 3.83** hasta la **Figura 3.88**. En esta fase, se analizará el comportamiento de las temperaturas internas y el consumo energético de climatización en cada área.

- Evaluación vivienda “Caso estudio” general

Temperaturas y ganancias de calor

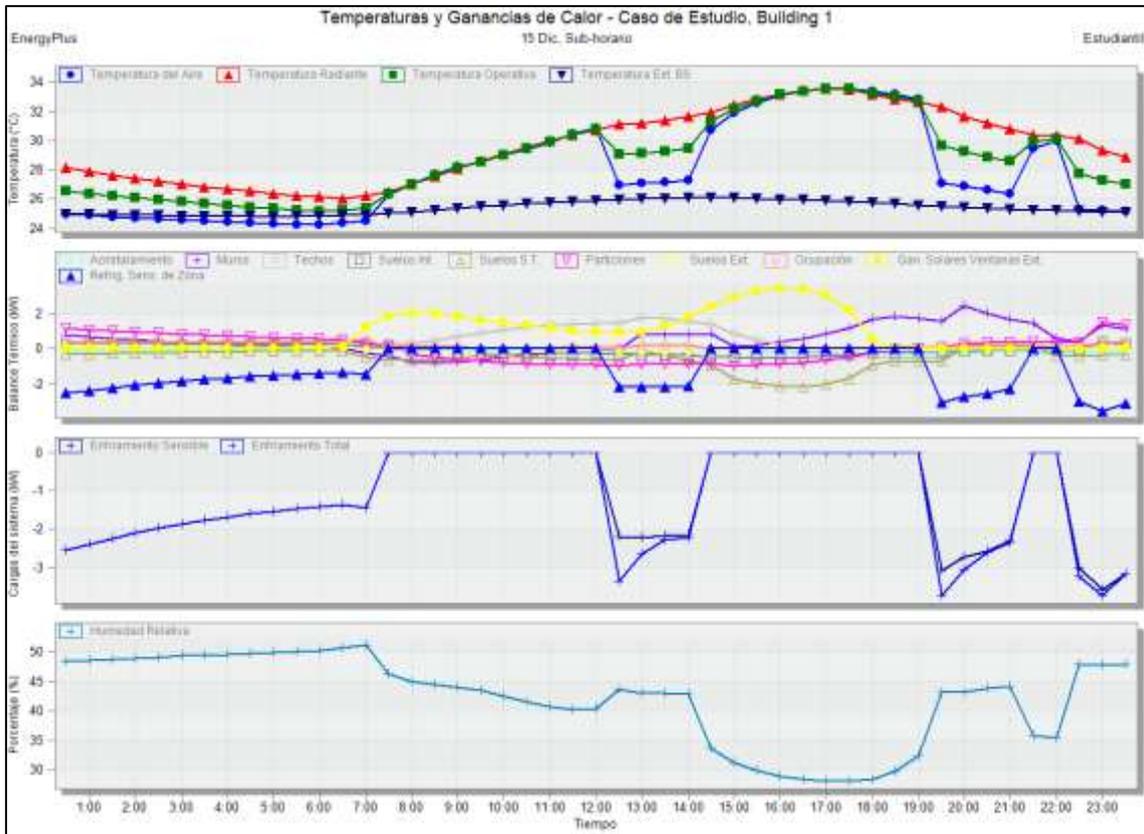


Figura 3.80 Temperatura y ganancias de calor de la vivienda “Casa Estudio”

Fuente: El autor

En este reporte de la **Figura 3.80**, se puede determinar en base al balance térmico, que las mayores ganancias de calor ocurren por las ventanas externas, las paredes y el techo. Las pérdidas de calor ocurren con el funcionamiento del aire acondicionado y por el piso de la planta baja.

Confort térmico

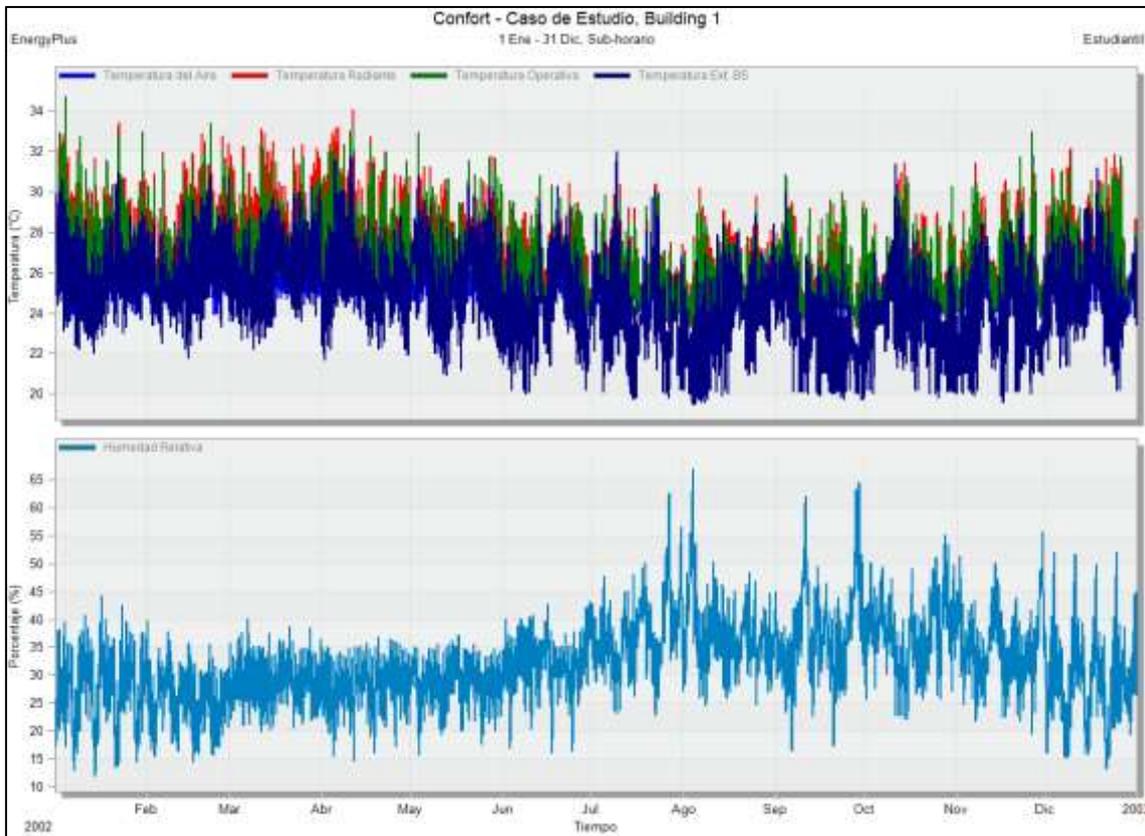


Figura 3.81 Confort térmico de la vivienda “Casa Estudio”

Fuente: El autor

En este reporte de la **Figura 3.81**, se puede determinar que la temperatura operativa puede llegar a una temperatura de aproximadamente 34.6°C

Consumos Eléctricos

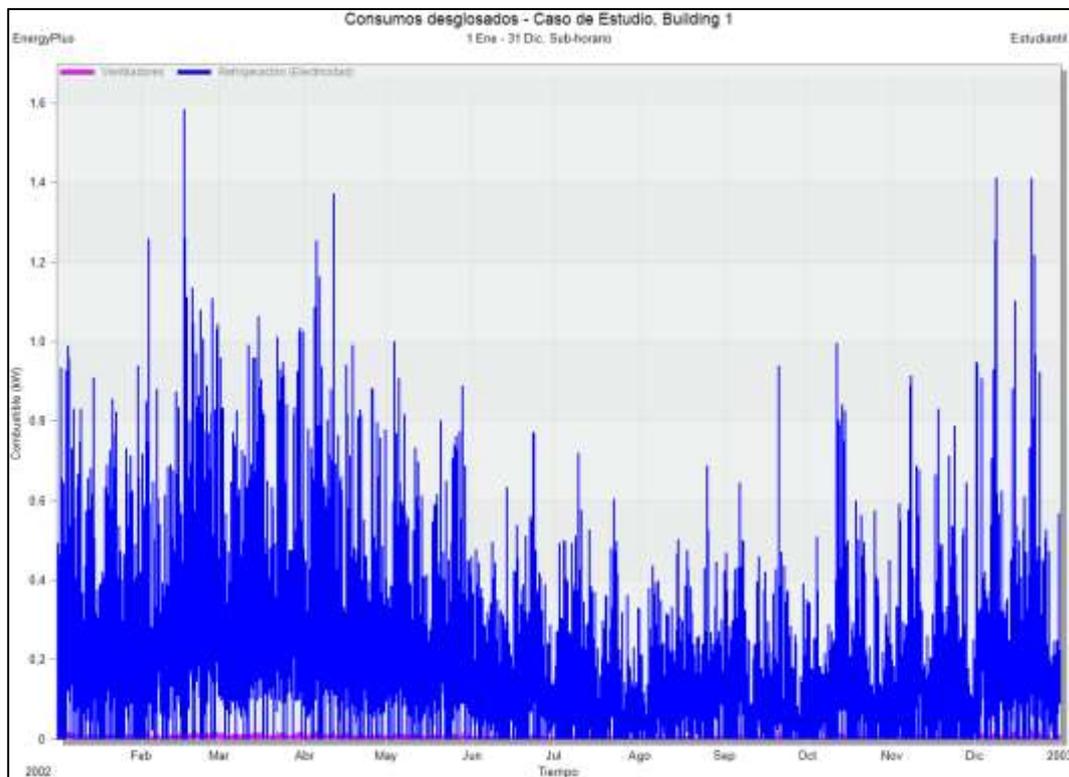


Figura 3.82 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda “Casa Estudio”

Fuente: El autor

En la **Figura 3.82** se indica el perfil de consumo de la energía eléctrica en el periodo de un año, en este se puede observar que los meses de febrero a mayo son los que representa un mayor consumo de energía.

Con el análisis realizado, se identifica la capacidad requerida para la climatización de cada zona como se muestra en la **Tabla 40**.

Tabla 40 Capacidad requerida para la climatización de cada zona de la vivienda “Caso estudio”

Zona	Capacidad requerida para climatización	Aire acondicionado requerido	Aire acondicionado designado	Energía requerida anualmente (proyectada)
	kW	BTU/h	BTU/h	kWh
Sala, comedor, cocina	4,46	18000	24000	1740,79
Cuarto 1	1,76	8000	12000	
Cuarto 2	2,75	12000	12000	
Total	8,97	38000	48000	

Fuente: El autor

La selección de los aires acondicionados se realiza considerando tanto los requerimientos específicos como las capacidades disponibles en el mercado local. Este enfoque asegura que los equipos seleccionados no solo cumplan con las necesidades de climatización, sino que también faciliten la obtención de repuestos en caso de fallas, garantizando así un mantenimiento más eficiente y accesible.

- Evaluación del área “Cuarto # 1”

Temperaturas y ganancias de calor

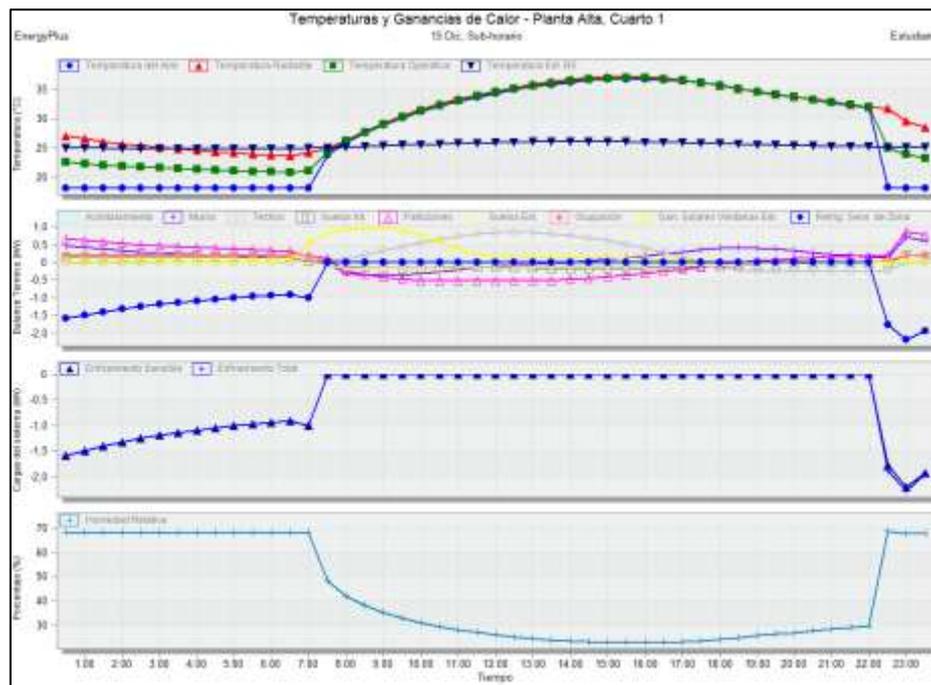


Figura 3.83 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 1”

Fuente: El autor

Confort térmico

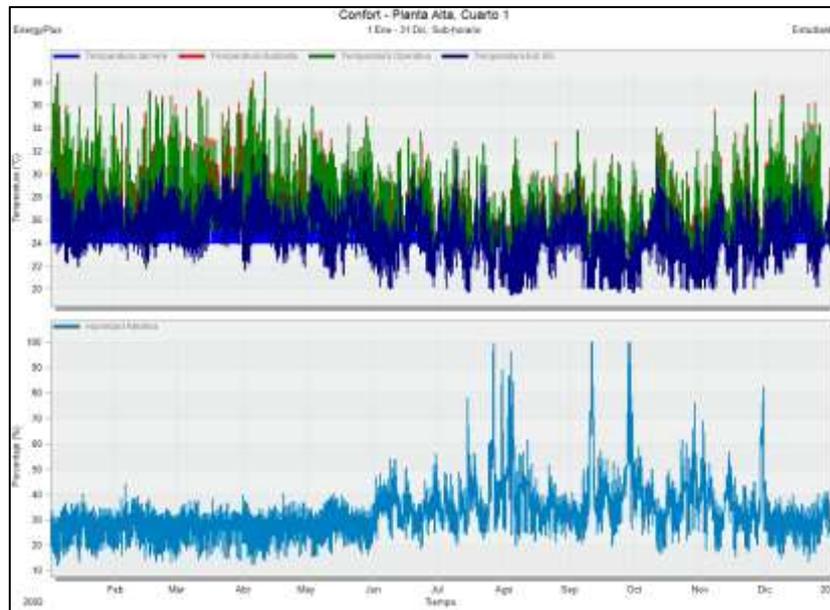


Figura 3.84 Confort térmico del área “Cuarto # 1”

Fuente: El autor

- Evaluación del área “Cuarto # 2”

Temperaturas y ganancias de calor

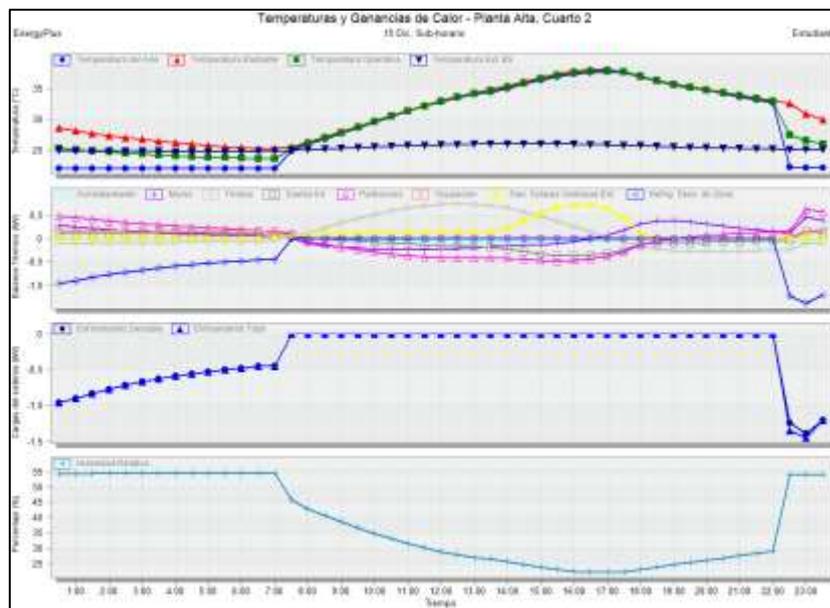


Figura 3.85 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 2”

Fuente: El autor

Confort térmico

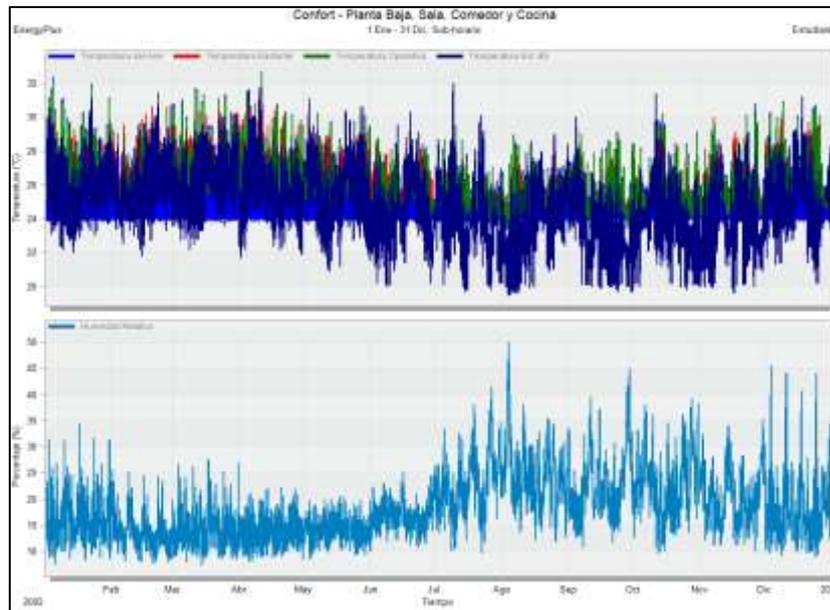


Figura 3.88 Confort térmico del área “Sala, Comedor y Cocina”

Fuente: El autor

3.3.1.7 Resultados de la simulación (Propuesta 1)

En esta propuesta se plantea mitigar las ganancias de calor a través de las ventanas exteriores, enfocándose exclusivamente en la fachada posterior. Esta decisión se debe a las políticas internas de la urbanización, que restringen cualquier modificación en la fachada frontal de la vivienda. Para ello, se ha considerado la inclinación del sol hasta las 15:00 horas, esta consideración se realiza en base a la disminución de radiación solar que ocurre a partir de esta hora, con la ubicación geográfica de la vivienda “Caso Estudio” **Figura 3.89** y **Figura 3.90**.

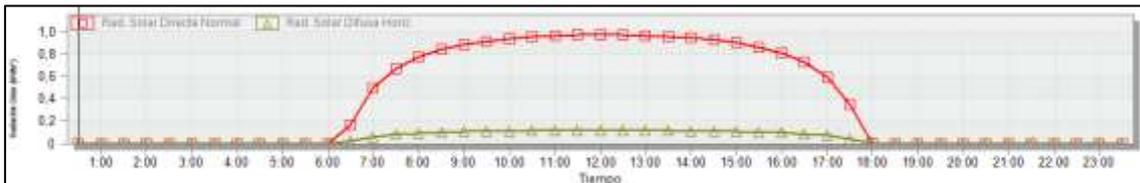


Figura 3.89 Curva de radiación solar de la ubicación geográfica de la vivienda “Caso Estudio”

Fuente: El autor

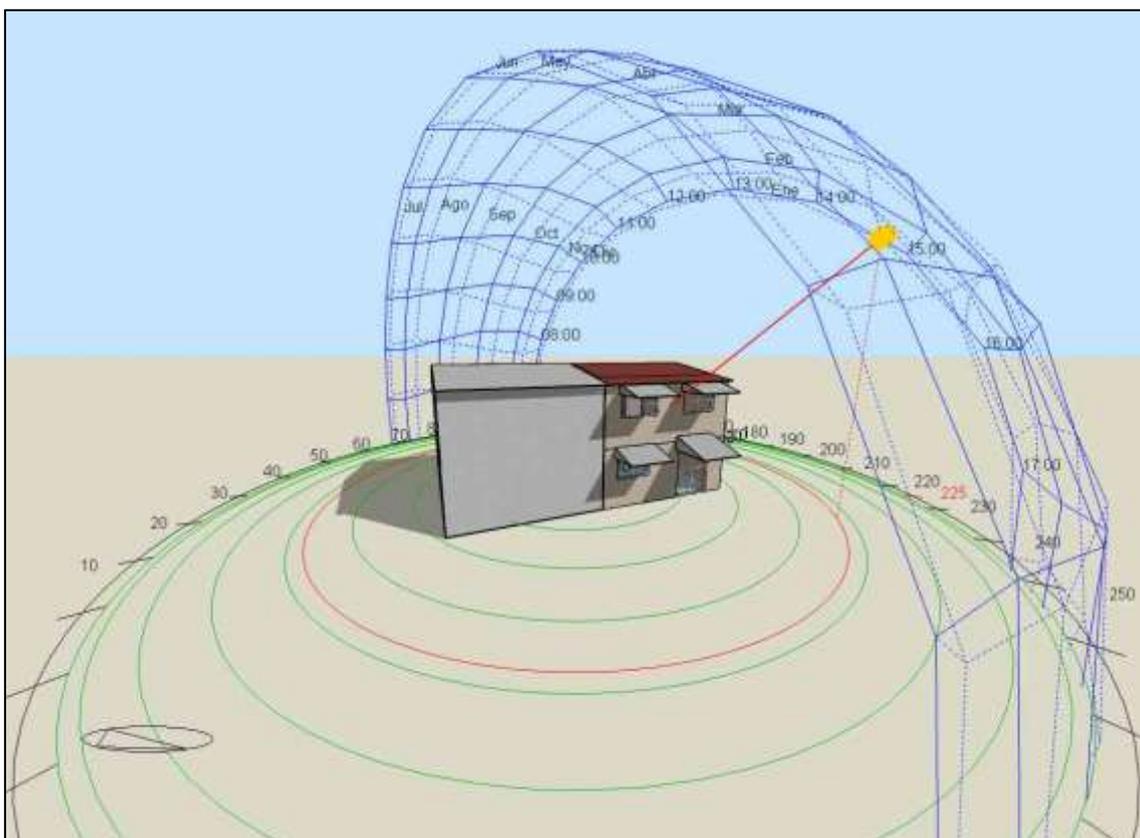


Figura 3.90 Recorrido solar para la simulación en DesignBuilder

Fuente: El autor

Con esta información se diseñaron los techos para cada una de las aplicaciones en las que se tiene una ventana o ventanal para el ingreso de la luz natural del exterior, con los siguientes detalles (**Figura 3.91** y **Figura 3.92**):

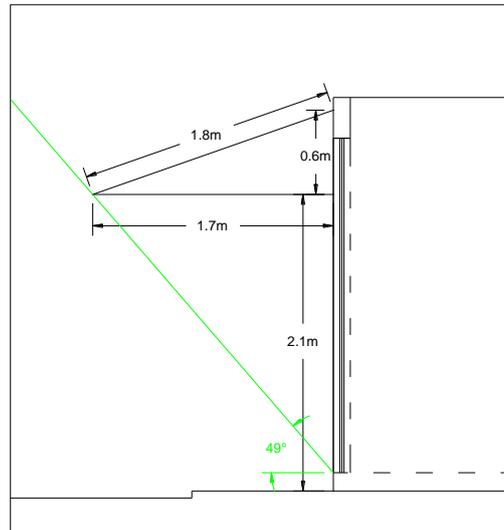


Figura 3.91 Diseño de techo para el ventanal de la planta baja

Fuente: El autor

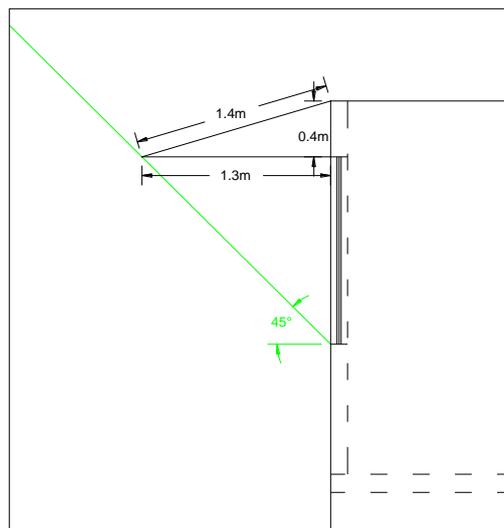


Figura 3.92 Diseño de techo para las ventanas de la parte posterior de la vivienda

Fuente: El autor

- Evaluación de la Propuesta 1, en la vivienda “Caso estudio” general

Temperaturas y ganancias de calor

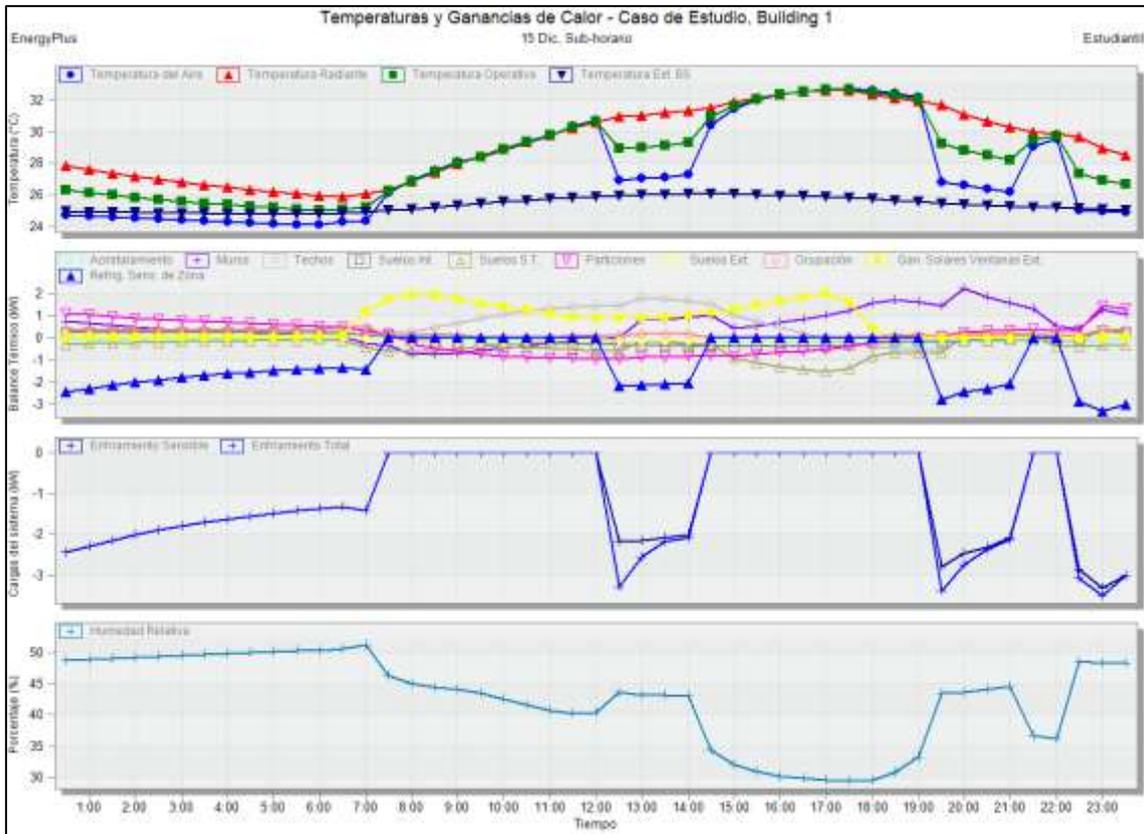


Figura 3.93 Temperatura y ganancias de calor de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 1

Fuente: El autor

En este reporte de la **Figura 3.93**, se puede determinar en base al balance térmico, que las ganancias de calor por las ventanas exteriores disminuyeron en las horas de la tarde.

