UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON
SEDE SAN CARLOS
CARRERA INGENIERÍA CIVIL

TESIS
SOMETIDA AL TRIBUNAL EXAMINADOR DE LA
LICENCIATURA PARA OPTAR POR EL GRADO DE
LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

TÍTULO DE LA TESIS:

PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA PARA DETERMINAR EL FACTOR “R" DE DISIPACIÓN DE CALOR EN LAS VIVIENDAS

AUTORES:
BRAVO BARIA, KEVIN MANUEL
JIMÉNEZ GUADAMUZ, FABIAN

Director Académico Ingeniería Civil
MSC. LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR

Tutor Académico Tesis Ingeniería Civil
MSC. LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR

FEBRERO, 2025

TRIBUNAL EVALUADOR

Este proyecto profesional fue aprobado por el Tribunal Evaluador de la Licenciatura de Ingeniería Civil de la Universidad Isaac Newton

LAURA REBECA PRENDAS CASTILLO (FIRMA)
Firmado digitalmente por LAURA REBECA PRENDAS CASTILLO (FIRMA)
Fecha: 2025.09.12 12:24:54 -06'00'

Licda. Laura Rebeca Prendas Castillo
Rectora
Universidad Isaac Newton

LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR (FIRMA)
Digitally signed by LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR (FIRMA)
Date: 2025.09.12 10:20:14 -06'00'

Phd. Luis Guillermo Loria Salazar
Tutor de Tesis
Docente de la Universidad Isaac Newton

MARCOS VINICIO CHEVES CHEVES (FIRMA)
PERSONA FISICA [redacted]
Fecha declarada: 12/09/2025 08:54:22 a. m.
Esta es una representación gráfica únicamente, verifique la validez de la firma.

Msc. Marco Vinicio Chevez Chevez
Lector de Tesis
Docente de la Universidad Isaac Newton

Universidad Isaac Newton
Escuela de Ingeniería Civil
Licenciatura en Ingeniería Civil

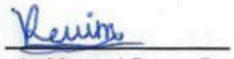
DECLARACIÓN JURADA

Yo Kevin Manuel Bravo Baria, cédula de identidad Nº [redacted] estudiante de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Isaac Newton, declaro bajo fe de juramento y conscientes de las responsabilidades de los civiles y penales de este acto, que este Trabajo Final de Investigación es de mi autoría y es presentado con la finalidad de obtener el grado de licenciatura y tiene como título "*Propuesta de una metodología para determinar el factor "R" de disipación de calor en las viviendas*".

Declaro que en él no se han reproducido informaciones parciales o totales de otros autores, como si fueran de mi propia autoría, por el contrario, se han destacado en el uso de citas textuales las informaciones de otros autores, consignando su origen. Debido a lo anterior, libero a la Universidad Isaac Newton de cualquier responsabilidad en caso de que la declaración sea falsa.

Además, por este medio, autorizo la consulta de esta investigación para fines académicos por parte de la comunidad de usuarios de la Biblioteca de la Universidad Isaac Newton, bajo las modalidades de préstamo interno y a domicilio, así como su inclusión en repositorios o bases de datos digitales que la Universidad considere oportunas.

Entregado en las oficinas de la Dirección Administrativa de la Universidad Isaac Newton ubicada en San Carlos a los 20 días del mes de febrero del 2025.



Kevin Manuel Bravo Baria
Cédula N° [redacted]

Universidad Isaac Newton
Escuela de Ingeniería Civil
Licenciatura en Ingeniería Civil

DECLARACIÓN JURADA

Yo Fabian Jiménez Guadamuz, cédula de identidad N° [redacted] estudiante de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Isaac Newton, declaro bajo fe de juramento y conscientes de las responsabilidades de los civiles y penales de este acto, que este Trabajo Final de Investigación es de mi autoría y es presentado con la finalidad de obtener el grado de licenciatura y tiene como título "*Propuesta de una metodología para determinar el factor "R" de disipación de calor en las viviendas*".

Declaro que en él no se han reproducido informaciones parciales o totales de otros autores, como si fueran de mi propia autoría, por el contrario, se han destacado en el uso de citas textuales las informaciones de otros autores, consignando su origen. Debido a lo anterior, libero a la Universidad Isaac Newton de cualquier responsabilidad en caso de que la declaración sea falsa.

Además, por este medio, autorizo la consulta de esta investigación para fines académicos por parte de la comunidad de usuarios de la Biblioteca de la Universidad Isaac Newton, bajo las modalidades de préstamo interno y a domicilio, así como su inclusión en repositorios o bases de datos digitales que la Universidad considere oportunas.

Entregado en las oficinas de la Dirección Administrativa de la Universidad Isaac Newton ubicada en San Carlos a los 20 días del mes de febrero del 2025.



Fabian Jiménez Guadamuz
Cédula N° [redacted]

CARTA DEL TUTOR

San José 20 de febrero del 2025

Señores

UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON

Presente

Estimados señores:

En mi calidad de tutor designado a la Tesis elaborada el estudiante Kevin Manuel Bravo Baria, titulada Propuesta de una metodología para determinar el factor “R" de disipación de calor en las viviendas, *durante el período 2024*, al respecto hago de su conocimiento que doy mi aprobación para que este Trabajo Final de Graduación, sea desarrollado y presentado ante la Universidad Isaac newton, contando con los lineamientos establecidos por esta reconocida Universidad.

Agradezco la oportunidad brindada para poder desarrollar junto este estudiante este trabajo que enriquecerá la estructura institucional de esta dependencia.

Sin más por el momento me despido cordialmente,

LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR (FIRMA)

Digitally signed by LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR (FIRMA)
Date: 2025.09.12 10:20:41 -06'00'

Phd. Luis Guillermo Loria Salazar
Tutor de Tesis
Docente de la Universidad Isaac Newton

CARTA DEL TUTOR

San José 20 de febrero del 2025

Señores

UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON

Presente

Estimados señores:

En mi calidad de tutor designado a la Tesis elaborada el estudiante Fabian Jiménez Guadamuz, titulada Propuesta de una metodología para determinar el factor “R" de disipación de calor en las viviendas, *durante el período 2024*, al respecto hago de su conocimiento que doy mi aprobación para que este Trabajo Final de Graduación, sea desarrollado y presentado ante la Universidad Isaac newton, contando con los lineamientos establecidos por esta reconocida Universidad.

Agradezco la oportunidad brindada para poder desarrollar junto este estudiante este trabajo que enriquecerá la estructura institucional de esta dependencia.

Sin más por el momento me despido cordialmente,

LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR (FIRMA)

Digitally signed by LUIS GUILLERMO LORIA SALAZAR (FIRMA)
Date: 2025.09.12 10:21:00 -06'00'

Phd. Luis Guillermo Loria Salazar
Tutor de Tesis
Docente de la Universidad Isaac Newton

CARTA DEL LECTOR

San José 20 de febrero del 2025

Señores

UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON

Presente

Estimados señores:

En mi calidad de Lector designado a la Tesis elaborada por el estudiante Kevin Manuel Bravo Baria, titulada Propuesta de una metodología para determinar el factor “R" de disipación de calor en las viviendas, durante el período 2024, al respecto hago de su conocimiento que doy mi aprobación para que este Trabajo Final de Graduación, sea desarrollado y presentado ante la Universidad Isaac Newton, contando con los lineamientos establecidos por esta reconocida Universidad.

Agradezco la oportunidad brindada para poder desarrollar junto este estudiante este trabajo que enriquecerá la estructura institucional de esta dependencia.

Sin más por el momento me despido cordialmente,

MARCOS VINICIO CHEVES CHEVES (FIRMA)
PERSONA FISICA [redacted]
Fecha declarada: 12/09/2025 09:04:31 a. m.
Esta es una representación gráfica únicamente,
verifique la validez de la firma.

Msc. Marco Vinicio Chevez Chevez
Lector de Tesis
Docente de la Universidad Isaac Newton

CARTA DEL LECTOR

San José 20 de febrero del 2025

Señores

UNIVERSIDAD ISAAC NEWTON

Presente

Estimados señores:

En mi calidad de Lector designado a la Tesis elaborada por el estudiante Fabian Jiménez Guadamuz, titulada Propuesta de una metodología para determinar el factor “R" de disipación de calor en las viviendas, durante el período 2024, al respecto hago de su conocimiento que doy mi aprobación para que este Trabajo Final de Graduación, sea desarrollado y presentado ante la Universidad Isaac Newton, contando con los lineamientos establecidos por esta reconocida Universidad.

Agradezco la oportunidad brindada para poder desarrollar junto este estudiante este trabajo que enriquecerá la estructura institucional de esta dependencia.

Sin más por el momento me despido cordialmente,

MARCOS VINICIO CHEVES CHEVES (FIRMA)
PERSONA FISICA [redacted]
Fecha declarada: 12/09/2025 09:05:32 a. m.
Esta es una representación gráfica únicamente,
verifique la validez de la firma.

Msc. Marco Vinicio Chevez Chevez
Lector de Tesis
Docente de la Universidad Isaac Newton

DEDICATORIA

Este proyecto de titulación quiero dedicárselo a mis padres, quienes, a través de sus enseñanzas, me han inculcado el valor del esfuerzo, de los sueños y de las metas que he logrado alcanzar hasta este momento. Me han enseñado que cada esfuerzo traerá frutos y sin importar el tiempo, no hay nada más gratificante que ver hecho realidad una de las primeras metas establecidas en mi proyecto de vida.

A ellos dedico esta tesis, por ser mi guia en mi camino de vida

Kevin M. Bravo B.

DEDICATORIA

A mis Padres, porque ellos me inculcaron el respeto a mis metas, la lucha por mis objetivos y el no rendirme ante ninguna circunstancia.

A mis hermanos, constante apoyo en mi andar, siendo guias, consejeros y cómplices.

A mi novia, quien me ha brindado su apoyo y comprensión en este arduo proceso.

A todos ellos dedico este trabajo, que espero sea el primero de muchos logros.

Fabian J. G.

AGRADECIMIENTOS

Quiero brindar las gracias a Dios por ser el origen de toda causa, a mi familia por su constante apoyo, mis amistades y compañeros de estudios por el apoyo en cada una de las etapas que conllevo el desarrollo de esta carrera.

A cada uno de los profesores que fueron excelentes guías en este camino profesional, también quiero dar las gracias. Sin su orientación y enseñanzas no estaría en este escalón.

A todos muchas gracias

Kevin M. Bravo B.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, quiero dar gracias a Dios, el único que me ha brindado la vida, la sabiduría y el entendimiento para poder estudiar y salir adelante en cada proyecto que me he propuesto alcanzar, poniendo siempre por delante mi fe en Él.

Quiero además expresar mi agradecimiento a todas las personas que estuvieron involucradas en este proceso académico; aquellos amigos que me brindaron su apoyo y consejos, de una u otra forma también formaron parte de esta meta. Sin dejar de lado a todos aquellos que me acompañaron en este arduo camino.

A todos y cada uno, mi eterno agradecimiento.

Fabian J. G.

TABLA DE CONTENIDO

TRIBUNAL EVALUADOR **2**

DECLARACIÓN JURADA ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

DECLARACIÓN JURADA ..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CARTA DEL TUTOR **5**

CARTA DEL TUTOR **6**

CARTA DEL LECTOR **7**

CARTA DEL LECTOR **8**

DEDICATORIA **9**

DEDICATORIA **10**

AGRADECIMIENTOS **11**

AGRADECIMIENTO **12**

TABLA DE CONTENIDO **13**

ÍNDICE DE TABLAS **16**

ÍNDICE DE FIGURAS **18**

RESUMEN EJECUTIVO **19**

ABSTRACT **20**

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN **21**

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN 21

1.1.1 Contexto *21*

1.1.2 Justificación *22*

1.1.3 Problema de Investigación *24*

1.1.4 Estado del Arte *25*

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN 27

1.2.1 Objetivo General *27*

1.2.2 Objetivos Específicos *27*

1.3 LAS VARIABLES O CATEGORÍAS DE ANÁLISIS 27

1.3.1 Las variables o categorías de análisis *27*

Variables (Cualitativo) *27*

Variables (Cuantitativo) *28*

1.3.2 Matriz de la investigación *29*

1.4 Alcance 30

1.5 Formulación de hipótesis de la investigación 32

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO 33

2.1 ESTADO DEL CONOCIMIENTO 33

2.1.1 Confort térmico *33*

2.1.2 Parámetros y factores que determinan el confort térmico *37*

2.1.3. Eficiencia Térmica *38*

2.1.4 Parámetros de eficiencia térmica *38*

2.1.5. Resistencia térmica *43*

2.1.6. El proceso de transferencia térmica *44*

2.1.7. Aislamiento térmico *52*

2.2 ESTADO DE LA CUESTIÓN 58

2.3 MARCO LEGAL 62

2.3.1 Normas internacionales que regulan la confortabilidad térmica *62*

2.3.2 Implicaciones Legales para la Construcción de Viviendas *66*

CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO 67

3.1. Tipo de investigación 67

3.1.1 Naturaleza de la investigación (cualitativa, cuantitativa o mixta) *67*

3.1.2 Carácter de la investigación *68*

3.2 Sujetos y fuentes de información 68

3.2.1 Sujetos de información *68*

3.2.2 Fuentes de información: primarias o secundarias 68

3.3 Población y muestra 69

3.4 Instrumentos y técnicas de recolección de datos 70

3.4.1 Diseño de instrumentos 72

3.4.2 Procedimiento de intervención 73

3.5 Estrategia de análisis de datos 73

3.5.1 Presentación y análisis de los datos 73

3.5.2 Cronograma 74

CAPITULO 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS 75

4.1. Identificar componentes constructivos que más influyen en el factor “R”. 75

4.2. Establecer una metodología para la medición del factor "R" en viviendas 91

4.3. Evaluar la aplicabilidad y precisión de la metodología propuesta para medir el factor "R". 93

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 106

5.1. Conclusiones 106

5.2. Recomendaciones 107

ANEXOS 109

ANEXO 1: FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA ESTUDIO DE CARGAS TÉRMICAS 109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Hipótesis y variables de estudio....28

Tabla 2 Matriz en una investigación cuantitativa....29

Tabla 3 Matriz cualitativa de la investigación....30

Tabla 5 Parámetros y factores que determinan el confort térmico....37

Tabla 6 Datos de reflectancia y absortancia para diferentes materiales y pinturas de paredes. 39

Tabla 7 Comparación del comportamiento térmico y lumínico de diferentes tipos y colores de cristales....41

Tabla 8 Porcentaje de transmisión de calor....42

Tabla 9 Ventajas y desventajas del aislamiento térmico....57

Tabla 10 Cronograma de actividades para el desarrollo y presentación de la investigación....74

Tabla 11 Conductividad Térmica de Materiales para la Construcción....77

Tabla 12 Cargas Térmicas Producidas en el área Estar Comedor de la Vivienda....80

Tabla 13 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en el Estar Comedor de la vivienda 81

Tabla 14 Cargas Térmicas Producidas en el dormitorio 1 de la Vivienda 82

Tabla 15 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en el dormitorio 1 para la vivienda 83

Tabla 16 Cargas Térmicas Producidas en el dormitorio 2 de la Vivienda 84

Tabla 17 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en dormitorio 2 de la vivienda....85

Tabla 18 Cargas Térmicas Producidas en Dormitorio 3 de la Vivienda....86

Tabla 19 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en Dormitorio 3 de la vivienda 87

Tabla 20 Cargas Térmicas Producidas en la cocina 88

Tabla 21 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en la cocina....89

Tabla 22 Resumen de las cargas térmicas totales en la vivienda....90

Tabla 23 Cargas Térmicas Producidas en el área Estar Comedor luego de aplicada la metodología 94

Tabla 24 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en el Estar Comedor luego de aplicada la metodología....95

Tabla 25 Cargas Térmicas Producidas Dormitorio 1 luego de aplicada la metodología 96

Tabla 26 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas Dormitorio 1 luego de aplicada la metodología 97

Tabla 27 Cargas Térmicas Producidas en Dormitorio 2 luego de aplicada la metodología 98

Tabla 28 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en Dormitorio 2 luego de aplicada la metodología 99

Tabla 29 Cargas Térmicas Producidas en Dormitorio 3 luego de aplicada la metodología 100

Tabla 30 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en Dormitorio 3 luego de aplicada la metodología 101

Tabla 31 Cargas Térmicas Producidas en la Cocina luego de aplicada la metodología.....102

Tabla 32 Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en Cocina luego de aplicada la metodología 103

Tabla 33 Resumen de las cargas térmicas totales de la vivienda luego de aplicada la metodología 104

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pérdida de calor del cuerpo a causa de las superficies frías 35

Figura 2 Conducción de calor estacionaria y transitoria en una pared plana.....46

Figura 3 *Red de resistencias térmicas para la transferencia de calor a través de un vidrio sencillo* 51

Figura 4 Aislamiento térmico estructural 53

Figura 5 Aislamiento térmico no estructural 53

Figura 6 Plano referencial de distribución de vivienda.....79

Figura 8 Resumen de las cargas térmicas en Estar Comedor de la vivienda.....81

Figura 10 Resumen de las cargas térmicas en dormitorio 1 de la vivienda 83

Figura 12 Resumen de las cargas térmicas en dormitorio 2 de la vivienda.....85

Figura 15 Resumen de las cargas térmicas en Dormitorio 3 de la vivienda 87

Figura 17 Resumen de las cargas térmicas en la cocina de vivienda.....89

Figura 18 Resumen de las cargas térmicas en la vivienda 90

Figura 20 Resumen de las cargas térmicas en Estar Comedor luego de aplicada la metodología95

Figura 22 Resumen de las cargas térmicas en Dormitorio 1 luego de aplicada la metodología 97

Figura 24 Resumen de las cargas térmicas en Dormitorio 2 luego de aplicada la metodología 99

Figura 26 Resumen de las cargas térmicas en Dormitorio luego de aplicada la metodología 101

Figura 28 Resumen de las cargas térmicas en la Cocina luego de aplicada la metodología.....103

Figura 29 Resumen de las cargas térmicas totales de la vivienda luego de aplicada la metodología 104

Figura 30 Ahorro energético estimado en la vivienda.....105

RESUMEN EJECUTIVO

En las construcciones de viviendas alrededor de los 100 m^2 las cuales están ubicadas en la ciudad de Quesada, con el propósito de estudiar su influencia en los niveles de eficiencia termina que puedan o no afectar el confort térmico de quienes habitan en ellas. A través de un estudio mixto, en el que se fusionan elementos cualitativos y cuantitativos, se logró dar respuesta a la propuesta establecida para poder definir el factor R que ayudaría a disipar las altas temperaturas en las viviendas de estudio. El mismo se desarrolla con apoyo de análisis documentales, así como entrevistas no estructuradas con personas especialistas en el área de estudio.

De forma concluyente se estableció que, en efecto, hay materiales de construcción que resultan ser eficientes, al igual que técnicas y principalmente aislantes, con los que se puede incrementar el confort térmico de los habitantes de las construcciones, notándose la presencia de posibilidades de mejora. Según los resultados obtenidos, las viviendas construidas y diseñadas son construcciones que, en algunos casos, se entregan a sus usuarios sin haber sido completamente terminadas. Además, los materiales de construcción utilizados no contribuyen a mantener un estado de confort térmico que pueda favorecer el mejor desempeño de los usuarios.