Confort térmico

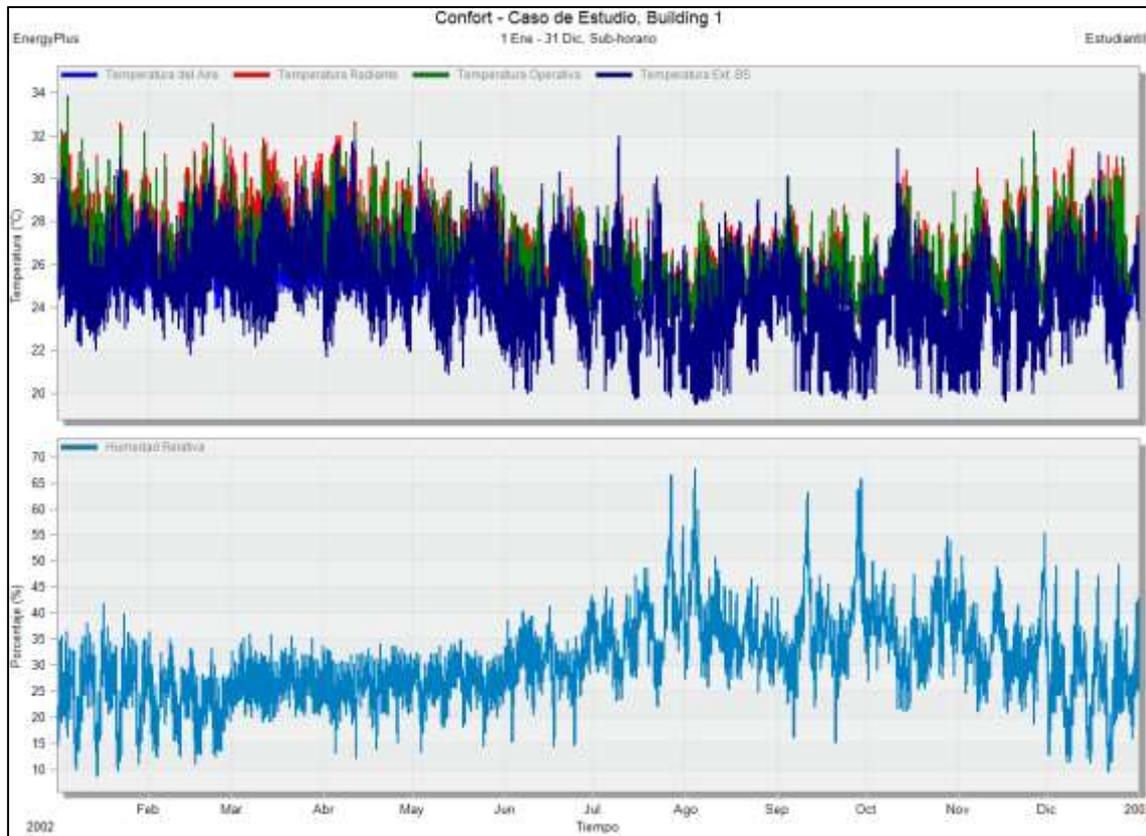


Figura 3.94 Confort térmico de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 1

Fuente: El autor

En este reporte de la **Figura 3.94**, se puede determinar que la temperatura operativa puede llegar a una temperatura de aproximadamente 33.78°C , lo cual con la temperatura inicial de 34.6°C , representa una disminución de 0.82°C .

Consumos Eléctricos

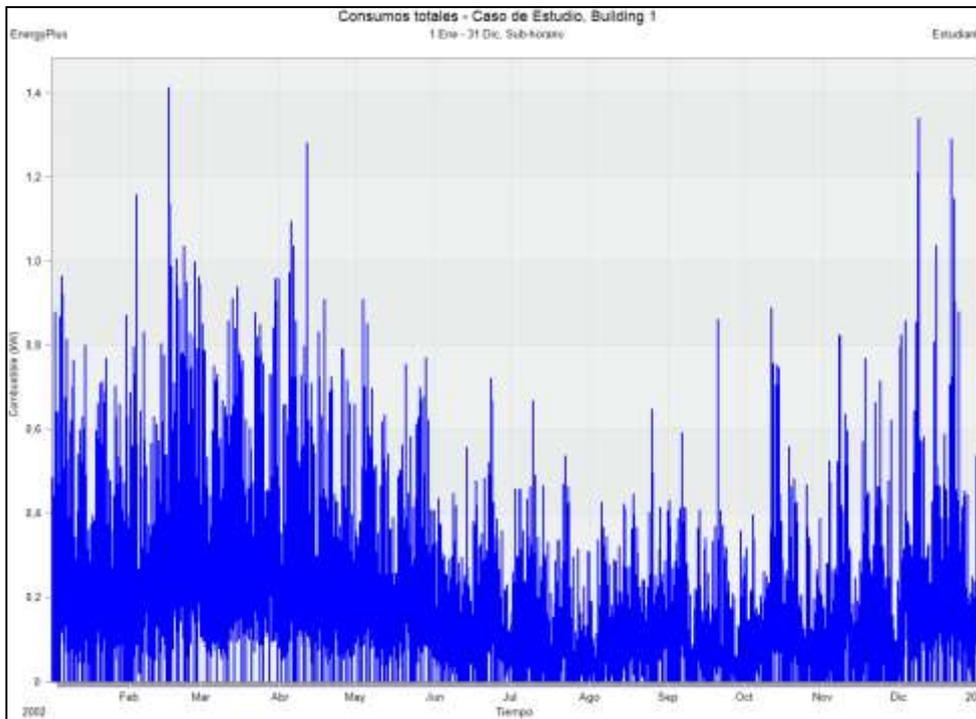


Figura 3.95 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 1

Fuente: El autor

A partir de estos análisis, la capacidad requerida para la climatización para cada zona se muestra en la **Tabla 41**, a continuación.

Tabla 41 Capacidad requerida para climatización en la vivienda “Caso estudio”, con propuesta 1

Zona	Caso Inicial			Propuesta 1		Ahorro Energético kWh
	Capacidad requerida para climatización	Aire acondicionado designado	Energía requerida anualmente (proyectada)	Capacidad requerida para climatización	Energía requerida anualmente (proyectada)	
	kW	BTU/h	kWh	kW	kWh	
Sala, comedor, cocina	4,46	24000	1740,79	4,08	1595,96	144,83
Cuarto 1	1,76	12000		1,59		
Cuarto 2	2,75	12000		2,65		
Total	8,97	48000		8,32		

Fuente: El autor

- Evaluación del área “Cuarto # 1”

Temperaturas y ganancias de calor

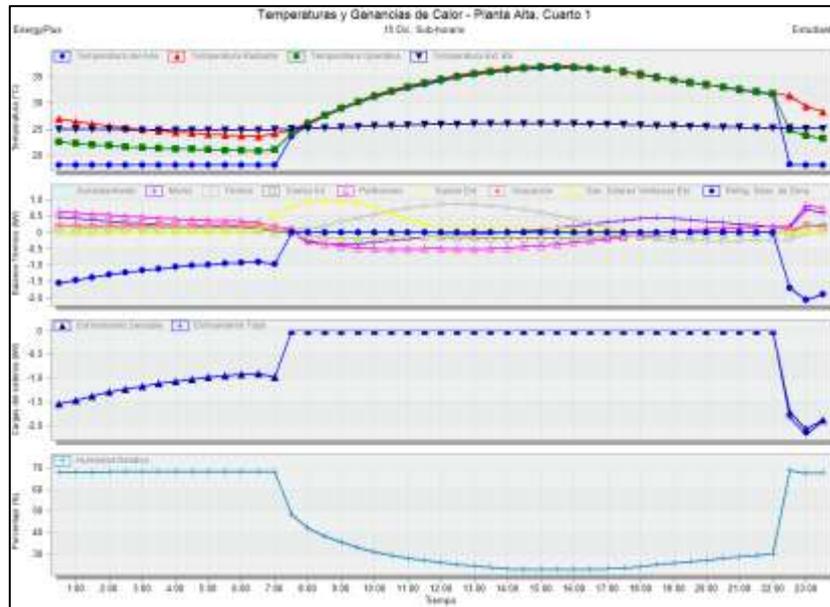


Figura 3.96 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 1”, con propuesta 1

Fuente: El autor

Confort térmico

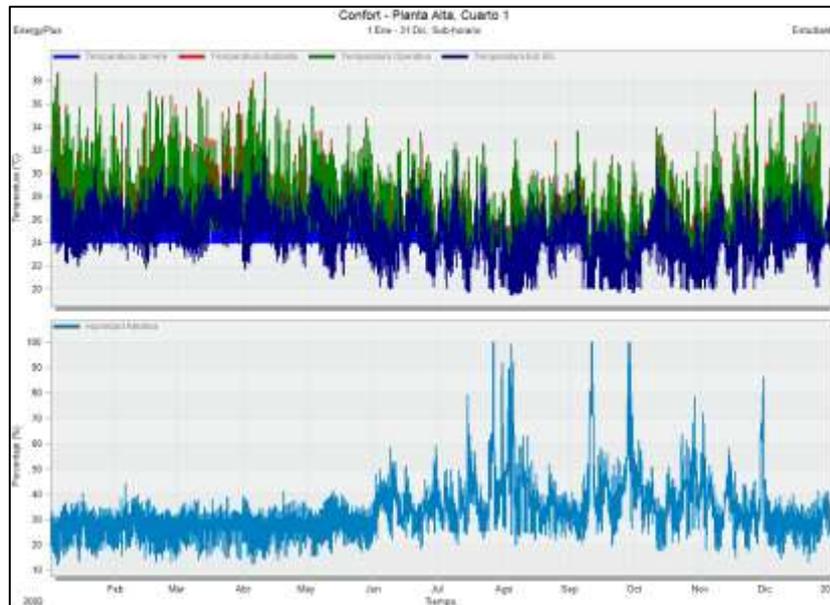


Figura 3.97 Confort térmico del área “Cuarto # 1”, con propuesta 1

Fuente: El autor

- Evaluación del área “Cuarto # 2”

Temperaturas y ganancias de calor

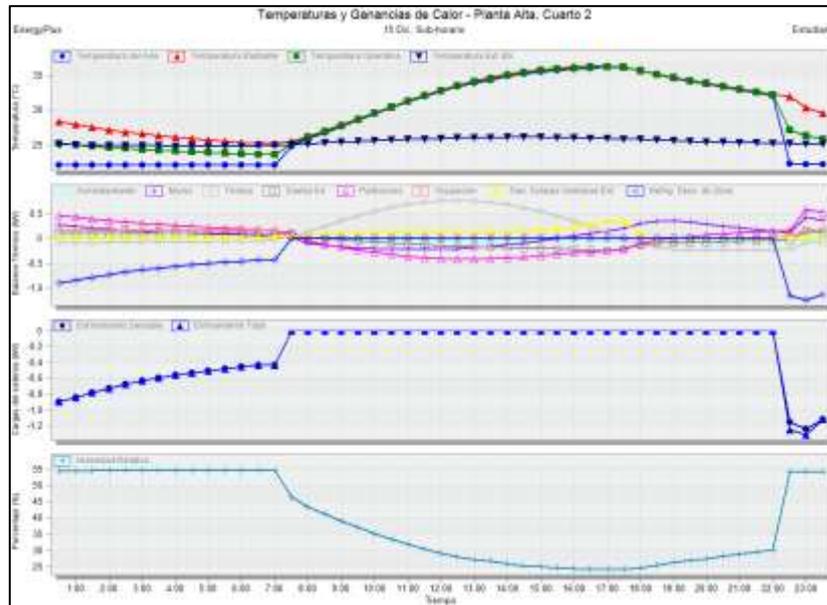


Figura 3.98 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 2”, con propuesta 1

Fuente: El autor

Confort térmico

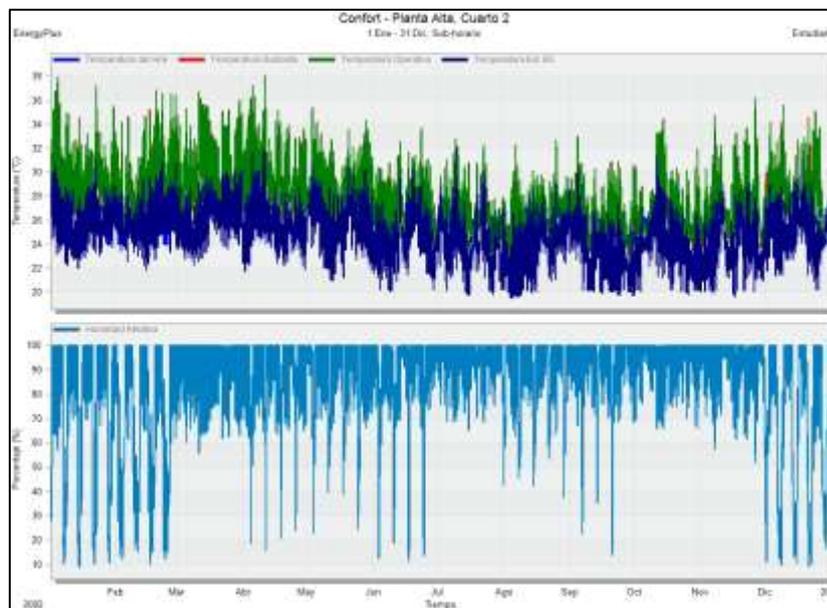


Figura 3.99 Confort térmico del área “Cuarto # 2”, con propuesta 1

Fuente: El autor

- Evaluación del área “Sala, Comedor y Cocina”

Temperaturas y ganancias de calor

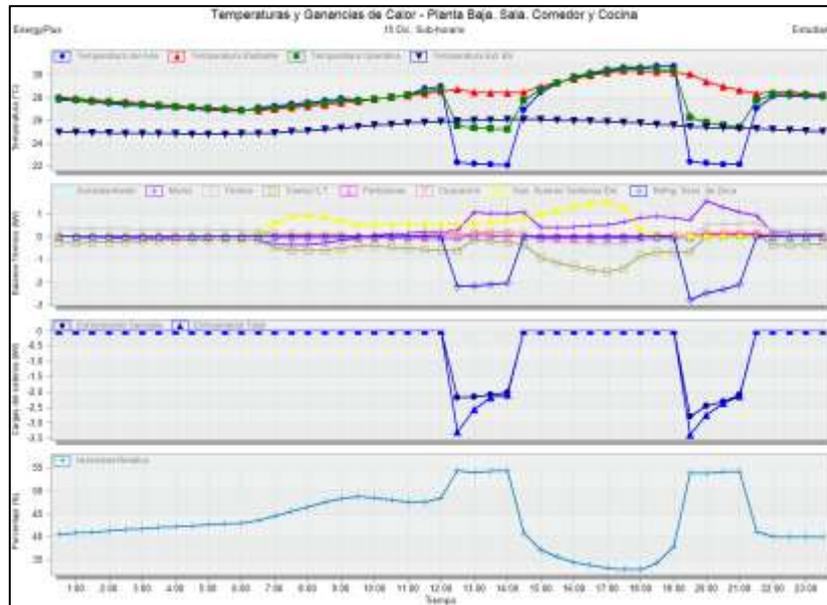


Figura 3.100 Temperatura y ganancias del área “Sala, Comedor y Cocina”, con propuesta 1

Fuente: El autor

Confort térmico

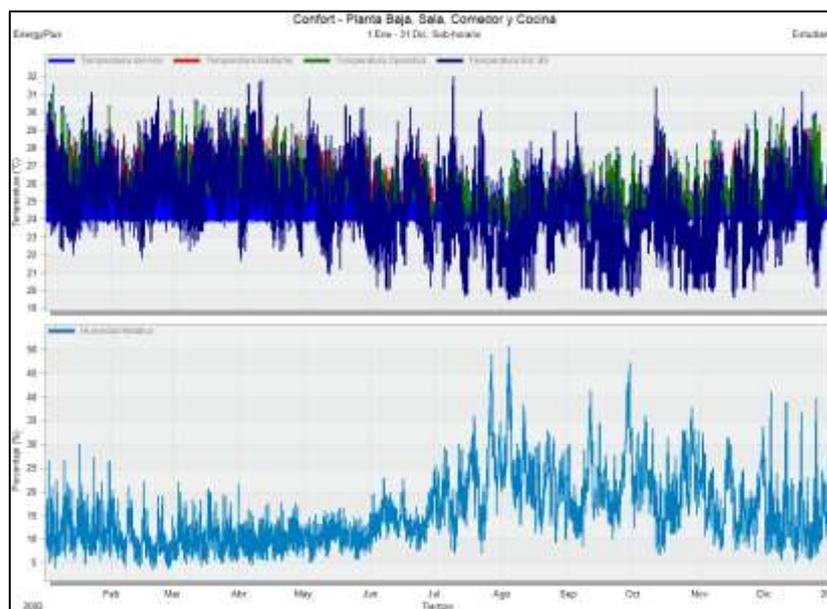


Figura 3.101 Confort térmico del área “Sala, Comedor y Cocina”, con propuesta 1

Fuente: El autor

3.3.1.8 Evaluación de costo-beneficio de propuesta 1

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, se ha utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 144.83 kWh

Ahorro anual en costos: \$14.19

Costo del techo para ventana: \$340

Vida útil estimada: 10 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:

Tabla 42 Flujo de caja de la propuesta 1

Año 1	\$ -340,00
Año 2	\$ 14,19
Año 3	\$ 14,19
Año 4	\$ 14,19
Año 5	\$ 14,19
Año 6	\$ 14,19
Año 7	\$ 14,19
Año 8	\$ 14,19
Año 9	\$ 14,19
Año 10	\$ 14,19

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$-239.14. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -16%. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 23.96 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada de los techos de ventana, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, instalar los techos no es una inversión rentable bajo las condiciones actuales.

3.3.1.9 Resultados de la simulación (Propuesta 2)

En esta propuesta se plantea mitigar las ganancias de calor del techo realizando una reconfiguración del mismo.

Techo de la planta alta

Para el techo de la planta alta (véase figura 69) los materiales usados son:

Para la modificación del techo de la planta alta de la vivienda se configuran 2 capas de elementos, las cuales se parametrizan acorde a lo indicado en la **Tabla 43** y su representación constructiva acorde a la **Figura 3.102** en el siguiente orden:

Tabla 43 Parametrización de las propiedades térmicas del techo planta alta –
Propuesta 2

Componentes (Capa)	Espesor de la Capa de Material (m)	Propiedades Térmicas		
		Conductividad (W/m-K)	Calor específico (J/kg-K)	Densidad (kg/m ³)
Lana de Fibra de Vidrio	0,0640	0,40	840	12
Plancha de Gypsum	0,0100	0,23	1000	900

Fuente: El autor



Figura 3.102 Representación de los materiales constructivos del techo - Propuesta 2

Fuente: El autor

- Evaluación de la Propuesta 2, en la vivienda “Caso estudio” general

Temperaturas y ganancias de calor

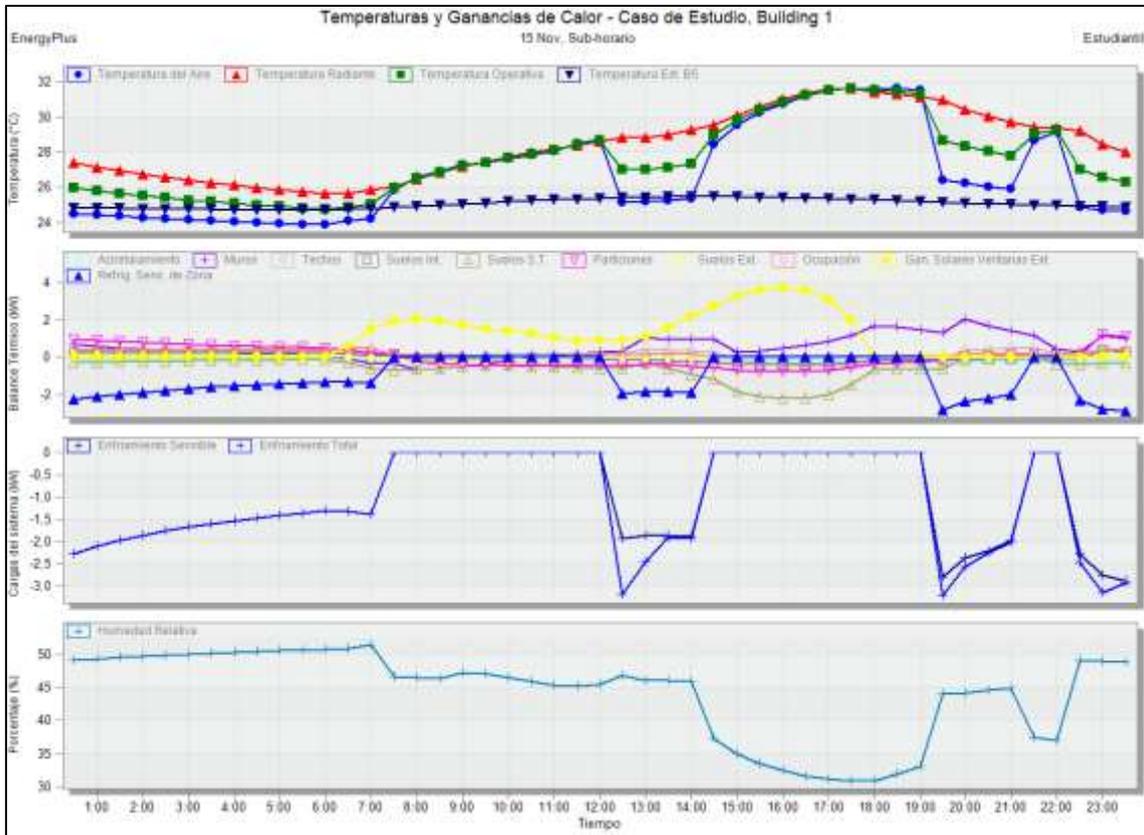


Figura 3.103 Temperatura y ganancias de calor de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 2

Fuente: El autor

En este reporte de la **Figura 3.103**, se puede determinar en base al balance térmico, que las ganancias de calor por el techo de la planta alta disminuyeron de manera total.

Confort térmico

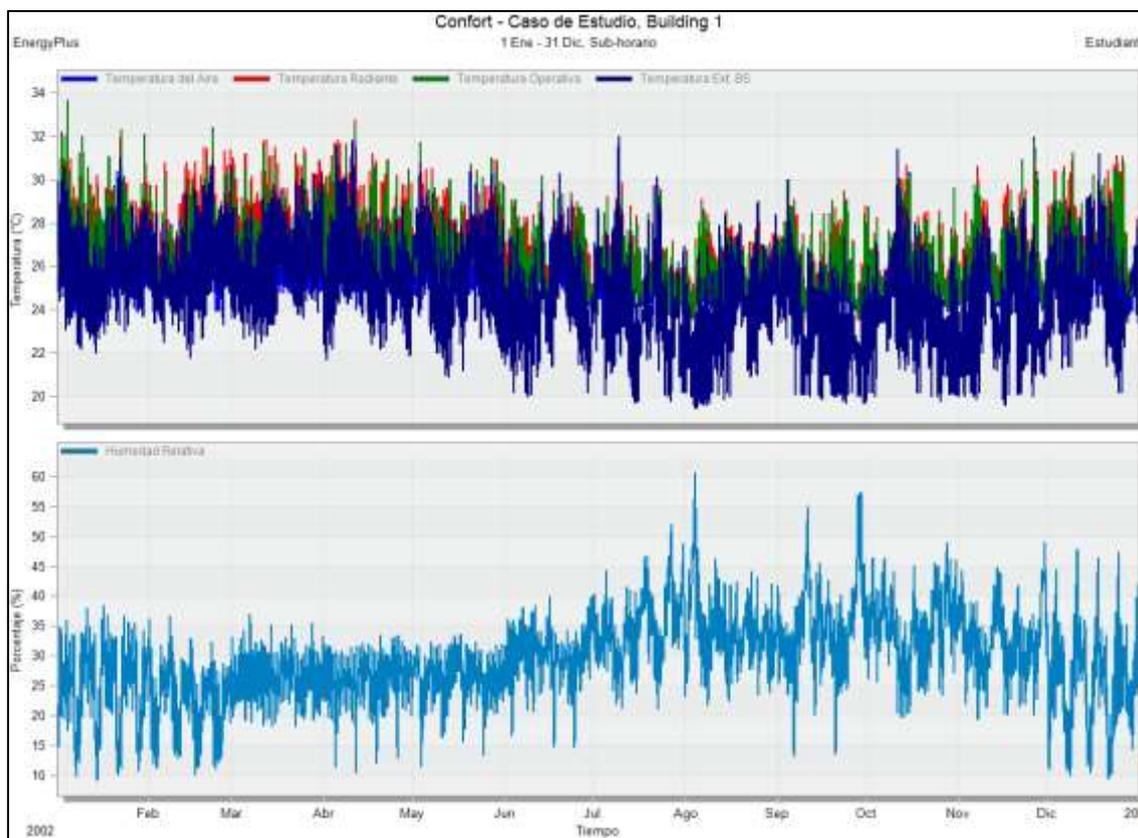


Figura 3.104 Confort térmico de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 2

Fuente: El autor

En este reporte de la **Figura 3.104**, se puede determinar que la temperatura operativa puede llegar a una temperatura de aproximadamente 33.42°C, lo cual con la temperatura inicial de 34.6°C, representa una disminución de 1.18°C.

Consumos Eléctricos

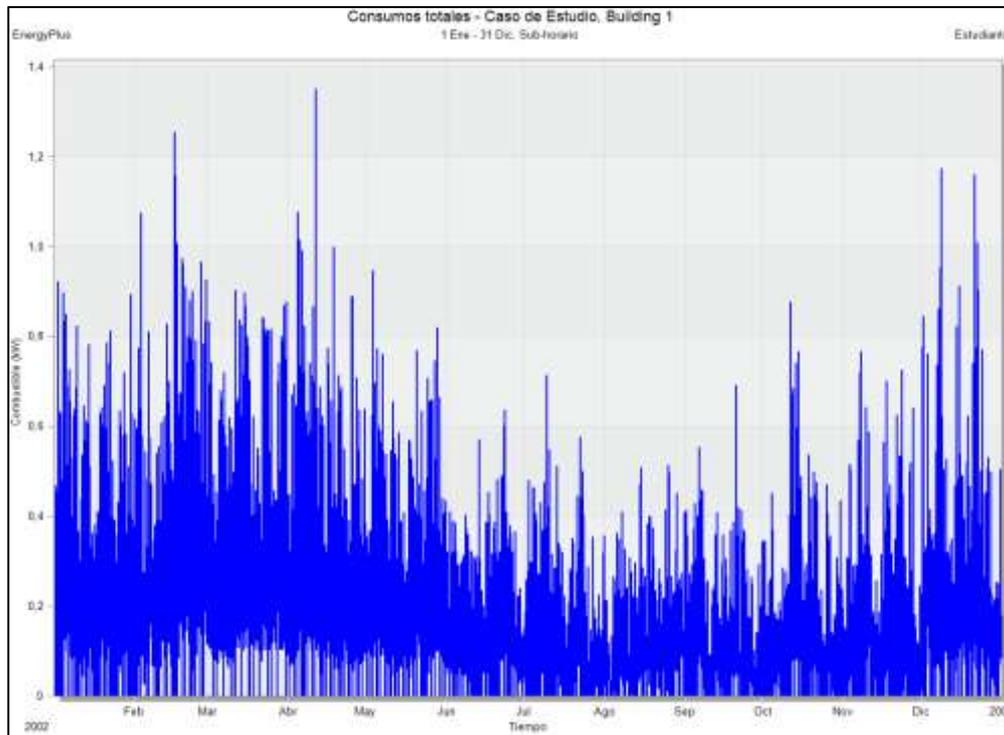


Figura 3.105 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda “Casa Estudio”, con propuesta 2

Fuente: El autor

A partir de estos análisis, la capacidad requerida para la climatización para cada zona se muestra en la **Tabla 44**, a continuación.