ABSTRACT

In housing constructions of around 100 m2 which are located in the city of Quesada, with the purpose of studying their influence on the efficiency levels that may or may not affect the thermal comfort of those who live in them. Through a mixed study, in which qualitative and quantitative elements are merged, it was possible to respond to the proposal established to define the R factor that would help to dissipate the high temperatures in the houses under study. The same is developed with the support of documentary analysis, as well as unstructured interviews with specialists in the area of study.

It was conclusively established that, in effect, there are construction materials that are efficient, as well as techniques and mainly insulating materials, with which the thermal comfort of the inhabitants of the buildings can be increased, noting the presence of possibilities for improvement. According to the results obtained, the houses built and designed are constructions that, in some cases, are delivered to their users without being completely finished. Furthermore, the construction materials used do not contribute to maintain a state of thermal comfort that could favor the best performance of the users.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Este documento presenta una propuesta de metodología para la medición del factor "R" de disipación de calor en viviendas de menos de 100 m². El estudio se enfoca en identificar los principales componentes constructivos que afectan el comportamiento térmico de estas viviendas, con el fin de desarrollar un protocolo práctico de evaluación. Además, se proponen soluciones constructivas dirigidas a mejorar la eficiencia térmica en edificaciones de bajo costo. A lo largo de la investigación se revisan antecedentes teóricos, se desarrollan instrumentos de medición y se analiza la aplicación de la metodología en el contexto de viviendas pequeñas, considerando las limitaciones económicas y constructivas que enfrentan estos proyectos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.1 Contexto

La investigación se centra en el análisis de la eficiencia térmica en viviendas de menos de 100 m², un tipo de edificación predominante en muchas regiones de América Latina y el Caribe, donde la demanda de viviendas accesibles es creciente. Este estudio se enfoca en áreas urbanas y periurbanas, donde las condiciones socioeconómicas limitan el acceso a materiales y tecnologías de construcción avanzadas.

El contexto geográfico incluye climas cálidos y húmedos, características de diversas zonas de Costa Rica, donde el calor puede acumularse en los espacios interiores de las viviendas, afectando el confort de los habitantes y generando un aumento en los costos energéticos asociados con la climatización. Las viviendas de este tipo, a menudo construidas con materiales convencionales, carecen de estrategias adecuadas para la disipación de calor, lo que las hace susceptibles a condiciones térmicas adversas.

En términos temporales, la investigación se desarrolla en un periodo donde la eficiencia energética y el uso de materiales sostenibles han cobrado relevancia, impulsados por la necesidad de mitigar el cambio climático y promover el desarrollo sostenible. Durante este estudio, se

analizarán datos recientes sobre consumo energético y eficiencia térmica en viviendas de bajo costo, considerando las tendencias actuales en la construcción y el diseño arquitectónico.

Además, la investigación se sitúa en un marco normativo y regulatorio que, aunque busca promover la sostenibilidad en la construcción, a menudo carece de directrices específicas para viviendas pequeñas. Esto resalta la importancia de desarrollar una metodología que no solo mida el factor "R", sino que también proponga soluciones prácticas y accesibles para mejorar la calidad térmica de estas viviendas.

1.1.2 Justificación

La eficiencia energética en la construcción es un tema prioritario en la actualidad, especialmente en el contexto de la lucha contra el cambio climático y el aumento de los costos energéticos. En las viviendas pequeñas, que representan una parte significativa del parque habitacional en regiones de climas cálidos, la capacidad de disipar el calor de manera efectiva se vuelve un factor crucial para garantizar el confort de sus ocupantes y reducir el consumo energético. A pesar de la importancia de este tema, existe una brecha en la metodología disponible para medir de manera efectiva el comportamiento térmico de viviendas de menos de 100 m², particularmente en relación con el factor "R" de disipación de calor.

La razón principal de esta investigación radica en la necesidad de desarrollar una metodología que sea específica y aplicable a este tipo de viviendas, donde los recursos económicos y los materiales de construcción son limitados. En regiones como América Latina, y particularmente en Costa Rica, la construcción de viviendas de bajo costo es una prioridad para atender las necesidades habitacionales de una población en crecimiento. Sin embargo, estas construcciones suelen priorizar la rapidez y el bajo costo sobre la eficiencia energética, lo que genera espacios térmicamente ineficientes que requieren un uso intensivo de sistemas de climatización. Esto no solo incrementa el consumo de energía, sino que también aumenta la vulnerabilidad económica de las familias de bajos ingresos, quienes destinan una parte significativa de su presupuesto a pagar facturas de electricidad.

La presente investigación tiene como fin proponer una metodología que permita medir de manera precisa el factor "R" de disipación de calor en viviendas de menos de 100 m². Este esfuerzo contribuirá a llenar un vacío en la literatura técnica y académica, proporcionando una herramienta práctica para arquitectos, ingenieros y desarrolladores de proyectos de vivienda social. Con una metodología adecuada, será posible no solo evaluar las condiciones actuales de las viviendas pequeñas, sino también proponer soluciones constructivas que mejoren la eficiencia térmica sin incrementar considerablemente los costos de construcción. Estas soluciones podrán ser implementadas tanto en viviendas nuevas como en procesos de remodelación, contribuyendo así a la sostenibilidad y al confort térmico de millones de personas.

Desde una perspectiva económica, el desarrollo de esta metodología beneficiará a múltiples actores involucrados en la construcción de viviendas. Los gobiernos y las agencias de desarrollo podrán contar con un marco técnico que les permita promover normativas más estrictas en cuanto a la eficiencia energética de las viviendas, lo que se traducirá en una reducción del consumo de energía a nivel nacional. A su vez, las familias que habitan estas viviendas experimentarán un ahorro en sus facturas energéticas, así como un aumento en su calidad de vida al vivir en espacios más confortables. De igual manera, los constructores podrán implementar soluciones de bajo costo que mejoren el desempeño térmico de las viviendas sin afectar la viabilidad financiera de los proyectos.

En términos sociales, la investigación también tiene un impacto significativo. La capacidad de garantizar que las viviendas de bajo costo no solo sean asequibles, sino también eficientes desde el punto de vista energético, representa un avance hacia la justicia social y el acceso equitativo a condiciones de vida dignas. Las familias de bajos ingresos suelen ser las más afectadas por las viviendas mal diseñadas desde el punto de vista térmico, lo que no solo incrementa sus gastos energéticos, sino que también afecta su salud y bienestar, al estar expuestas a temperaturas extremas sin soluciones adecuadas para regular el confort interior.

Finalmente, desde una perspectiva medioambiental, mejorar la eficiencia térmica de las viviendas pequeñas puede contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Al disminuir la dependencia de sistemas de climatización que consumen grandes cantidades de energía, se reduce la huella de carbono asociada con el consumo eléctrico, lo que aporta a los compromisos globales de mitigación del cambio climático. Esta investigación, por tanto, no solo tiene un valor práctico en el ámbito local, sino también un potencial impacto global en la promoción de construcciones más sostenibles y resilientes.

En resumen, esta investigación es necesaria para abordar la problemática de la ineficiencia térmica en las viviendas de menos de 100 m², un tipo de edificación común en regiones cálidas y de bajo costo. Desarrollar una metodología para medir el factor "R" y proponer soluciones constructivas que mejoren la disipación de calor permitirá mejorar la calidad de vida de los ocupantes, reducir los costos energéticos y promover la construcción de viviendas más sostenibles y accesibles. Esto contribuirá al desarrollo de ciudades más eficientes, habitables y equitativas en un contexto de creciente urbanización y cambio climático.

1.1.3 Problema de Investigación

La eficiencia térmica en las viviendas de menos de 100 m² es un tema crucial que requiere atención, especialmente en regiones donde el clima cálido es predominante. A pesar de la creciente preocupación por el consumo energético y el confort de los ocupantes, la falta de metodologías específicas para medir el factor "R" de disipación de calor en este tipo de viviendas ha llevado a un vacío en la literatura y en la práctica constructiva. Esto se traduce en la continuación de prácticas de construcción ineficientes que afectan negativamente tanto la calidad de vida de los habitantes como el entorno medioambiental.

Además, la necesidad de viviendas asequibles no puede ser desatendida. En muchas áreas urbanas y periurbanas, las familias de bajos ingresos enfrentan desafíos significativos para acceder a viviendas que no solo sean económicas, sino también confortables y sostenibles.

La falta de un marco que evalúe adecuadamente el comportamiento térmico de estas viviendas limita las oportunidades para implementar mejoras en su diseño y construcción, perpetuando un ciclo de ineficiencia energética. La investigación en este ámbito es fundamental para ofrecer soluciones prácticas y accesibles que respondan a las necesidades habitacionales actuales, promoviendo así el bienestar de las comunidades más vulnerables.

La relevancia de investigar este problema se ve amplificada por el contexto global actual, donde las iniciativas para reducir el consumo de energía y mitigar el cambio climático son cada vez más urgentes. Al desarrollar una metodología para medir el factor "R" y proponer soluciones constructivas que mejoren la disipación de calor, esta investigación no solo contribuirá al bienestar de los habitantes, sino que también apoyará los esfuerzos por construir un futuro más sostenible.

En base a lo previamente presentado se origina la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo crear una metodología para determinar el factor "R" de disipación de calor en viviendas de menos de 100 m^2?

Esta interrogante no solo establece el enfoque de la investigación, sino que también resalta la necesidad de abordar un problema que afecta a una parte significativa de la población, ofreciendo pautas y soluciones para mejorar la calidad térmica de las viviendas en condiciones económicas limitadas.

1.1.4 Estado del Arte

El estudio de la eficiencia térmica en edificaciones ha sido objeto de investigación en diversas disciplinas, incluyendo la arquitectura, la ingeniería civil y la sostenibilidad. La evaluación del factor "R" de los materiales constructivos se ha convertido en un tema central para la mejora del confort térmico en viviendas. el factor "R" es fundamental para entender la resistencia térmica de los componentes de una vivienda, ya que influye directamente en la transferencia de calor entre el exterior e interior de los espacios habitables (López et al., 2020). Este concepto se ha utilizado en

múltiples investigaciones para evaluar y comparar el rendimiento de diferentes materiales en climas cálidos.

En un estudio realizado por Fernández y Rodríguez (2018), se llevó a cabo un análisis del impacto de la selección de materiales en el confort térmico de viviendas de bajo costo en regiones tropicales. Los resultados indicaron que el uso de materiales con altos valores de resistencia térmica, como los paneles de concreto aislante y la incorporación de técnicas de ventilación natural, mejora significativamente el confort térmico y reduce la dependencia de sistemas de climatización. Este hallazgo subraya la importancia de la selección adecuada de materiales en la construcción de viviendas, lo que coincide con la necesidad de evaluar el factor "R".

Por otro lado, se ha destacado la falta de metodologías estandarizadas para la medición del factor "R" en viviendas de menos de 100 m². Un trabajo de investigación llevado a cabo por Martínez y Pérez (2019) identificó esta brecha, proponiendo un marco metodológico para evaluar el rendimiento térmico de edificaciones pequeñas. Sin embargo, la aplicación práctica de estas metodologías aún es limitada, lo que genera un desafío para su adopción en el ámbito constructivo.

Adicionalmente, el enfoque hacia la sostenibilidad en la construcción ha ganado fuerza en los últimos años, promoviendo prácticas que no solo buscan el confort del usuario, sino también la reducción del impacto ambiental. Según el informe de la Asociación Internacional de Eficiencia Energética (AIEE, 2021), las viviendas que implementan técnicas de construcción sostenible y eficiente presentan reducciones significativas en el consumo de energía, lo que contribuye a un desarrollo urbano más responsable y menos dependiente de fuentes energéticas no renovables.

A pesar de los avances en este campo, sigue existiendo la necesidad de una metodología específica y práctica que permita a los constructores y diseñadores evaluar de manera efectiva el factor "R" en viviendas pequeñas. La presente investigación busca abordar esta necesidad, recopilando y adaptando conocimientos existentes para desarrollar un protocolo que permita medir y mejorar la eficiencia térmica en este tipo de edificaciones.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar y aplicar una metodología específica para determinar y analizar el factor “R” de disipación de calor en viviendas, con el fin de evaluar la eficiencia térmica de sus componentes constructivos y proponer mejoras aplicables.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar componentes constructivos que más influyen en el **factor “R”**.
- Establecer una metodología para la medición del factor "R" en viviendas
- Evaluar la aplicabilidad y precisión de la metodología propuesta para medir el factor "R".

1.3 LAS VARIABLES O CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

Dado el enfoque mixto de esta investigación, que combina aspectos cualitativos y cuantitativos, es necesario distinguir entre las categorías de análisis propias del enfoque cualitativo y las variables del enfoque cuantitativo. Estas permitirán operacionalizar los objetivos específicos y ofrecer una visión integral del problema.

1.3.1 Las variables o categorías de análisis

Variables (Cualitativo)

En la parte cualitativa de esta investigación, las categorías de análisis se centran en la comprensión de los componentes constructivos, las experiencias de los profesionales en torno a la metodología para medir el factor "R", y la percepción de la eficiencia térmica en viviendas pequeñas. Cada categoría de análisis está relacionada con los objetivos específicos cualitativos planteados.

- ***Objetivo específico 1***: Identificar componentes constructivos que afectan el factor "R".

Categoría de análisis: Impacto percibido de los componentes constructivos en la eficiencia térmica de las viviendas.

- ***Objetivo específico 2***: Establecer una metodología para la medición del factor "R" en las viviendas

Categoría de análisis: Percepción de los profesionales sobre la viabilidad y aplicabilidad de la metodología propuesta para medir el factor "R".

- ***Objetivo específico 3***: Evaluar la aplicabilidad y precisión de la metodología propuesta para medir el factor "R".

Categoría de análisis: Percepciones sobre la precisión y aplicabilidad de la metodología en diferentes contextos de viviendas pequeñas.

Cada una de estas categorías de análisis será explorada a través de entrevistas y encuestas a profesionales de la construcción, propietarios de viviendas pequeñas y otros actores clave, para obtener una visión cualitativa profunda sobre los factores que influyen en la eficiencia térmica.

Variables (Cuantitativo)

En la parte cuantitativa de la investigación, se trabajará con variables que buscan medir de manera precisa la influencia de los componentes constructivos y la metodología propuesta para la evaluación del factor "R". Estas variables son las que permiten recoger datos medibles y verificar hipótesis causales o correlacionales.

Tabla 1 *Hipótesis y variables de estudio*

Hipótesis	Variables independientes	Variables dependientes	Variables intervinientes
La implementación de una metodología de evaluación del factor R mejorará significativamente la eficiencia térmica y el confort interior en viviendas pequeñas, reduciendo la pérdida de calor y contribuyendo a una mayor sostenibilidad energética**.**	Valor del factor "R" de disipación de calor	Eficiencia térmica Confort Térmico interno	Condiciones climáticas (temperatura exterior, humedad), Materiales constructivos

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

La combinación de categorías cualitativas y variables cuantitativas permitirá tener una visión completa del problema de estudio, analizando tanto los aspectos técnicos medibles como las percepciones y experiencias de los actores involucrados en el proceso de evaluación del factor "R". Este enfoque mixto no solo busca validar la metodología propuesta de manera objetiva, sino también entender cómo se perciben y aplican en la práctica los componentes clave que afectan la disipación de calor en viviendas pequeñas.

1.3.2 Matriz de la investigación

Tabla 2 *Matriz en una investigación cuantitativa*

Hipótesis	Conceptos	Variables	Indicadores
La implementación de una metodología de evaluación del factor R mejorará significativamente la eficiencia térmica y el confort interior en viviendas pequeñas, reduciendo la pérdida de calor y contribuyendo a una mayor sostenibilidad energética.	**Factor R:** El valor R indica la capacidad de aislamiento térmico de una capa de material, a menudo se utiliza como valor aislante para dobles acristalamientos, paredes, suelos y tejados.	Capacidad de aislamiento Tipo de material	Profundidad o grosor del material. Valor R
La implementación de una metodología de evaluación del factor R mejorará significativamente la eficiencia térmica y el confort térmico interior en viviendas pequeñas, reduciendo la pérdida de calor y contribuyendo a una mayor sostenibilidad energética.	**Eficiencia térmica:** Capacidad de la vivienda para mantener una temperatura estable a pesar de las condiciones climáticas externas.	Condición del clima Conductividad de los materiales Capacidad térmica	Temperatura ambiental (frio, humedad, calor)
	El confort térmico es la sensación de satisfacción que experimenta una persona con el ambiente térmico en el que se encuentra.	Condiciones del ambiente	Temperatura del ambiente Niveles de Ventilación

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 3 *Matriz cualitativa de la investigación*

Categoría de análisis		
Categoría de análisis: Impacto percibido de los componentes constructivos en la eficiencia térmica de las viviendas.		
Definición conceptual	**Dimensiones**	**Indicadores**
Componentes constructivos: Materiales y técnicas que influyen en el aislamiento térmico de una vivienda.	Tipo de material utilizado en las paredes y techos. Características técnicas de los componentes (resistencia térmica, durabilidad).	Opinión de los constructores sobre la efectividad térmica de los diferentes materiales constructivos. Percepción de los residentes respecto al confort térmico en viviendas construidas con distintos materiales.
Eficiencia térmica: Capacidad de una vivienda para reducir las pérdidas o ganancias de calor debido a la estructura.	Diferencias entre viviendas de diferentes tamaños en cuanto a retención de calor.	Frecuencia de uso de sistemas de ventilación o calefacción en viviendas con distintos componentes.
Definición instrumental		
Se utilizarán entrevistas semiestructuradas con constructores y residentes de viviendas pequeñas para obtener sus percepciones sobre los componentes constructivos y su impacto en la eficiencia térmica. Además, se realizarán cuestionarios con profesionales del sector de la construcción para identificar patrones en la selección de materiales.		

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

1.4 Alcance

La presente investigación tiene como propósito fundamental desarrollar y proponer una metodología que permita medir y evaluar el factor "R" de disipación de calor en viviendas de menos de 100 m², con el fin de mejorar la eficiencia térmica y, consecuentemente, el confort interior en estos espacios. Se espera que los resultados proporcionen nuevos conocimientos en relación con la selección de materiales constructivos que optimicen el aislamiento térmico y que estos hallazgos

sean aplicables en la construcción de viviendas pequeñas, particularmente en zonas climáticas cálidas.

A continuación, se detallan los principales alcances que se pretenden lograr:

- Desarrollo de una metodología de evaluación del factor "R": Esta investigación busca establecer un protocolo estandarizado para la medición precisa del factor R en viviendas pequeñas, lo que permitirá a los profesionales de la construcción contar con una herramienta confiable para evaluar el comportamiento térmico de las estructuras.
- Identificación de los componentes constructivos más adecuados: Se espera proporcionar una guía práctica sobre los materiales que ofrecen mejor rendimiento térmico en viviendas de menor tamaño, lo cual podrá ser utilizado por arquitectos, ingenieros y constructores para tomar decisiones informadas en futuros proyectos.
- Contribución al confort térmico en viviendas pequeñas: Al ofrecer soluciones basadas en la medición del factor "R", este trabajo permitirá mejorar la habitabilidad de las viviendas, reduciendo la dependencia de sistemas de climatización artificial y optimizando el uso energético.
- Aporte al conocimiento científico y técnico: La investigación proporcionará una base teórica y práctica sobre la relación entre los componentes constructivos y el factor "R" en viviendas pequeñas, lo que contribuirá al desarrollo de nuevas normativas o guías de construcción enfocadas en la sostenibilidad y eficiencia energética.
- Potencial de replicabilidad: Si bien la investigación se enfoca en viviendas de menos de 100 m², la metodología propuesta podría adaptarse y replicarse en otros tipos de edificaciones, ampliando el impacto de este estudio más allá del alcance inmediato.

Este proyecto se enmarca en un contexto de creciente interés por la construcción sostenible, por lo que se espera que los resultados obtenidos puedan influir en las políticas de eficiencia energética a nivel local o incluso nacional, especialmente en el diseño y construcción de viviendas más resilientes al cambio climático.

1.5 Formulación de hipótesis de la investigación

La implementación de una metodología de evaluación del factor R mejorará significativamente la eficiencia térmica y el confort interior en viviendas pequeñas, reduciendo la pérdida de calor y contribuyendo a una mayor sostenibilidad energética.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 ESTADO DEL CONOCIMIENTO

2.1.1 Confort térmico

Se considera que los primeros humanos habitaron en cuevas, las cuales les brindaban resguardo y resguardo frente a las condiciones de temperatura extremas. Es posible que el primer método de calefacción utilizado fuera el hogar abierto, seguido por el fuego en moradas, a través de la utilización de una chimenea para liberar los gases de la combustión. La idea de la calefacción central tiene sus raíces en la era romana, cuando los romanos calentaban sus viviendas mediante métodos de edificación de piso doble. Además, estos fueron los pioneros en emplear ventanas de vidrio o mica transparentes para evitar la lluvia o el viento, pero permitir la entrada de la luz. (Yunus A. Çengel y Afshin J. Ghajar, 2013, p.40)

En su sentido más amplio, el término acondicionamiento del aire implica acondicionar el aire hasta alcanzar el nivel requerido de calentamiento, refrigeración, humectación, deshumidificación, limpieza y desodorización. El objetivo del sistema de climatización de un inmueble es brindar un confort térmico a todos sus residentes.

La confortabilidad del organismo humano se basa principalmente en tres elementos ambientales: la temperatura, la humedad relativa y la circulación del aire. La temperatura del entorno es el indicador más simple y relevante de la comodidad. Tras realizar estudios, se ha establecido que la mayoría de las personas, tanto en estado de reposo como realizando labor ligera, se siente cómoda en el intervalo de temperatura operativa de 23 °C a 27 °C. La humedad relativa también influye en la comodidad, dado que disminuye la absorción de calor por evaporación, especialmente en altas temperaturas, mientras que una humedad relativa baja lo intensifica. La humedad relativa ideal se sitúa entre el 30% y el 70%, donde la mayoría de las personas no experimentan ni frío ni calor. Otro elemento que tiene un impacto significativo en la comodidad térmica es el movimiento excesivo del aire o la corriente del aire, lo que provoca un enfriamiento local no deseado en el cuerpo humano y, por ende, incomodidad entre individuos que llevan ropa convencional en

interiores y que están realizando labor ligera. El ritmo del aire debe mantenerse bajo 9 m/min durante la estación invernal y 15 m/min durante el verano.

En términos generales, el confort térmico se refiere a la percepción de bienestar que un individuo experimenta cuando se satisfacen las condiciones térmicas ambientales en un lugar específico. Durante la evolución humana, el propósito ha sido modificar su entorno y espacio con el fin de conseguir espacios que sean térmicamente cómodos y que proporcionen un sentimiento de confort acorde a las características propias del ser humano.

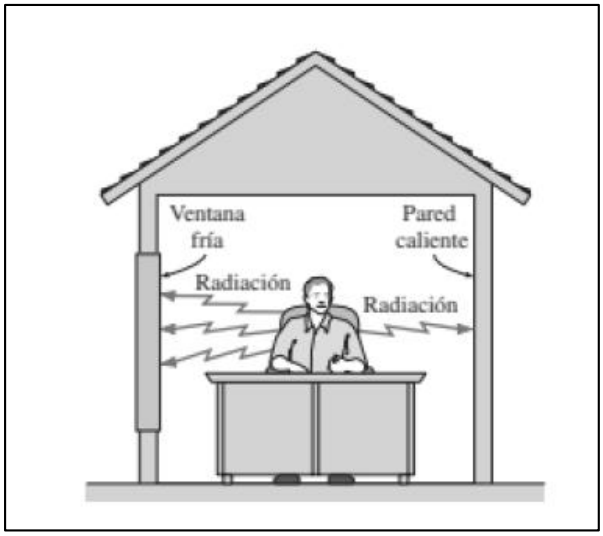
Así, para que el organismo humano opere correctamente, es crucial mantener una temperatura cercana a los 37 °C en su núcleo interno (Sol.Arq, 2010). Si el individuo consigue mantener esa temperatura sin requerir más esfuerzo, se considera que ha alcanzado un estado de confort térmico. De esta manera, el término confortable, en sus comienzos, no se relacionaba con lo que actualmente se comprende como estar cómodo o a gusto. En cambio, su origen latino era confortare (confortar, consolar o reforzar), y este fue el sentido que se mantuvo durante varios siglos, generando igualmente algunas variaciones que se exponen a continuación en un orden cronológico (Terrón, 2005).

De igual manera, se han definido múltiples interpretaciones del término confort, incluyendo una línea que lo describe como algo puramente subjetivo, tal como lo hacen Serra y Coch (1995), quienes lo describen como "una sensación propia del inconsciente, que puede no ser identificada, a menos que alguna situación lo aliente a centrarse en esa sensación de bienestar o incomodidad". Asimismo, en estándares internacionales como la ISO7730:2005 (ISO, 2005) o la Norma ANSI/ASHRAE 55 (ASHRAE,1992), se define como "el estado emocional que manifiesta satisfacción con el entorno térmico" (Ochoa, y otros, 2009). La dificultad de estas definiciones reside en que otorgan a la subjetividad del individuo cuando no es únicamente nuestro estado emocional el que determina si experimentamos frío o calor, o si nos encontramos bien en ciertas circunstancias; esto es un componente de nuestro proceso cognitivo que se ve influenciado por elementos físicos, fisiológicos y psicológicos, entre otros.

Un sistema adecuado debe asegurar condiciones homogéneas en todo el espacio habitable para prevenir el malestar provocado por anomalías como las corrientes de aire, la radiación térmica inequitativa, los suelos calientes o fríos y la estratificación vertical de la temperatura.

La radiación térmica asimétrica se origina por las superficies frías en ventanas de gran tamaño, paredes no aisladas o productos fríos, además de las superficies calientes, como los paneles radiantes de calefacción, situados en las paredes o el techo. La radiación asimétrica provoca molestias cuando los lados del cuerpo se exponen a superficies con temperaturas variadas, y, en consecuencia, a diferentes pérdidas o ganancias de calor por radiación. Una persona cuyo lado izquierdo se encuentra frente a una ventana fría experimentará la sensación de que su lado está perdiendo calor, tal como se muestra en la ilustración. Para lograr el confort térmico, la temperatura radiante no debe exceder los 5 °C en la orientación vertical y los 10 °C en la horizontal.

Figura 1 *Pérdida de calor del cuerpo a causa de las superficies frías*



Fuente: (Çengel y Ghajar 2013, p.44)

Es posible reducir el impacto negativo de la asimetría en la radiación a través de la instalación de paneles de calefacción de tamaño adecuado, el uso de ventanas de hoja doble y la instalación de aislamiento generoso en paredes y techos.

La interacción directa con superficies calientes o frías también provoca molestias en los pies. La temperatura del suelo se determina por la forma en que se construyó (si se encuentra directamente sobre el terreno, si se fabricó en madera, si se utilizó aislamiento, etc.), además de la cubierta utilizada para el piso, tales como cojines, tapetes, alfombras y linóleo. Es conocido que la mayoría de las personas se sienten cómodas con una temperatura del suelo de 23 a 25 °C. Una forma eficiente y asequible de incrementar la temperatura del suelo es empleando paneles de calefacción radiantes en vez de modificar el ajuste del termostato.

Otro estado no homogéneo que provoca molestias es la estratificación de la temperatura en un espacio, que deja la cabeza y los pies expuestos a temperaturas distintas. Para alcanzar el confort térmico, la variación de temperatura entre los niveles de cabeza y pies no debe superar los 3 °C. Este impacto puede reducirse mediante la utilización de ventiladores.

La ventilación es otro elemento que influye en la comodidad térmica, la salud y la productividad. Es posible suministrar aire fresco del exterior a un edificio de manera natural o a través de un sistema de ventilación mecánico. En el primer escenario, que es habitual en las construcciones residenciales, la ventilación requerida se proporciona mediante infiltración a través de las fisuras y escapes en el área habitada y al abrir las ventanas y puertas. La ventilación extra requerida en los baños y cocinas se proporciona mediante respiraderos con puertas o ventiladores de extracción. No obstante, con esta modalidad de ventilación no regulada, la provisión de aire fresco será excesivamente alta, generando un derroche de energía, o excesivamente baja, provocando una mala calidad del aire en el interior.

Los sistemas de ventilación mecánica son componentes de cualquier sistema de calefacción y refrigeración de aire en las construcciones comerciales, proporcionando el volumen requerido de aire fresco del exterior y repartiéndolo de forma homogénea a lo largo de todo el inmueble. Otra tarea del sistema de ventilación mecánica es purificar el aire, filtrándolo cuando ingresa al inmueble (se utilizan varios tipos de filtros en función de las necesidades de limpieza).

2.1.2 Parámetros y factores que determinan el confort térmico

El confort térmico se refiere a un estado de completo bienestar físico, mental y social; para alcanzarlo, es crucial tener en cuenta que ciertos factores y parámetros lo definen y que, al ser examinados en su totalidad, facilitan la obtención de la máxima eficiencia térmica de los espacios. La Tabla 5 presenta un resumen de estos.

Los factores de confort son aquellas propiedades que el ser humano no puede alterar, que están influenciadas por el entorno exterior y que se reflejan en los espacios donde residen los usuarios. Entre estos factores se incluyen: elementos ambientales externos; elementos fisiológicos y aportantes; elementos socioculturales y psicológicos. Los parámetros de confort son aquellas propiedades que el ser humano puede modificar en función de sus necesidades. Se consideran objetivas, características de un espacio específico que suelen afectar la percepción de los residentes (Terrón, 2005).

Tabla 4 *Parámetros y factores que determinan el confort térmico*

<table>
<tr><td rowspan="4">CLIMA</td><td colspan="3">PARÁMETRO</td></tr>
<tr><td>P. ambientales</td><td>Interiores</td><td>Temperatura de aire
Temperatura Radiante
Humedad relativa
Velocidad de aire</td></tr>
<tr><td colspan="3">FACTORES</td></tr>
<tr><td>F. Ambientales</td><td>Exteriores</td><td>Temperatura de aire
Temperatura Radiante
Humedad relativa
Velocidad de aire</td></tr>
<tr><td rowspan="3">ARQUITECTURA</td><td colspan="3">PARÁMETRO</td></tr>
<tr><td rowspan="2">P. Arquitectónico</td><td>Entorno</td><td rowspan="2">Orientación de la zona
Vientos dominantes
Topografía del terreno
Presencia de masa de agua y forestal
Ubicación de centros urbanos
Forma de la edificación
Características de la envolvente
Interior de la edificación</td></tr>
<tr><td>Configuración arquitectónica del edificio</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="3">FACTORES</td></tr>
<tr><td>SER HUMANO</td><td>F. Personales</td><td>Fisiológicos
Socioculturales
Psicológicos</td><td>Sexo y edad
Peso y estatura</td></tr>
</table>

			Tasa de metabolismo basal Tiempo de permanencia Color de piel Estado de salud Historial térmico Aclimatación Vestimenta Expectativa de confort

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

2.1.3. Eficiencia Térmica

De acuerdo con Hernández (2007, p.150), la Eficiencia térmica se refiere a la relación entre la habilidad de los materiales para resistir la transferencia de calor exterior a través de ellos. Esto hace más eficaz el aislamiento térmico en los edificios, ya sea durante la etapa de edificación o durante el uso diario de este, mejorando así el confort térmico de los residentes.

2.1.4 Parámetros de eficiencia térmica

- Parámetros internos

a) Techo

Tudare (2011, p. 46), señala que el techo es la principal fuente de calor en construcciones de baja altura, ya que la radiación solar que absorbe puede llegar a un 40% de los beneficios de calor y causar elevadas temperaturas en el interior del edificio. Esto se debe a que su ubicación absorbe radiación solar durante todo el año, lo que provoca que alcance temperaturas superficiales exteriores superiores a dos veces la temperatura exterior del aire, en condiciones de sombra, lo que puede estar en zonas cálidas y húmedas en alrededor de los 33ºc.

Es crucial llevar a cabo un diseño y elección de materiales con antelación para disminuir la transferencia de calor hacia el exterior. Al emplear materiales apropiados en la instalación de los techos, se puede disminuir la transferencia de calor hacia el interior hasta un 18%.

Continua Tudare, los factores cruciales a considerar para optimizar la conducta de la envolvente del edificio son la inercia térmica o "retardo térmico" y la resistencia térmica o

"atenuación". La inercia térmica se refiere a la habilidad de acumular calor, medida por la diferencia en términos de tiempo entre la temperatura máxima exterior e interior. La resistencia térmica o atenuación se refiere a la variación entre la temperatura máxima en el interior y la más alta en el exterior. La envoltura almacena calor en una proporción mayor o menor y posteriormente lo envía al interior; este procedimiento se basa en las propiedades termo físicas y propiedades superficiales de los elementos constructivos.

Ya se conoce el comportamiento de los materiales según su uso, en este caso para techos, se pueden señalar otras variables consideradas desde una perspectiva arquitectónica como, por ejemplo, la inclinación, los grados de orientación en direcciones cardinales, los techos de diversas alturas, entre otras.

No obstante, para el ingeniero son esenciales su conocimiento y gestión en la elaboración del proyecto de acondicionamiento, tales como el conocimiento y gestión de las propiedades termo físicas de los materiales, la conductividad térmica, la capacidad calorífica, el coeficiente global de transferencia de calor, la densidad, características ópticas como la reflectividad, y la elección del aislamiento térmico. Esto no solo se aplica al estudio de techos, sino también a paredes, ventanas

Tabla 5 *Datos de reflectancia y absortancia para diferentes materiales y pinturas de paredes.*

Material de Paredes	1%	2%
Ladrillo Rojo	12	88
Madera Lisa	22	80
Concreto	35	65
Hoja de aluminio pulido reflectora	88	12
Pintura Negra	5	95
Pintura Gris Oscura	9	91
Pintura Marrón media	16	84
Pintura blanca semi-brillante	43	57
Pintura blanca brillante	75	25

Fuente: Aire Acondicionado. Una aplicación a la termodinámica (2011)

b) Pared

Similar al techo, según Tudare (2011, p. 48), las paredes se encuentran expuestas a niveles elevados de radiación solar. Las variables analizadas para el sistema de techo continúan siendo utilizadas con el objetivo de regular el flujo de calor con el fin de lograr una reducción en la transmisión de energía por medio de ellas.

En cuanto al diseño arquitectónico, una táctica para reducir las cargas de refrigeración en edificios de oficinas consiste en emplear doble fachada, una exterior que permita el paso del aire y que permita el paso del sol al cerramiento interior de vidrio. Otro método consiste en la utilización de permeables en las áreas de circulación y acceso para que permitan una ventilación natural, mientras que el resto de los espacios operan con aire acondicionado racionalizando de esta manera el uso de la energía eléctrica.

Respecto al estudio de las características ópticas de los materiales, es necesario elegir el revestimiento exterior de las paredes con alta reflectancia. Las pinturas blancas son idóneas dado que pueden reflejar entre un 70% y 80% de la radiación solar que entra.

Otra opción en muros con alta radiación solar, aunque menos frecuente, es una barrera radiante destinada a redirigir el calor hacia el exterior. Este proceso implica la instalación de una lámina de metal liviana con bajo poder de emisión y alto poder reflector (una lámina de aluminio, por ejemplo) en el exterior, previo al acabado final.

c) Ventanas

Siguiendo la misma línea de pensamiento, de acuerdo con Tudare (2011, p. 49), son los componentes más relevantes en el diseño de una construcción en términos de vista al paisaje, paso de luz (comodidad lumínica) y ventilación natural; en cambio, las ventanas pueden ser los componentes constructivos que generan la mayor cantidad de desventajas en el proyecto de edificación.

Respecto al material utilizado para las ventanas, estas se componen de dos componentes, el marco y el paño, que en su totalidad constituyen el ventanaje. Es evidente que, especialmente debido a las necesidades de contacto visual con el exterior, el vidrio es el material más apropiado para los paños. Además, factores como la estética, el mantenimiento, los costos y la seguridad, definen los tipos de materiales que se deben emplear en el marco.

Es posible citar algunas tácticas para reducir el aporte de calor a través de las ventanas, como la implementación de pantallas solares exteriores, o la colocación de cristales de alta eficiencia. Cuando se trata de ventanas, los factores estudiados desde la perspectiva térmica y lumínica en los vidrios son las siguientes:

- El coeficiente de ganancia de calor solar, también conocido como SHGC (Solar Heat Gain Coefficient), simboliza la adición de calor solar a través de una ventana e incluye la calidad de calor transmitido y absorbido por el vidrio. Un valor reducido de SHGC indica un nivel de ahorro de calor más bajo.
- El coeficiente de transmisión de luz natural VTLC (coeficiente de transmisión de luz visible) registra la luz visible que atraviesa una ventana. La emisión de luz está directamente relacionada con el valor de VTLC.
- El coeficiente global de transferencia de calor U, que mide el flujo de calor por unidad de área de vidrio, tiene menos relevancia que el SGHC en climas cálidos, y resulta conveniente mantener valores bajos para disminuir el flujo de calor en el interior.

Tabla 6 *Comparación del comportamiento térmico y lumínico de diferentes tipos y colores de cristales*

Tipo de vidrio	SHGC	VLTC
Hoja de vidrio simple - estándar		
Claro	0.85	0.9
Bronce	0.72	0.67
Gris	0.68	0.6
Gris Oscuro	0.58	0.3
Hoja de vidrio simple - espectralmente selectivo		
Estándar tinte verde	0.7	0.83
Alta tecnología t. verde	0.61	0.76

Alta tecnología t. azul	0.57	0.77
Doble Hojas de vidrios		
Claro	0.76	0.81
Estándar Low-e	0.65	0.76
Espectralmente selectivo Low-e	0.38	0.71

Fuente: Aire Acondicionado. Una aplicación a la termodinámica (2011)

- Parámetros externos

a) Control de radiación solar

ara Según Tudare (2011, p. 43), es crucial en sitios con valores higrotérmicos más allá de la zona de confort térmico, establecer condiciones de sombreado para prevenir el efecto directo de la radiación solar en las construcciones, dado que es la principal causa de calentamiento en su interior. La radiación solar influye en la construcción fundamentalmente de dos formas: una es ingresando directamente a través de las aberturas y superficies acristaladas, mientras que la otra es calentando el espacio exterior, provocando la transferencia de energía térmica hacia el exterior.