Tabla 44 Capacidad requerida para climatización en la vivienda “Caso estudio”, con propuesta 2

Zona	Caso Inicial			Propuesta 1		Ahorro Energético kWh
	Capacidad requerida para climatización	Aire acondicionado designado	Energía requerida anualmente (proyectada)	Capacidad requerida para climatización	Energía requerida anualmente (proyectada)	
	kW	BTU/h	kWh	kW	kWh	
Sala, comedor, cocina	4,46	24000	1740,79	4,29	1634,85	105,94
Cuarto 1	1,76	12000		1,63		
Cuarto 2	2,75	12000		2,49		
Total	8,97	48000		8,41		

Fuente: El autor

- Evaluación del área “Cuarto # 1”

Temperaturas y ganancias de calor

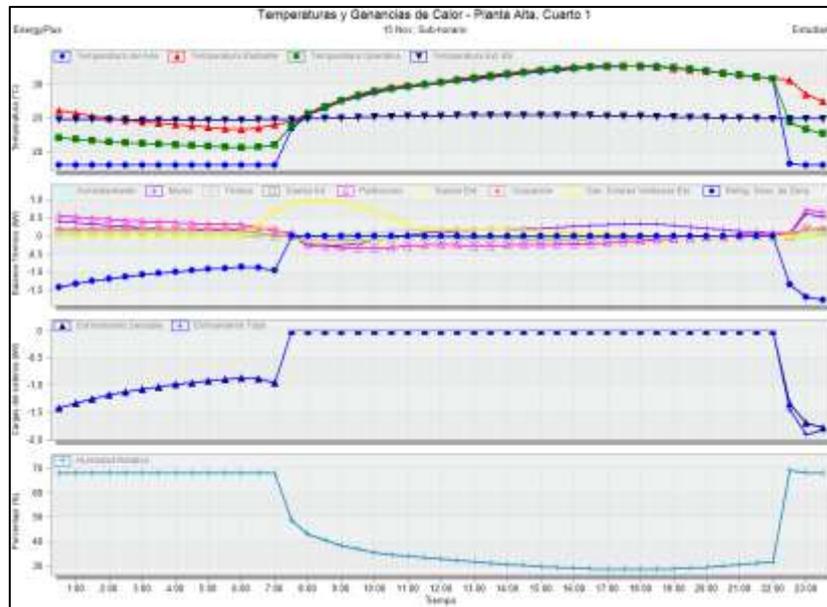


Figura 3.106 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 1”, con propuesta 2

Fuente: El autor

Confort térmico

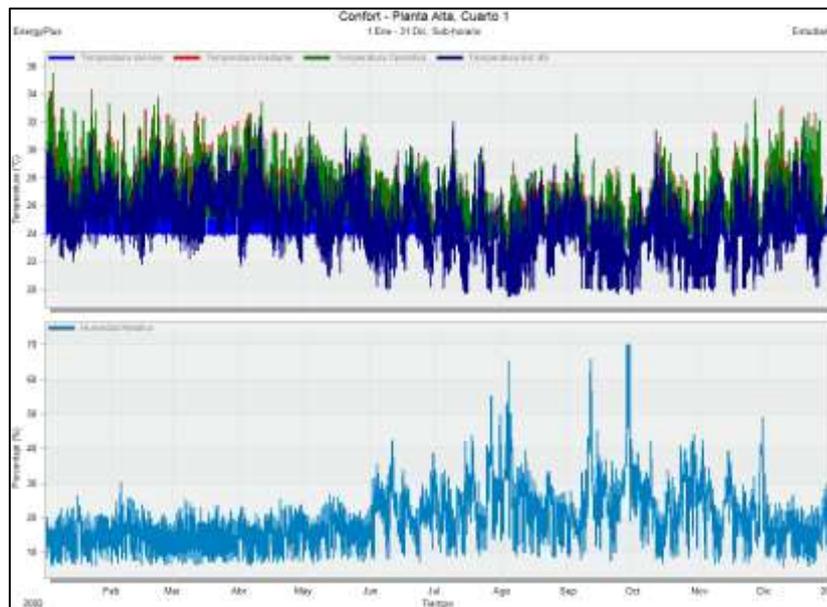


Figura 3.107 Confort térmico del área “Cuarto # 1”, con propuesta 2

Fuente: El autor

- Evaluación del área “Cuarto # 2”

Temperaturas y ganancias de calor

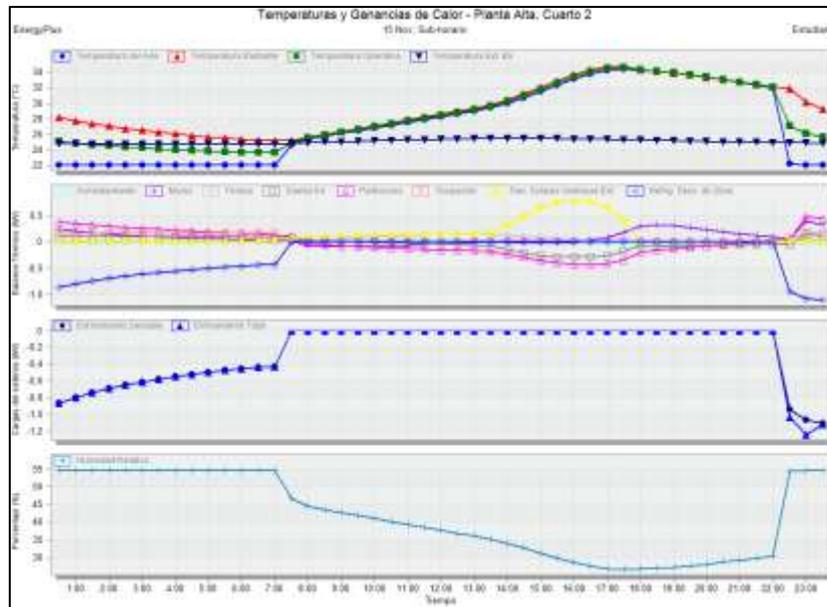


Figura 3.108 Temperatura y ganancias del área “Cuarto # 2”, con propuesta 2

Fuente: El autor

Confort térmico

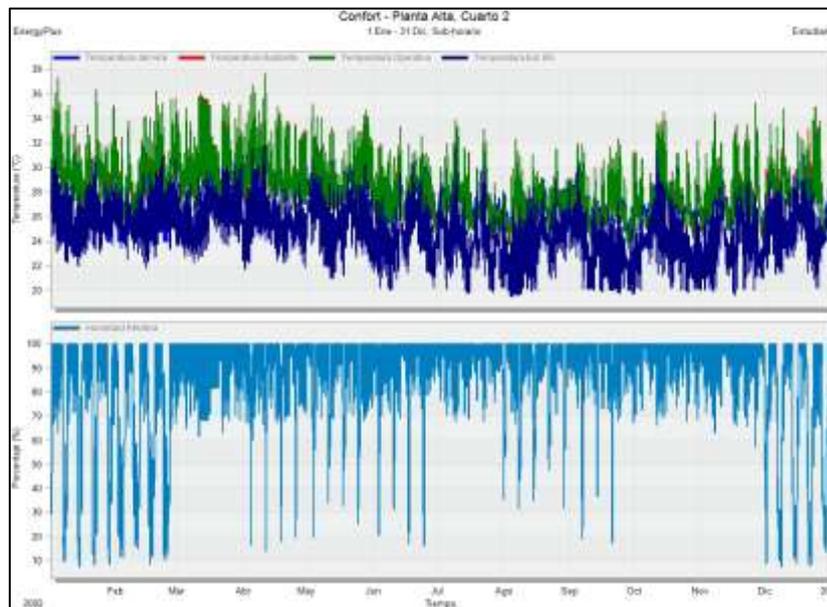


Figura 3.109 Confort térmico del área “Cuarto # 2”, con propuesta 2

Fuente: El autor

- Evaluación del área “Sala, Comedor y Cocina”

Temperaturas y ganancias de calor

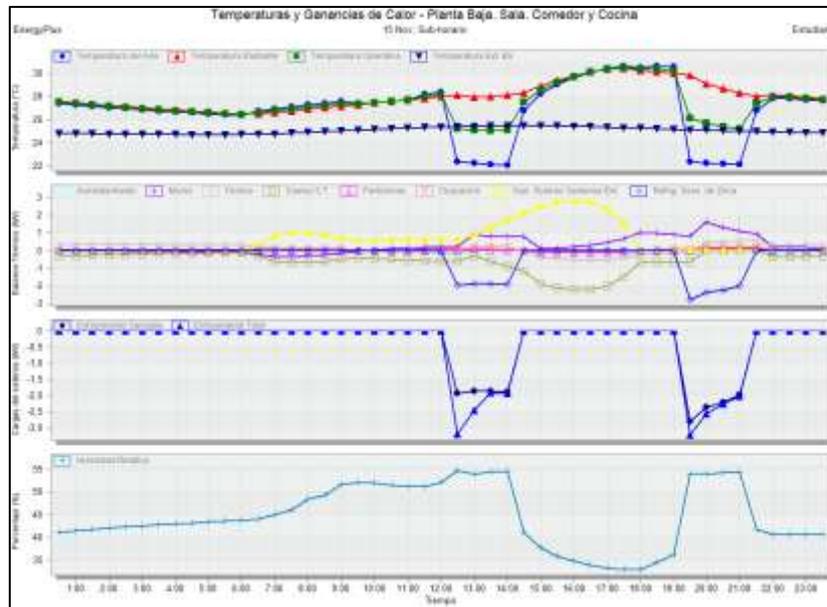


Figura 3.110 Temperatura y ganancias del área “Sala, Comedor y Cocina”, con propuesta 2

Fuente: El autor

Confort térmico

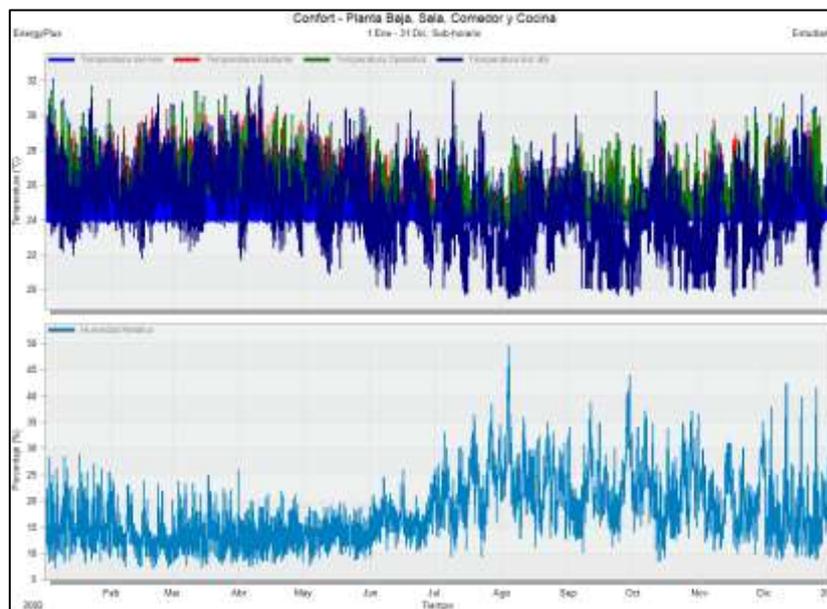


Figura 3.111 Confort térmico del área “Sala, Comedor y Cocina”, con propuesta 2

Fuente: El autor

3.3.1.10 Evaluación de costo-beneficio de propuesta 2

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, se ha utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 105.94 kWh

Ahorro anual en costos: \$10.38

Costo del retiro de techo falso existente: \$90

Costo del retiro de escombros: \$55

Costo de Lana de vidrio: \$170,32

Costo de Instalación de Lana de vidrio: \$54

Costo de instalación de gypsum: \$432

Vida útil estimada: 20 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:

Tabla 45 Flujo de caja de la propuesta 2

Año 1	\$ -801,32
Año 2	\$ 10,38
Año 3	\$ 10,38
Año 4	\$ 10,38
Año 5	\$ 10,38
Año 6	\$ 10,38
Año 7	\$ 10,38
Año 8	\$ 10,38
Año 9	\$ 10,38
Año 10	\$ 10,38
Año 11	\$ 10,38
Año 12	\$ 10,38
Año 13	\$ 10,38
Año 14	\$ 10,38
Año 15	\$ 10,38
Año 16	\$ 10,38
Año 17	\$ 10,38
Año 18	\$ 10,38
Año 19	\$ 10,38
Año 20	\$ 10,38

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$-675,87. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -11%. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 77.20 años. Esto es mucho más largo que la vida útil, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

3.3.2 Análisis de aislamientos térmicos para la envolvente

El diseño de una vivienda en una zona cálida requiere una selección cuidadosa de materiales aislantes para maximizar la eficiencia térmica, reducir el consumo de energía y proporcionar confort térmico a los ocupantes. Tanto el techo como las paredes desempeñan un papel fundamental en la protección de la vivienda contra las altas temperaturas externas. Este documento analiza los criterios de selección y las opciones más adecuadas para ambos elementos constructivos.

3.3.2.1 Consideraciones Generales

En zonas cálidas, el objetivo principal del aislamiento es minimizar la transferencia de calor desde el exterior hacia el interior. Esto se logra seleccionando materiales con las siguientes propiedades:

Conductividad Térmica: Los materiales con baja conductividad térmica son más efectivos para reducir la transferencia de calor.

Resistencia Térmica: Una mayor resistencia térmica implica una mejor capacidad para resistir el paso de calor.

Transmitancia térmica (Factor-U): Es una herramienta crucial para evaluar y comparar materiales térmicos de paquetes constructivos, combina el efecto del espesor y la conductividad térmica en una sola medida, permitiendo una comparación directa entre materiales. Un factor U bajo significa menos pérdida o ganancia de calor, lo que mejora la eficiencia térmica de la vivienda.

Durabilidad: Los materiales deben ser resistentes a las condiciones climáticas, como altas temperaturas, humedad y radiación UV.

Sostenibilidad: Los materiales que tienen un bajo impacto ambiental son preferibles para garantizar un diseño responsable.

Costo-Efectividad: Es importante equilibrar el costo inicial con los beneficios térmicos y la durabilidad a largo plazo.

3.3.2.2 Comparación entre paquetes constructivos para la vivienda

Para analizar el comportamiento con otros materiales constructivos para el techo y las paredes de la vivienda, se utilizaron los 5 paquetes constructivos que presentan una menor transmitancia térmica propuestos en la Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) NEC-HS-EE[22]

Como línea base se consideran los resultados de la simulación (Estado Inicial) y únicamente se modifica las consideraciones técnicas del nuevo paquete constructivo, obtenido los siguientes resultados en la **Tabla 46** y **Tabla 47**

Paredes

Tabla 46 Evaluación de paquetes constructivos para paredes

Paquete constructivo	Factor-U (W/m ² K)	Caso Base		Nuevo Paquete Constructivo		Reducción	
		Energía requerida anualmente (kWh)	Temperatura Operativa (°C)	Energía requerida anualmente (kWh)	Temperatura Operativa (°C)	Energía requerida anualmente (kWh)	Temperatura Operativa (°C)
Bloque de concreto (20 cm)	1,98	1740,8	34,6	1710,0	33,7	30,8	0,9
Panel metálico	1,8	1740,8	34,6	1689,9	33,1	50,9	1,5
Panel de gypsum aislado	1,45	1740,8	34,6	1659,6	32,4	81,2	2,2
Panel OSB aislado	1,48	1740,8	34,6	1661,8	32,5	79,0	2,1
Panel de triplex aislado	1,52	1740,8	34,6	1664,6	32,5	76,2	2,1

Fuente: El autor

Techo

Tabla 47 Evaluación de paquetes constructivos para techo

Paquete constructivo	Factor-U (W/m ² K)	Caso Base		Nuevo Paquete Constructivo		Reducción	
		Energía requerida anualmente (kWh)	Temperatura Operativa (°C)	Energía requerida anualmente (kWh)	Temperatura Operativa (°C)	Energía requerida anualmente (kWh)	Temperatura Operativa (°C)
Losa Hormigón	4,7	1740,8	34,6	1708,4	33,8	32,3	0,8
Teja	2,9	1740,8	34,6	1740,6	34,7	0,2	-0,1
Zinc	3,5	1740,8	34,6	1650,2	33,7	90,6	0,9
Paja	2,8	1740,8	34,6	1695,8	34,0	45,0	0,6

Fuente: El autor

3.3.2.3 Evaluación de costo-beneficio

Paredes

Tabla 48 Consideraciones técnicas para paredes

Criterio	Bloque de Concreto (20 cm)	Panel Metálico	Panel de Gypsum Aislado	Panel OSB Aislado	Panel de Triplex Aislado
Transmitancia térmica o Factor-U (W/m ² K)	1,98	1,8	1,45	1,48	1,52
Resistencia al Agua	Alta	Alta	Moderada	Alta	Moderada
Impacto Ambiental	Alto (producción intensiva)	Alto	Moderado	Moderado	Moderado
Acústica	Buena	Muy mala	Buena	Buena	Moderada

Fuente: El autor

Tabla 49 Consideraciones económicas para paredes

Criterio	Bloque de Concreto (20 cm)	Panel Metálico	Panel de Gypsum Aislado	Panel OSB Aislado	Panel de Triplex Aislado
Costo Inicial (USD/m²)	Moderado (~20-40 USD/m ²)	Bajo (~15-25 USD/m ²)	Moderado (~20-35 USD/m ²)	Moderado (~25-40 USD/m ²)	Moderado (~20-35 USD/m ²)
Costo de Mantenimiento	Bajo	Bajo	Moderado	Bajo	Moderado
Vida Útil (años)	Muy alta (~50+ años)	Alta (~30-50 años)	Moderada (~20-30 años)	Alta (~30-50 años)	Moderada (~20-30 años)
Costo a Largo Plazo	Moderado	Moderado	Alto (si se deteriora)	Bajo	Moderado

Fuente: El autor

Techo**Tabla 50** Consideraciones técnicas para techo

Criterio	Losa de Hormigón	Teja	Zinc	Paja	Fibrocemento
Transmitancia térmica o Factor-U (W/m ² K)	4,7	2,9	3,5	2,8	3,1
Resistencia al Agua	Alta	Alta	Alta	Baja	Alta
Impacto Ambiental	Alto	Moderado	Alto	Muy bajo (renovable)	Moderado
Acústica	Muy buena	Buena	Muy mala	Muy buena	Regular

Fuente: El autor

Tabla 51 Consideraciones económicas para techo

Criterio	Losa de Hormigón	Teja	Zinc	Paja	Fibrocemento
Costo Inicial (USD/m²)	Alto (~50-80 USD/m ²)	Moderado (~20-50 USD/m ²)	Bajo (~10-20 USD/m ²)	Muy bajo (~5-15 USD/m ²)	Bajo (~15-25 USD/m ²)
Costo de Mantenimiento	Bajo	Bajo	Moderado	Alto	Moderado
Vida Útil (años)	Alta (~50 años)	Alta (~50 años)	Moderada (~15-20 años)	Baja (~5-10 años)	Moderada (~20-30 años)
Costo a Largo Plazo	Alto	Moderado	Alto	Muy alto (frecuente)	Moderado

Fuente: El autor

3.3.3 Análisis Luminotécnico con DIALux

El análisis de la vivienda “Caso Estudio” mostró niveles de iluminación entre 15 y 90 lúmenes en cada área **Tabla 17**, lo que incentivó a realizar un análisis luminotécnico debido a que no se cumplieron con los niveles mínimos de iluminación requeridos dentro de la vivienda.

Con el uso del software DIALux se determinó el número de luminarias necesarias para colocar en cada sección de la vivienda. Los valores fijos para este análisis es la potencia y temperatura de la Luminaria (W) que es de 12 [W] y 3000 [°K] respectivamente. La distribución de las luminarias se indica en la **Figura 3.112** y **Figura 3.113**.



Figura 3.112 Distribución de luminarias en la planta baja de la vivienda “Caso Estudio”

Fuente: El autor



Figura 3.113 Distribución de luminarias en la planta alta de la vivienda “Caso Estudio”

Fuente: El autor

Se proceden a realizar las simulaciones en el software Dialux, obteniendo los siguientes valores.

Tabla 52 Resultados obtenidos de la simulación en el software Dialux

Áreas de la vivienda	Potencia de Luminaria (W)	Cantidad de Luminaria	Temperatura Luminaria (°K)	Distancia medida del suelo (m)	Rango propuesto por norma NEC (lux)	Iluminancia Promedio Calculada (Lux)	Criterio
Cocina	12	3	3000	0.60	100-200	192	Cumple
Comedor	12	6	3000	0.60	200-500	368	Cumple
Sala	12	8	3000	0.60	200-500	319	Cumple
Baño PB	12	1	3000	0.60	100-200	148	Cumple
Pasillo PA y Escalera	12	2	3000	0.60	50-150	126	Cumple
Dormitorio 1	12	4	3000	0.60	100-200	188	Cumple
Baño 1 PA	12	1	3000	0.60	100-200	151	Cumple
Dormitorio 2	12	3	3000	0.60	100-200	163	Cumple
Baño 2 PA	12	1	3000	0.60	100-200	141	Cumple
Dormitorio 3	12	3	3000	0.60	100-200	160	Cumple

Fuente: El autor

3.3.3.1 Resultados del VEEI

Los resultados del cálculo de la eficiencia energética de la instalación se muestran en la **Tabla 53**. Para este análisis se considera la potencia de la luminaria en 12 [W].

Tabla 53 Evaluación de eficiencia energética de la iluminación propuesta

Áreas de la vivienda	Potencia de Luminaria (W)	Cantidad de Luminaria	Potencia Total de Luminaria (W)	Superficie Iluminada (m ²)	Iluminancia Promedio Em (Lux)	VEEI calculado (W/m ²)	VEEI Maximo Norma NEC (W/m ²)	Criterio
Cocina	12	3	36	8,34	192	2,25	10	Cumple
Comedor	12	6	72	7,83	368	2,50	10	Cumple
Sala	12	8	96	11,12	319	2,71	7.5	Cumple
Baño PB	12	1	12	1,59	148	5,10	12	Cumple
Pasillo PA y Escalera	12	2	24	6,13	126	3,11	-	N/A
Dormitorio 1	12	4	48	10	188	2,55	12	Cumple
Baño 1 PA	12	1	12	2,33	151	3,41	12	Cumple
Dormitorio 2	12	3	36	7,83	163	2,82	12	Cumple

Baño 2 PA	12	1	12	2,12	141	4,01	12	Cumple
Dormitorio 3	12	3	36	7,06	160	3,19	12	Cumple

Fuente: El autor

Los resultados mostraron que, para el diseño del sistema de iluminación en la vivienda, se requieren de 32 luminarias de 3000 °K, equivalente a 384W de potencia instalada.

3.4 Análisis de los mayores consumidores energéticos

En base al Análisis de Pareto se determina que existen 3 áreas de consumo que registran el 72.41% de la energía consumida de la vivienda, por lo cual este estudio se enfocara en cada uno de ellos, los cuales por su importancia se clasifican en:

- Climatización
- Refrigeradora
- Cocción

Adicionalmente, se evaluará la iluminación por ser parte del confort de los habitantes, a pesar de que su consumo energético solo representa el 3.74%.

3.4.1 Sistema de Climatización

Los sistemas de climatización son esenciales para mantener un ambiente confortable en nuestras viviendas, especialmente durante la estación con las temperaturas más cálidas. Estos sistemas no solo regulan la temperatura, sino que también pueden influir en la calidad del aire interior. Existen diferentes tipos de tecnologías de climatización, cada una con sus propias características y niveles de eficiencia energética.

El consumo energético de un sistema de climatización puede variar significativamente según el tipo de tecnología utilizada. Además, configuración del sistema, como la temperatura deseada y el modo de operación, también juega un papel crucial en el consumo de energía.

Es importante destacar que el consumo energético de un sistema de climatización depende en gran medida de la cantidad de calor que necesita extraer del ambiente. Esto está influenciado por factores como la temperatura exterior, el aislamiento de la vivienda y las ganancias de calor internas, que pueden provenir de fuentes como electrodomésticos, iluminación y la presencia de personas en la habitación, esto se evidencia en la **Figura 3.114**, donde se presentan tres escenarios en los que el termostato del aire acondicionado del 'Dormitorio 1' está configurado a una temperatura de 24 °C y la temperatura interna de la habitación es aproximadamente 24,2 °C. Sin embargo, los consumos energéticos presentan variación.

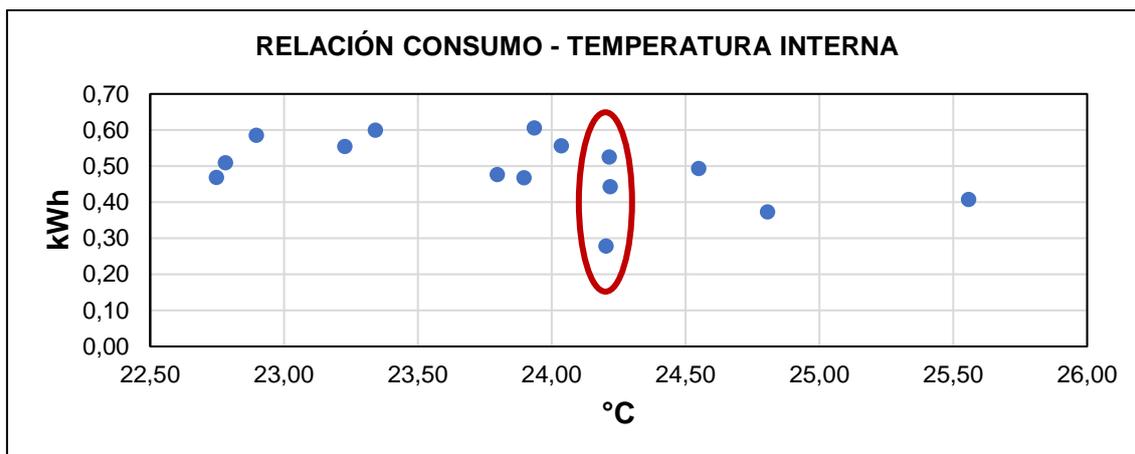


Figura 3.114 Relación del consumo de energía eléctrica y temperatura de la zona climatizada

Fuente: El autor

3.4.1.1 Aires Acondicionados instalados en la vivienda de caso estudio

Dormitorio 1

Durante el período de evaluación, se instalaron dos aires acondicionados en el dormitorio 1, con los siguientes detalles:

Periodo: julio 2023 a febrero 2024

Modelo: SAMSUNG AR12JVSSEWKX

Tecnología: Inverter

Capacidad: 12000 BTU



Figura 3.115 Aire Acondicionado 12000 BTU INVERTER Dormitorio 1

Fuente: El autor

Periodo: marzo 2024 a junio 2024
Modelo: LG SX122CL3 NL2
Tecnología: Alta Eficiencia
Capacidad: 12000 BTU



Figura 3.116 Aire Acondicionado 12000 BTU Alta Eficiencia Dormitorio 1

Fuente: El autor

Dormitorio 2

Durante todo el período de evaluación, el aire acondicionado marca LG, modelo SX122CL3, permaneció instalado en el dormitorio 2, con el siguiente detalle:

Periodo: julio 2023 a junio 2024
Modelo: LG SX122CL3
Capacidad: 12000 BTU



Figura 3.117 Aire Acondicionado 12000 BTU Antiguo Dormitorio 2

Fuente: El autor

Sala, comedor y cocina

Durante todo el período de evaluación, el aire acondicionado marca SMC, modelo SMCAS242C7, permaneció instalado en la Sala, comedor y cocina, con el siguiente detalle:

Periodo: julio 2023 a junio 2024
Modelo: SMC SMCAS242C7
Tecnología: Alta Eficiencia
Capacidad: 24000 BTU



Figura 3.118 Aire Acondicionado 12000 BTU Alta Eficiencia en Sala, comedor y cocina.