Tabla 7 *Porcentaje de transmisión de calor*

Componente	**Techo Pesado Losa Nervada**	**Techo Liviano Machimbrado**
Techo	41	23
Paredes	14	13
Ventanas	17	22

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

b) Control de iluminación natural

Tudare (2011, p. 43) sostiene que es crucial en sitios con valores higrotérmicos más allá de la zona de confort térmico, mantener condiciones de sombreado para prevenir el efecto directo de la radiación solar en las construcciones, dado que es la principal causa de calentamiento en su interior. La radiación solar influye en la construcción fundamentalmente de dos formas: una es ingresando directamente a través de las aberturas y superficies acristaladas, mientras que la otra es calentando el espacio exterior, provocando la transferencia de energía térmica hacia el exterior.

Además, Tudare (2011, p.45), señala que la importancia en el uso de la iluminación natural reside en buscar utilizar menos energía. Al reducir la iluminación artificial, también se disminuyen las fuentes de generación de calor.

c) Control de ventilación natural

También se conoce como refrigeración pasiva y, a pesar de que para construcciones diseñadas para operar con aire acondicionado no es la variable más importante a analizar, existen circunstancias de alta temperatura y humedad ambiental como la de la localidad de estudio, donde la implementación de estrategias de diseño específicas puede contribuir a la optimización energética del proyecto de climatización.

Una de las acciones más destacadas que implementaría en construcciones donde el sistema de aire acondicionado opere las 24 horas, es la pérdida de calor por convección en paredes. Su uso se refiere a cuando durante la noche se produce un enfriamiento del muro por convección debido a la masa de aire circundante al edificio. Este proceso se fusiona con los métodos de captación solar en áreas que generan ventilación obligada debido a las variaciones de presión en las fachadas expuestas y resguardadas.

Es necesario que las construcciones posean una fachada doble, una dirigida a la calle principal y otra al patio de terreno o al patio de manzana. Los patios de manzana son muy útiles para asegurar fachadas en diversas circunstancias, el inconveniente es que las ocupaciones de la parcela deben ser aproximadamente del 40%.

2.1.5. Resistencia térmica

El factor R es un indicador que muestra la capacidad de un material para resistir el calor. A medida que aumenta el valor de R, disminuye la transferencia de calor por ese material. Este principio es esencial para comprender cómo los materiales de edificación influyen en la eficacia energética de los hogares. De acuerdo con la reglamentación ASHRAE (American Society of

Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2019), un diseño apropiado que tome en cuenta el factor R puede disminuir considerablemente la demanda de calefacción y refrigeración, lo cual resulta en un ahorro de energía y gastos.

Investigaciones llevadas a cabo por Pérez et al. (2021) han evidenciado que la inclusión de materiales con un elevado factor R en el entorno de las viviendas puede conducir a un ahorro energético de hasta un 30% en condiciones de clima moderado. Esto resalta la importancia del factor R no solo desde el punto de vista de la eficiencia energética, sino también en el marco del cambio climático, en el que es esencial disminuir el uso de energía.

2.1.6. El proceso de transferencia térmica

En este contexto, Herrera (2005, p. 7), define los procesos de transferencia térmica como "las razones de intercambio de calor que ocurren en los equipos, es decir, las velocidades a las cuales el calor se intercambia entre fuentes de calor y receptores".

Sumado a lo anterior, para ENELVEN (1999, p. 15), los mecanismos de intercambios térmicos del edificio con el ambiente se establecen a través de tres procesos: conducción, convección y radiación

- Conducción

Siguiendo la línea del autor antes mencionado, se realiza a través de sólidos en contacto directo. El intercambio de calor en la edificación se realiza hacia adentro o hacia afuera a través de las superficies opacas de la edificación. La proporción de calor transferido depende del material con que están construidos las paredes, ventanas y techos.

A diferencia de Herrera (2005, pg. 8), en la conducción dos materiales sólidos a diferente temperatura se ponen en contacto directo, de tal forma que las moléculas del material a mayor temperatura, con mayor movimiento molecular, transfieren energía en forma de movimiento a las

moléculas del cuerpo a menor temperatura, sin que exista un movimiento aparente de las moléculas de los sólidos.

- Convección

Teniendo en cuenta a ENELVEN (1999, p. 15), el intercambio de calor por convección entre el interior de un edificio y el aire exterior, depende de la ventilación, es decir, del intercambio del aire. Este intercambio puede deberse a una infiltración de aire voluntaria o a una ventilación deliberada (natural o forzada).

En contraste con Herrera (2005, p.8), en la convección la transferencia de calor se da entre dos puntos del fluido, de tal forma que, debido a la altísima movilidad de sus moléculas, la mezcla entre ellas pasa a ser el comportamiento predominante. Dicho comportamiento se puede presenciar cuando se pone a calentar agua en un recipiente, luego de un tiempo determinado se puede observar en la superficie la creación de remolinos debido a la diferencia de densidades entre puntos calientes y fríos. Si la mezcla es debida solo a la diferencia de temperaturas dicho comportamiento es conocido como convección natural.

Pero, en algunas ocasiones se requiere que el calentamiento se realice más rápidamente, es decir, los puntos calientes deben ser distribuidos con mayor velocidad en el fluido, para lo cual se suele recurrir a introducir un agente externo como un agitador para que aumente los niveles de mezcla, en este caso se habla de una convección forzada.

- Radiación solar

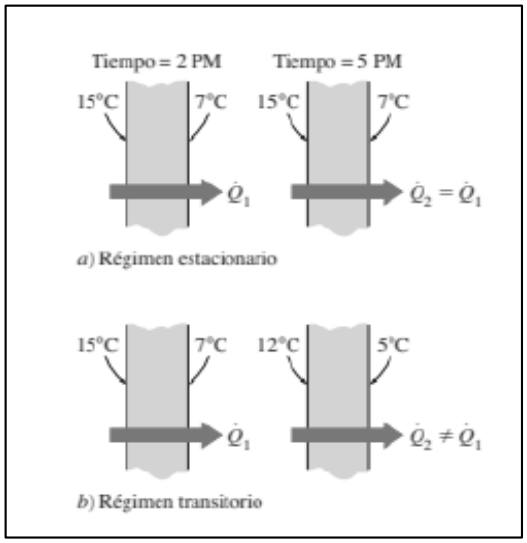
De igual forma ENELVEN (1999), enfatizan que esta es la mayor fuente de calentamiento de la envolvente de las edificaciones en climas cálidos y no requiere un medio específico para la transferencia de calor. La radiación que se produce por la energía solar está compuesta por radiación de onda corta (ultravioleta), onda media (radiación visible) y onda larga (infrarroja). La radiación afecta a las edificaciones de dos formas.

Por una parte, la radiación penetra a través de ventanas y aberturas, siendo absorbidas por las superficies internas del edificio y el equipamiento, e irradiadas a su vez en forma de onda larga. Por otra parte, causa calentamiento en sus superficies externas produciendo un calentamiento del material que parcialmente es emitido hacia el interior y el exterior.

Paralelamente Herrera (2005, p. 8), plantea que, a diferencia de los anteriores, la radiación no requiere un contacto directo entre los puntos calientes y fríos, sino que debido a la diferencia de temperatura de cada material posee un movimiento de partículas determinado, el cual está asociado a un nivel de radiación, la diferencia de neta entre las emanaciones de radiación de ambos cuerpos es la transferencia de calor.

Los sistemas de transmisión de calor pueden clasificarse en dos categorías, las estacionarias y las transitorias. Si la condición del sistema no varía a lo largo del tiempo, el proceso de transmisión de calor se mantiene estable. En otras palabras, considerando un volumen de control, el volumen total de energía durante un proceso se mantiene inalterable. De igual forma, tanto el flujo de calor como la temperatura también lo harán. Por otro lado, un sistema de transferencia de calor temporal es el que conlleva una alteración o fluctuación a lo largo del tiempo. En este sistema de transmisión de calor, tanto la temperatura como la corriente de calor fluctúan tanto en el transcurso del tiempo como en la ubicación.

Figura 2 *Conducción de calor estacionaria y transitoria en una pared plana*



Fuente: Çengel y Ghajar 2013, p.65)

La mayor parte de los problemas de transferencia de calor encontrados son de naturaleza transitoria, sin embargo, dado que los procesos estacionarios son más fáciles de examinar, los anteriores suelen ser examinados bajo condiciones estacionarias. (Afshin J. Ghajar y Yunus A. Çengel, 2013, p.65)

Dado que nuestro análisis se vinculará con la transferencia de calor a través de las ventanas, paredes y techos de un hogar, es necesario especificar las condiciones que se generarán.

2.1.6.1. Transferencia térmica a través de techo y paredes

En circunstancias estacionarias, es posible calcular el ritmo de la transferencia de calor a través de cualquier porción de la pared o el techo de un inmueble mediante la ecuación siguiente:

$$\dot{Q} = UA(T_i - T_o) = \frac{A(T_i - T_o)}{R}$$

Donde:

T_i es la Temperatura del aire en el interior

T_o es la Temperatura del aire en el exterior

A es el Área de transferencia de calor

U es el Coeficiente de transferencia de calor total

R es la Resistencia térmica unitaria total

(Afshin J. Ghajar y Yunus A. Çengel, 2013, p.185) Las paredes y los techos de las construcciones se componen de diversas capas de materiales: la estructura, las condiciones de funcionamiento de las paredes y los techos, que pueden variar considerablemente de un edificio a otro. Por lo tanto, no es conveniente mostrar los valores de resistencias térmicas de distintas clases de paredes o techos bajo distintas circunstancias.

La siguiente expresión permite calcular la resistencia térmica unitaria de una capa plana:

$$R = \frac{L}{K}$$

Donde,

L es el espesor de la capa plana

K es la conductividad térmica

Los coeficientes de transferencia de calor por convección y radiación en las superficies que están expuestas también influyen en la transferencia de calor a través de una sección de pared o techo. Los impactos de la convección y la radiación en las superficies interiores y externas de paredes y techos suelen fusionarse en los coeficientes combinados de transferencia de calor por convección y radiación (también conocidos como conductancias superficiales) h_i y h_0, obteniendo distintos valores tanto para superficies habituales (ε = 0,9) como para superficies reflectivas (ε = 0,2 o 0,05).

Las resistencias térmicas superficiales se determinan de la siguiente manera:

$$R_i = \frac{1}{h_i}$$

$$R_o = \frac{1}{h_o}$$

Los elementos de edificación suelen albergar espacios con aire atrapado entre diversas capas. Las resistencias al calor de aquellos lugares repletos de aire se determinan por el grosor de la capa, la variación de temperatura que atraviesa, la temperatura promedio del aire, la emisividad de cada superficie, la dirección de la capa de aire y la dirección de la transferencia de calor. La efectiva emisividad de un espacio repleto de aire de planos paralelos se manifiesta por:

$$\frac{1}{E_{efectiva}} = \frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} - 1$$

Donde $\varepsilon 1$ y $\varepsilon 2$ son las emisividades de las superficies de espacio lleno de aire.

La existencia de una superficie con baja emisividad disminuye la transmisión de calor por radiación en un espacio repleto de aire, y de esta forma, se potencia de forma notable la resistencia al calor.

Si contamos con una estructura de pared o techo que incluya capas de espesor homogéneo, será sencillo calcular la resistencia R, ya que se sumarán las resistencias térmicas unitarias de las capas que se encuentran en serie. En cambio, cuando elementos como montantes de madera y conectores de metal intervienen en una estructura, en la red de resistencias térmicas se observan conexiones paralelas y posibles efectos de dos dimensiones. En este escenario, calcularemos el valor de R considerando trayectorias paralelas de paso del calor a través de distintas zonas de edificación, o bien planos isotérmicos habituales en la dirección de la transferencia de calor. El método del flujo de calor paralelo es el más idóneo para las estructuras de paredes y techos con armazón de madera.

2.1.6.2. Transferencia térmica a través de ventanas

Las ventanas, que se abren en las paredes exteriores de un inmueble, se componen de un vidrio encristalado (vidrio flotante) simple o variado, marcos y persianas. Las ventanas, en las paredes exteriores de un inmueble, proporcionan la menor resistencia al paso del calor. En todas las casas, un tercio de la pérdida total de calor durante la estación invernal ocurre por medio de las ventanas. Adicionalmente, la mayor parte de la infiltración de aire sucede en sus límites. El impacto real de una ventana en el equilibrio térmico de un inmueble se basa en sus propiedades y dirección, además de la radiación solar y la condición climática. La labor humana también tiene un rol crucial en la edificación e implementación de ventanas para asegurar un sellado efectivo alrededor de los bordes. (Yunus A. Çengel y Afshin J. Ghajar 2013, p.552)

Las ventanas deben ser seleccionadas teniendo en cuenta la comodidad térmica y la conservación de energía. Una ventana debe ser eficiente en la difusión de la luz, a la vez que ofrece resistencia a la transferencia de calor. Igualmente, se reducen las necesidades de iluminación de un edificio optimizando la utilización de la luz natural durante el día a través de las ventanas.

Si ignoramos la radiación solar y la infiltración del aire, el proceso de transferencia de calor por medio de las ventanas se vuelve más complejo de lo que parece. Esto ocurre porque la

estructura y características del marco difieren considerablemente de las del encristalado. Así pues, al evaluar la transferencia de calor por medio de la ventana, se suele tomar en cuenta en tres áreas:

a) la mitad del vidrio,
b) la esquina del vidrio y
c) el marco.

Así, la proporción total de la transferencia térmica a través de la ventana se calcula al sumar la transferencia térmica a través de cada una de las tres áreas, de la siguiente manera:

$$\dot{Q}_{ventana} = \dot{Q}_{centro} + \dot{Q}_{borde} + \dot{Q}_{marco} = \dot{U}_{ventana} x A_{ventana}(T_{interior} - T_{exterior})$$

Donde:

$$U_{ventana} = \frac{U_{centro} x A_{centro} + U_{borde} x A_{borde} + U_{marco} x A_{marco}}{A_{ventana}}$$

$\boldsymbol{Uventana}$ Coeficiente total de transferencia de calor de la ventana

$\boldsymbol{Aventana}$ Área de la ventana

$\boldsymbol{Acentro}$ Área de la sección del centro de la ventana

$\boldsymbol{Aborde}$ Área de la sección del borde de la ventana

$\boldsymbol{Amarco}$ Área de la sección del marco de la ventana

$\boldsymbol{Ucentro}$ Coeficiente de transferencia de calor de la sección del centro de la ventana

$\boldsymbol{Uborde}$ Coeficiente de transferencia de calor de la sección del borde de la ventana

$\boldsymbol{Umarco}$ Coeficiente de transferencia de calor de la sección del marco de la ventana

Además, debemos considerar también la determinación del área de la ventana:

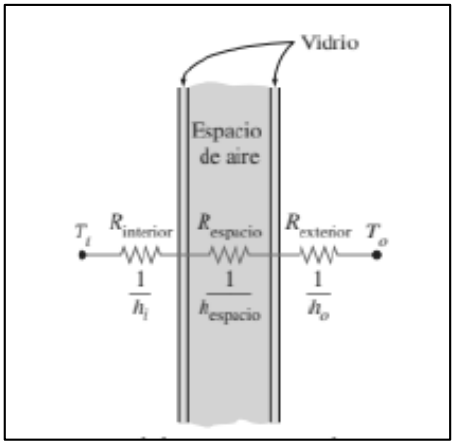
$$A_{ventana} = A_{centro} + A_{borde} + A_{marco}$$

Tomamos en cuenta la transferencia de calor unidimensional en estado estable mediante un vidrio de una sola hoja con espesor L y conductividad térmica k. La red de resistencias térmicas de este caso incluye seis resistencias superficiales en las superficies tanto interiores como exteriores, así como la resistencia a la conducción del vidrio en serie, tal como se puede observar en la ilustración.

La total resistencia a un área unificada puede manifestarse de la siguiente manera:

$$R_{total} = R_{interior} + R_{vidrio} + R_{exerior} = \frac{1}{h_i} + \frac{L_{vidrio}}{K_{vidrio}} + \frac{1}{h_o}$$

Figura 3 *Red de resistencias térmicas para la transferencia de calor a través de un vidrio sencillo*



Fuente: (Çengel y Ghajar 2013, p.553)

De acuerdo con diversas investigaciones, se determinó que no se puede disminuir la eficiencia de la transferencia térmica a través de la ventana incrementando el espesor del vidrio. Sin embargo, la solución sugerida consistió en disminuirla mediante la captura de aire en reposo entre dos estratos de vidrio. El resultado es una ventana de hoja doble, que en la actualidad se ha establecido como una norma fundamental para la edificación de ventanas. Con esta regla y, eliminando las resistencias térmicas de las capas de vidrio, se puede describir la resistencia térmica y el factor U de una ventana de hoja doble de la siguiente manera:

$$\frac{1}{U_{hoja\ doble\ (región\ central)}} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_{espacio}} + \frac{1}{h_o}$$

Donde $h_{espacio}=h_{rad,\ espacio} + h_{conv,\ espacio}$ representa el coeficiente combinado de transferencia de calor a través de la radiación y convección del espacio que se encuentra entre las dos capas de vidrio. Así, la mitad de la transmisión térmica a través del espacio de aire de una ventana de doble hoja se realiza por radiación, mientras que la otra mitad se realiza por convección. El propósito

principal de esta disposición es esforzarse por reducir el espacio, y de esta manera, la razón de transferencia de calor a través de una ventana de doble hoja.

2.1.7. Aislamiento térmico

El concepto de aislamiento térmico es esencial en la ingeniería civil y arquitectónica, que hace referencia a la técnica para resguardar un inmueble de las variaciones térmicas externas y asegurar un entorno interior estable y agradable para los residentes de los edificios. Esta técnica se consigue utilizando materiales con baja conductividad térmica, que se ubican en las paredes, techos y suelos de una edificación con el objetivo de disminuir la transferencia de calor (Cortes O., 2008).

El propósito principal del aislamiento térmico es potenciar la eficiencia energética de una construcción y mejorar el confort de los habitantes. El aislamiento térmico, al disminuir la transferencia de calor, posibilita que la temperatura interna de un inmueble se conserve estable y que los sistemas de climatización y calefacción operen de forma más eficaz, lo que resultó en un gasto energético reducido (Torres, 2018). Además, el aislamiento térmico contribuye a disminuir la contaminación sonora externa y a salvaguardar los edificios frente a la corrosión y la humedad.

En este escenario, resulta crucial entender los distintos tipos de aislamiento térmico disponibles, ya sean estructurales o no estructurales, para poder seleccionar el más apropiado de acuerdo a los requerimientos de cada trabajo. Estos se detallan a continuación:

- El aislamiento estructural térmico hace referencia a los materiales aislantes que se integran en la propia estructura de un inmueble o estructura. Así pues, el aislamiento térmico se transforma en un componente esencial de la construcción del inmueble y contribuye a reducir la pérdida de calor o la entrada de calor indeseada a través de las paredes, techos y piso. Los materiales empleados en el aislamiento estructural térmico pueden abarcar espumas de poliestireno, lana mineral, vidrio celular y más (Figura 2).

Figura 4 Aislamiento térmico estructural



Fuente: (Construye, 2016)

- El término aislamiento térmico no estructural hace referencia a los materiales que se adhieren a la superficie de una construcción o estructura, tales como paredes exteriores, techos y piso. Estos materiales de aislamiento se ubican en la estructura del inmueble, aunque no constituyen su parte integral. Los componentes empleados en el aislamiento térmico no estructural pueden abarcar placas de yeso, espumas de poliuretano, lana de vidrio, entre otros (Figura 3).

Figura 5 *Aislamiento térmico no estructural*



Fuente: (Barnacork, 2023).

Las teorías vinculadas al aislamiento térmico comprenden la teoría de la conductividad térmica, la teoría de la convección, la teoría de la radiación térmica y la teoría de la transmisión de calor. Estas teorías detallan la manera en que el calor se propaga por los materiales y el funcionamiento de los materiales aislantes para disminuir la transferencia de calor. Algunas de las teorías más significativas se describen de la manera siguiente:

- Temperatura y equilibrio térmico: La temperatura representa un indicador de la energía térmica de un objeto, señalando la cantidad de calor que alberga. Se cuantifica en grados Celsius (°C) o Fahrenheit (°F) y es posible medir utilizando termómetros. Cuando dos elementos se entrelazan, el elemento más caliente transmite calor al elemento más frío hasta que ambos elementos llegan a una temperatura de equilibrio común. Este procedimiento se denomina balance térmico (Lehne & Preston, 2018).

En un estado de equilibrio térmico, la tasa de transmisión de calor del objeto más caliente al objeto más frío es equivalente a la tasa de transmisión de calor del objeto más frío al objeto más calentado. En resumen, el flujo de calor desde un objeto a otro es el mismo que el flujo de calor desde el segundo objeto al primero. Cuando los objetos llegan al equilibrio térmico, la temperatura se mantiene constante en ambos objetos (Lehne & Preston, 2018).

Es crucial subrayar que la transferencia de calor persiste, incluso si los objetos han logrado el equilibrio térmico, pero en promedio, la tasa de transferencia de calor se reduce a cero. Este procedimiento de transferencia de calor constante puede resultar beneficioso o dañino en función de la circunstancia. Por ejemplo, en un sistema de climatización, se busca que la transferencia de calor persista para conservar una temperatura estable, mientras que, en un sistema de enfriamiento, se busca que la transferencia de calor se interrumpa para preservar la temperatura reducida.

- Teoría de la conducción de calor: El término conducción de calor alude a la transmisión de calor por un material a causa de la variación de temperatura en sus extremos. Esta teoría es esencial para calcular la cantidad de calor que se disipa por las paredes, techos y piso

de un inmueble, y para elaborar tácticas eficientes para reducir la pérdida de calor (Brito, 2022).

- Sistemas de transmisión de calor: El concepto de transferencia de calor es esencial en la física y la ingeniería, que hace referencia a la transmisión de energía térmica entre distintos cuerpos o sistemas. La transferencia de calor puede realizarse mediante diversos procedimientos, entre ellos la conducción, la convección y la radiación.
  - Conducción: Se refiere a la transmisión de calor a través de un medio sólido, donde la energía térmica se propaga mediante choques moleculares. Algunos ejemplos de manejo son la transmisión de calor a través de un plato en una estufa caliente o la transmisión de calor a través de la pared de un horno (Torres, 2018).
  - Convección: Se refiere a la transmisión de calor mediante el desplazamiento de fluidos, tales como gases o líquidos. La convección puede ser espontánea (a causa de la variación en la densidad) u obligada (cuando se emplea un ventilador o una bomba). Algunos ejemplos de convección incluyen la refrigeración a través de la evaporación de la piel en el ser humano y la circulación del agua en una calefacción mediante radiadores (Torres, 2018).
  - Radiación: Se refiere a la transmisión de energía térmica mediante ondas electromagnéticas, tales como la luz visible, los rayos X, el infrarrojo y la energía de las microondas. El propagarse de la radiación no requiere de un medio material y puede suceder en el vacío. Algunos ejemplos de radiación incluyen la percepción de calor al exponerse al sol y la preparación de alimentos en un microondas (Torres, 2018).

- La conductividad térmica: La conductividad térmica es una característica física de los materiales que determina su habilidad para transmitir calor por medio de ellos. En otras palabras, se refiere a la capacidad de un material para transmitir la energía térmica de un componente a otro (Cortes O., 2008).

Los materiales con alta conductividad térmica son excelentes transmisores de calor, lo que implica que el calor se propaga con facilidad por medio de estos. Los materiales con una conductividad térmica reducida son eficientes en la transferencia de calor y proporcionan una resistencia superior al paso del calor (Cortes & Muñoz, 2020).

Se cuantifica la conductividad térmica en watt por metro-kelvin (W/(m·K)). La ley de Fourier sostiene que el ritmo de transferencia de calor por un material se relaciona con la variación de temperatura entre las dos superficies del mismo, su área de sección transversal y su conductividad térmica (Cortes O., 2008).

La conductividad térmica es un atributo relevante en el campo de la ingeniería y la ciencia de materiales. Se aplica en la creación de sistemas de calefacción y enfriamiento, en la elección de materiales para elementos de maquinaria y en la valoración del desempeño de los aislantes térmicos.

- Conforme a la norma ISO 7730:2005, confort térmico: La norma internacional ISO 7730 define los parámetros y los métodos para medir y preservar el confort térmico en un entorno interior. De acuerdo con esta regla, se define el confort térmico como "la condición psicofísica que una persona siente cuando las exigencias del entorno térmico se balancean con su habilidad de adaptación fisiológica" (Quaresma, Da Silva, & De Aguiar, 2020).

La norma ISO 7730 define una serie de criterios para medir y valorar el confort térmico, que abarcan la temperatura atmosférica, la velocidad del aire, la humedad relativa, la temperatura media radiante y el aislamiento térmico de la ropa. Estos indicadores se emplean para determinar el índice de confort térmico PMV (Voto Estimado Medio), el cual se fundamenta en una escala de siete puntos que oscila entre "muy caliente" y "muy frío" (Quaresma, Da Silva, & De Aguiar, 2020). Adicionalmente, la ISO 7730 define rangos de valores aceptables para estos parámetros con el objetivo de preservar un entorno agradable

para la mayoría de las personas. Estos parámetros se fundamentan en el grado de actividad física, la clase de ropa y la temperatura del entorno, entre otros elementos.

2.1.7.1. Ventajas y desventajas del uso de aislamiento térmico en la construcción de edificaciones residenciales

La edificación de viviendas con aislamiento térmico se ha vuelto cada vez más habitual debido a las diversas ventajas que puede ofrecer, tales como el ahorro energético, el confort térmico y la disminución de la humedad en el hogar. No obstante, al igual que cualquier método de edificación, el aislamiento térmico presenta sus inconvenientes y restricciones, que deben ser cuidadosamente tomadas en cuenta al diseñar y planificar una edificación. En este contexto, resulta crucial examinar los pros y contras del empleo de aislamiento térmico en la edificación de viviendas, con el objetivo de tomar decisiones fundamentadas y potenciar los beneficios de este método de edificación. Así que cada una se detalla a continuación:

Tabla 8 *Ventajas y desventajas del aislamiento térmico*

Ventajas	Desventajas
Ahorro de energía y reducción en las facturas de energía (Molina & Mendoza, 2021)	Costo elevado, lo que puede limitar la rentabilidad a largo plazo (Molina & Mendoza, 2021)
Confort térmico, manteniendo una temperatura constante en el interior de la casa (Molina & Mendoza, 2021)	Dificultad de instalación y necesidad de profesionales capacitados (Molina & Mendoza, 2021)
Reducción de la condensación, disminuyendo la humedad en el hogar y la probabilidad de formación de moho (Miñano & Benito, 2017)	Dificultad de acceso en áreas de difícil instalación (Molina & Mendoza, 2021)

Aumento de la durabilidad de la construcción (Miñano & Benito, 2017)	Agrega grosor a las paredes y techos, reduciendo el espacio útil de la casa (Molina & Mendoza, 2021)
Contribución al medio ambiente, reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero y el consumo de energía (Recalde & Ruiz, 2020)	Incompatibilidad con otros materiales de construcción, limitando su uso en ciertas situaciones (Molina & Mendoza, 2021)

Fuente: (Ripoli y Yepez, 2023)

2.2 ESTADO DE LA CUESTIÓN

Sulbarán (2011), realizó una investigación cuyo propósito principal era “Evaluar el manual de construcción de edificios ahorradores de energía basado en la calidad térmica del municipio Maracaibo”, con la finalidad de determinar la eficacia de los métodos sugeridos por dicho manual para la construcción de edificios con condiciones de confort térmico. La teorización de la variable pertenece a González, Casas y Falcones (1997), Orozco (2008) y Sosa (2004). Esta investigación es de tipo descriptivo no experimental.

Esta investigación se enmarca dentro de un estudio descriptivo, debido a que busca analizar la situación presente para determinar el comportamiento de los procesos que se adelantan en el manual de Construcción de Edificios Ahorradores de Energía Basado en la Calidad Térmica del Municipio Maracaibo, detallando sus características sin manipular la variable de estudio. La recolección de datos en este estudio se realizó utilizando la técnica de observación mediante el instrumento básico de observación: la encuesta.

Según los resultados obtenidos, la tendencia general se inclina a favor de que el uso de la ordenanza de calidad térmica en la construcción de edificaciones. Por un lado, no ha disminuido la utilización de equipos mecánicos de acondicionamiento de aire en el los edificios construidos bajo

sus lineamientos; mientras que los edificios construidos bajo los lineamientos de la ordenanza de calidad térmica sí proporcionan un confort térmico a los usuarios de estos.

Se recomienda tomar en cuenta al momento de diseñar cualquier edificación los procedimientos previos como lo son: la verificación de las condiciones climáticas de la región (macro y microclima), el determinar la orientación del edificio (paredes y ventanas), la selección de materiales con propiedades aislantes y adicionalmente el establecimiento de sistemas pasivos de enfriamiento y sistemas de protección solar, con el propósito de construir edificaciones confortables térmicamente.

Esta investigación tiene como aporte la evaluación de la construcción de edificios que permitan el ahorro de energía, lo que representa el norte de esta investigación, que se propone como meta establecer lineamientos para mejorar el rendimiento térmico para disminuir el alto consumo eléctrico proporcionado por el uso de aires acondicionados de capacidades altas, teniendo como agregado adicional que se realizó en una localidad que comparte condiciones climáticas parecidas a las de ciudad de Quesada que es donde radica el estudio de nuestra investigación.

Adicional al estudio anterior, Leal (2011), realizó una investigación cuyo objetivo general fue “Proponer lineamientos para la gestión de la calidad térmica en proyectos de interés social para la Alcaldía del Municipio San Francisco del estado Zulia”. Para la teorización de la variable se utilizaron los textos de Hernández, (1999), y la Ordenanza Sobre calidad Térmica de Edificaciones en el Municipio Maracaibo (2005). Este tipo de investigación se consideró descriptiva. El diseño no experimental, de campo y transeccional descriptiva, utilizando como técnicas la observación directa, revisión documental y la encuesta como instrumento, un cuestionario con 40 ítems.

El proyecto de investigación arrojó como resultados el completo desconocimiento o consideración por parte de la Gerencia de Proyectos de la Alcaldía del Municipio San Francisco del Estado Zulia, de dichos parámetros expuestos anteriormente, afectando de manera negativa la

calidad de vida de las personas que utilizarán dichos desarrollos una vez construidos; así como el consumo de energía que estas instalaciones requerirán para su funcionamiento.

Ante el estudio desarrollado, se permite señalar que, si se analiza detalladamente la evaluación y el estado actual de la calidad térmica en los proyectos habitacionales de interés social del municipio San Francisco, se puede observar que el objetivo que se persigue es abarcar cada vez un rango más amplio de problemas reales de confort térmico. Los lineamientos propuestos surgieron como respuesta a las fallas encontradas en la gestión de la gerencia de proyecto de la Alcaldía del Municipio San Francisco.

Los resultados obtenidos dan lugar a la realización de una futura investigación en donde se exponga el diseño al detalle proyectos de interés social con la aplicación del confort térmico.

Como recomendaciones se acotó que es muy importante continuar con el estudio propuesto en esta investigación ya que garantiza la calidad de las futuras viviendas unifamiliares o grandes complejos habitacionales de interés social. Es indispensable que estos tipos de investigaciones sean tomadas en cuenta por organismos e instituciones del Estado ya que aportan datos interesantes para la rama de la ingeniería y construcción.

Este proyecto tiene para esta investigación una estrecha importancia ya que constituye un desarrollo de nuevas propuestas de mejoramiento de calidad térmica en las edificaciones en otras localidades que comparten características climáticas similares a los de nuestra localidad de estudio

Finalmente, Tricase del Villar, Leyda (2005), realizaron un estudio “Evaluación del poliestireno expandido como alternativa tecnológica de aislamiento térmico en techos de viviendas unifamiliares”. La investigación estuvo dirigida a ofrecer a los usuarios una herramienta de decisión basada en el beneficio obtenido (mejor calidad térmica y disminución de consumo eléctrico) a un menor costo de inversión, en la construcción de edificaciones.

Se sustentaron en los autores Ashrae (2002), Caveinel (2004), Reyes (2002) para la teorización de las variables. Su investigación fue de tipo Descriptiva y Documental, debido a que se

recolecta información para evaluar el poliestireno expandido como una alternativa tecnológica de aislamiento térmico en los techos de las edificaciones. Utilizando como técnica de recolección de datos el análisis documental y como instrumento un formato de datos técnicos y las matrices de análisis.

Obteniendo como resultados determinar que el porcentaje de reducción de ganancia térmica (VTTG) al incorporar poliestireno expandido en los techos de las edificaciones, (ya sea en techos livianos como pesados), se encuentra alrededor de 80%, lo que representa de (3-6) ºC de disminución de temperatura dentro de la vivienda y hasta de 12 ºC en la superficie interna del techo, teniendo como recomendaciones finales el hecho de buscar otras opciones de sistemas constructivos y materiales aislantes a fin de determinar la alternativa de diseño y materiales a usar en la construcción de edificaciones.

Teniendo este mismo estrecha relación con nuestra investigación, ya que aporta una herramienta que ayuda a mejorar las condiciones de calidad térmica en viviendas y estiman un porcentaje de cuanto es esa mejora, perteneciendo esto, a objetivos específicos de nuestro estudio, pero que en este caso se aplicaron a la Costa Oriental del Lago.

Algunos estudios se centran en la comprobación de técnicas para establecer el comportamiento térmico dinámico en edificaciones (Aude et al., 2000; Jaffal et al., 2009; Lundin et al., 2004). Además, se han establecido los coeficientes de transferencia de calor a través de convección en edificaciones (Davies, 2005; Shao et al., 2009). RiosMoreno et al. (2007) llevaron a cabo un modelado de las temperaturas dentro de una edificación.

En varias universidades e institutos de investigación se realiza una línea de estudio para optimizar la eficiencia térmica de los techos. En Estados Unidos, se pueden encontrar varios programas como el Building Envelopes Program del Oak Ridge National Laboratory, el Heat Island Group del Berkeley National Laboratory, y el Building Science Program del Florida Solar Energy Center.

La mayoría de los métodos establecidos para valorar el rendimiento de un material termoaislante se relacionan con los mecanismos de transferencia de calor por conducción, ya sea a través de la medición de la conductividad térmica o por la determinación del valor R (resistencia térmica); no obstante, hay debates sobre cómo evaluar los mecanismos de transferencia de calor por radiación (Avdelidisy Moropoulou, 2003; Brito et al., 2011; Levinson et al., 2005) y convección (Davies et al., 2005; Clear et al., 2002).

2.3 MARCO LEGAL

En muchos países, las regulaciones sobre eficiencia energética han evolucionado significativamente en las últimas décadas. En la Unión Europea, la Directiva sobre la Eficiencia Energética de Edificios (EPBD) establece un marco para que todos los Estados miembros adopten medidas que promuevan la eficiencia energética en el sector de la construcción. Esta directiva tiene como objetivo principal reducir el consumo energético de los edificios y fomentar la utilización de tecnologías renovables. Los edificios nuevos deben cumplir con estándares mínimos de eficiencia energética, los cuales están vinculados directamente al factor R de los materiales utilizados en su construcción (European Commission, 2018).

En América Latina, algunos países han comenzado a implementar normativas similares. Por ejemplo, en México, la Norma Oficial Mexicana (NOM) 020-ENER-2011 establece los lineamientos para el diseño y construcción de viviendas eficientes, señalando la importancia de los valores de R en el aislamiento térmico de paredes y techos. Esta norma busca reducir el consumo de energía en el sector residencial, promoviendo el uso de materiales que mejoren la eficiencia térmica (Secretaría de Energía, 2011).

2.3.1 Normas internacionales que regulan la confortabilidad térmica

La Organización Internacional de Estandarización (ISO) y la Sociedad Americana de Ingenieros en Calentamiento, Refrigeración y Aire Acondicionado (en inglés, The American Society of Heating, Refrigerating and Air- Conditioning Engineers, Inc - ASHRAE) han elaborado un conjunto

de normas que han aportado significativamente a la generación y uso del conocimiento sobre confort térmico. Estas regulaciones han exigido la participación y coordinación conjunta de diversos países, así como un proceso compartido de comprensión o acuerdo para su aceptación a nivel internacional. (Olesen y Parsons, 2002).

- Normas de la Organización Internacional de Estandarización - ISO

La ISO se estableció en 1947 y dispone de un sistema de votación democrático, respaldado por un proceso de globalización, en el que se involucran cerca de ciento treinta (130) países miembros y sus respectivos delegados. Las regulaciones internacionales vinculadas al confort térmico son elaboradas por la ISO/TC 159 SC5 WG1, siendo la ISO 7730:1994 la norma predominante y define los entornos que se espera que sean considerados aceptables para un porcentaje seguro de individuos (Olesen y Parsons, 2002; Toftum, 2002). Así como la ISO 7730:1994, existen otras normas adicionales, como la ISO 8990:1994 para calcular la producción metabólica de calor, la ISO 9920:2007 para calcular el aislamiento térmico de la vestimenta y la ISO 10551:1995, que incluye las distintas escalas para medir la sensación de calor.

a) La norma ISO 7730:1994. “Ambientes térmicos moderados. Determinación de los índices del PMV y PPD y especificaciones de las condiciones de confort térmico”

La norma ISO 7730:1994 (en inglés: "Control de entornos térmicos moderados". "Determinación de los indicadores PMV y PPD y especificación de las condiciones para el confort térmico") ofrece un método para anticipar la sensación térmica y el nivel de incomodidad o descontento térmico de individuos expuestos a entornos de temperatura moderada; además, define las condiciones ambientales que permiten el confort térmico. Así pues, la normativa fundamentalmente define el PMV y el PPD como indicadores de confort térmico, tal como lo indica Fanger en su publicación de 1970, y detalla la evaluación del incomodidad o descontento térmico local provocado por: un grado indebido de refrigeración o calentamiento del cuerpo (o alguna porción del mismo) a causa de una corriente o expulsión de aire (conocida en inglés como "draught"), por variaciones verticales en la temperatura del aire.