Fuente: El autor

3.4.1.2 Consumo de electricidad actual

El consumo de electricidad presenta el siguiente comportamiento en el periodo analizado:

Cuarto # 1

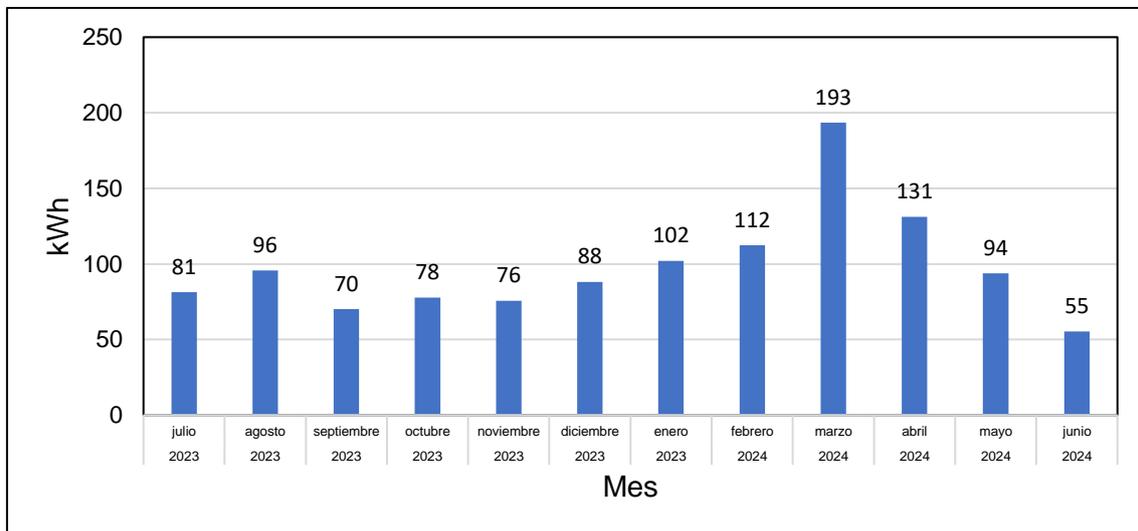


Figura 3.119 Registro de consumo de electricidad mensual - Aire Acondicionado Cuarto # 1

Fuente: El autor

El consumo de electricidad acumulado y la comparación con la ficha de eficiencia energética presenta el siguiente detalle:

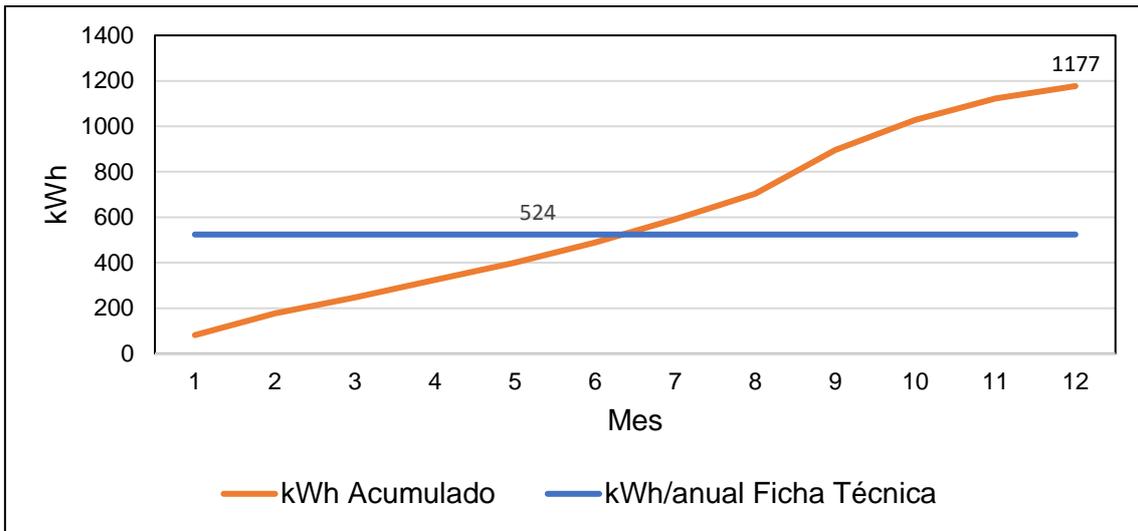


Figura 3.120 Evaluación del consumo de electricidad registrado y el consumo de electricidad proyectado en la etiqueta de eficiencia energética del Aire Acondicionado Cuarto # 1

Fuente: El autor

Cuarto # 2

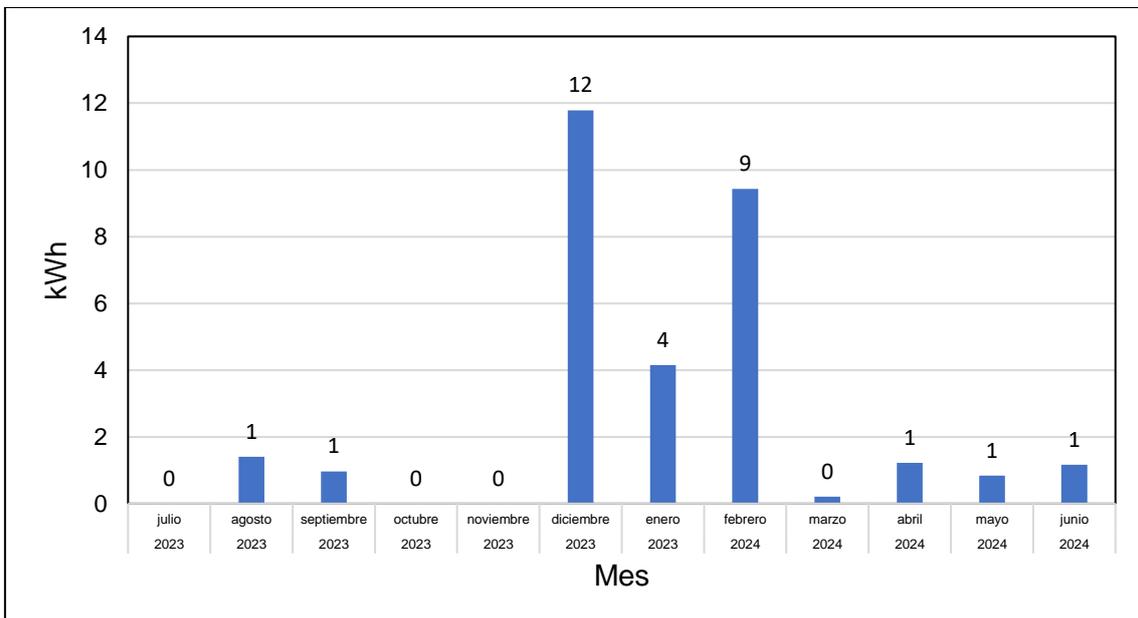


Figura 3.121 Registro de consumo de electricidad mensual - Aire Acondicionado Cuarto # 2

Fuente: El autor

El consumo de electricidad acumulado presenta el siguiente detalle:

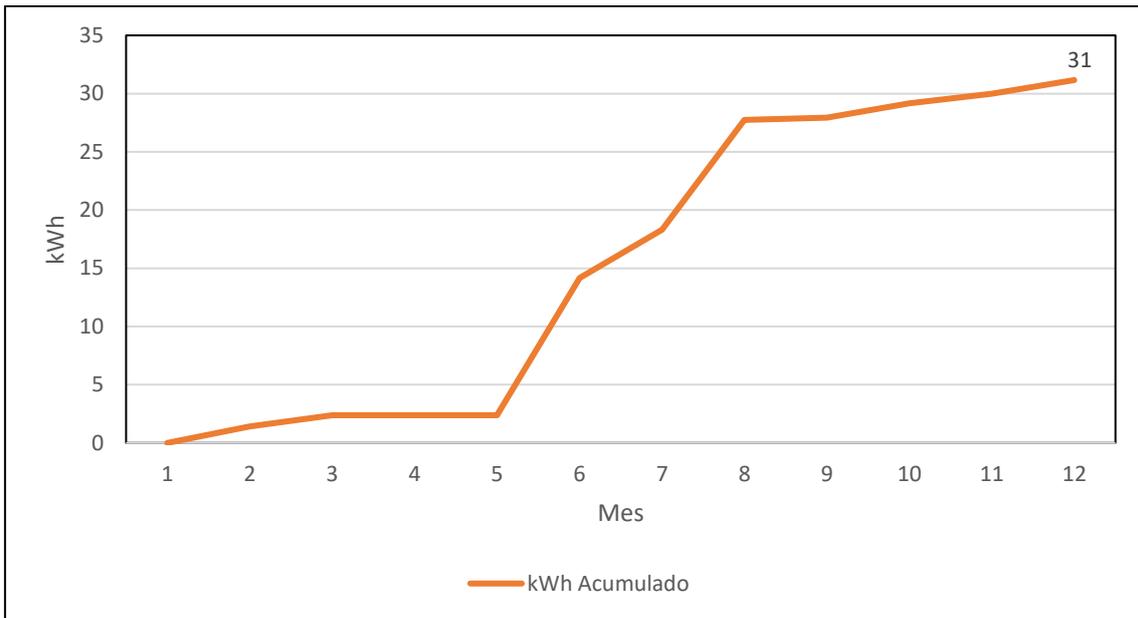


Figura 3.122 Registro de consumo de electricidad anual - Aire Acondicionado Cuarto # 2

Fuente: El autor

Sala, Comedor y Cocina

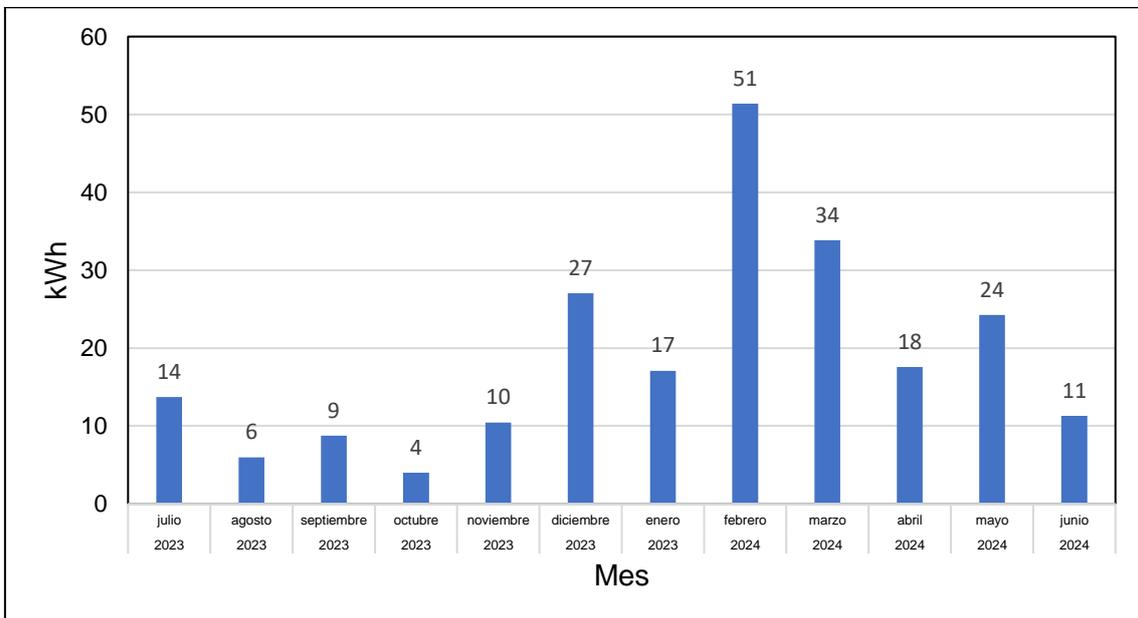


Figura 3.123 Registro de consumo de electricidad mensual - Aire Acondicionado de la Sala, Comedor y Cocina

Fuente: El autor

El consumo de electricidad acumulado y la comparación con la ficha de eficiencia energética presenta el siguiente detalle:

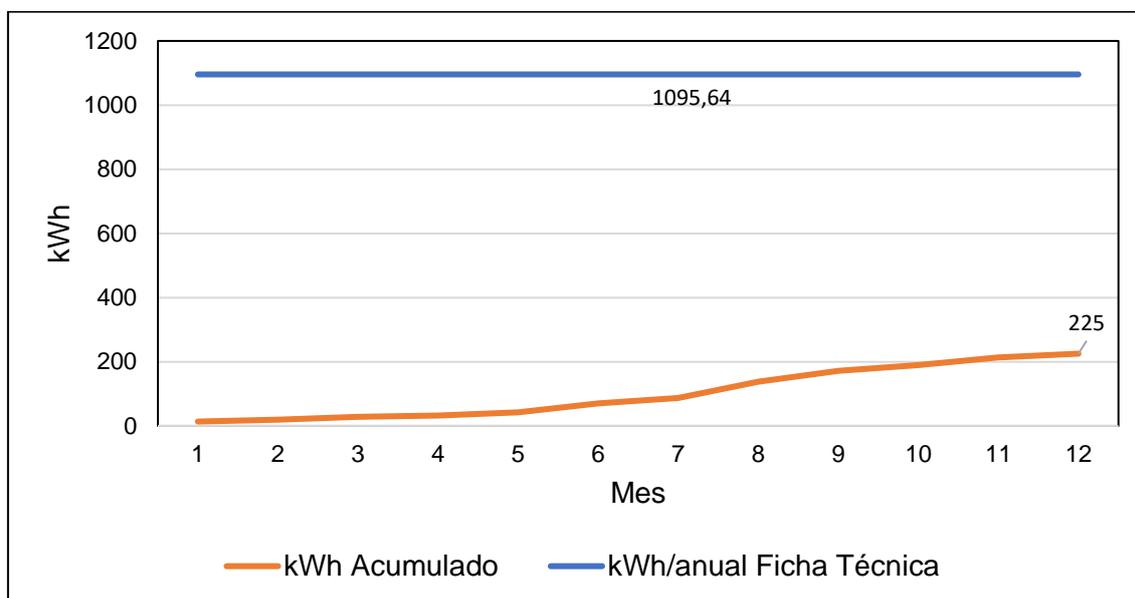


Figura 3.124 Evaluación del consumo de electricidad registrado y el consumo de electricidad proyectado en la etiqueta de eficiencia energética del Aire Acondicionado Sala, Comedor y Cocina

Fuente: El autor

3.4.1.3 Evaluación de consumo de electricidad por tecnología del aire acondicionado

Este análisis se llevará a cabo en el 'Cuarto #1', el cual, de acuerdo a las mediciones realizadas, es el de mayor uso. Se cuenta con información detallada que nos permitirá analizar el comportamiento de dos tecnologías de aire acondicionado en la misma área climatizada y bajo condiciones de uso similares. Este enfoque nos ayudará a comparar la eficiencia energética, el rendimiento y otros factores relevantes de cada tecnología, proporcionando una visión integral de su desempeño en un entorno real.

Tecnología del Aire acondicionado

En base a la información recopilada se realiza una representación gráfica en las **Figura 3.125** y **Figura 3.126**, con los comportamientos del aire acondicionado tipo Inverter y el tipo Alta Eficiencia respectivamente.

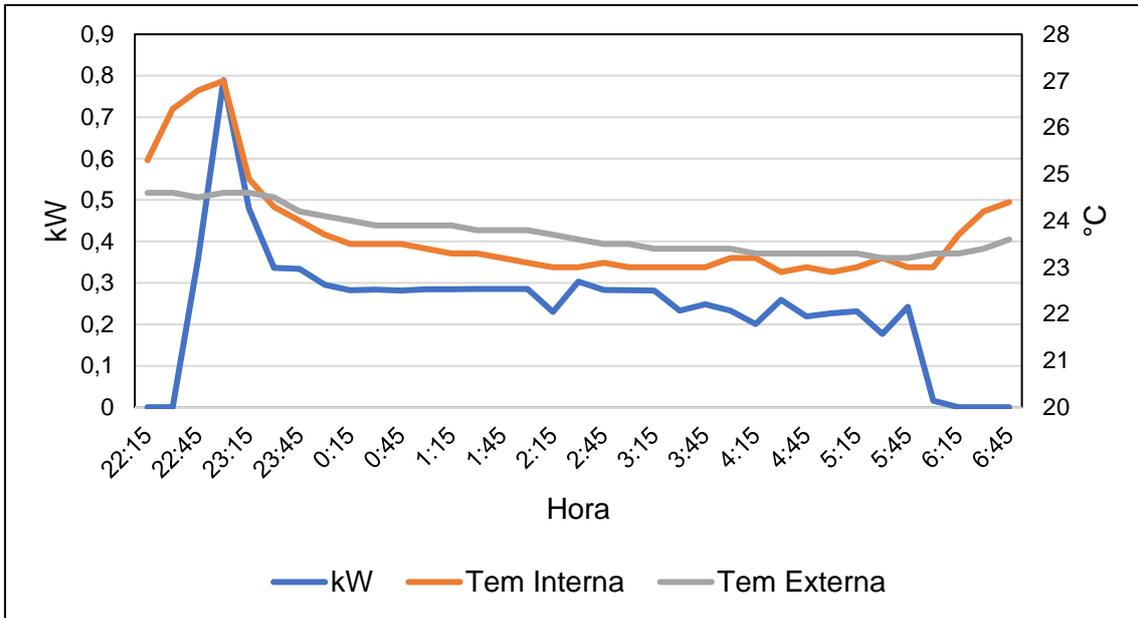


Figura 3.125 Funcionamiento del aire acondicionado tipo inverter

Fuente: El autor

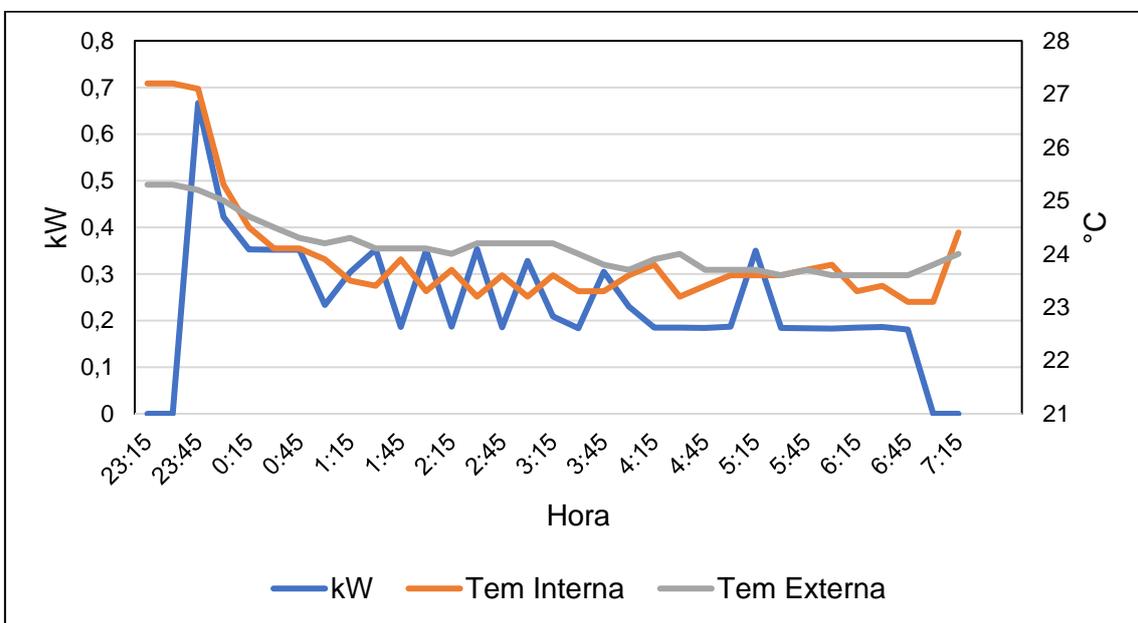


Figura 3.126 Funcionamiento del aire acondicionado tipo alta eficiencia

Fuente: El autor

En el caso del aire acondicionado tipo inverter, se puede observar que los picos de consumo (línea azul) solo aparecen cuando el equipo se enciende. El resto del tiempo, debido a la regulación del compresor, el consumo se mantiene con poca variación. Por otro lado, en el caso del equipo de alta eficiencia, se evidencian numerosos picos de consumo debido a la falta de regulación en el compresor. Esta diferencia se traduce en un consumo adicional de energía, como se muestra en la **Tabla 54**. Durante un período de 68 días de medición para cada uno de los aires acondicionados, se observa una diferencia del 25.21% en los consumos de ambos equipos, demostrando una mayor eficiencia del aire acondicionado tipo inverter en comparación con el de alta eficiencia.

Tabla 54 Evaluación del consumo energético entre el aire acondicionado tipo inverter y alta eficiencia

Tipo de Aire Acondicionado	Días de Registro	Energía Consumida kWh	kW Promedio por Hora	Variación de Consumo
Alta Eficiencia	68	357,649325	0,551077542	25,21%
Inverter	68	215,028900	0,412130139	

Fuente: El autor

3.4.1.4 Evaluación de consumo de electricidad por ajuste de la temperatura del aire acondicionado

Para realizar este análisis, se controló la temperatura de configuración del aire acondicionado tipo Alta Eficiencia durante un período consecutivo de 86 días. De estos, en 43 días se programó a 22°C y en 43 días a 24°C. Los resultados mostraron que al ajustar el termostato a 24°C se puede generar un ahorro de energía superior al 7.82%, como se evidencia en la **Tabla 55**. Este hallazgo subraya la importancia de una configuración adecuada del termostato para maximizar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía en sistemas de aire acondicionado.

Además, el estudio reveló que mantener una temperatura ligeramente más alta no solo contribuye a un menor consumo energético, sino que también puede prolongar la vida útil del equipo al reducir el esfuerzo del compresor. Estos resultados son especialmente relevantes en climas cálidos, donde el uso intensivo del aire acondicionado es común. Implementar prácticas de configuración eficiente puede tener un impacto significativo en la reducción de costos operativos y en la sostenibilidad ambiental.

En resumen, ajustar el termostato a una temperatura óptima es una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de energía, lo que se traduce en beneficios económicos y ambientales a largo plazo.

Tabla 55 Análisis del comportamiento del consumo de energía eléctrica en función de la configuración del Aire Acondicionado.

Días Analizados	Temperatura Configurada en el Aire Acondicionado	Consumos registrados por hora (kWh)			Ahorro con configuración a 24°C con base de 22°C	Ahorro promedio por cada 1°C
		Promedio	Mínimo	Máximo		
43	22,00	0,550			32,08%	16,04%
43	24,00	0,373				
43	22,00		0,278		15,64%	7,82%
43	24,00		0,234			
43	22,00			0,754	32,42%	16,21%
43	24,00			0,510		

Fuente: El autor

3.4.1.5 Evaluación de costo-beneficio

Para realizar esta evaluación se plantea lo siguiente:

- Implementación de aires acondicionados con tecnología inverter.
- Ahorro financiero con el ajuste de temperatura.

Cuarto # 1

Para el este análisis solo se considera el consumo energético de los meses marzo a junio 2024 (total 473 kWh, promedio mensual 118 kWh), esto se debe a que inicialmente en esta área se contaba con un aire acondicionado tipo inverter. Con estos valores aplicando el ahorro de 25.21%, se obtiene un ahorro mensual de \$ 2.94 (30 kWh x 0.098 (USD/kWh)) y anual de \$35.28.

Para este análisis se consideran el valor de \$512.29 para un aire acondicionado tipo Inverter y \$393.42 para uno de Alta Eficiencia, estos precios son referenciales del mercado local, incluyendo los impuestos respectivos.

- **Reemplazo de Aire Acondicionado Tipo Alta Eficiencia por uno Inverter**

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 360 kWh

Ahorro anual en costos: \$35.28
Costo del aire acondicionado Inverter: \$512.29
Vida útil estimada: 10 años
Tasa de descuento: 5%
Flujo de caja:

Tabla 56 Flujo de caja del cambio de aire acondicionado alta eficiencia por inverter –
 Cuarto 1

Año 1	\$ -512,29
Año 2	\$ 35,28
Año 3	\$ 35,28
Año 4	\$ 35,28
Año 5	\$ 35,28
Año 6	\$ 35,28
Año 7	\$ 35,28
Año 8	\$ 35,28
Año 9	\$ 35,28
Año 10	\$ 35,28

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$-261.53. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -9%. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 14.52 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada del aire acondicionado, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, reemplazar el aire acondicionado no es una inversión rentable bajo las condiciones actuales.

- **Adquisición inicial del aire acondicionado Inverter**

En esta evaluación solo se considera la diferencia entre el valor comercial de un aire acondicionado tipo Inverter y uno Alta Eficiencia, el cual se establece en

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 360 kWh

Ahorro anual en costos: \$35.28

Costo del aire acondicionado Inverter: \$118.87

Vida útil estimada: 10 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:

Tabla 57 Flujo de caja de la inversión inicial con aire acondicionado tipo inverter –

Cuarto 1

Año 1	\$ -118,87
Año 2	\$ 35,28
Año 3	\$ 35,28
Año 4	\$ 35,28
Año 5	\$ 35,28
Año 6	\$ 35,28
Año 7	\$ 35,28
Año 8	\$ 35,28
Año 9	\$ 35,28
Año 10	\$ 35,28

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$131.89. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto si recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente 26%. Esto significa que la inversión es rentable ya que la TIR es mayor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 3.37 años. Esto es menor que la vida útil estimada del aire acondicionado, lo que sugiere que la inversión se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, adquirir como compra inicial el aire acondicionado tipo Inverter es una inversión rentable bajo las condiciones actuales.

Cuarto # 2

Para el este análisis solo se considera el consumo energético de los meses julio 2023 a junio 2024 (total 30 kWh, promedio mensual 2.5 kWh). Con estos valores aplicando el ahorro de 25.21%, se obtiene un ahorro mensual de \$ 0.06 (0.63 kWh x 0.098 (USD/kWh)) y anual de \$0.72

Para este análisis se consideran el valor de \$512.29 para un aire acondicionado tipo Inverter y \$393.42 para uno de Alta Eficiencia, estos precios son referenciales del mercado local, incluyendo los impuestos respectivos.

- **Reemplazo de Aire Acondicionado Tipo Alta Eficiencia por uno Inverter**

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 8 kWh

Ahorro anual en costos: \$0.72

Costo del aire acondicionado Inverter: \$512.29

Vida útil estimada: 10 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:

Tabla 58 Flujo de caja del cambio de aire acondicionado alta eficiencia por inverter –

Cuarto 2

Año 1	\$ -512,29
Año 2	\$ 00,72
Año 3	\$ 00,72
Año 4	\$ 00,72
Año 5	\$ 00,72
Año 6	\$ 00,72
Año 7	\$ 00,72
Año 8	\$ 00,72
Año 9	\$ 00,72
Año 10	\$ 00,72

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$-507.17. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -50%. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 711.51 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada del aire acondicionado, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, reemplazar el aire acondicionado no es una inversión rentable bajo las condiciones actuales.

- **Adquisición inicial del aire acondicionado Inverter**

En esta evaluación solo se considera la diferencia entre el valor comercial de un aire acondicionado tipo Inverter y uno Alta Eficiencia, el cual se establece en

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 8 kWh

Ahorro anual en costos: \$0.72

Costo del aire acondicionado Inverter: \$118.87

Vida útil estimada: 10 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:

Tabla 59 Flujo de caja de la inversión inicial con aire acondicionado tipo inverter –

Cuarto 2

Año 1	\$ -118,87
Año 2	\$ 00,72
Año 3	\$ 00,72
Año 4	\$ 00,72
Año 5	\$ 00,72
Año 6	\$ 00,72
Año 7	\$ 00,72
Año 8	\$ 00,72
Año 9	\$ 00,72
Año 10	\$ 00,72

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$-113.75. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -37%. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 165.10 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada del aire acondicionado, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, adquirir como compra inicial el aire acondicionado para esta habitación, no es una inversión rentable bajo las condiciones actuales.

Sala, Comedor y Cocina

Para el este análisis solo se considera el consumo energético de los meses julio 2023 a junio 2024 (total 225 kWh, promedio mensual 19 kWh). Con estos valores aplicando el ahorro de 25.21%, se obtiene un ahorro mensual de \$ 0.49 (5 kWh x 0.098 (USD/kWh)) y anual de \$5.88.

Para este análisis se consideran el valor de \$950.41 para un aire acondicionado tipo Inverter y \$799.87 para uno de Alta Eficiencia, estos precios son referenciales del mercado local, incluyendo los impuestos respectivos.

- **Reemplazo de Aire Acondicionado Tipo Alta Eficiencia por uno Inverter**

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 60 kWh

Ahorro anual en costos: \$5.88

Costo del aire acondicionado Inverter: \$950.41

Vida útil estimada: 10 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:

Tabla 60 Flujo de caja del cambio de aire acondicionado alta eficiencia por inverter –
Sala, Comedor y Cocina

Año 1	\$ -950,41
Año 2	\$ 5,88
Año 3	\$ 5,88
Año 4	\$ 5,88
Año 5	\$ 5,88
Año 6	\$ 5,88
Año 7	\$ 5,88
Año 8	\$ 5,88
Año 9	\$ 5,88
Año 10	\$ 5,88

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$-908.62. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -37%. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 161.63 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada del aire acondicionado, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, reemplazar el aire acondicionado no es una inversión rentable bajo las condiciones actuales.