La norma se fundamenta en investigaciones llevadas a cabo con individuos de Norteamérica, Europa y Japón (en investigaciones más actuales) y puede emplearse en la creación de nuevos entornos o en la valoración de los ya existentes. La utilización de esta se restringe a entornos interiores donde se producen desviaciones moderadas de la comodidad. Otras normativas internacionales mencionadas por Parsons (1995) y Olesen y Parsons (2002) se aplican en entornos de altas temperaturas, como la ISO 7243:1989 denominada "Ambientes calientes. "Análisis del estrés térmico en hombres empleados" (en inglés: "Hot climates. Análisis del estrés térmico en hombres empleados", fundamentada en el índice WBGT (temperatura de bulbo húmedo) y la norma ISO 7933:1989 denominada "Entornos calientes: Determinación analítica e interpretación del estrés térmico a través del cálculo del ritmo de sudoración necesario" (en inglés: "Entornos calientes. Determinación y interpretación analítica del thermal stress mediante la determinación de la necesidad de sweat rates) (ISO 7730:1994).

Se han realizado múltiples estudios que analizan la validez teórica y práctica de la norma y la exactitud del PMV para anticipar el voto medio actual o actual de los individuos (abreviatura en inglés: AMV).

b) La norma ISO 10551:1995 “Ergonomía del ambiente térmico - Evaluaciones de la influencia del ambiente térmico usando las escalas subjetivas de valoración”.

La norma ISO 10551:1995, en inglés llamada "Ergonomic of the thermal atmosphere". Evaluación del impacto del entorno térmico mediante escalas de juicio subjetivo", ofrece un conjunto de vivencias directas relacionadas con la valoración subjetiva del confort/inconfort, manifestada por individuos expuestos a distintos niveles de tensión térmica y en diversas condiciones meteorológicas. Además, define un grupo de cinco escalas subjetivas destinadas a ser empleadas en entornos térmicos moderados, o sea, en entornos térmicos intermedios, ni muy fríos o calurosos. Estas escalas emplean el Método de Escalonamiento Likert y son las siguientes:

- La escala de percepción del calor (o escala perceptual), en la que se examina la percepción de frío o calor de los individuos ante un entorno de calor en tiempo real o presente. Para ello, se emplea una escala bipolar de siete puntos o niveles, en la que la neutralidad (valor

cero) se sitúa en el centro y dos extremos o polos contrarios se utilizan para documentar las percepciones de frío o calor. Se registran tres niveles de sensaciones de frío en el polo izquierdo (negativo), mientras que en el polo derecho (positivo) se registran tres niveles de sensaciones de calor.

- La escala de valoración o afectiva, que evalúa el grado de comodidad o incomodidad de los individuos en un entorno de calor. Se emplea una escala polar, que tiene un solo polo o extremo, en la que la confortabilidad se mide en tres niveles positivos ascendentes (de 1 a 3).
- La escala de preferencia térmica, que se refiere a la sensación de calor preferida o preferida por los individuos en un ambiente térmico específico. Se emplea una escala bipolar de siete niveles, en la que el punto central o neutro representa la predilección del individuo por el mismo entorno que ha experimentado (sin alteraciones). Hacia la izquierda de la escala, las inclinaciones hacia entornos más fríos y, hacia la derecha, hacia entornos más cálidos o calientes.
- La escala de aceptación o reconocimiento personal, que documenta la aceptación o reconocimiento del entorno térmico por el individuo que lo vive.
- El nivel de tolerancia individual. Analiza la resistencia del individuo ante un ambiente térmico específico. Se emplea una escala bipolar que registra la tolerancia al entorno y, en los puntos subsiguientes, los niveles de intolerancia en aumento.

La normativa propone que, de manera combinada, las tres primeras escalas de ASHRAE ofrecen una información integral acerca de la percepción del individuo en relación a un entorno térmico. De acuerdo con Parsons (1995), el objetivo de la norma es ofrecer datos detallados que faciliten a los expertos en ergonomía la creación y aplicación de escalas subjetivas en la valoración de entornos térmicos. No obstante, escritores como Nicol (1993) sugieren que el uso de estas escalas para evaluar la sensación y preferencia térmica, presenta el inconveniente de no representar las variaciones culturales de las personas (idiomáticas y semánticas) en la caracterización de dichas sensaciones.

Humphreys y Hancock (2007) indican que la exigencia de establecer con mayor exactitud la sensación térmica que los individuos buscan sobre la escala de ASHRAE obligó a los científicos a complementarla con una escala de preferencia térmica. Indican que se logra una respuesta más cercana de confortabilidad al contrastar la preferencia con la sensación de calor percibida (escala perceptual). Igualmente, la respuesta de preferencia puede variar de un lado a otro en la escala (hacia el calor o el frío) en función de la percepción percibida y las variaciones semánticas e individuales. Por esta razón, se recomienda el uso de ambas escalas para entender los resultados obtenidos de los estudios de campo y los llevados a cabo en laboratorios.

2.3.2 Implicaciones Legales para la Construcción de Viviendas

La aplicación de estas regulaciones repercute directamente en la edificación de hogares. Las normativas relacionadas con el factor R exigen a los constructores elegir materiales que se ajusten a los estándares fijados, lo que puede afectar el costo y el diseño de los edificios. Por ejemplo, en la etapa de planificación, los arquitectos y diseñadores deben tener en cuenta el factor R para garantizar que sus proyectos se ajusten a las normativas de eficiencia energética, lo que podría implicar la utilización de materiales más costosos, pero más eficaces en cuanto a aislamiento térmico.

De igual forma, las medidas del gobierno que promueven la eficiencia energética, como estímulos tributarios para la utilización de tecnologías sustentables y materiales de alto factor R, pueden incentivar a los constructores a implementar prácticas más conscientes desde el punto de vista ecológico (González et al., 2020).

CAPITULO 3: MARCO METODOLÓGICO

En base a los textos que sustentan teóricamente la investigación, se llevó a cabo la determinación del tipo de estudio a llevar a cabo, empleando los criterios metodológicos de diversos autores. Luego, se hizo una clasificación de la investigación de acuerdo a su tipo y diseño, y se estructuró la metodología a emplear para lograr los objetivos propuestos inicialmente en relación a la calidad térmica.

3.1. Tipo de investigación

3.1.1 Naturaleza de la investigación (cualitativa, cuantitativa o mixta)

La investigación desarrollada es de naturaleza mixta. La investigación mixta fusiona componentes de investigación cualitativa y cuantitativa para dar respuesta a un problema o hipótesis. La fusión de ambas técnicas contribuye a lograr una imagen más integral, pues fusiona las ventajas de ambas técnicas: ofrece una perspectiva integral que fusiona y examina los datos estadísticos con conocimientos contextualizados de mayor profundidad, además de posibilitar la comprobación de los resultados derivados de diversas fuentes.

Es conveniente basarse en el análisis de Grajales (2000), quien indica que, aunque el método científico es uno solo, hay varias maneras de reconocer su práctica o aplicación en la investigación. Estas se clasifican de diferentes maneras, destacando los enfoques positivistas que impulsan la investigación empírica, sustentada en la idea de que, si algo existe, debe estar presente en una cantidad que puede ser medida objetivamente. De este modo, se caracterizan como investigaciones cuantitativas que se fundamentan en pruebas estadísticas convencionales.

El mismo autor plantea que en cuanto al enfoque y tipo de investigación mencionado anteriormente, existen otras formas, particularmente en las investigaciones sociales donde se examinan fenómenos complejos que son difíciles de lograr u observar a menos que se realicen

esfuerzos holísticos enormes, que pueden estar marcados por la subjetividad, con el objetivo de revelar más cualidades que cantidades.

Por lo tanto, respecto a esta investigación, es relevante señalar que, de acuerdo a su naturaleza, es de carácter cuali-cuantitativo o combinado; método establecido para analizar de manera científica una pequeña muestra de objetos de estudio que tienen características numéricamente cuantificables, mientras que otros no lo tienen, debido a su naturaleza abstracta; lo más conveniente es describir sus características de la manera más objetiva posible.

3.1.2 Carácter de la investigación

En relación con el tipo de investigación empleado, se clasifica la investigación como Descriptiva, dado que se analiza la variable de estudio identificando sus atributos en la realidad a través de la recolección de datos directamente de fuentes primarias.

En relación con la investigación descriptiva, Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio (2005, p. 102) sostienen que este tipo de estudio busca describir características y propiedades relevantes de cualquier fenómeno que se estudie, y mostrar tendencias de un grupo. Los estudios descriptivos solo buscan evaluar información de forma colectiva o autónoma sobre los conceptos o variables a las que hace referencia.

3.2 Sujetos y fuentes de información

3.2.1 Sujetos de información

Los sujetos de información son personas seleccionadas para una investigación o que, de alguna manera, son objeto de investigación. Los cuales se dividen en población y muestra.

Esta información previamente desarrollada manifiesta que el sujeto de estudio base para esta investigación comprende a la población de *ciudad de Quesada en la provincia de Alajuela.*

3.2.2 Fuentes de información: primarias o secundarias

Una fuente de información es una persona u objeto que provee datos para la investigación" (Hernández Sampieri et ál, 1996, p.23).

Hernández, Fernández y Baptista (2006:66), haciendo referencia a Dahnke, diferencian tres clases fundamentales de fuentes de información, señalando que estas están formadas por fuentes primarias o directas, secundarias y terciarias.

"Las fuentes primarias ofrecen un punto de vista desde adentro del fenómeno en particular que se está estudiando" (Gallardo, 1991, p.57). Estas suministran datos directos, incluyendo libros, revistas, periódicos, artículos, monografías y tesis. Las fuentes secundarias representan compilaciones, resumen y listas de referencias de fuentes primarias publicadas en un campo de estudio donde se hacen referencia y debaten artículos, libros, tesis, entre otros. Finalmente, las fuentes terciarias son documentos que condensan nombres y títulos de publicaciones, boletines, conferencias, simposios, entre otros.

El desarrollo de esta investigación está apoyado en bases primarias, con información obtenida a través de artículos, monografías y tesis cuyas variables de estudio coinciden con las de este proyecto.

3.3 Población y muestra

La investigación se define como una unidad de análisis, de acuerdo con lo presentado por Hernández, (2003, p.300) "es el área o individuos a investigar, en función del enfoque seleccionado, del planteamiento del problema a examinar y de las dimensiones del estudio".

Además, debido a la naturaleza del trabajo de investigación, esta parte será representada por una unidad de análisis, seleccionada previamente por sus condiciones geoambientales. Por esta razón, se consideró como tal a la *ciudad de Quesada en la provincia de Alajuela*, ya que cumple con los requisitos que la investigación dictaba.

Es importante resaltar que no se requirió un muestreo dado que la población es limitada y accesible, por lo que se representará una población documental con todos los archivos empleados; los cuales son esenciales para este estudio, y aquellos individuos que proporcionaron acceso a ellos. Por lo tanto, se asume un censo poblacional, tal como lo señala Veliz (2004), que implica la enumeración completa de la población, o sea, el análisis del conjunto de la población objeto de estudio.

Población según último censo año 2022: 46 975 hab.

Según el autor Arias (2006, p.83) define muestra como “un subconjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible”.

En este sentido, el presente estudio se llevará a cabo mediante una muestra representativa ya que sus características son similares a las del conjunto, permite generalizar los resultados al resto de la población con un margen de error conocido, por lo que basaremos el estudio a la zona del barrio San Martín, debido a la cercanía y facilidad para acceder y a la familiaridad de la zona para su evaluación.

3.4 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

Otro elemento crucial a considerar en el Marco Metodológico del proyecto de investigación, dado que se ha establecido el tipo de investigación, su diseño, la población o el universo de estudio; está vinculado con la determinación de los métodos, herramientas y técnicas de recopilación de datos que se incluirán durante todo el proceso de investigación.

Según Ballestrini (2002, p. 145), se refiere al conjunto de métodos que facilitarán el cumplimiento de los requisitos definidos en el paradigma científico, relacionados con la naturaleza particular de las distintas fases de ese proceso de investigación y, en particular, vinculados al ámbito teórico y al ámbito metodológico de la investigación.

Rojas Soriano, (1996-197) indica al aludir a las técnicas e instrumentos para recolectar información como la de campo, lo siguiente: que el volumen y la naturaleza de la información -tanto cualitativa como cuantitativa- recolectadas en el trabajo de campo deben estar totalmente respaldados por los objetivos e hipótesis de la investigación. De lo contrario, existe el peligro de recolectar datos de escasa o nula relevancia para llevar a cabo un análisis.

Así, se ha decidido emplear la técnica de Revisión y Observación Documental para alcanzar los objetivos fijados. Desde esta, como inicio en el estudio de las fuentes documentales, a través de una lectura general de los textos, se comenzará la exploración y análisis de los hechos presentes en los documentos consultados que son relevantes para la investigación, con el objetivo de comprender sus planteamientos fundamentales y los elementos lógicos de sus contenidos y propuestas.

Luego, otra herramienta de gran valor que utilizará será el método de la entrevista no estructurada, con el objetivo de obtener datos de los individuos seleccionados especialistas en el campo de estudio, basándose en un propósito previamente determinado.

Sabino, (1992, p. 116) señala que, desde la perspectiva del método, la entrevista es un tipo particular de interacción social que busca recopilar información para un estudio.

El investigador plantea interrogantes a aquellos que puedan proporcionarle información de interés, generando un diálogo singular y asimétrico, en el que una de las partes intenta recolectar datos y la otra es la fuente de dichos datos. Por motivos evidentes, solo se utiliza, a excepción de escasas excepciones, en las ciencias humanas.

Una entrevista semiestructurada (no organizada o no formal) se refiere a aquella en la que se permite un margen de libertad más o menos amplio para plantear las preguntas y las respuestas. Sabino (1992, página 118.)

3.4.1 Diseño de instrumentos

Las entrevistas no estructuradas serán diseñadas considerando los objetivos de la investigación aplicados al poblado en estudio, los cuales se desarrollaron tomando como referencia los utilizados en otras investigaciones de propósito similar.

Estas entrevistas, contendrán información relacionada a los datos de las viviendas de la zona. En esta sección se describen algunos aspectos asociados a la vivienda, tales como:

- El tipo y niveles de la misma, es decir, si es una vivienda unifamiliar aislada, pareada o adosada, si es de uno o dos niveles; o si es una vivienda multifamiliar en altura (edificio) y la ubicación del piso (entrepisos o último).
- La tipología constructiva donde básicamente se indica el sistema constructivo utilizado en la vivienda. En este sentido, se identifica si es un sistema tradicional conformado por paredes de bloques de arcilla con frisos (mezcla de cemento, arena y agua), pintura u otro acabado exterior y techos de losas nervadas (concreto y bloque de arcilla u otro que no sea poliestireno expandido); mixto, donde solamente se sustituye el relleno de bloques de arcilla de la cubierta o techo por poliestireno expandido; aislante para identificar los nuevos sistemas donde las paredes y la cubierta son muy bien aisladas (uso de materiales aislantes). Esta información se obtiene del propietario de la vivienda y de acuerdo a la fecha de construcción de la misma.
- La utilización o no de sistemas de enfriamiento (AA) de los espacios de la vivienda y el horario de uso típico.
- También se plasmará información histórica de las personas participantes, evaluando aspectos como:

  – El o los espacios de la vivienda donde la persona permanece con frecuencia en un día típico para identificar las condiciones ambientales experimentadas y preferidas en el interior de su vivienda (donde ejerce mayor control ambiental).
  – El tiempo promedio de permanencia en espacios con AA, considerando todos los ambientes que frecuenta el individuo en un día típico o promedio, lo cual redunda en su nivel de

adaptación a ambientes con AA. Se considera dentro de la muestra la permanencia promedio de 12 a 18 horas diarias y de 18 a 24 horas diarias.

- Las actividades realizadas durante la hora anterior al estudio para conocer la producción metabólica de calor. Se identifica cuatro tipos de actividades equivalentes a producciones metabólicas: mínima (acostado), baja (sentado), media (actividad ligera) e intensa (limpieza o ejercicio).

3.4.2 Procedimiento de intervención

La forma bajo la cual se realiza el proceso de la recopilación de datos esenciales para alcanzar los objetivos propuestos en este estudio, se lleva a cabo principalmente a través del trabajo de campo y la aplicación de entrevistas no estructuradas, las cuales solo son completadas por los investigadores; además, a través del registro de ciertas variables climáticas o ambientales a través de páginas oficiales meteorológicas de la región.

3.5 Estrategia de análisis de datos

3.5.1 Presentación y análisis de los datos

Haciendo uso de programas informáticos bajo el ambiente Windows, la información procede a plasmarse y presentarse con el apoyo de las herramientas de MS-Word y Ms-Office en su versión Microsoft Office LTSC Profesional Plus 2021.

De igual forma los datos recolectados son ingresados en tablas de Excel para su cálculo posterior análisis grafico

3.5.2 Cronograma

Tabla 9 *Cronograma de actividades para el desarrollo y presentación de la investigación*

N°	Actividades	Periodo septiembre-diciembre 2024 (semanas académicas)											
		MES 1		MES 2				MES 3				MES 4	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Selección de tema de investigación												
2	Diseño de objetivos y desarrollo del capítulo introductorio												
3	Desarrollo de capítulos teóricos y metodológicos												
4	Obtención de información para desarrollo, mediciones y cálculos de las variables de estudio												
5	Análisis de la información obtenida												
6	Emisión e interpretación de resultados												
7	Desarrollo de conclusiones y propuestas												
8	Presentación de trabajo de investigación												

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

CAPITULO 4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Identificar componentes constructivos que más influyen en el factor “R”.

La identificación de los elementos constructivos se centró en su influencia directa sobre el valor del **factor "R"**, evaluando la capacidad de cada material o sistema para resistir la transferencia de calor. Este enfoque permitió comprender cómo varía el comportamiento térmico en función de los materiales y su disposición en la estructura.

En la mayoría de las construcciones se pueden apreciar en su interior elementos que crean un entorno térmico confortable para sus residentes, como sistemas de calefacción, ventiladores, minisplits, entre otros. Un aspecto que las construcciones deben tener en cuenta es lograr un ahorro de energía. La instalación de un adecuado aislante térmico puede resultar en un ahorro de hasta un 35% en el uso de electricidad y, simultáneamente, preservar un ambiente confortable dentro de los edificios.