- **Adquisición inicial del aire acondicionado Inverter**

En esta evaluación solo se considera la diferencia entre el valor comercial de un aire acondicionado tipo Inverter y uno Alta Eficiencia, el cual se establece en

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 60 kWh

Ahorro anual en costos: \$5.88

Costo del aire acondicionado Inverter: \$150.54

Vida útil estimada: 10 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:**Tabla 61** Flujo de caja de la inversión inicial con aire acondicionado tipo inverter –
Sala, Comedor y Cocina

Año 1	\$ -150,54
Año 2	\$ 5,88
Año 3	\$ 5,88
Año 4	\$ 5,88
Año 5	\$ 5,88
Año 6	\$ 5,88
Año 7	\$ 5,88
Año 8	\$ 5,88
Año 9	\$ 5,88
Año 10	\$ 5,88

Fuente: El autor**Valor Presente Neto (VPN):**

El VPN es \$-108.75. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -17. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 25.20 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada del aire acondicionado, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, reemplazar el aire acondicionado no es una inversión rentable bajo las condiciones actuales.

3.4.2 Refrigeración

Los equipos de refrigeración en el hogar, especialmente las refrigeradoras, se han convertido en elementos esenciales debido a su rol continuo en la conservación de alimentos y bebidas.

Estos aparatos son grandes consumidores de energía, operando las 24 horas del día. Por esta razón, es vital comprender sus características en términos de eficiencia

energética. Evaluar la eficiencia energética de una refrigeradora, incluyendo su clasificación energética y el consumo promedio, permite seleccionar un modelo que optimice el uso de electricidad. Las refrigeradoras más eficientes están diseñadas con tecnologías avanzadas que mantienen la temperatura interna utilizando menos energía. Dado que estos electrodomésticos funcionan de manera ininterrumpida, incluso pequeñas mejoras en su eficiencia pueden resultar en ahorros significativos de energía y reducción de costos a lo largo del tiempo.

3.4.2.1 Refrigeradora instalada en la vivienda de caso estudio

El modelo usado en la vivienda analizada es de la marca INDURAMA, modelo RI-780R, el circuito eléctrico e información relativa del mismo se detalla en la **Figura 3.127**.

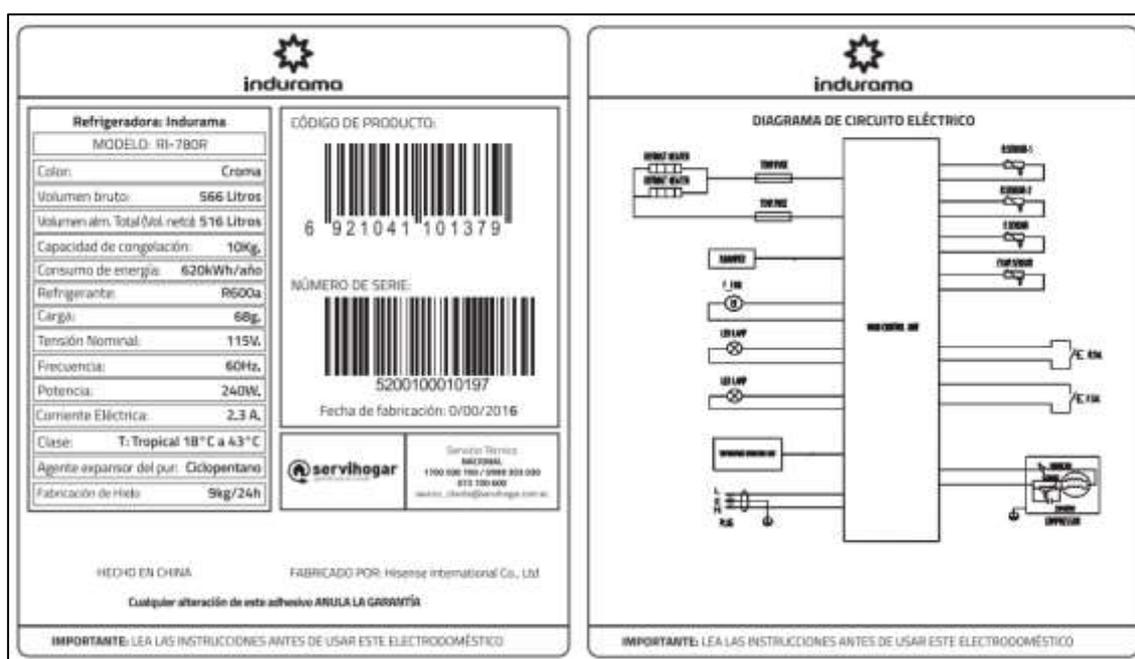


Figura 3.127 Ficha descriptiva INDURAMA RI-780R

Fuente: INDURAMA

3.4.2.2 Programación de la refrigeradora

La programación de las temperaturas en la refrigeradora durante el año de evaluación fue la siguiente:

Compartimiento principal (alimentos frescos): 6°C

Compartimiento del congelador: -14°C

Esta programación se muestra en la siguiente imagen:



Figura 3.128 Programación de refrigeradora instalada en la “Casa Estudio”

Fuente: El autor

3.4.2.3 Consumo de electricidad actual

El consumo de electricidad presenta el siguiente comportamiento en el periodo analizado:

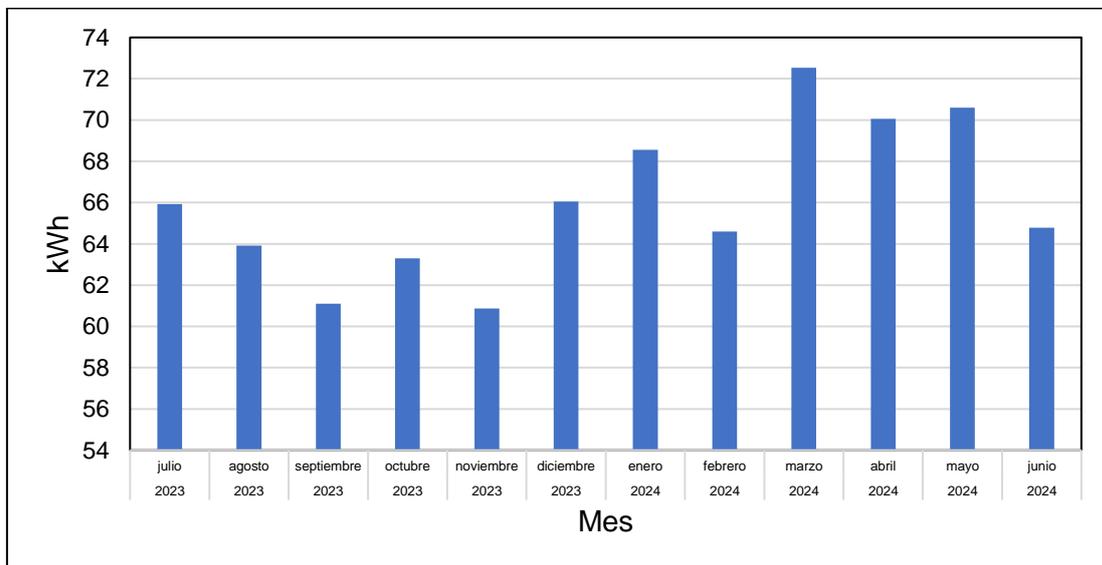


Figura 3.129 Registro de consumo de electricidad mensual de la refrigeradora

Fuente: El autor

El consumo de electricidad acumulado y la comparación con la ficha de eficiencia energética presenta el siguiente detalle:

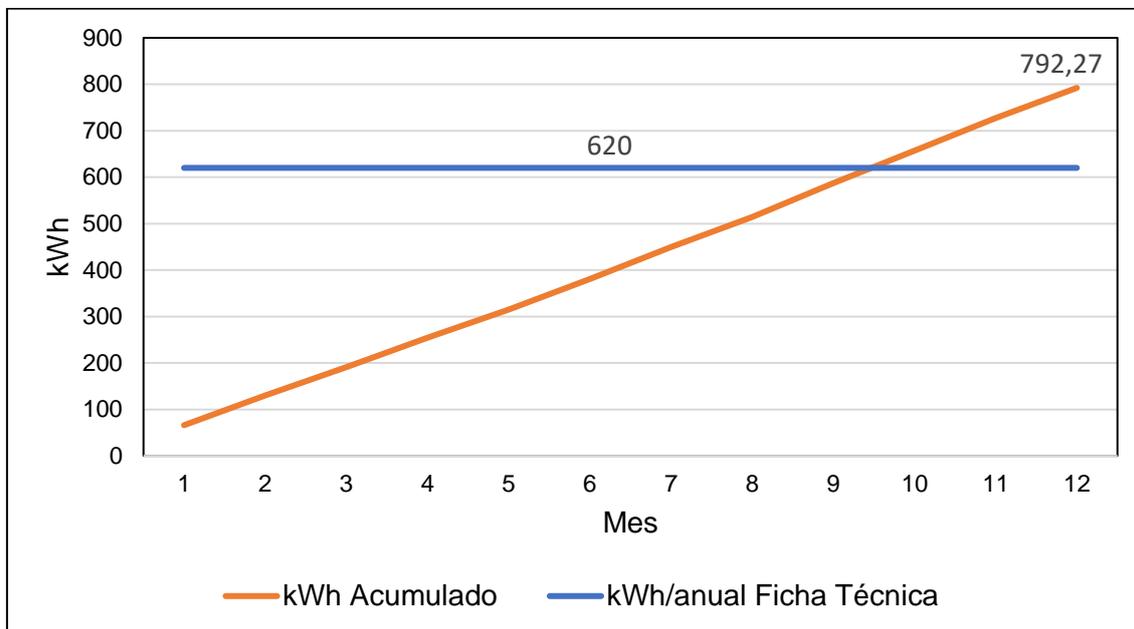


Figura 3.130 Evaluación del consumo de electricidad registrado y el consumo de electricidad proyectado en la etiqueta de eficiencia energética de la refrigeradora

Fuente: El autor

Como se evidencia en esta grafica en la ficha de eficiencia energética de la refrigeradora se establece un consumo de 620 kWh/año. Sin embargo, los registros muestran un consumo real de 792.27 kWh/año, esta relación nos indica que el consumo real es aproximadamente un 27.7% mayor que el consumo indicado en la ficha.

3.4.2.4 Análisis de la discrepancia de consumo

Esta diferencia significativa puede deberse a varios factores:

Ubicación y Temperatura Ambiente: Si la refrigeradora está ubicada en un lugar expuesto al sol o cerca de fuentes de calor, el motor debe trabajar más para mantener la temperatura interna, lo que incrementa el consumo de energía.

De acuerdo con la norma NTE INEN 2206, las pruebas de eficiencia energética para refrigeradoras se realizan a una temperatura ambiente de 25°C para aparatos de clase ST (Subtropical) y 32°C para aparatos de clase T (Tropical).

En base a la ficha técnica se establece la Clase Tropical, por lo cual se evaluará la temperatura de 32°C como límite.

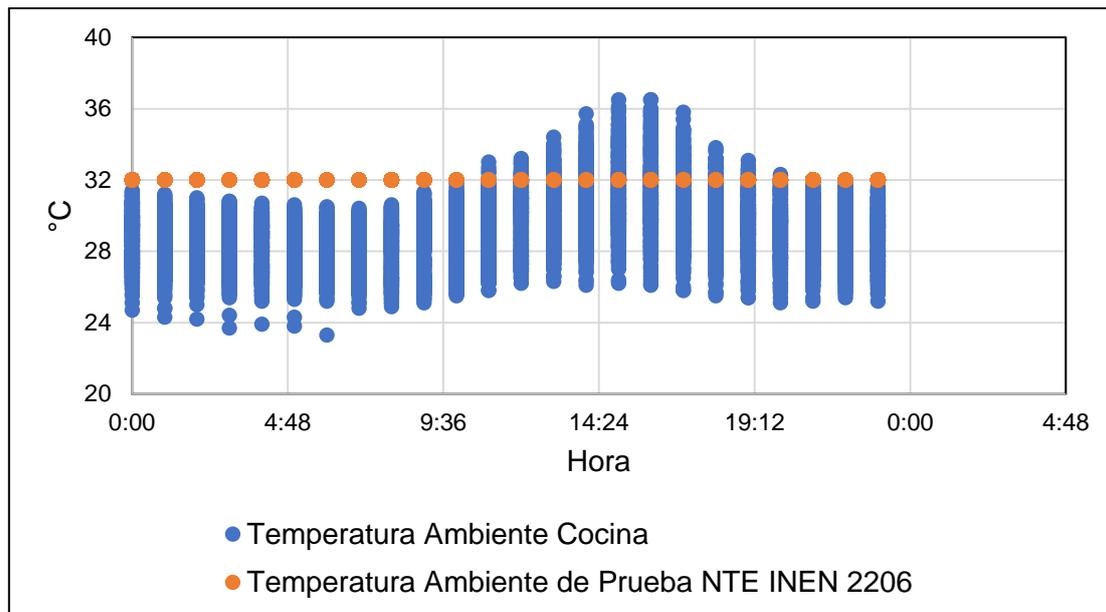


Figura 3.131 Registro de temperaturas ambiente del área de la cocina de la vivienda “Caso Estudio”

Fuente: El autor

Como se puede evidenciar en la **Figura 3.131** de las temperaturas registradas en el ambiente del área de la cocina en el periodo de evaluación, existieron periodos con una mayor temperatura que la utilizada para el cálculo de la energía anual de la ficha técnica de eficiencia, con el 4.43% del total de los registros, lo que represento un incremento total en su consumo de 10.41 kWh del consumo habitual registrado.

Frecuencia de Apertura de la Puerta: Abrir la puerta con frecuencia o dejarla abierta por mucho tiempo permite que el aire frío se escape, obligando al motor a trabajar más para enfriar nuevamente.

Esta probabilidad no se logró evidenciar en los registros de consumo, ya que en esta investigación no se disponía de un termómetro en el interior de la refrigeradora. Pero de lo conversado con la propietaria de la vivienda el dejar la puerta de la refrigeradora abierta en los periodos de preparación, por un periodo prolongado era una práctica habitual.

Mantenimiento Inadecuado: La acumulación de polvo en las bobinas del condensador o en los filtros puede hacer que el motor trabaje más, incrementando el consumo energético. Las juntas de las puertas también deben estar en buen estado para evitar fugas de aire frío.

Se realizó inspección de la refrigeradora y no se encontró ninguna novedad.

Carga Excesiva: Sobrecargar la refrigeradora con alimentos puede obstruir el flujo de aire y hacer que el motor trabaje más para mantener la temperatura adecuada.

Esta probabilidad no se logró evidenciar en todo el tiempo de la investigación, pero en las inspecciones realizadas, no se tenía problema con sobrecarga de alimentos en conservación.

Problemas Técnicos: Componentes defectuosos como el termostato, el compresor o el ventilador pueden causar un aumento en el consumo de energía.

Se realizó inspección de la refrigeradora y no se encontró ninguna novedad.

Ajustes de Temperatura Incorrectos: Configurar la temperatura interna demasiado baja puede hacer que el motor funcione más de lo necesario.

De acuerdo sección 6.2.2. de la norma NTE INEN 2206 se especifica que las temperaturas de prueba para los compartimientos de las refrigeradoras son las siguientes: Compartimiento principal (alimentos frescos) debe mantenerse a +4°C y la del compartimiento del congelador a -18°C.

Las temperaturas programadas en la refrigeradora durante el periodo de evaluación fueron: Compartimiento principal (alimentos frescos): 6°C y la de compartimiento del congelador: -14°C.

Por lo cual se determina que el ajuste de la programación no representa un error para el incremento de consumo registrado.

Edad del Electrodoméstico: Los refrigeradores más antiguos tienden a ser menos eficientes y pueden consumir más energía con el tiempo.

En la placa se registra como fecha de fabricación 05/30/2019 y como se estima una vida útil de 10 años, la refrigeradora estaría dentro de su vida útil.

Conclusión sobre el incremento de consumo de 172.27 kWh:

- La programación y el funcionamiento técnico no tuvieron un impacto significativo en el consumo.
- La ubicación y el ambiente en el que opera la refrigeradora aumentaron su consumo en 10.41 kWh, lo que representa un 6.04% de la diferencia de consumo y un 1.31% del consumo total de la refrigeradora.
- Al no encontrar otros parámetros técnicos que justifiquen la diferencia de consumo, se concluye que este valor se debe a los hábitos de uso, resultando en un incremento de 161.86 kWh, lo que representa un 93.96% de la diferencia de consumo y un 20.43% del consumo total de la refrigeradora.

3.4.2.5 Evaluación de un Modelo Más Eficiente

Se reviso en el mercado local y existe una refrigeradora de modelo RI-780I ND con iguales capacidades de almacenamiento y en su ficha de eficiencia energética indica un consumo de 322 kWh/año. Utilizando la relación de consumo calculada anteriormente, estimamos el consumo real del nuevo modelo en 411.33 kWh/año, lo cual significaría una reducción de 48.08%.

Esta reducción no solo representa un ahorro económico considerable, sino también una menor huella de carbono, contribuyendo a un uso más sostenible de los recursos energéticos.

Este análisis subraya la importancia de considerar tanto las especificaciones técnicas como las condiciones de uso y mantenimiento al evaluar el consumo energético de los electrodomésticos. Cambiar a un modelo más eficiente puede ofrecer beneficios significativos, pero es igualmente crucial mantener buenas prácticas de uso y mantenimiento para maximizar la eficiencia energética.

3.4.2.6 Evaluación de costo-beneficio

Para realizar esta evaluación se plantean los siguientes escenarios:

- Cambio de refrigeradora.
- Mejora en los hábitos de uso.
- Cambio de refrigeradora y mejora en los hábitos de uso.

ESCENARIO - Cambio de refrigeradora

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 381.64 kWh

Ahorro anual en costos: \$37.51

Costo de la nueva refrigeradora: \$1030.49

Vida útil estimada: 10 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:

Tabla 62 Flujo de caja del cambio de refrigeradora

Año 1	\$ -1.030,49
Año 2	\$ 37,51
Año 3	\$ 37,51
Año 4	\$ 37,51
Año 5	\$ 37,51
Año 6	\$ 37,51
Año 7	\$ 37,51
Año 8	\$ 37,51
Año 9	\$ 37,51
Año 10	\$ 37,51

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$-763.88. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -18%. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 27.47 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada de la refrigeradora, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, reemplazar la refrigeradora no es una inversión rentable bajo las condiciones actuales.

ESCENARIO - Mejora en los hábitos de uso.

El mejorar los hábitos de uso de la refrigeradora en un 70% ($161.86 \text{ kWh} \times 0.70 = 113,3 \text{ kWh}$) representaría un ahorro anual de \$11.10 ($113,3 \text{ kWh} \times 0.098 = \$11,10$)

ESCENARIO - Cambio de refrigeradora y mejora en los hábitos de uso.

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Reducción del consumo eléctrico anual: 470.27 kWh

Ahorro anual en costos: \$46.30

Costo de la nueva refrigeradora: \$1030.49

Vida útil estimada: 10 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:

Tabla 63 Flujo de caja del cambio de refrigeradora y mejora en los hábitos de uso

Año 1	\$ -1.030,49
Año 2	\$ 46,30
Año 3	\$ 46,30
Año 4	\$ 46,30
Año 5	\$ 46,30
Año 6	\$ 46,30
Año 7	\$ 46,30
Año 8	\$ 46,30
Año 9	\$ 46,30
Año 10	\$ 46,30

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$-701.40. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -15%. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 22.26 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada de la refrigeradora, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

3.4.3 Cocción

La cocción de alimentos es una actividad esencial en cualquier hogar, y su impacto en el consumo energético puede variar significativamente según los métodos y equipos utilizados. En esta evaluación, analizaremos el consumo energético de la vivienda “caso estudio”, la cual utiliza una cocina de inducción y un horno a gas GLP (Gas Licuado de Petróleo).



Figura 3.132 Electrodomésticos para cocción de alimentos instalados en la cocina en la “Casa Estudio”

Fuente: El autor

3.4.3.1 Cocina de inducción

El modelo usado en la vivienda analizada es de la marca INDURAMA, modelo EI-4PVE60, la placa de características es la siguiente:



Figura 3.133 Cocina de inducción modelo EI-4PVE60

Fuente: El autor

Voltaje: 220 V ca	Frecuencia: 50 / 60 Hz
Potencia Instalada Inductores :	
I1 = 1100/1400 W	I2 = 1400 W
I3 = 1850/2100 W	I4 = 1400 W
Para cada inductor: Primer valor potencia nominal. Valor siguiente potencia con booster.	
Potencia Máxima Tableta Inducción (Considerado potencia con boosters) 4000 W	
Tipo de equipo: Encimera de Inducción para empotrar.	
Consumo de energía: 720 kWh / año	
Aparato Clase I	Fijación tipo Y
Corriente máxima Encimera Inducción 18,2 A	

Figura 3.134 Características técnicas de cocina de inducción modelo EI-4PVE60

Fuente: El autor

3.4.3.2 Consumo de electricidad

El consumo de electricidad presenta el siguiente comportamiento en el periodo analizado:

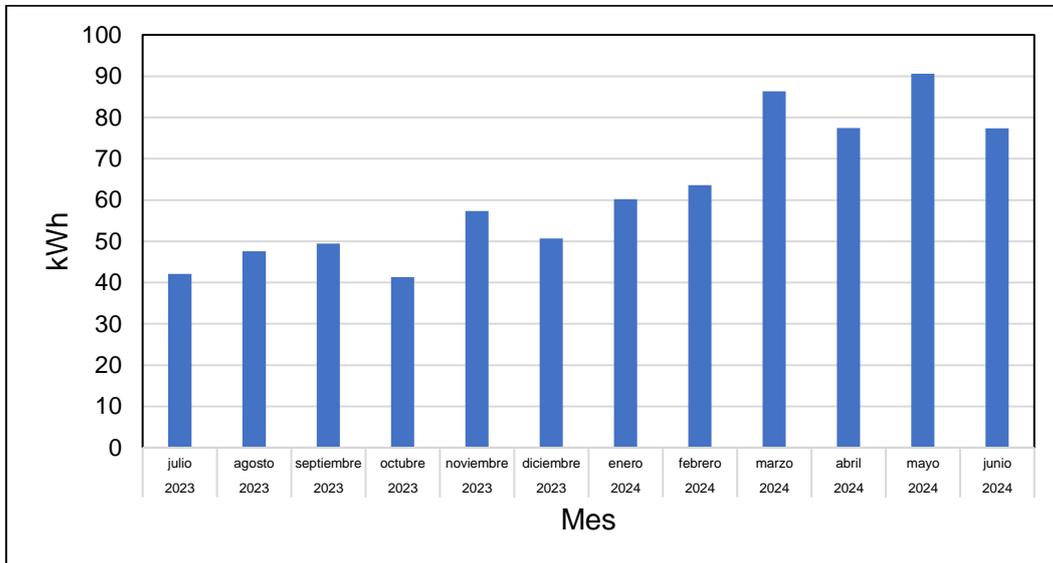


Figura 3.135 Registro de consumo de electricidad mensual de la cocina de inducción

Fuente: El autor

El consumo de electricidad acumulado y la comparación con la ficha de eficiencia energética presenta el siguiente detalle:

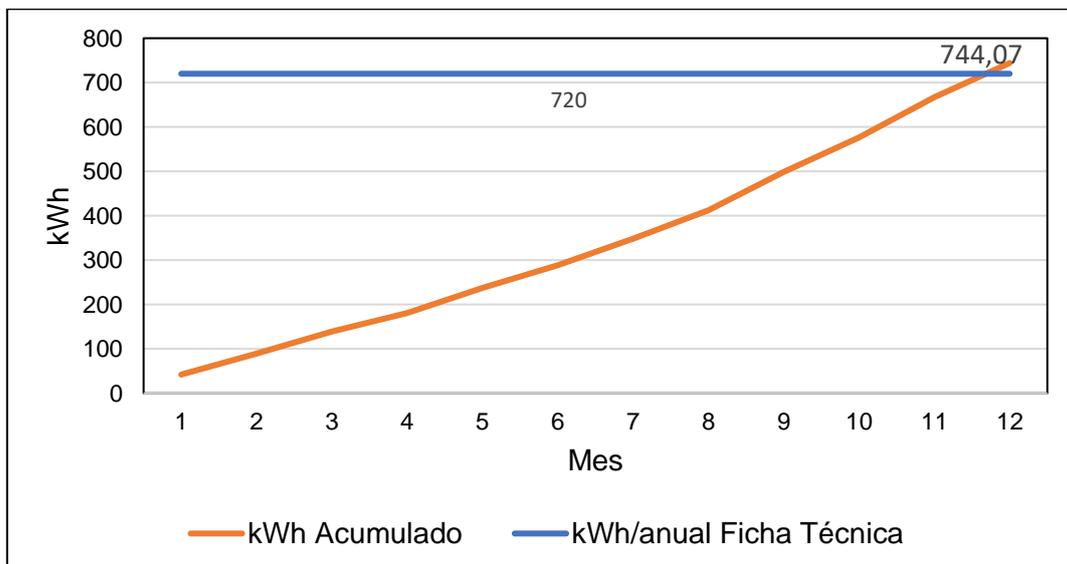


Figura 3.136 Evaluación del consumo de electricidad registrado y el consumo de electricidad proyectado en la etiqueta de eficiencia energética de la cocina de inducción

Fuente: El autor

Como se evidencia en esta grafica en la ficha de eficiencia energética de la cocina de inducción se establece un consumo de 720 kWh/año. Sin embargo, los registros muestran un consumo real de 744.07 kWh/año, esta relación nos indica que el consumo real es aproximadamente un 3.3% mayor que el consumo indicado en la ficha.

3.4.3.3 Horno a Gas GLP

El modelo usado en la vivienda analizada es de la marca TEKA, modelo HLB-760 G, la placa de características es la siguiente:



Figura 3.137 Horno a gas modelo HLB-760 G

Fuente: TEKA

MODELO	HSB 750/HLB 760/HLB 7600								
Aparato de categoría	B2H3+								
Clase	CLASE 3								
Países de Destino		CHILE		MÉXICO		ECUADOR			
Tensión de alimentación	V	220-240		127		110			
Potencia eléctrica	W	1,465		1,634		1,234			
Potencia de grill eléctrico	W	1,400		1,567		1,176			
Gas		G30/31	G20	G30/31	G20	G30/31	G20		
Presión de alimentación	mbar	30/37		20		30/37		20	
		Horno	Grill	Horno	Grill	Horno	Grill	Horno	Grill
Potencia	kW	2,35	—	2,35	—	2,35	—	2,35	—
Ø Inyector	1/100 mm	75	—	115	—	75	—	115	—
Capacidad nominal	kW	2,35	—	2,35	—	2,35	—	2,35	—
Consumo reducido	kW	1,3	—	1,3	—	1,3	—	1,3	—
Consumo nominal	g/h-m ³ /h	171	—	0,22	—	171	—	0,22	—

Entiéndase por G30/G31 como Gas L.P. y por G20 como Gas Natural.

PRESIÓN NORMAL:
 Gas L.P.: 2,75 kPa (27,5 mbar)
 Gas Natural: 1,76 kPa (17,6 mbar)

Figura 3.138 Características técnicas de Horno a gas modelo HLB-760 G

Fuente: El autor

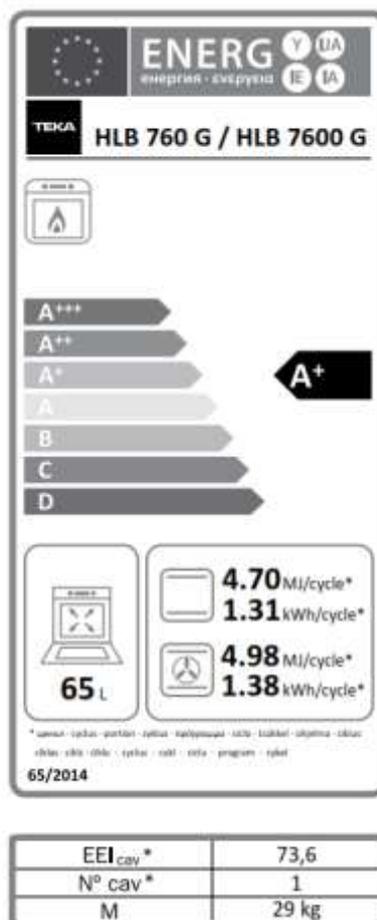


Figura 3.139 Etiqueta de eficiencia del horno a gas

Fuente: El autor

3.4.3.4 Consumo de gas GLP

Para analizar el consumo de cilindros de 15 kg de gas GLP en la vivienda del caso de estudio, se obtuvo la información de compra a través de una aplicación móvil utilizada para realizar los pedidos. Esta aplicación registra la siguiente información:

Tabla 64 Registro de consumo de cilindros de GLP (15 kg) en la vivienda “Caso Estudio”

Compra de Cilindros de GLP (15 kg)		
Fecha de compra	Tiempo Transcurrido (Días)	Tiempo promedio (Días)
11/01/2022		196,50
07/07/2022	177	
08/12/2022	154	
09/08/2023	244	
07/03/2024	211	

Fuente: El autor

Con estos registros se establece el uso de 27.86 kg de gas GLP de forma anual.