El propósito principal de un aislante térmico en cualquier edificación es disminuir la transferencia de calor entre el exterior y el interior. Este cambio de temperatura ocurre en cualquier inmueble y en cualquier área; se necesita un aislante térmico para mantener la temperatura interna en niveles bajos o altos. El material que tenga un buen rendimiento térmico no solo debe poseer una alta resistencia a la transferencia de calor, sino que también debe proyectarse en sitios estratégicos para mantener las temperaturas internas de manera eficaz.

Considerando una construcción habitual, podemos afirmar que las superficies más expuestas al exterior son las losas de azotea y los muros de fachadas. Las losas representan cerca del 30% del espacio de contacto con el exterior, las fachadas y muros el 50%, y el remanente se encuentra entre ventanas y suelos. Es crucial suministrar materiales de excelente rendimiento térmico a los componentes esenciales de una construcción, para prevenir una transferencia de temperatura más elevada.

El principal atributo que debe poseer un aislante térmico es un elevado factor “R”, este elemento está vinculado con el grosor y la conductividad del material. El m2k/W es la unidad más utilizada para este valor, y a mayor volumen de este dato, más aislante será el producto. Al tratar de aislar calor en las viviendas, es esencial que los materiales de construcción posean una conductividad térmica baja (k). Esto ocurre porque los materiales con baja conductividad térmica resultan ser mejores aislantes. La baja conductividad térmica implica que el material puede resistir la transferencia de calor, contribuyendo a mantener la temperatura interna de la vivienda estable, disminuyendo la transferencia de calor desde el exterior (en condiciones cálidas) o hacia el exterior (en condiciones frías). Esto incrementa la comodidad térmica y disminuye la demanda de calefacción o enfriamiento artificial, lo que puede, a su vez, conducir a un ahorro de energía.

El aislante térmico óptimo poseerá las siguientes propiedades:

- Baja conductividad y elevada resistencia al calor.
- Silencio sonoro.
- Alta resistencia frente a la propagación del calor.
- Buen desempeño frente al fuego.

A continuación, se presentan los valores de conductividad térmica (k) de los materiales más comunes en la construcción, empleados como aislantes térmicos.

Tabla 10 *Conductividad Térmica de Materiales para la Construcción*

Material	Espesor (D) (m)	Espesor acabado (m)	Conductividad térmica (K) (W/m·K)	Resistencia Térmica (R) (m²·K/W)
Block relleno de concreto	0.20	0.206	1.4 a 1.6	0.137
Block sin relleno	0.20	0.206	1.0 a 1.3	0.171
Block relleno de concreto	0.15	0.156	1.4 y 1.6	0.104
Block sin relleno	0.15	0.156	1.0 a 1.3	0.13
Block relleno de concreto	0.12	0.126	1.3 a 1.5	0.09
Block sin relleno	0.12	0.126	1.2 a 1.4	0.096
Baldosa	0.045	0.051	1.4 y 1.6	0.034
Lamina de Durock	0.012	0.015	0.3	0.05
Pared liviana (Durock)	0.125	0.131	0.0303	4.323
Losa	0.10	0.115	1.4 y 1.6	0.07
Losa	0.07	0.085	1.4 y 1.6	0.05
Losa	0.05	0.065	1.4 y 1.6	0.04
Lamina de zinc calibre #28	0.00038		115	0.0000033
Lamina de zinc calibre #26	0.00045		115	0.0000039
tablilla para cielo (PVC)	0.006		0.19	0.031
Puertas	0.038		0.12 a 0.17.	0.271
Ventanas de vidrio 3 mm.	0.003		0.8 a 1.0.	0.0033
Ventanas de vidrio 6 mm.	0.006		0.8 a 1.0	0.006

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Para incrementar el factor R y, en consecuencia, la resistencia térmica de una pared compuesta por bloques de hormigón, suele ser preferible que los bloques estén llenados. Cuando un bloque de hormigón está vacío, su resistencia al calor disminuye ya que el aire puede funcionar como un enlace térmico y promover la transmisión de calor. Al cubrir los bloques con hormigón u otro material aislante, se incrementa la masa térmica y la habilidad de la pared para soportar el paso del calor.

Haciendo uso de las entrevistas no estructuradas que se mencionaron, que serían de apoyo para la obtención de información, ante la pregunta ¿Se le hace seguimiento al consumo energético de las viviendas ya construidas? Para Costa Rica, no hay información o estadísticas específicas para el sector de la construcción que reflejen ninguna cuantificación del uso de energía a lo largo de los años. No obstante, se han hecho ciertos esfuerzos en relación a la administración del uso de energía en la edificación. Por ejemplo, se han elaborado guías de prácticas adecuadas, con el objetivo de reducir el impacto negativo de las actividades de construcción en el entorno, tal como

se puede apreciar en CFIA (2016). Además, desde 2017, el PBAE (Programa Bandera Azul Ecológica) estableció la categoría en Construcción Sostenible, la cual concede premios a proyectos que respetan buenas prácticas económicas, sociales y medioambientales.

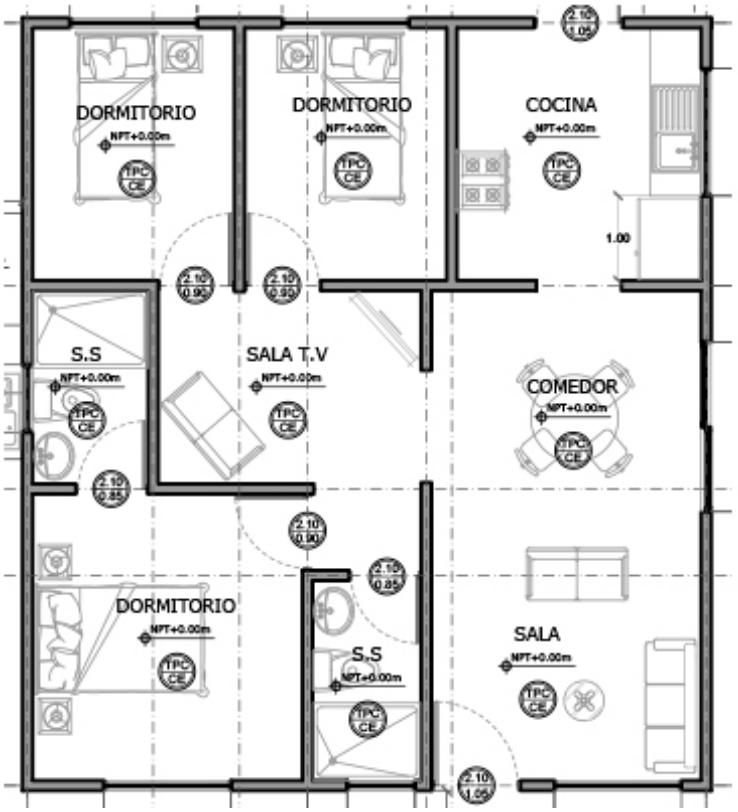
En otra de las preguntas realizadas ¿Qué materiales específicos se emplean en la edificación de viviendas? En esta interrogante, los arquitectos del área han proporcionado una lista que incluye los materiales más habituales en la edificación de viviendas. Estos materiales se agruparon en techos, paredes y ventanas, y son los siguientes:

- Para techos: Losa de entre 5 a 10 cm de espesor.
- Para las paredes: bloques con o sin relleno de concreto, con espesor que va de 12 a 20 cm
- Para las ventanas: vidrio sencillo.

A continuación, en relación a la siguiente pregunta ¿Piensa usted que es posible reducir el porcentaje de consumo de energía en las viviendas de la región? En la que se respondió con un consenso con una firme declaración, que, si se puede reducir el consumo de energía manteniendo el confort térmico para los usuarios, mediante modificaciones en los métodos de construcción, se podría disminuir las cargas térmicas que requeriría una vivienda, y así alcanzar el objetivo requerido.

Con el propósito de conocer cómo afectan actualmente las cargas térmicas a las viviendas, basándonos en una vivienda por referencia de 72 m2, con una distribución estándar y considerando los materiales previamente mencionados. Para esto se empleó un formato de recopilación de datos para el análisis de carga térmica (ver Anexo 1) y se procesaron mediante una hoja de cálculo elaborada en Excel. Tras introducir los datos recolectados en este formato, la hoja ofrece un conjunto de datos relevantes para el estudio, tales como la carga sensible y latente en BTU/h por área, además de la capacidad en toneladas.

Figura 6 *Plano referencial de distribución de vivienda*



Fuente: https://www.ichconstrucciones.com/

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la hoja de cálculo separados por área para la vivienda mostrada:

Tabla 11 *Cargas Térmicas Producidas en el área Estar Comedor de la Vivienda*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
ESTAR COMEDOR				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	9.547,78 Btu/h
Temperatura Interior	22	Humedad Interior	0,0091	Carga latente	5.386,23 Btu/h
Temperatura Exterior	35	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	771,39 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	19,36			CAPACIDAD	1,24 TON

TECHO 1				PERSONAS 1	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Hora de ingreso*	9:00 a. m.
Techo	Tipo 36			*Hrs Espacio*	10 hrs
Tipo (TETD)	11,25			*Cantidad*	4
U	3,36	*Tipo*	Entrepiso 1	*GCS*	Parados o caminando lentamente
Area (m²)	19,36	*Tipo (U)*	4,52	*GCL*	Parados o caminando lentamente
Color	Pintura de aluminio	*Area (m²)*		*CLF*	0,8
SENSIBLE	1978,12	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	818,88
				LATENTE	955,36

PARED 1				ILUMINACION 2	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 15				
Orientación	S			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	14,03			*Hora Enc.*	9:00 a. m.
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*Cantidad*	2
Area (m²)	4,75	*Tipo (U)*	2,01	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,78
SENSIBLE	260,00	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	212,91

PARED 2				APARATOS Y EQUIPOS 1	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Televisor*	
Pared	Tipo 15			*Tiempo Enc.*	6 hrs
Orientación	E			*Hora Enc.*	2:00 p. m.
Tipo (TETD)	23,38			*Cantidad*	1
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*GCS*	341
Area (m²)	12,5	*Tipo (U)*	2,01	*GCL*	0
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,57
SENSIBLE	1059,85	SENSIBLE	0	SENSIBLE	194,37

PARED 3				INFILTRACIÓN	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Volumen*	48,40
Pared	Tipo 15			*CA*	local c/ventanas y/o puertas
Orientación	N			SENSIBLE	715,61
Tipo (TETD)	14,49			LATENTE	1781,18
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	VENTILACIÓN	
Area (m²)	9,5	*Tipo (U)*	2,01	*Tasa/persona*	5
Color	Acero galvanizado nuevo	*Area (m²)*		SENSIBLE	1064,54
SENSIBLE	867,81	SENSIBLE	0	LATENTE	2649,69

VENTANAS Y/O VIDRIOS 1 Y 2				SUELO	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO			
Vidrio	Tipo 1			Sobretierra	
Orientación	S			*Area (m²)*	19,36
Tipo (U)	5,91			SENSIBLE	658,24
CS	0,95	*Vidrio*	Tipo 1	NO ACONDICIONADO	
FGCSclf	184,05	*Tipo (U)*	5,91	*Tipo*	Entrepiso 1
Area (m²)	1	*Area (m²)*		*Tipo (U)*	4,52
SENSIBLE	858,72	SENSIBLE	0	SENSIBLE	0

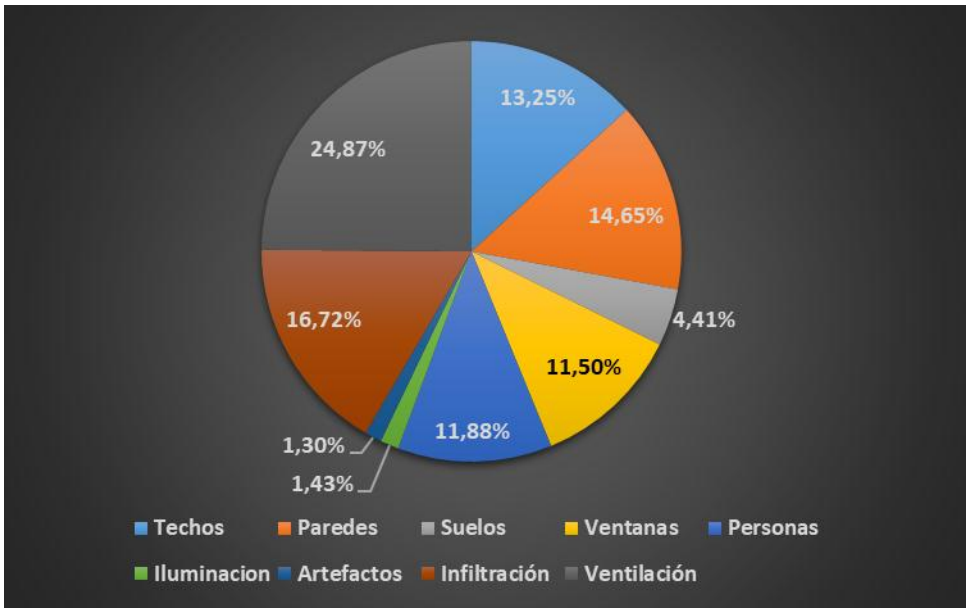
Fuente: Elaboración propia de los autores (2025)

Tabla 12 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en el Estar Comedor de la vivienda*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	1978,12	1978,12	13,25%
Paredes	0,00	2187,66	2187,66	14,65%
Suelos	0,00	658,24	658,24	4,41%
Ventanas	0,00	1717,44	1717,44	11,50%
Personas	955,36	818,88	1774,24	11,88%
Iluminacion	0,00	212,91	212,91	1,43%
Artefactos	0,00	194,37	194,37	1,30%
Infiltración	1781,18	715,61	2496,79	16,72%
Ventilación	2649,69	1064,54	3714,23	24,87%
TOTAL	**5386,23**	**9547,77**	**14934,00**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	0,45	0,80	1,24	100%

Fuente: Elaboración propia (2025)

Figura 7 *Resumen de las cargas térmicas en Estar Comedor de la vivienda*



Fuente: Elaboración propia (2025)

Como se ilustra en el gráfico de la figura 8, el área del Estar Comedor de la vivienda presenta una disposición diferente de las cargas térmicas que se venía observando en las dos viviendas previas. Aproximadamente el 25% (3714 btu/h) ocurre en la ventilación. Posteriormente, un 16% se atribuye a la infiltración (2500 btu/h). Después en la pared con un 13% (btu/h). Con una tendencia del 12% (1774 btu/h), que ocurre por individuos, similar a las ventanas (1714 btu/h), el 15% (2187

btu/h) en paredes, el 4% (658 btu/h) en tierra y el 1% (212 btu/h) por iluminación, así como en aparatos 1% (194 btu/h) de las cargas térmicas totales.

Tabla 13 *Cargas Térmicas Producidas en el dormitorio 1 de la Vivienda*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
DORMITORIO 1				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	3.446,06 Btu/h
Temperatura Interior	22	Humedad Interior	0,0091	Carga latente	1,079,07 Btu/h
Temperatura Exterior	34,87	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	586,16 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	7,72			CAPACIDAD	0,38 TON
TECHO 1				**PERSONAS 1**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Hora de ingreso*	2:00 p. m.
Techo	Tipo 36			*Hrs Espacio*	8 hrs
Tipo (TETD)	11,26			*Cantidad*	1
U	3,36	*Tipo*	Entrepiso 1	*GCS*	sentados en reposo
Area (m²)	7,72	*Tipo (U)*	4,52	*GCL*	sentados en reposo
Color	Pintura de aluminio	*Area (m²)*		*CLF*	0,51
SENSIBLE	788,80	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	121,81
				LATENTE	102,36
PARED 1				**ILUMINACION 2**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 15				
Orientación	S			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	14,03			*Hora Enc.*	7:00 a. m.
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*Cantidad*	1
Area (m²)	6,625	*Tipo U*	2,01	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,78
SENSIBLE	362,63	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	109,18
APARATOS Y EQUIPOS 1				**APARATOS Y EQUIPOS 2**	
Computador personal c/monitor de 17"		SUELO		*Televisor*	
Tiempo Enc.	8 hrs			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Hora Enc.	2:00 p. m.			*Hora Enc.*	8:00 a. m.
Cantidad	1			*Cantidad*	1
GCS	454			*GCS*	341
GCL	0	Sobretierra		*GCL*	0
CLF	0,58	*Area (m²)*	7,72	*CLF*	0,86
SENSIBLE	263,32	SENSIBLE	262,48	SENSIBLE	293,26
VENTANAS Y/O VIDRIOS 1				**INFILTRACIÓN**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Volumen*	19,34
Vidrio	Tipo 1			*CA*	local c/ventanas y/o puertas
Orientación	S			SENSIBLE	283,09
Tipo (U)	5,91			LATENTE	711,74
CS	0,95	*Vidrio*	Tipo 1	**VENTILACIÓN**	
FGCSclf	184,05	*Tipo U*	5,91	*Tasa/persona*	2
Area (m²)	1	*Area (m²)*		SENSIBLE	105,39
SENSIBLE	856,1	SENSIBLE	0	LATENTE	264,97

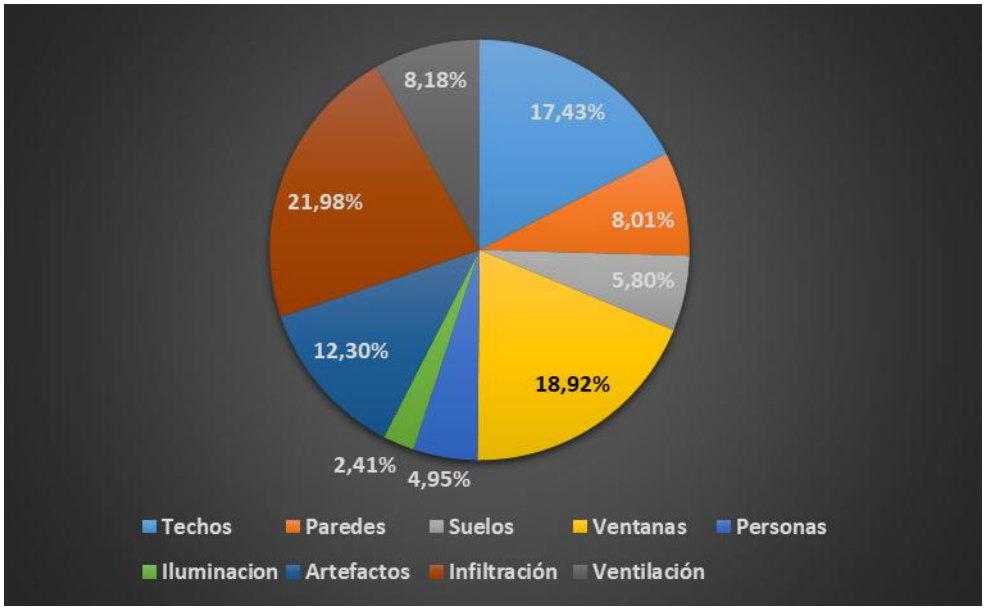
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 14 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en el dormitorio 1 para la vivienda*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	788,80	788,80	17,43%
Paredes	0,00	362,63	362,63	8,01%
Suelos	0,00	262,48	262,48	5,80%
Ventanas	0,00	856,10	856,10	18,92%
Personas	102,36	121,81	224,17	4,95%
Iluminacion	0,00	109,18	109,18	2,41%
Artefactos	0,00	556,58	556,58	12,30%
Infiltración	711,74	283,09	994,83	21,98%
Ventilación	264,97	105,39	370,36	8,18%
TOTAL	**1079,07**	**3446,06**	**4525,13**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	**0,09**	**0,29**	**0,38**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2025)

Figura 8 *Resumen de las cargas térmicas en dormitorio 1 de la vivienda*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Como se ilustra en el diagrama, en el dormitorio 1 de la vivienda, la infiltración genera una mayor carga térmica con un 22% (994 btu/h). Después, en una secuencia decreciente, le sigue con un 19% (856 btu/h) generado a través de las ventanas y un 18% (788 btu/h) en la techumbre. Dado que en esta habitación hay más de un aparato eléctrico, se genera un 12% (556 btu/h) de artefactos.