El consumo de gas GLP acumulado presenta el siguiente detalle:

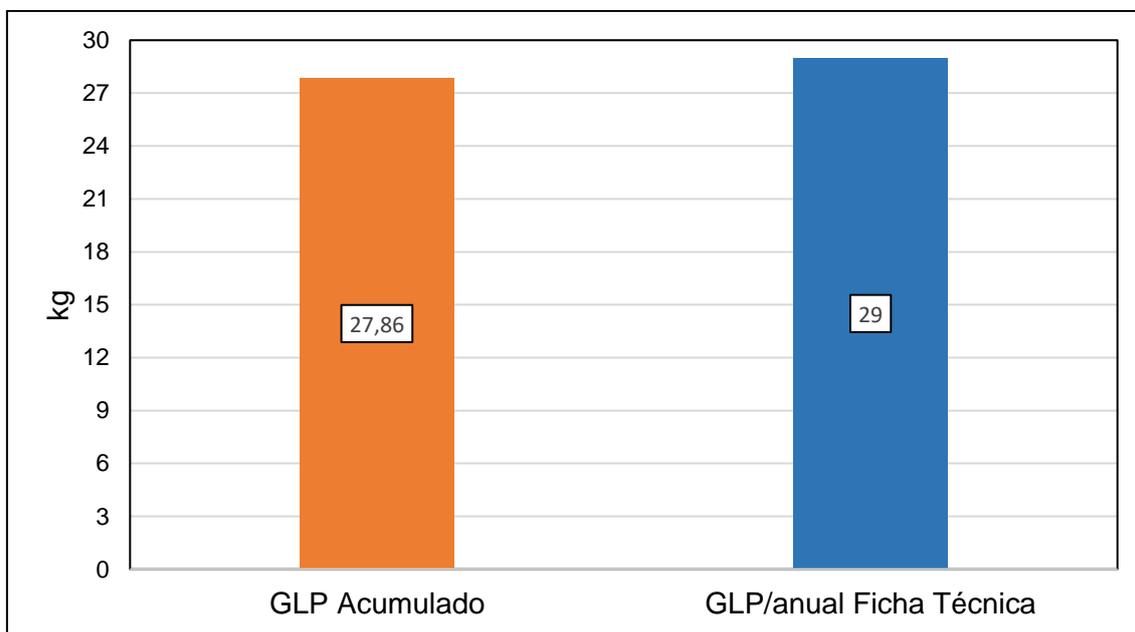


Figura 3.140 Evaluación del consumo de GLP registrado y el consumo de GLP proyectado en la etiqueta de eficiencia energética del horno a gas

Fuente: El autor

3.4.3.5 Análisis de la discrepancia de consumo

Cocina de inducción

Del análisis realizado, se concluyó un incremento del 3.3% en relación con la ficha técnica de eficiencia. Este porcentaje se considera como pérdidas de energía atribuibles a los utensilios de cocina, por lo que no se realizó un análisis adicional.

Horno de gas GLP

El consumo de gas GLP en el horno estuvo dentro de los parámetros establecidos por la ficha de eficiencia, por lo que no se realizó un análisis adicional.

3.4.3.6 Evaluación de cocina a gas GLP y cocina de inducción

La eficiencia de las cocinas de inducción y de gas GLP varía según diferentes estudios e investigaciones. Para este estudio, se tomó como base lo siguiente:

Cocinas de Inducción

Las cocinas de inducción en Ecuador han mostrado una eficiencia energética alta. Según un estudio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), la eficiencia de estas cocinas puede alcanzar hasta el 73.7%. Esto se debe a que el calor se genera directamente en el recipiente de cocción a través de un campo electromagnético, lo que reduce las pérdidas de energía.

Cocinas a Gas GLP

Las cocinas que utilizan gas licuado de petróleo (GLP) tienen una eficiencia menor. Según un estudio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), la eficiencia de estas cocinas puede alcanzar hasta el 45.2%.

3.4.3.7 Costo de Cocción de alimentos y emisión de CO₂.

- **Cocina de Inducción**

Eficiencia: 73.7%

Consumo anual: 744.07 kWh

Costo: 0.098 (USD/kWh)

Costo de cocción anual con subsidio: \$1.67

De acuerdo con el pliego tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica para el año 2024, se otorgan 80 kWh mensuales a los clientes con cocinas de inducción. Según el comportamiento de consumo en el período analizado, solo en dos meses se superó este valor: en marzo de 2024 con 86.33 kWh y en mayo de 2024 con 90.59 kWh. Descontando los 80 kWh mensuales en cada uno de estos meses, solo quedaría por pagar 17 kWh en el año, lo que representaría un valor anual de \$1.67.

Costo de cocción anual sin subsidio: \$ 72.92

Emisión de CO2: 0.068 Toneladas

En Ecuador, la producción de energía eléctrica equivale a 0.000092 toneladas de CO2 por kilovatio-hora (tCO2/kWh). Durante el período analizado, el consumo de energía eléctrica para la cocción de alimentos fue de 744.07 kWh, lo que resulta en una emisión de 0.068 toneladas de CO2.

- **Cocina de gas GLP**

Eficiencia: 45.2%

Consumo anual: 10 cilindros de 15 kg

Para establecer el consumo anual de GLP, se utilizará como base el consumo eléctrico de la cocina de inducción, que es de 744.07 kWh. A este valor se le aplicará un incremento del 26.3% debido a la eficiencia de cocción del 73.7%. De esta manera, se establece un consumo total de cocción al 100% de 939.76 kWh.

De acuerdo a un estudio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), la energía de un cilindro de 15 kg de GLP se establece en 200.55 kWh.

La energía eléctrica establecida por cada cilindro de GLP de 15 kg, se estableció en 200.55 kWh aplicando la eficiencia de las cocinas de gas del 45.2%, solo se aprovecharía 90.65 kWh. La energía eléctrica requerida para la cocción anual se estableció en 939.76 kWh la cual dividiendo para la energía aprovechable por cilindros da que se requieren aproximadamente 10 cilindros al año.

Costo del cilindro de 15 kg de GLP con subsidio: \$1.60

Costo del cilindro de 15 kg de GLP sin subsidio: \$ 15

Costo de cocción anual con subsidio: \$ 16

Costo de cocción anual con subsidio: \$ 150

Emisión de CO2: 0.432 Toneladas

La quema de gas GLP emite aproximadamente 0.00317 toneladas de CO2 por kilogramo. Por cada cilindro de 15 kg de GLP solo se aprovecha el 13.64 kg y al tener estimado una utilización de 10 cilindros de forma anual, se establece la quema de 136.4 kg de gas, lo que resulta en una emisión de 0.432 toneladas de CO2.

3.4.3.8 Indicadores financieros

Se realizará la evaluación de la implementación de la cocina de inducción en los siguientes escenarios:

- Con subsidio en GLP y electricidad.
- Sin subsidio en GLP y electricidad.

Para la implementación de la cocción con cocina de inducción, se considera la adquisición de la Bateria de cocina y la cocina de inducción, con una inversión de \$490.23.

- **Con subsidio en GLP y electricidad.**

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Ahorro anual en costos: \$14.33

Costo de la implementación: \$490.23

Vida útil estimada: 10 años

Tasa de descuento: 5%

Flujo de caja:

Tabla 65 Flujo de caja del cambio de cocción de alimentos a cocina de inducción con subsidios en GLP y electricidad

Año 1	\$ -490,23
Año 2	\$ 14,33
Año 3	\$ 14,33
Año 4	\$ 14,33
Año 5	\$ 14,33
Año 6	\$ 14,33
Año 7	\$ 14,33
Año 8	\$ 14,33
Año 9	\$ 14,33
Año 10	\$ 14,33

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$-388.37. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto no recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente -21%. Esto significa que la inversión no es rentable ya que la TIR es menor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 34.21 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada de los electrodomésticos, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, reemplazar una cocina con gas que se encuentre funcionando, por la implementación de cocción con cocina de inducción no es una inversión rentable bajo las condiciones actuales.

- **Sin subsidio en GLP y electricidad.**

Para calcular los indicadores financieros como el Valor Presente Neto (VPN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el período de recuperación de la inversión, he utilizado los siguientes datos:

Ahorro anual en costos: \$77.08
Costo de la implementación: \$490.23
Vida útil estimada: 10 años
Tasa de descuento: 5%
Flujo de caja:

Tabla 66 Flujo de caja del cambio de cocción de alimentos a cocina de inducción sin subsidios en GLP y electricidad

Año 1	\$ -490,23
Año 2	\$ 77,08
Año 3	\$ 77,08
Año 4	\$ 77,08
Año 5	\$ 77,08
Año 6	\$ 77,08
Año 7	\$ 77,08
Año 8	\$ 77,08
Año 9	\$ 77,08
Año 10	\$ 77,08

Fuente: El autor

Valor Presente Neto (VPN):

El VPN es \$57.64. Esto indica que, con una tasa de descuento del 5%, el proyecto si recupera la inversión inicial en términos de valor presente.

Tasa Interna de Retorno (TIR):

La TIR es aproximadamente 8%. Esto significa que la inversión es rentable ya que la TIR es mayor que la tasa de descuento del 5%.

Período de recuperación de la inversión:

El período de recuperación es de aproximadamente 6.36 años. Esto es mucho más largo que la vida útil estimada de los electrodomésticos, lo que sugiere que la inversión no se recuperará dentro de su vida útil.

Estos cálculos sugieren que, financieramente, reemplazar una cocina con gas que se encuentre funcionando, por la implementación de cocción con cocina de inducción es una inversión rentable en la eliminación de los subsidios.

CAPÍTULO 4

4 Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

A partir de la recopilación de información y los escenarios simulados durante la presente investigación se concluyó que:

El análisis del consumo energético evidencio que los electrodomésticos de aires acondicionados, refrigeradora y cocina, son responsables del 72.41% del consumo anual. Esto sugiere que una optimización de estos equipos es crucial para lograr una mejora significativa en la eficiencia energética.

El consumo energético de un aire acondicionado tipo inverter en comparación con uno de alta eficiencia es en promedio un 25.21% más eficiente.

Con la reprogramación de la temperatura en los aires acondicionados en un incremento de 1°C, puede mejorar en su eficiencia en mínimo de 7.82%.

El no tener un buen hábito de uso de la refrigeradora, repercute en un incremento de su consumo anual de aproximadamente 23.27%.

Las cocinas de inducción son un 28.5% más eficiente que las cocinas de a gas y emiten solo un 15.74% de CO₂ de las emisiones realizadas con la cocción a gas. Sin considerar los subsidios gubernamentales en la cocción de alimentos con inducción, puede generar un ahorro de 51.38% de los costos anuales.

El utilizar material más eficiente en el techo puede disminuir el ingreso de calor a la vivienda, obtenido una reducción en su temperatura de aproximadamente 1.18°C y disminuir en 6.48% el consumo de energía eléctrica en los aires acondicionados que se encuentren con influencia del techo, lo cual es zonas cálidas es muy beneficioso.

El instalar una cubierta en las ventanas que presente una radiación solar en horas de la tarde, reduce su temperatura en aproximadamente 0.82°C y disminuir en 9.07% el consumo de energía eléctrica en los aires acondicionados que se encuentren con influencia de las ventanas.

El realizar un adecuado estudio luminotécnico en la vivienda mejora el confort visual en aproximadamente 136 LUX y permite seleccionar una adecuada temperatura (color de la luz emitida por una bombilla) de la luminaria acorde a su función a desempeñar.

Para la envolvente de las paredes la mejor opción técnica y económica es panel de gypsum aislado, el cual es un excelente aislamiento térmico, resistencia al fuego, acabado liso. Pero presenta la desventaja que solo se puede aplicar en zonas con baja exposición a impactos y humedad.

Para el techo la mejor opción técnica y económica es el Fibrocemento, debido a su buen aislamiento térmico y acústico, resistente al agua, moderado costo inicial. Pero solo es funcional en climas cálidos y secos.

4.2 Recomendaciones

Para las recomendaciones en los diseños de aislamiento térmico, sistemas de iluminación y equipos eficientes se plantean las siguientes consideraciones.

- Una posición estratégica de árboles cerca de la vivienda también puede desviar la corriente de aire que se dirige hacia la misma, redireccionando gran parte del viento hacia ésta.
- Limitar las áreas pavimentadas en el exterior colocando objetos en la superficie de esta para evitar la reflexión del calor que se genera en el suelo.
- Si la zona determinada no cuenta con un sistema de enfriamiento propio, se puede aprovechar la abertura de ventanas y el uso de parasoles en las mismas para redirigir y aumentar la circulación del aire en el interior de las zonas.
- El uso de techos con vegetación reduce en gran medida el calor que se genera en su superficie, se puede recomendar esta propuesta siempre y cuando el material del techo sea el adecuado y no se generen infiltraciones en el hogar.
- Los sistemas de iluminación eficiente están muy relacionados con el uso de luminarias leds debido a los grandes beneficios que presentan, por lo que en los diseños se recomienda incluir este tipo de luminarias y cumplir con los lúmenes requeridos para cada zona.
- Los sensores de movimiento para el encendido y apagado de luminarias maximiza el control de las mismas, lo que genera un importante ahorro en el consumo de éstas.
- El uso de sistemas de iluminación zonales también representa un beneficio en los diseños de iluminación, por lo que se recomienda su instalación en zonas específicas, ya que se evita el encendido de todas las luminarias del lugar si la actividad realizada se limita a un espacio pequeño dentro de esta.
- Para un buen uso de los refrigeradores se recomienda usar envases herméticos para guardar los alimentos, esto ayuda a mantenerlos más frescos y reduce el tiempo de trabajo del motor.
- Evitar abrir reiteradamente las puertas de los refrigeradores debido a que esto genera la pérdida de frío en su interior y como consecuencia, el motor del refrigerador trabaja más tiempo.
- Implementar el uso de ollas y sartenes adecuados para las cocinas, de manera que se reduzca el gasto innecesario del combustible y, por ende, generar un ahorro.
- Mantener limpio los filtros de los aires acondicionados de manera que se asegure un flujo óptimo de aire y, por ende, un nivel de eficiencia energética adecuado.
- Cubrir adecuadamente las aberturas de las zonas climatizadas evita que se generen pérdidas de frío y, por ende, se requiera de menos esfuerzo en el motor para climatizar la zona al nivel requerido

BIBLIOGRAFÍA

- [1] P. I. Felipe Jimenez-Guamán, J. I. Bernardo Cabrera-Mejía, and I. PhDc, “Remote monitoring system of energy consumption for homes in the city of Cuenca, based on IoT principles and cloud services Sistema de monitoramento remoto do consumo de energia para residências na cidade de Cuenca, baseado nos princípios da IoT e serviços em nuvem Ciencias técnicas y aplicadas Artículo de investigación,” vol. 5, no. 1, pp. 443–458, 2020, doi: 10.23857/pc.v5i1.1949.
- [2] L. P. Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Científica del Sur, “South Sustainability,” *South Sustainability*, 2020, doi: 10.21142/SS.
- [3] International Energy Agency, “Topics – Analysis,” 2024. [Online]. Available: <https://www.iea.org/topics>
- [4] Ministerio de Energía y Minas, “Balance Energético Nacional 2023,” 2023. [Online]. Available: <https://www.rekursosyenergia.gob.ec/5900-2/>
- [5] S. Uribe, J. D. Villaciés, and M. Villaseñor, “Consultoría para la estimación de la línea base de emisiones del sector de la construcción y posibles acciones de mitigación para el Ecuador,” Ecuador, 2023. [Online]. Available: <https://proyectoceela.com/>
- [6] “2022 Global Status Report for Buildings and Construction GlobalABC.” [Online]. Available: <https://globalabc.org/resources/publications/2022-global-status-report-buildings-and-construction>
- [7] S. Navarro, C. Vallejo Coral, M. Orozco Salcedo, H. Zúñiga Puebla, and J. Perlaza, “Thermal Vulnerability Analysis in Low-Income Housing with Natural Ventilation in the Galápagos Islands: Measured and Simulated Data,” in *Towards Low and Positive Energy Buildings*, Springer Nature Switzerland, Ed., Cham, 2024, pp. 137–159.
- [8] E. C. Vallejo-Coral, F. Vásquez-Aza, L. Godoy-Vaca, M. Orozco Salcedo, and J. Martínez-Gómez, “Assessment of the Thermal Behavior in Social Housing in Hot Humid Climate in Ecuador,” in *Trends in Artificial Intelligence and Computer Engineering*, vol. 619, M. Botto-Tobar, O. S. Gómez, R. Rosero Miranda, A. Díaz Cadena, and W. Luna-Encalada, Eds., Cham: Springer Nature Switzerland, 2023, pp. 442–454. doi: 10.1007/978-3-031-25942-5_35.
- [9] E. Delgado-Gutierrez, J. Canivell, D. Bienvenido-Huertas, and C. Rubio-Bellido, “Improvement Options of a Social Housing Prototype in Different Climate Zones in Ecuador,” *Buildings*, vol. 12, no. 7, p. 989, Jul. 2022, doi: 10.3390/buildings12070989.
- [10] Guillermo Soriano, Andrea Lobato, José Macías, Frank Porras, and Pamela Zhindon, “Propuesta de ajustes a la Norma Ecuatoriana de Construcción, Capítulo de Eficiencia Energética (NEC-HS-EE) – Proyecto CEELA – Eficiencia energética en edificios.” Accessed: Feb. 19, 2025. [Online]. Available:

<https://proyectoceela.com/2023/11/05/propuesta-de-ajustes-a-la-norma-ecuatoriana-de-construccion-capitulo-de-eficiencia-energetica-nec-hs-ee/>

- [11] F. Porras, A. Walter, G. Soriano, and A. D. Ramirez, "On the adoption of stricter energy efficiency standards for residential air conditioners: Case study Guayaquil, Ecuador," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e13893.
- [12] P. N. Zhindón Andrade, "Zero Energy Buildings in a Zero latitude country: Guidelines for the design of an office building in the hot-humid climate conditions of Guayaquil, Ecuador," 2016.
- [13] J. Macias, L. Iturburu, C. Rodriguez, D. Agdas, A. Boero, and G. Soriano, "Embodied and operational energy assessment of different construction methods employed on social interest dwellings in Ecuador," *Energy Build*, vol. 151, pp. 107–120, Sep. 2017, doi: 10.1016/j.enbuild.2017.06.016.
- [14] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, "Calidad del servicio de distribución y comercialización de energía eléctrica," San Francisco de Quito, Jan. 2023. [Online]. Available: www.controlrecursosyenergia.gob.ec
- [15] "PQ-Box 100 Manual de Operación | Manualzz." Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://manualzz.com/doc/5614013/analizador-de-redes-pq-box-100---software-para-la?p=9>
- [16] EMPORIA, "Installation Guide," no. Guía de Instalación, pp. 1–29, Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.emporiaenergy.com/Gen%20%20Emporia%20Vue%20Installation%20Guide.pdf>
- [17] "Outdoor Meter User Manual-SMS- ES-2306-Q.pdf - Google Drive." Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1IVdDxcccgu9ZwU0kHFHfSzU-ww5ttb1v/view>
- [18] "Amprobe LM-200 LED Light Meter | Amprobe." Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://www.amprobe.com/product/lm-200-led/>
- [19] FLIR, "Technical data FLIR Ex series." Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://support.flir.com/DocDownload/Assets/dl/t810445-en-us.pdf>
- [20] R. A. Mangkuto, "Validation of DIALux 4.12 and DIALux evo 4.1 against the Analytical Test Cases of CIE 171:2006," *LEUKOS*, vol. 12, no. 3, pp. 139–150, Jul. 2016, doi: 10.1080/15502724.2015.1061438.
- [21] M. Hemmerling, M. Seegers, and D. Witzel, "Calculation of energy saving potential for lighting with DIALux evo," *Energy Build*, vol. 278, p. 112475, Jan. 2023, doi: 10.1016/J.ENBUILD.2022.112475.
- [22] MIDUVI, "Eficiencia energética en edificaciones residenciales," Feb. 2018.

- [23] L. Zhang, "Simulation Analysis of Built Environment Based on Design Builder Software," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 580–583, pp. 3134–3137, 2014, doi: 10.4028/WWW.SCIENTIFIC.NET/AMM.580-583.3134.
- [24] Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables, "Pliego-Tarifario-SPEE-2024_compressed," vol. ARCERNNR-034/2023, no. Pliego Tarifario del Servicio Público de Energía Eléctrica 2024, pp. 1–23, Nov. 2023.
- [25] G. Del Ecuador and E. Gobierno Del Ecuador, "Ministerio de Energía y Minas".
- [26] C. Samaniego-Ojeda, O. H. Álvarez Hernández, and J. M. Correa, "Emissions from LPG combustion heaters from the city of Loja and possible relationship with acute respiratory diseases," p. 1, Dec. 2016.

ANEXOS

ANEXO A

ÁREAS DISEÑADAS EN EL SOFTWARE DIALUX PARA EL ESTUDIO LUMINOTÉCNICO



Figura 4.1 Cocina, Comedor y Sala

Fuente: El autor



Figura 4.2 Sala, comedor y cocina

Fuente: El autor



Figura 4.3 Baño planta baja

Fuente: El autor



Figura 4.4 Escalera planta baja

Fuente: El autor



Figura 4.5 Escalera y pasillo

Fuente: El autor



Figura 4.6 Dormitorio 1

Fuente: El autor



Figura 4.7 Baño 1 planta alta

Fuente: El autor



Figura 4.8 Dormitorio 2

Fuente: El autor



Figura 4.9 Baño 2 planta alta

Fuente: El autor

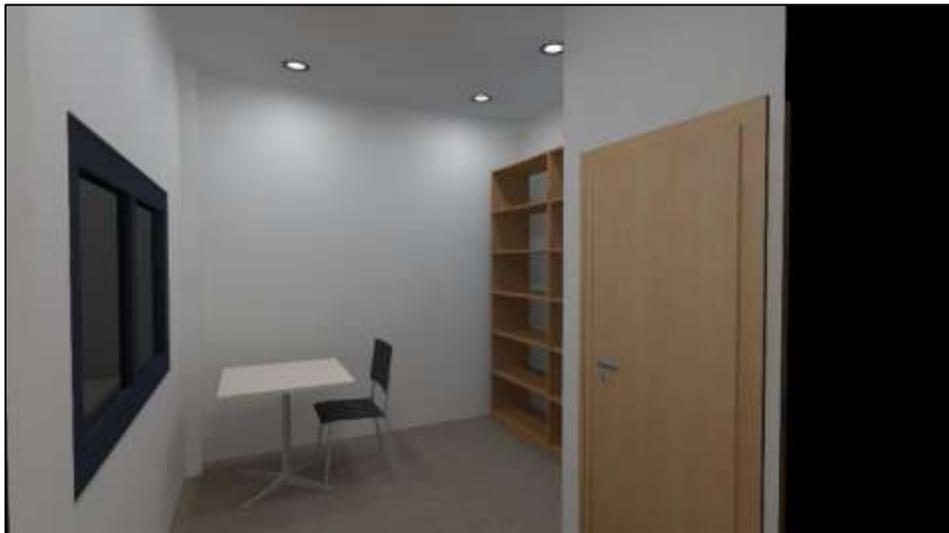


Figura 4.10 Dormitorio 3

Fuente: El autor

ANEXO B

INFORMACIÓN DE ENCUESTA REALIZADA

Tabla 67 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda CA-01

Urbanización: Cristal Azul 3 Vivienda: CA-01											
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación		
	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)					
Fachada Frontal											
1	3,35	2,47	8,27	1,79	1,70	3,04	37%	X	Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
2	3,55	2,47	8,77	1,80	1,40	2,52	29%		Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
Área Total de Pared			17,04	Área Total de Ventana			5,56				
Wwr (Fachada Frontal) = 32,64%											
Fachada Posterior											
1	3,62	2,48	8,98	2,07	2,09	4,33	48%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
2	2,42	2,48	6,00	1,40	1,28	1,79	30%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
								X	Posterior		
3	2,98	2,28	6,79	1,40	1,30	1,82	27%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
									X	Posterior	
4	3,52	2,28	8,03	1,40	1,30	1,82	23%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
									X	Posterior	
Área Total de Pared			29,80	Área Total de Ventana			9,76				
Wwr (Fachada Posterior) = 32,75%											

Fuente: El autor

Tabla 68 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda CA-02

Urbanización: Cristal Azul 3 Vivienda: CA-02											
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación		
	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)					
Fachada Frontal											
1	3,40	2,50	8,50	1,80	1,70	3,06	36%	X	Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
2	3,50	2,50	8,75	1,80	1,45	2,61	30%		Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
Área Total de Pared			17,25	Área Total de Ventana			5,67				
Wwr (Fachada Frontal) = 32,87%											
Fachada Posterior											
1	3,60	2,47	8,89	2,00	2,00	4,00	45%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
2	2,45	2,47	6,05	1,40	1,30	1,82	30%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
3	2,98	2,30	6,85	1,40	1,30	1,82	27%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
4	3,52	2,30	8,10	1,40	1,30	1,82	22%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
Área Total de Pared			29,89	Área Total de Ventana			9,46				
Wwr (Fachada Posterior) = 31,65%											

Fuente: El autor

Tabla 69 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda CS-03

Urbanización: Ciudad del Sol Vivienda: CS-03										
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación	
	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)				
Fachada Frontal										
1	3,10	2,52	7,81	1,50	1,25	1,88	24%	X Baja	X Fachada Lateral Derecha	
								Alta	Lateral Izquierda Posterior	
2	3,29	2,35	7,73	2,01	1,20	2,41	31%	Baja	X Fachada Lateral Derecha	
								X Alta	Lateral Izquierda Posterior	
Área Total de Pared			15,54	Área Total de Ventana			4,29			
Wwr (Fachada Frontal) = 27,58%										
Fachada Posterior										
1	2,97	2,52	7,48	1,87	1,94	3,63	48%	X Baja	Fachada Lateral Derecha	
								Alta	Lateral Izquierda X Posterior	
2	2,83	2,52	7,13	1,72	1,12	1,93	27%	X Baja	Fachada Lateral Derecha	
								Alta	Lateral Izquierda X Posterior	
3	3,00	2,38	7,14	1,40	1,20	1,68	24%	Baja	Fachada Lateral Derecha	
								X Alta	Lateral Izquierda X Posterior	
4	2,88	2,40	6,91	1,40	1,20	1,68	24%	Baja	Fachada Lateral Derecha	
								X Alta	Lateral Izquierda X Posterior	
Área Total de Pared			28,67	Área Total de Ventana			8,91			
Wwr (Fachada Posterior) = 31,09%										

Fuente: El autor

Tabla 70 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda CS-04

Urbanización: Ciudad del Sol Vivienda: CS-04											
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación		
	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)					
Fachada Frontal											
1	3,00	2,50	7,50	1,50	1,20	1,80	24%	X	Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
2	3,30	2,40	7,92	2,00	1,20	2,40	30%	X	Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
								X			Posterior
Área Total de Pared			15,42	Área Total de Ventana			4,20				
WWR (Fachada Frontal) = 27,24%											
Fachada Posterior											
1	3,00	2,50	7,50	1,80	1,90	3,42	46%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
2	2,85	2,50	7,13	1,78	1,10	1,96	27%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
								X			Posterior
3	3,00	2,40	7,20	1,37	1,20	1,64	23%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
								X			Posterior
4	2,90	2,40	6,96	1,40	1,20	1,68	24%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
								X			Posterior
Área Total de Pared			28,79	Área Total de Ventana			8,70				
WWR (Fachada Posterior) = 30,23%											

Fuente: El autor

Tabla 71 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda SD-05

Urbanización: SARILAND Vivienda: SD-05											
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación		
	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)					
Fachada Frontal											
1	2,70	2,40	6,48	1,62	1,50	2,43	38%	X	Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
2	2,70	2,41	6,51	1,62	1,40	2,27	35%		Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
Área Total de Pared			12,99	Área Total de Ventana			4,70				
Wwr (Fachada Frontal) = 36,17%											
Fachada Posterior											
1	2,70	2,40	6,48	1,54	2,30	3,54	55%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
2	2,70	2,40	6,48	1,20	1,40	1,68	26%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
3	2,69	2,39	6,43	1,62	1,36	2,20	34%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
4	2,69	2,39	6,43	1,62	1,36	2,20	34%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
Área Total de Pared			25,82	Área Total de Ventana			9,63				
Wwr (Fachada Posterior) = 37,29%											

Fuente: El autor

Tabla 72 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda SD-06

Urbanización: SARILAND Vivienda: SD-06											
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación		
	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)					
Fachada Frontal											
1	2,71	2,43	6,59	1,57	1,52	2,39	36%	X	Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
2	2,71	2,31	6,26	1,57	1,30	2,04	33%		Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
Área Total de Pared			12,85	Área Total de Ventana			4,43				
WWR (Fachada Frontal) = 34,47%											
Fachada Posterior											
1	2,70	2,40	6,48	1,57	2,40	3,77	58%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
2	2,70	2,40	6,48	1,39	1,29	1,79	28%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
3	2,75	2,43	6,68	1,58	1,30	2,05	31%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
4	2,75	2,40	6,60	1,58	1,30	2,05	31%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
Área Total de Pared			26,24	Área Total de Ventana			9,67				
WWR (Fachada Posterior) = 36,85%											

Fuente: El autor

Tabla 73 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda TS-07

Urbanización: Terrazas Santa María Vivienda: TS-07											
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación		
	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)					
Fachada Frontal											
1	2,00	3,00	6,00	1,60	1,40	2,24	37%	X	Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
2	2,89	3,00	8,67	2,79	1,40	3,91	45%		Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
Área Total de Pared			14,67	Área Total de Ventana			6,15				
Wwr (Fachada Frontal) = 41,9%											
Pared Lateral Derecha											
1	2,52	3,00	7,56	2,20	2,00	4,40	58%	X	Baja		Fachada
										X	Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
Área Total de Pared			7,56	Área Total de Ventana			4,40				
Wwr (Pared Lateral Derecha) = 58,2%											
Fachada Posterior											
1	3,26	3,00	9,78	1,60	1,40	2,24	23%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
2	2,99	3,00	8,97	1,60	1,40	2,24	25%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
Área Total de Pared			18,75	Área Total de Ventana			4,48				
Wwr (Fachada Posterior) = 23,89%											

Fuente: El autor

Tabla 74 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda TS-08

Urbanización: Terrazas Santa María Vivienda: TS-08											
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación		
	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)					
Fachada Frontal											
1	2,05	3,00	6,15	1,60	1,39	2,20	36%	X	Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
2	2,90	3,00	8,70	2,80	1,40	3,95	45%		Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
Área Total de Pared			14,85	Área Total de Ventana			6,15				
Wwr (Fachada Frontal) = 41,41%											
Pared Lateral Derecha											
1	2,50	3,00	7,50	2,15	2,00	4,30	57%	X	Baja		Fachada
										X	Lateral Derecha
									Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
Área Total de Pared			7,50	Área Total de Ventana			4,30				
Wwr (Pared Lateral Derecha) = 57,33%											
Fachada Posterior											
1	3,30	3,00	9,90	1,60	1,40	2,24	23%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
2	3,00	3,00	9,00	1,60	1,40	2,24	25%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
								X	Alta		Lateral Izquierda
										X	Posterior
Área Total de Pared			18,90	Área Total de Ventana			4,48				
Wwr (Fachada Posterior) = 23,7%											

Fuente: El autor

Tabla 75 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda MA-09

Urbanización: Maratea Vivienda: MA-09											
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación		
	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)	Base (m)	Altura (m)	Área (m2)					
Fachada Frontal											
1	3,50	3,00	10,50	2,00	2,00	4,00	38%	X	Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
2	3,50	3,00	10,50	2,00	1,50	3,00	29%		Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
2	3,50	3,00	10,50	2,00	1,50	3,00	29%		Baja	X	Fachada
											Lateral Derecha
3	3,50	3,00	10,50	2,00	1,50	3,00	29%	X	Alta		Lateral Izquierda
											Posterior
Área Total de Pared			21,00	Área Total de Ventana			7,00				
WWR (Fachada Frontal) = 33,33%											
Fachada Posterior											
1	3,50	3,00	10,50	1,50	1,50	2,25	21%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
2	3,50	3,00	10,50	1,00	1,15	1,15	11%		Alta	X	Lateral Izquierda
											Posterior
2	3,50	3,00	10,50	1,00	1,15	1,15	11%	X	Baja		Fachada
											Lateral Derecha
3	3,50	3,00	10,50	1,50	1,50	2,25	21%		Alta	X	Lateral Izquierda
											Posterior
3	3,50	3,00	10,50	1,50	1,50	2,25	21%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
4	3,50	3,00	10,50	1,50	1,50	2,25	21%	X	Alta	X	Lateral Izquierda
											Posterior
4	3,50	3,00	10,50	1,50	1,50	2,25	21%		Baja		Fachada
											Lateral Derecha
Área Total de Pared			42,00	Área Total de Ventana			7,90				
WWR (Fachada Posterior) = 18,81%											

Fuente: El autor

Tabla 76 Evaluación de la relación Ventana/Pared de la vivienda MA-10

Urbanización: Maratea Vivienda: MA-10										
Ítems	Pared			Ventana			Relación Ventana/Pared	Planta	Ubicación	
	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Base (m)	Altura (m)	Área (m ²)				
Fachada Frontal										
1	3,52	3,00	10,56	2,00	2,05	4,10	39%	X Baja	X Fachada Lateral Derecha	
								Alta	Lateral Izquierda Posterior	
2	3,49	3,00	10,47	1,98	1,50	2,97	28%	Baja	X Fachada Lateral Derecha	
								X Alta	Lateral Izquierda Posterior	
Área Total de Pared			21,03	Área Total de Ventana			7,07			
WWR (Fachada Frontal) = 33,62%										
Fachada Posterior										
1	3,45	2,97	10,25	1,52	1,50	2,28	22%	X Baja	Fachada Lateral Derecha	
								Alta	Lateral Izquierda X Posterior	
2	3,45	2,98	10,28	1,00	1,20	1,20	12%	X Baja	Fachada Lateral Derecha	
								Alta	Lateral Izquierda X Posterior	
3	3,51	3,10	10,88	1,50	1,50	2,25	21%	Baja	Fachada Lateral Derecha	
								X Alta	Lateral Izquierda X Posterior	
4	3,52	3,05	10,74	1,50	1,50	2,25	21%	Baja	Fachada Lateral Derecha	
								X Alta	Lateral Izquierda X Posterior	
Área Total de Pared			42,14	Área Total de Ventana			7,98			
WWR (Fachada Posterior) = 18,93%										

Fuente: El autor

Tabla 77 Electrodomésticos instalados en las viviendas

Electrodomésticos	CA-01	CA-02	CS-03	CS-04	SD-05	SD-06	TS-07	TS-08	MA-09	MA-10
Cocina a Gas con quemadores y horno	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Plancha de cocina de Inducción						1				
Dispensador de Agua			1	1			1	1	1	1
Licuadaora	1	1	1	1	1	1	1	1		1
Olla Arrocera	1	1	1	1			1		1	1
Procesador de Alimentos		1					1			1
Congelador			1							
Refrigeradora	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bomba de agua 1 HP, con tanque a presión	1	1					1			
Bomba de agua 1/2 HP, con tanque a presión			1	1	1	1		1	1	
Cámaras de seguridad	3	1	4	3						
Central de Alarma	1	1	1							
Focos Led	14	12	35	30	10	10	40	40	20	46
Modems (Internet)		1	1	1			1	1		
Modems y Router en un solo equipo	1				1	1			1	1
Router		1	1	1			1	1		
Aspiradora				1				1		1
Calentador de Agua a Gas		1							1	
Calentador de Agua Eléctrico	1			1				1		
Cargador de Celular	3	5	5	2	3	4	4	4	5	2
Computadora de escritorio					1				4	
Ducha Eléctrica		3					1			
Equipo con función de asistente de hogar		1						1	1	
Impresora			1				1	1		
Impresora Multifunción		1			1				1	1
Laptops	2	2	3		1	2	2	1	1	4
Lavadora de ropa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Plancha	1	1	1	1			1	1	1	1
Plancha a Vapor					1	1	1			1
Secadora de Ropa Eléctrica	1									
Tablet			3					1	2	

Fuente: El autor

Tabla 78 Equipos de climatización instalados en las viviendas

Código	Tipo de Ambiente de la casa	Potencia del Aire Acondicionado BTU	Tipo de tecnología	Horas promedio de uso (lunes - viernes)	Horas promedio de uso (Fin de semana)	Realiza Mantenimientos	Mantenimientos al año
CA-01	Habitación	12000	Inverte	8	14	Si	2
	Habitación	12000	Inverte	0	1	No	
	Sala, Comedor y Cocina	24000	Inverte	1	1	Si	2
CA-02	Habitación	12000	Inverte	3	3	Si	2
	Sala, Comedor y Cocina	24000	Inverte	3	3	Si	2
	Habitación	12000	Inverte	5	5	Si	2
CS-03	Habitación	18000	Inverte	5	8	Si	1
	Habitación	12000	Inverte	4	4	Si	1
	Habitación	12000	Inverte	6	6	Si	1
	Sala, Comedor y Cocina	18000	Inverte	3	5	Si	1
CS-04	Sala, Comedor y Cocina	18000	Inverte	4	0	Si	1
	Habitación	12000	Inverte	3	0	Si	1
SD-05	Sala, Comedor y Cocina	24000	Alta Eficiencia	1	1	Si	2
	Habitación	12000	Alta Eficiencia	4	4	Si	2
	Habitación	12000	Alta Eficiencia	2	2	Si	2
SD-06	Habitación	12000	Inverte	12	15	Si	1
TS-07	Sala, Comedor y Cocina	24000	Alta Eficiencia	0	3	Si	1
	Habitación	12000	Alta Eficiencia	6	0	Si	1
	Habitación	12000	Alta Eficiencia	9	9	Si	1
	Habitación	12000	Alta Eficiencia	0	0	Si	1
TS-08	Habitación	12000	Inverte	7	7	Si	2
	Habitación	12000	Inverte	10	10	Si	2
MA-09	Habitación	12000	Alta Eficiencia	10	10	Si	2
	Habitación	12000	Alta Eficiencia	10	10	Si	2
	Habitación	12000	Alta Eficiencia	10	10	Si	2
MA-10	Habitación	12000	Inverte	8	8	No	
	Sala	24000	Inverte	4	5	No	

Fuente: El autor

ANEXO C

PERFILES DE USO DE AIRE ACONDICIONADO DE LA VIVIENDA “CASO ESTUDIO”

Tabla 79 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Lunes

Día de la semana	Hora del día	Cuarto 1	Cuarto 2	Sala, Comedor y Cocina
lunes	0	93%	2%	3%
lunes	1	92%	2%	2%
lunes	2	81%	1%	1%
lunes	3	66%	0%	0%
lunes	4	48%	1%	1%
lunes	5	41%	0%	1%
lunes	6	19%	0%	10%
lunes	7	7%	1%	49%
lunes	8	4%	0%	21%
lunes	9	3%	0%	36%
lunes	10	2%	1%	36%
lunes	11	0%	1%	40%
lunes	12	2%	2%	51%
lunes	13	4%	0%	24%
lunes	14	7%	0%	3%
lunes	15	8%	0%	5%
lunes	16	8%	1%	7%
lunes	17	6%	0%	7%
lunes	18	0%	0%	6%
lunes	19	7%	0%	11%
lunes	20	10%	0%	21%
lunes	21	26%	0%	9%
lunes	22	66%	1%	0%
lunes	23	94%	0%	0%

Fuente: El autor

Tabla 80 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Martes

Día de la semana	Hora del día	Cuarto 1	Cuarto 2	Sala, Comedor y Cocina
martes	0	95%	0%	2%
martes	1	92%	0%	2%
martes	2	75%	0%	2%
martes	3	67%	0%	2%
martes	4	54%	0%	2%
martes	5	43%	1%	2%
martes	6	14%	0%	12%
martes	7	2%	0%	53%
martes	8	0%	0%	25%
martes	9	0%	0%	35%
martes	10	0%	0%	18%
martes	11	1%	0%	25%
martes	12	1%	0%	52%
martes	13	0%	0%	33%
martes	14	5%	0%	3%
martes	15	16%	0%	2%
martes	16	21%	0%	2%
martes	17	15%	0%	3%
martes	18	3%	0%	6%
martes	19	1%	0%	7%
martes	20	5%	0%	18%
martes	21	28%	0%	12%
martes	22	66%	0%	5%
martes	23	82%	0%	2%

Fuente: El autor

Tabla 81 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Miércoles

Día de la semana	Hora del día	Cuarto 1	Cuarto 2	Sala, Comedor y Cocina
miércoles	0	93%	0%	2%
miércoles	1	97%	0%	2%
miércoles	2	80%	0%	2%
miércoles	3	63%	0%	2%
miércoles	4	53%	0%	0%
miércoles	5	52%	0%	0%
miércoles	6	22%	0%	7%
miércoles	7	6%	0%	45%
miércoles	8	1%	0%	32%
miércoles	9	0%	0%	38%
miércoles	10	0%	0%	23%
miércoles	11	0%	0%	32%
miércoles	12	3%	0%	60%
miércoles	13	1%	0%	33%
miércoles	14	3%	0%	3%
miércoles	15	7%	0%	5%
miércoles	16	9%	0%	7%
miércoles	17	8%	0%	8%
miércoles	18	2%	0%	5%
miércoles	19	8%	0%	7%
miércoles	20	16%	0%	9%
miércoles	21	29%	0%	10%
miércoles	22	51%	0%	5%
miércoles	23	82%	0%	4%

Fuente: El autor

Tabla 82 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Jueves

Día de la semana	Hora del día	Cuarto 1	Cuarto 2	Sala, Comedor y Cocina
jueves	0	93%	1%	4%
jueves	1	88%	0%	2%
jueves	2	82%	0%	1%
jueves	3	72%	0%	0%
jueves	4	49%	0%	3%
jueves	5	36%	0%	3%
jueves	6	13%	0%	6%
jueves	7	0%	0%	39%
jueves	8	1%	0%	34%
jueves	9	0%	0%	26%
jueves	10	0%	0%	16%
jueves	11	1%	0%	29%
jueves	12	0%	0%	59%
jueves	13	1%	0%	25%
jueves	14	7%	0%	3%
jueves	15	17%	0%	5%
jueves	16	17%	0%	2%
jueves	17	12%	0%	6%
jueves	18	2%	0%	7%
jueves	19	3%	0%	16%
jueves	20	9%	0%	13%
jueves	21	30%	0%	7%
jueves	22	63%	1%	2%
jueves	23	87%	1%	0%

Fuente: El autor

Tabla 83 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Viernes

Día de la semana	Hora del día	Cuarto 1	Cuarto 2	Sala, Comedor y Cocina
viernes	0	98%	0%	0%
viernes	1	96%	0%	0%
viernes	2	88%	0%	0%
viernes	3	70%	0%	0%
viernes	4	57%	0%	0%
viernes	5	50%	0%	0%
viernes	6	33%	0%	4%
viernes	7	7%	0%	29%
viernes	8	0%	0%	25%
viernes	9	1%	0%	39%
viernes	10	0%	0%	19%
viernes	11	0%	0%	18%
viernes	12	0%	0%	40%
viernes	13	2%	0%	23%
viernes	14	5%	1%	2%
viernes	15	7%	1%	5%
viernes	16	14%	1%	3%
viernes	17	13%	0%	4%
viernes	18	6%	0%	5%
viernes	19	5%	0%	10%
viernes	20	6%	0%	15%
viernes	21	21%	0%	8%
viernes	22	48%	0%	8%
viernes	23	76%	2%	6%

Fuente: El autor

Tabla 84 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Sábado

Día de la semana	Hora del día	Cuarto 1	Cuarto 2	Sala, Comedor y Cocina
sábado	0	94%	3%	1%
sábado	1	97%	1%	0%
sábado	2	92%	0%	0%
sábado	3	76%	1%	0%
sábado	4	55%	0%	0%
sábado	5	45%	0%	0%
sábado	6	42%	0%	0%
sábado	7	28%	1%	8%
sábado	8	20%	0%	13%
sábado	9	6%	0%	20%
sábado	10	0%	0%	20%
sábado	11	2%	0%	13%
sábado	12	0%	0%	15%
sábado	13	11%	0%	15%
sábado	14	16%	2%	20%
sábado	15	22%	2%	28%
sábado	16	33%	0%	22%
sábado	17	39%	1%	15%
sábado	18	41%	2%	21%
sábado	19	35%	2%	20%
sábado	20	33%	3%	15%
sábado	21	50%	1%	17%
sábado	22	61%	1%	17%
sábado	23	84%	4%	4%

Fuente: El autor

Tabla 85 Perfiles de uso de los aires acondicionados para el día Domingo

Día de la semana	Hora del día	Cuarto 1	Cuarto 2	Sala, Comedor y Cocina
domingo	0	90%	3%	1%
domingo	1	87%	0%	0%
domingo	2	83%	0%	0%
domingo	3	76%	0%	0%
domingo	4	66%	1%	0%
domingo	5	63%	0%	0%
domingo	6	50%	0%	1%
domingo	7	40%	0%	2%
domingo	8	19%	2%	20%
domingo	9	8%	0%	3%
domingo	10	2%	0%	3%
domingo	11	2%	0%	5%
domingo	12	0%	0%	7%
domingo	13	6%	1%	14%
domingo	14	24%	1%	18%
domingo	15	39%	3%	19%
domingo	16	45%	4%	19%
domingo	17	50%	5%	17%
domingo	18	48%	1%	12%
domingo	19	42%	0%	17%
domingo	20	26%	0%	15%
domingo	21	33%	0%	19%
domingo	22	50%	0%	13%
domingo	23	76%	2%	4%

Fuente: El autor

ANEXO D

PROPIEDADES HIGROTÉRMICAS DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

Tabla 86 Propiedades térmicas de materiales

Tipo de Material	Material	Propiedades terminas			
		K [W/mK]	R [m ² K/W]	Cp [J/Kg K]	q [kg/m ³]
Piedra	Piedra – Piedra compacta	3.49	-	840	2880
	Roca compacta	3.50	-	880	2750
	Piedra	1.83	-	712	2200
Asbestos, hormigón, bloques de hormigón	Hormigón	1.40	-	837	2200
	Concreto de mediana densidad	1.35	-	1000	1800
	Hormigón armado	1.63	-	1050	2400
	Asbesto	0.36	-	1050	1500
	Fibrocemento	0.93	-	1250	2000
	Bloque de concreto	0.62	--	840	1040
	Concreto muy baja densidad	0.05	-	-	305
	Bloque de concreto	0.49	-	-	-
	Bloque de hormigón celular vapor L	0.35	-	-	600
	Bloque de hormigón celular vapor M	0.41	-	-	800
	Bloque hueco hormigón L	0.44	-	-	1000
	Bloque de hormigón celular vapor P	0.47	-	-	1000
	Bloque hueco hormigón M	0.49	-	-	1200
	Bloque hueco hormigón P	0.56	-	-	1400
	Bloque hormigón ligero macizo	0.33	-	1050	1000
Bloque hormigón ligero	0.56	-	1050	1400	

Materiales aislantes	Lana mineral (panel)	0.042	-	1030	12
	Lana mineral (manta/rollo)	0.038	-	1030	25
	Poliestireno expandido (EPS)	0.04	-	1450	15
	Poliestireno extruido (EXPS)	0.035	-	1400	40
	Espuma de poliuretano	0.025	-	1400	30
	Espuma de urea formaldehído (UF)	0.04	-	1400	10
	Fibra de vidrio (panel)	0.046 a 0.048	-	800	7.5 a 8.2
	Lana de roca o lana de escoria (panel)	0.036 a 0.040	-	800	32 a 37
		0.033 a 0.035	-	800	45
	Celulosa en spray para cavidades en paredes	0.039 a 0.040	-	-	26 a 42
	Fibra en spray para cavidades en paredes o áticos	0.039 a 0.042	-	-	16
		0.033 a 0.037	-	-	29 a 37
Ladrillo, adobes	Ladrillo común	0.80		840	1800
	Ladrillo de silice	1.07		-	1900
	Ladrillo de magnesita	2.68		1130	2000
	Ladrillo macizo	0.87		1330	1800
	Ladrillo aireado	0.30		840	1000
	Ladrillo quemado	0.85		840	1500
	Ladrillo	0.75		880	1730
	Ladrillo al cromo	2.32		840	3000
	Adobe	0.95		920	1600
	Adobe	0.58		850	1280
	Ladrillo hueco	0.49		-	1200
	Ladrillo perforado	0.76		-	1600
	Ladrillo sílico-calcareo	0.79		-	1600
Ladrillo cerámico macizo	0.87		-	1800	

Yesos	Gypsum	0.25		1000	900
	Placas de escayola	0.3		-	800
	Mortero de yeso	0.76		-	1000
	Placas de yeso	0.29 – 0.58		-	600 – 1200
	Yeso	0.81		837	1800
Madera	Maderas frondosas	0.21		-	800
	Madera de coníferas	0.14		-	600
	Contrachapado	0.14		-	600
	Plywood 19.0 mm	0.10		1880	450
	Tablero de partículas de madera	0.14		1700	600
	Tablero de aglomerado de partículas	0.08		-	650
	Tableros de fibra orientada – OSB	0.13		1700	650
	Madera de roble	0.19		2390	700
	Madera	0.13		1381	840
	Madera de aedul	0.14		1884	650
	Madera de alerce	0.11		1298	650
	Madera de arce	0.34		1591	750
	Madera de chopo	0.15		1340	650
	Madera de fresno	0.34		1591	750
	Madera de haya	0.14		1340	650
	Madera de haya blanca	0.14		1340	700
	Madera de pino	0.16		1298	650
	Madera de pino blanco	0.11		1465	550
Madera de roble	0.20		2386	850	
Plásticos	Policarbonato	0.19 – 0.22		1200	1200
	Policarbonato alveolar		1.25 – 3.9 W/m ² k		

Fuente: Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) NEC-HS-EE

Tabla 87 Propiedades de paquetes constructivos

Elementos constructivos	Paquete constructivo	Componentes	Espesor (cm)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad (W/mK)	Factor-U (W/ m ² k)
Paredes	Ladrillo sin revestimientos	Ladrillo	15	1920	0.72	2.79
	Ladrillo con revestimientos	Enlucido exterior	1	1300	0.5	2.55
		Ladrillo	15	1920	0.72	
		Enlucido interior	1	1760	0.72	
	Bloque de concreto (15cm)	Enlucido exterior	1	1300	0.5	2.35
		Bloque de concreto	15	1040	0.62	
		Enlucido interior	1	1760	0.72	
	Bloque de concreto (20cm)	Enlucido exterior	1	1300	0.5	1.98
		Bloque de concreto	20	1040	0.62	
		Enlucido interior	1	1760	0.72	
	Madera (paneles OSB)	Paneles OSB	1.27	650	0.105	3.69
	Caña no revestida	Caña guadua	0.6	714	0.3	5.46
	Caña revestida	Enlucido exterior	1	1300	0.5	4.61
		Caña guadua	1	714	0.3	
		Enlucido interior	1	1760	0.72	
	Adobe	Adobe	30	1440	0.76	2.26
	Hormigón	Hormigón	15	2000	1.13	3.54
	Panel metálico	Lamina metálica	0.04	7800	50	18
		Poliuretano	10	30	0.04	
		Lamina metálica	0.04	7800	50	
Panel de gypsum aislado	Gypsum	2	900	0.3	1.45	
	Poliuretano	10	30	0.04		
	Gypsum	2	900	0.3		
Panel OSB aislado	OSB	0.6	650	0.1	1.48	
	Poliuretano	10	30	0.04		
	OSB	0.6	650	0.1		
Panel de triplex aislado	Triplex	0.6	525	0.12	1.52	
	Poliuretano	10	30	0.04		
	Triplex	0.6	525	0.12		
Techos	Losa Hormigón	Teja de arcilla	10	2400	2.3	4.7
	Teja	Teja de arcilla	2.5	2000	1	2.9
	Zinc	Zinc	0.6	7200	110	3.5
	Paja	Paja	2	270	0.09	2.8
	Fibro cemento	Panel de fibrocemento	0.6	1120	1	3.1

Piso	Hormigón	Piedra	10	2880	3.49	3.2
		Polietileno	0.4	920	0.33	
		Hormigón	5	1800	1.35	
	Tierra	Tierra apisonada	15	1885	1.1	3.3
	Madera	Madera dura	1.5	1700	0.18	3.4
Puerta	Metal	Acero	0.03	7800	50	3.124
		Aire (R0.15 m ² K/W)	0.1	-	-	
		Acero	0.03	7800	50	
	Madera solida	Roble pintado	4.2	700	0.19	2.56
	Madera hueca	Plywood	0.6	700	0.15	2.5
		Aire (R0.15 m ² K/W)	3	-	-	
		Plywood	0.6	700	0.15	
Ventanas	Vidrio simple (3 mm)	Vidrio transparente	0.3	-	0.9	5.89
	Vidrio simple LoE (e=0.2) (3 mm)	Vidrio con lámina	0.3	-	0.9	3.84
	Vidrio simple (6 mm)	Vidrio transparente	0.6	-	0.9	5.78
	Vidrio doble (3 mm)	Vidrio transparente	0.3	-	0.9	3.16
		Aire (R0.15 m ² K/W)	0.6	-	-	
		Vidrio transparente	0.3	-	0.9	

Fuente: Normativa Ecuatoriana de la Construcción (NEC) NEC-HS-EE

ANEXO E

RESULTADOS DE LAS COMPARACIONES DE PAQUETES CONSTRUCTIVOS PARA PAREDES Y TECHO

Bloque de concreto (20 cm)

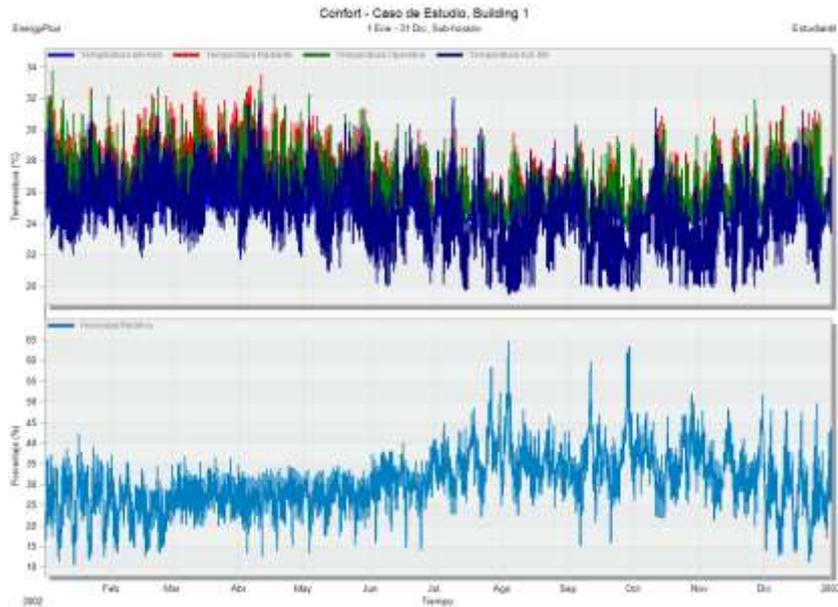


Figura 4.11 Confort térmico de la vivienda con paredes de bloque de 20 cm

Fuente: El autor

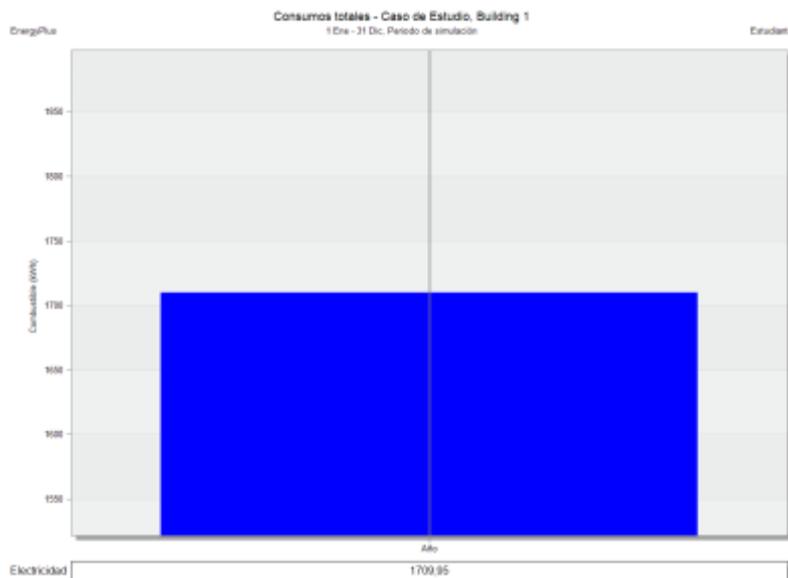


Figura 4.12 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de bloque de 20 cm

Fuente: El autor

Panel metálico

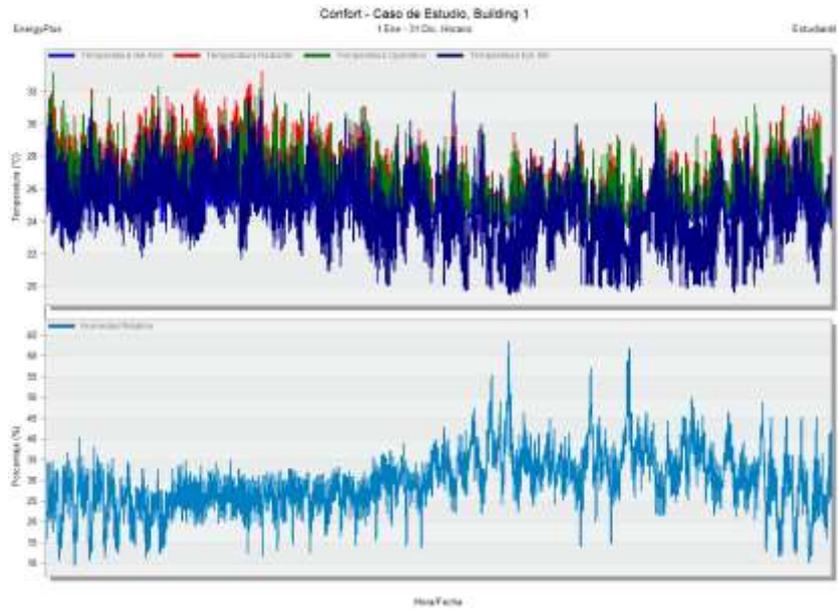


Figura 4.13 Confort térmico de la vivienda con paredes de paneles metálicos

Fuente: El autor

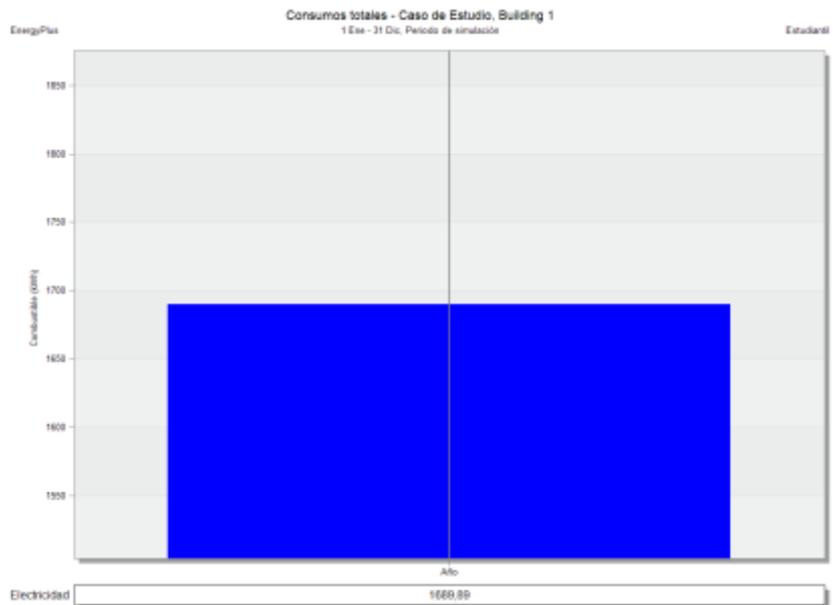


Figura 4.14 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de paneles metálicos

Fuente: El autor

Panel de gypsum aislado

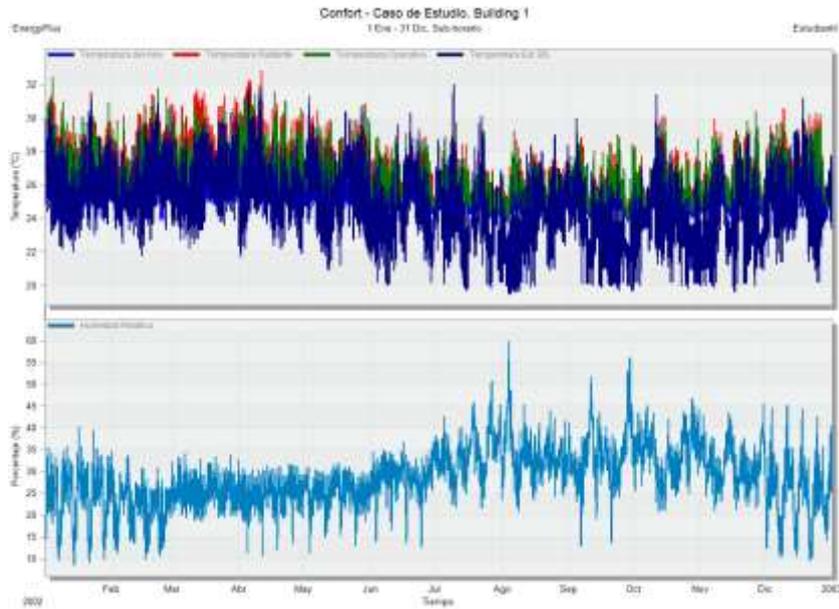


Figura 4.15 Confort térmico de la vivienda con paredes de paneles de gypsum aislado

Fuente: El autor

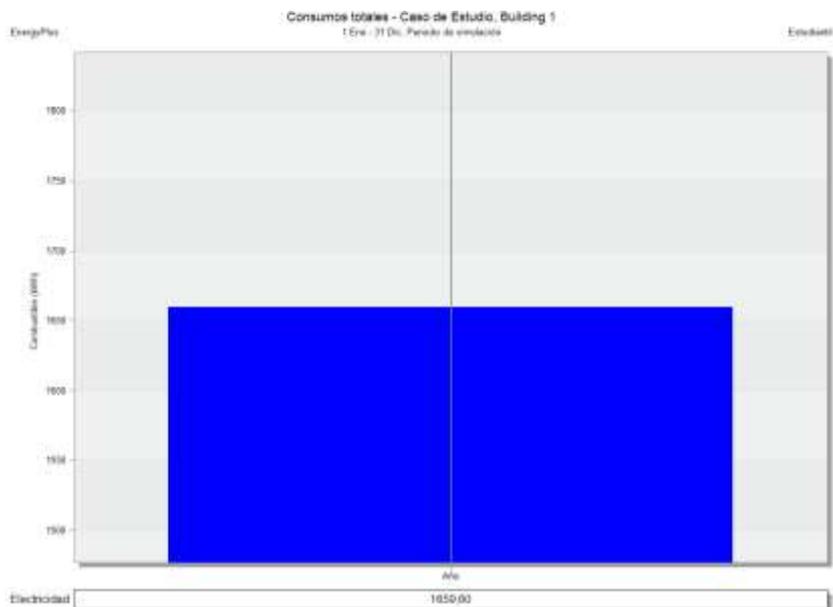


Figura 4.16 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de paneles de gypsum aislado

Fuente: El autor

Panel OSB aislado

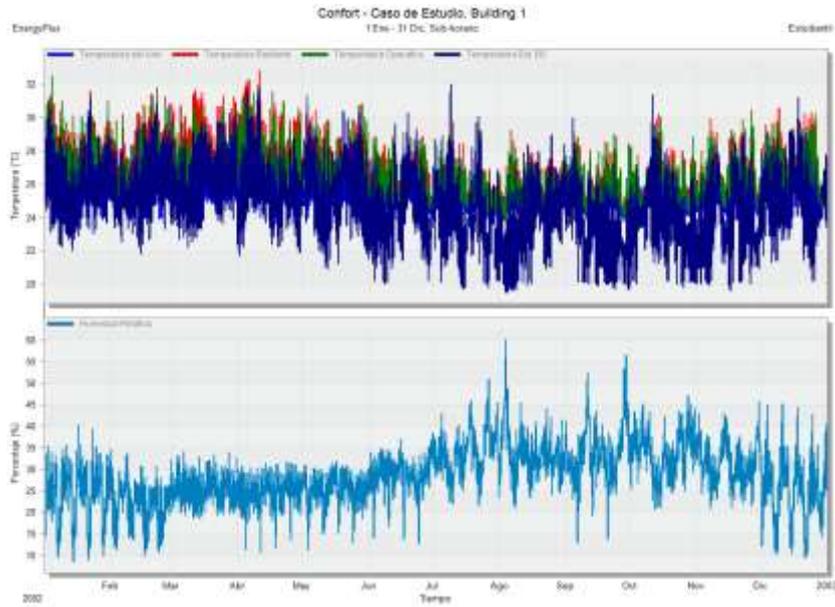


Figura 4.17 Confort térmico de la vivienda con paredes de panel OSB aislado

Fuente: El autor

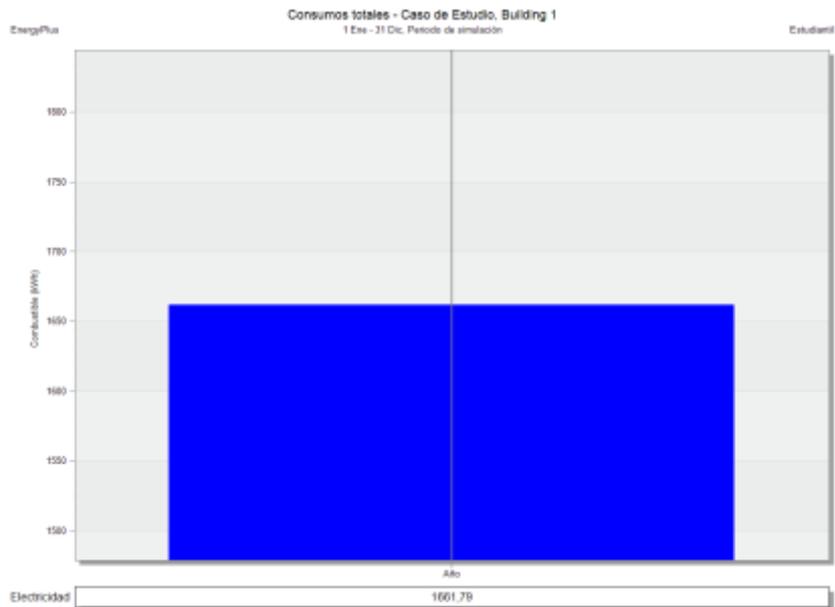


Figura 4.18 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de panel OSB aislado

Fuente: El autor

Panel de triplex aislado

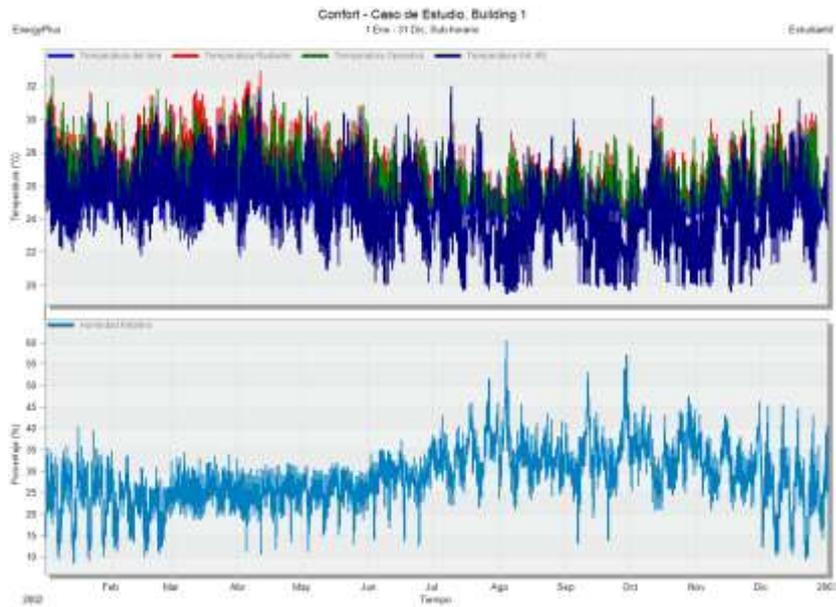


Figura 4.19 Confort térmico de la vivienda con paredes de panel de triplex aislado

Fuente: El autor

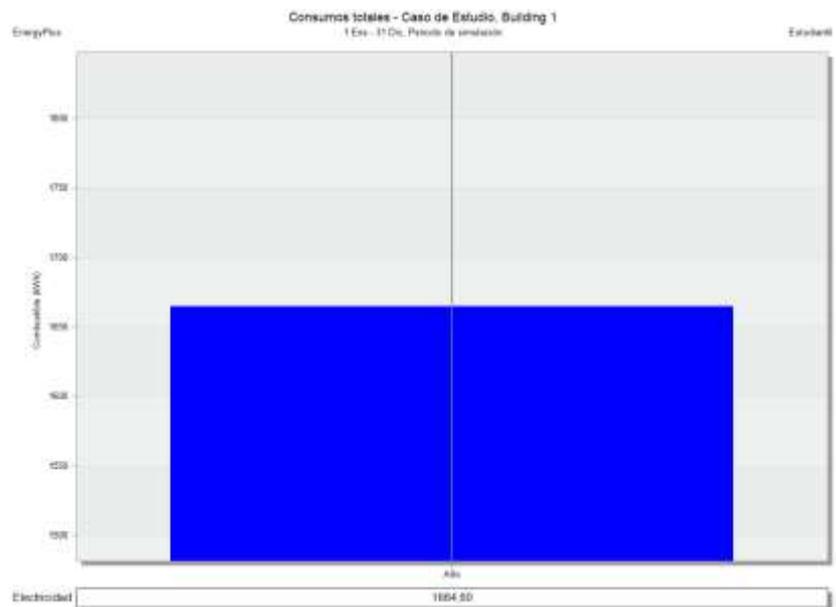


Figura 4.20 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con paredes de panel de triplex aislado

Fuente: El autor

Losa Hormigón

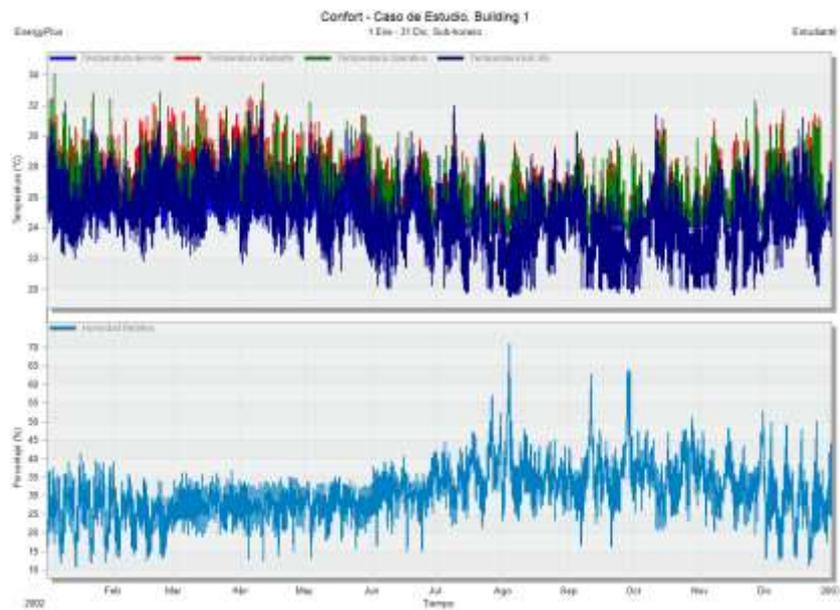


Figura 4.21 Confort térmico de la vivienda con techo de losa de hormigón

Fuente: El autor

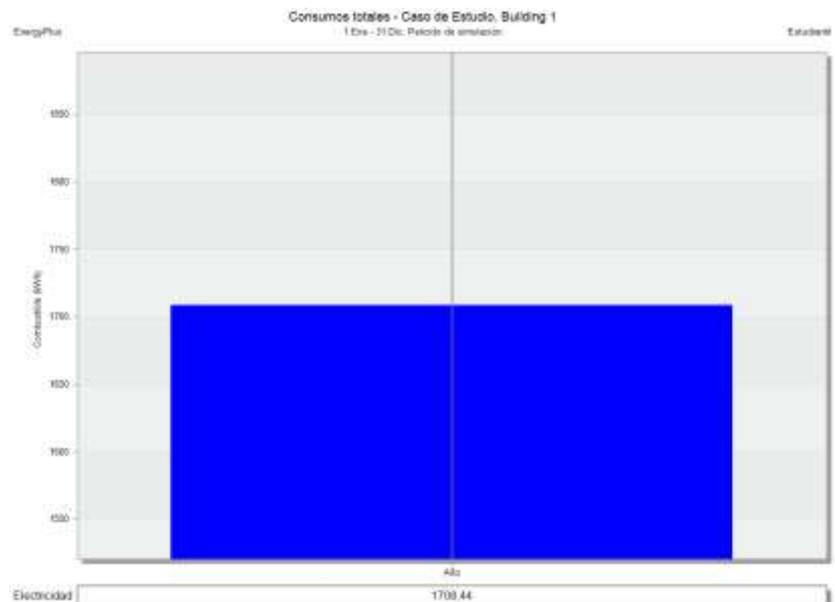


Figura 4.22 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con techo de losa de hormigón

Fuente: El autor

Teja

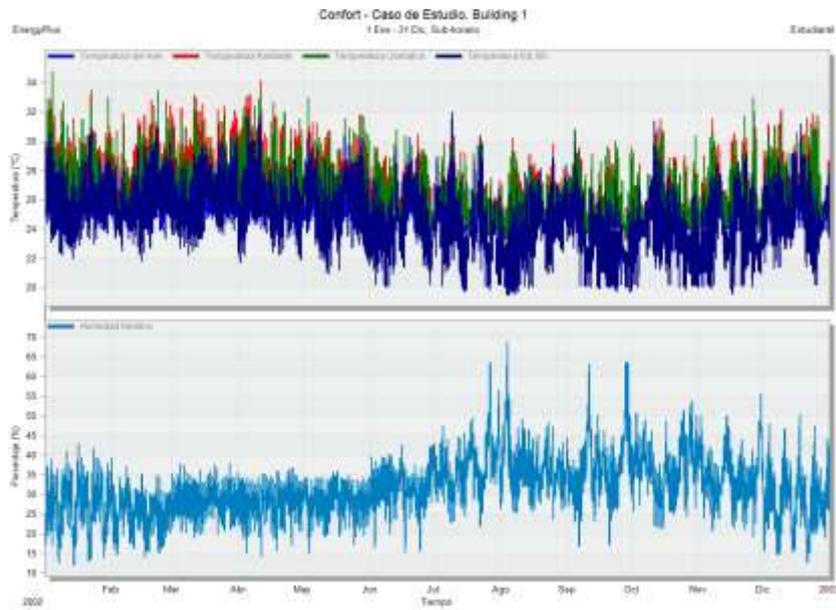


Figura 4.23 Confort térmico de la vivienda con techo de teja

Fuente: El autor

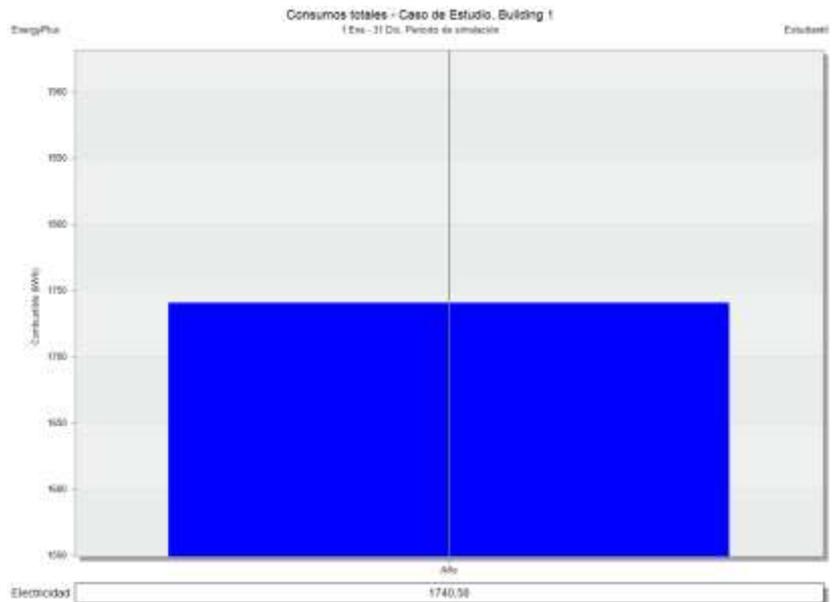


Figura 4.24 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con techo de teja

Fuente: El autor

Zinc

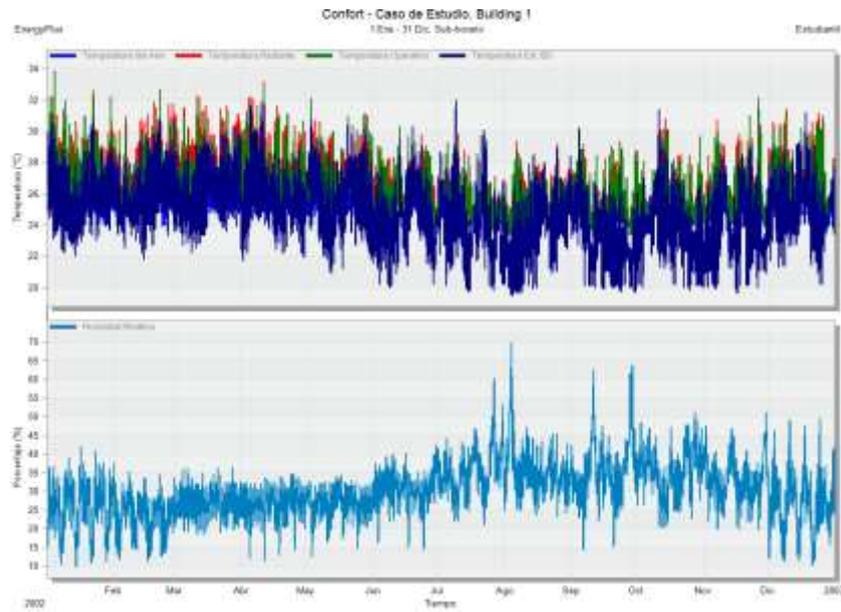


Figura 4.25 Confort térmico de la vivienda con techo de zinc

Fuente: El autor

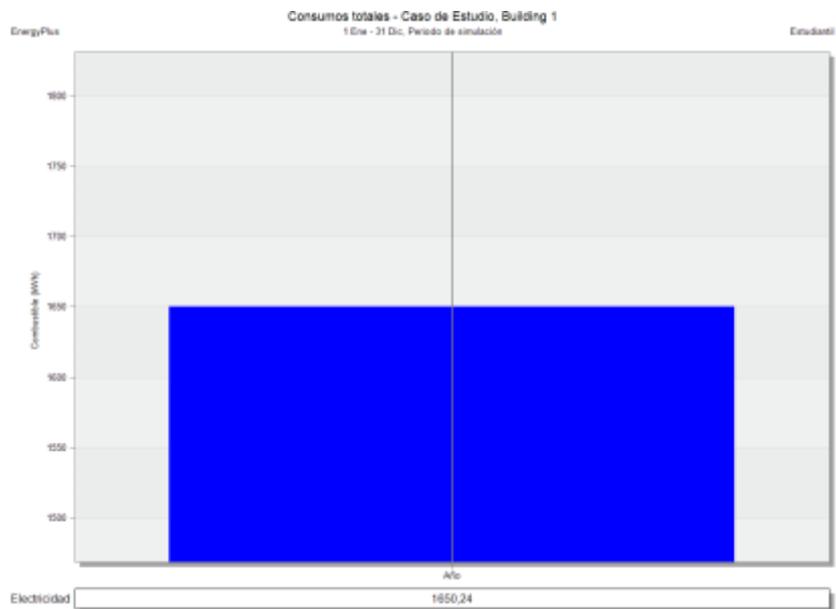


Figura 4.26 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con techo de zinc

Fuente: El autor

Paja

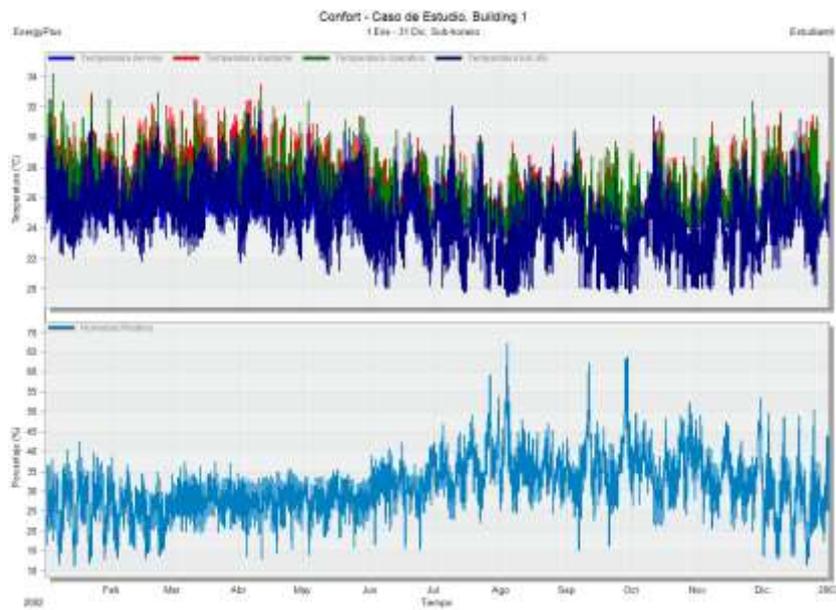


Figura 4.27 Confort térmico de la vivienda con techo de paja

Fuente: El autor

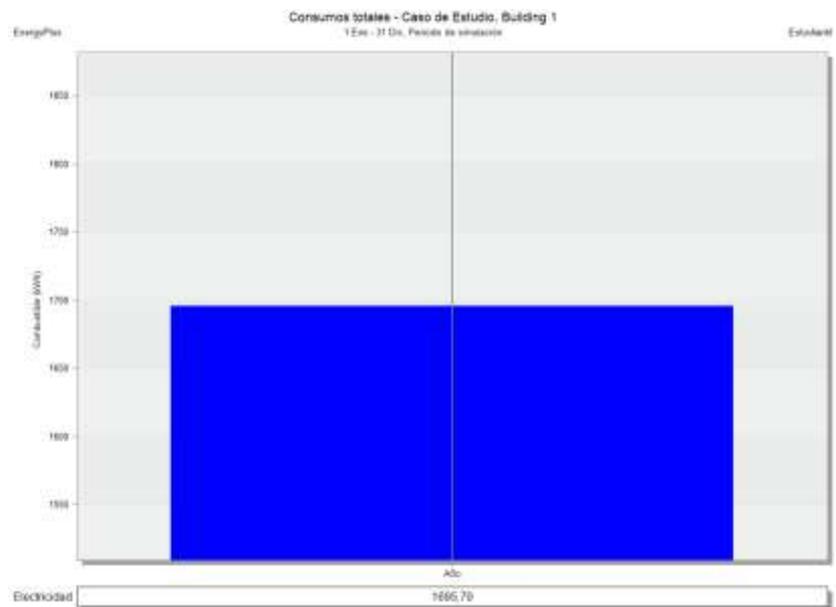


Figura 4.28 Consumo eléctrico de climatización de la vivienda con techo de paja

Fuente: El autor