Con un ritmo del 8% (362 btu/h) por medio de las paredes, 5% (224 btu/h) por individuos, 6% (262 btu/h) en el suelo y 10% en iluminación y ventilación, junto con la carga térmica total.

Tabla 15 *Cargas Térmicas Producidas en el dormitorio 2 de la Vivienda*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
DORMITORIO 2				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	3.340,78 Btu/h
Temperatura Interior	22	Humedad Interior	0,0091	Carga latente	1,022,83 Btu/h
Temperatura Exterior	34,87	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	612,87 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	7,12			CAPACIDAD	0,36 TON
TECHO 1				**PERSONAS 1**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Hora de ingreso*	7:00 a. m.
Techo	Tipo 36			*Hrs Espacio*	12 hrs
Tipo (TETD)	11,26			*Cantidad*	1
U	3,36	*Tipo*	Entrepiso 15	*GCS*	sentados en reposo
Area (m²)	7,12	*Tipo (U)*	2,07	*GCL*	sentados en reposo
Color	Pintura de aluminio	*Area (m²)*		*CLF*	0,86
SENSIBLE	581,99	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	205,40
				LATENTE	102,36
PARED 1				**ILUMINACION 2**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 15				
Orientación	O			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	15,47			*Hora Enc.*	7:00 a. m.
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*Cantidad*	1
Area (m²)	7,3	*Tipo U*	2,01	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,8
SENSIBLE	433,36	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	109,18
PARED 2				**APARATOS Y EQUIPOS 1**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		*Televisor*	
Pared	Tipo 15			*Tiempo Enc.*	6 hrs
Orientación	N			*Hora Enc.*	2:00 p. m.
Tipo (TETD)	14,49			*Cantidad*	1
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*GCS*	341
Area (m²)	6,1	*Tipo U*	2,01	*GCL*	0
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,57
SENSIBLE	342,91	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	194,37
VENTANAS Y/O VIDRIOS 1				**INFILTRACIÓN**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Volumen*	17,81
Vidrio	Tipo 1			*CA*	local c/ventanas y/o puertas ext
Orientación	N			SENSIBLE	260,72
Tipo (U)	5,91			LATENTE	655,5
CS	0,95	*Vidrio*	Tipo 1	**VENTILACIÓN**	
FGCSclf	186,91	*Tipo U*	5,91	*Tasa/persona*	2
Area (m²)	1	*Area (m²)*		SENSIBLE	105,39
SENSIBLE	865,37	SENSIBLE	0	LATENTE	264,97
SUELO					
SOBRE TIERRA		NO ACONDICIONADO		*Tipo*	Entrepiso 1
Area (m²)	7,12			*Tipo (U)*	4,52
SENSIBLE	242,08			SENSIBLE	0,00

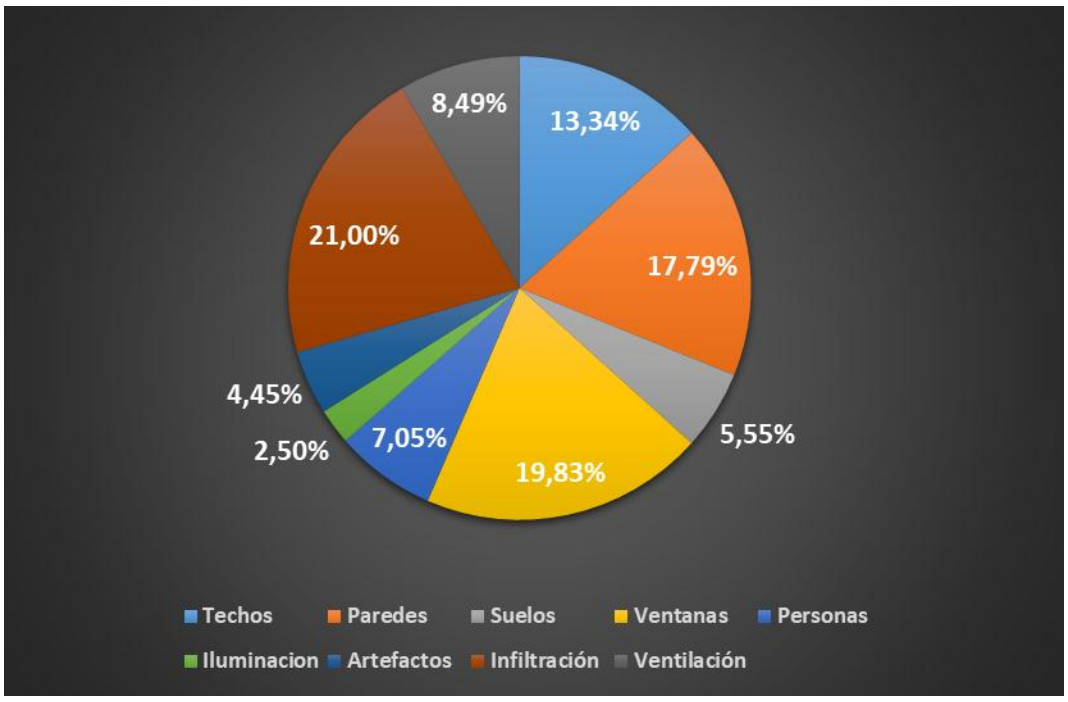
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 16 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en dormitorio 2 de la vivienda*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	581,99	581,99	13,34%
Paredes	0,00	776,27	776,27	17,79%
Suelos	0,00	242,08	242,08	5,55%
Ventanas	0,00	865,37	865,37	19,83%
Personas	102,36	205,40	307,76	7,05%
Iluminacion	0,00	109,18	109,18	2,50%
Artefactos	0,00	194,37	194,37	4,45%
Infiltración	655,50	260,72	916,22	21,00%
Ventilación	264,97	105,39	370,36	8,49%
TOTAL	**1022,83**	**3340,77**	**4363,60**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	**0,09**	**0,28**	**0,36**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 9 *Resumen de las cargas térmicas en dormitorio 2 de la vivienda*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Como se ilustra en el gráfico, en el segundo dormitorio de la vivienda se genera una mayor carga térmica mediante infiltración con un 21% (916 btu/h), seguida de una tendencia del 20% (856 btu/h) a través de las ventanas y del 18% (776 btu/h) en las paredes. Se generan un 13% (581 btu/h) a través del techo. La ventilación genera el 8% (370 btu/h) de la totalidad. Además, el 7%

(307 btu/h) se genera por personas y el 6% (242 btu/h) por suelo. Finalmente, en el sector de iluminación se genera un 3% (1.9 btu/h) y en los artefactos un 4% (194 btu/h).

Tabla 17 *Cargas Térmicas Producidas en Dormitorio 3 de la Vivienda*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
DORMITORIO 3				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	4.259,30 Btu/h
Temperatura Interior	22	Humedad Interior	0,0091	Carga latente	1.661,13 Btu/h
Temperatura Exterior	34,87	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	587,93 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	10,07			CAPACIDAD	0,49 TON

TECHO 1				PERSONAS 1	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Hora de ingreso*	2:00 p. m.
Techo	Tipo 36			*Hrs Espacio*	8 hrs
Tipo (TETD)	11,26			*Cantidad*	2
U	3,36	*Tipo*	Entrepiso 15	*GCS*	sentados en reposo
Area (m²)	10,07	*Tipo (U)*	2,07	*GCL*	sentados en reposo
Color	Pintura de aluminio	*Area (m²)*		*CLF*	0,51
SENSIBLE	1028,91	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	243,62
				LATENTE	204,72

PARED 1				ILUMINACION 2	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 15				
Orientación	S			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	14,03			*Hora Enc.*	7:00 a. m.
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*Cantidad*	1
Area (m²)	8,625	*Tipo U*	2,01	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,8
SENSIBLE	472,10	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	109,18

PARED 2				APARATOS Y EQUIPOS 1	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		*Televisor*	
Pared	Tipo 15			*Tiempo Enc.*	6 hrs
Orientación	O			*Hora Enc.*	2:00 p. m.
Tipo (TETD)	15,47			*Cantidad*	1
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*GCS*	341
Area (m²)	7,3	*Tipo U*	2,01	*GCL*	0
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,57
SENSIBLE	433,36	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	194,37

VENTANAS Y/O VIDRIOS 1				INFILTRACIÓN	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Volumen*	25,18
Vidrio	Tipo 1			*CA*	local c/ventanas y/o puertas ext
Orientación	S			SENSIBLE	368,5
Tipo (U)	5,91			LATENTE	926,47
CS	0,95	*Vidrio*	Tipo 1	VENTILACIÓN	
FGCSclf	184,05	*Tipo U*	5,91	*Tasa/persona*	2
Area (m²)	1	*Area (m²)*		SENSIBLE	210,78
SENSIBLE	856,1	SENSIBLE	0	LATENTE	529,94

SUELO					
SOBRE TIERRA				*Tipo*	Entrepiso 1
Area (m²)	10,07	NO ACONDICIONADO		*Tipo (U)*	4,52
SENSIBLE	342,38			SENSIBLE	0,00

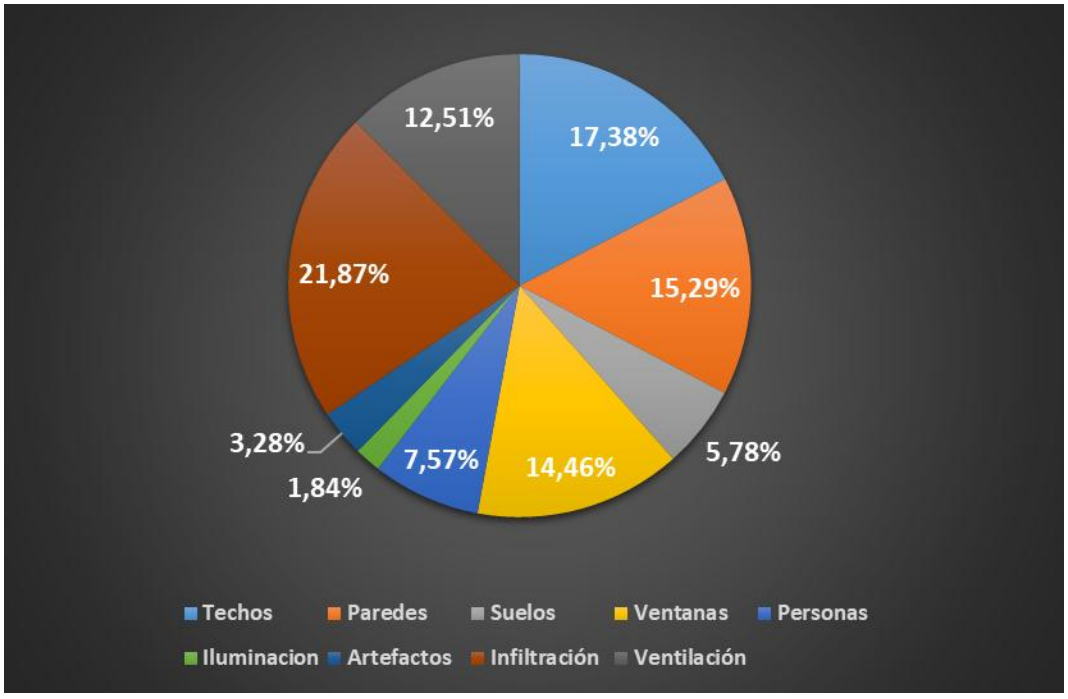
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 18 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en Dormitorio 3 de la vivienda*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	1028,91	1028,91	17,38%
Paredes	0,00	905,46	905,46	15,29%
Suelos	0,00	342,38	342,38	5,78%
Ventanas	0,00	856,10	856,10	14,46%
Personas	204,72	243,62	448,34	7,57%
Iluminacion	0,00	109,18	109,18	1,84%
Artefactos	0,00	194,37	194,37	3,28%
Infiltración	926,47	368,50	1294,97	21,87%
Ventilación	529,94	210,78	740,72	12,51%
TOTAL	**1661,13**	**4259,30**	**5920,43**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	**0,14**	**0,35**	**0,49**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 10 *Resumen de las cargas térmicas en Dormitorio 3 de la vivienda*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Como se ilustra en el gráfico previo, el dormitorio 3, al igual que en los anteriores, es donde se genera la mayor carga térmica con un 22% (1300 btu/h), seguido de una tendencia de 17% (1028 btu/h) a través del techo. El 15% (905 btu/h) y el 14 (856 btu/h) se generan mediante las paredes y

ventanas, respectivamente. Además, tiene un 13% (740 btu/h) de la carga térmica total en ventilación. Y en el terreno, tanto el artefacto como la iluminación representan un 11% en total.

Tabla 19 *Cargas Térmicas Producidas en la cocina*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
COCINA				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	3.757,48 Btu/h
Temperatura Interior	24	Humedad Interior	0,0102	Carga latente	3.224,26 Btu/h
Temperatura Exterior	34,87	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	1.785,61 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	3,91			CAPACIDAD	0,58 TON
TECHO 1				**PERSONAS 1**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Hora de ingreso*	7:00 a. m.
Techo	Tipo 36			*Hrs Espacio*	6 hrs
Tipo (TETD)	11,26			*Cantidad*	4
U	3,36	*Tipo*	Entrepiso 15	*GCS*	Parados o caminando lentamente
Area (m²)	3,91	*Tipo (U)*	2,07	*GCL*	Parados o caminando lentamente
Color	Pintura de aluminio	*Area (m²)*		*CLF*	0,26
SENSIBLE	343,48	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	266,14
				LATENTE	955,36
PARED 1				**ILUMINACION 2**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 15				
Orientación	N			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	14,49			*Hora Enc.*	7:00 a. m.
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*Cantidad*	1
Area (m²)	5	*Tipo U*	2,01	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,8
SENSIBLE	248,93	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	218,37
APARATOS Y EQUIPOS 1				**APARATOS Y EQUIPOS 2**	
Horno Microondas		**SUELO**		***Refrigerador***	
Tiempo Enc.	2 hrs	Sobretierra		*Tiempo Enc.*	18 hrs
Hora Enc.	12:00 p. m.	*Area (m²)*	3,91	*Hora Enc.*	7:00 a. m.
Cantidad	2	SENSIBLE	96,01	*Cantidad*	1
GCS	1360	NO ACONDICIONADO		*GCS*	682
GCL	0	Tipo	Entrepiso 1	*GCL*	0
CLF	0,15	*Tipo (U)*	4,52	*CLF*	0,92
SENSIBLE	408,00	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	627,44
VENTANAS Y/O VIDRIOS 1				**INFILTRACIÓN**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Volumen*	9,80
Vidrio	Tipo 1			*CA*	local c/ventanas y/o puertas ext
Orientación	N			SENSIBLE	121,16
Tipo (U)	5,91			LATENTE	329,90
CS	0,95	*Vidrio*	Tipo 1	**VENTILACIÓN**	
FGCSclf	186,91	*Tipo U*	5,91	*Tasa/persona*	4
Area (m²)	1	*Area (m²)*		SENSIBLE	712,10
SENSIBLE	825,04	SENSIBLE	0	LATENTE	1939,00

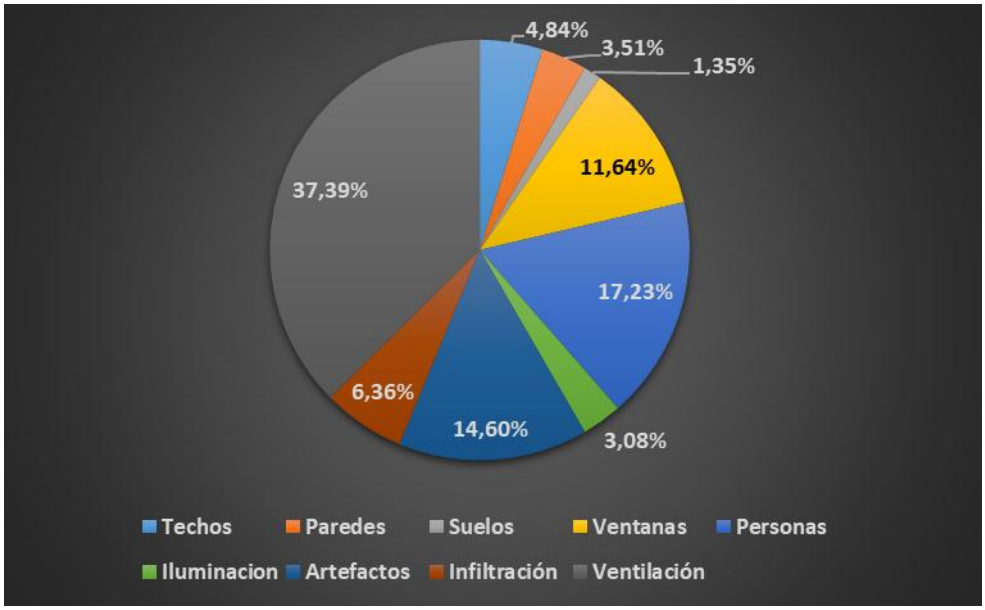
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 20 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en la cocina*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	343,48	343,48	4,84%
Paredes	0,00	248,93	248,93	3,51%
Suelos	0,00	96,01	96,01	1,35%
Ventanas	0,00	825,04	825,04	11,64%
Personas	955,36	266,14	1221,50	17,23%
Iluminacion	0,00	218,37	218,37	3,08%
Artefactos	0,00	1035,44	1035,44	14,60%
Infiltración	329,90	121,16	451,06	6,36%
Ventilación	1939,00	712,10	2651,10	37,39%
TOTAL	**3224,26**	**3866,67**	**7090,93**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	**0,27**	**0,32**	**0,59**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 11 *Resumen de las cargas térmicas en la cocina de vivienda*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Como se ilustra en la tabla y gráfico previo, esta zona muestra una distribución diferente de sus cargas térmicas, siendo la ventilación la principal causa con un 37% (2651 btu/h). Con un 17% (1221 btu/h) por individuos, ya que es una zona frecuentemente habitada por todos los residentes. Además, los aparatos que suelen estar en una cocina representan el 15% (1035 btu/h) del total de las cargas térmicas generadas por los dispositivos. Aproximadamente el 12% (825 btu/h) en

ventanas y el 4% (248 btu/h) en paredes. Finalmente, 6% se genera mediante infiltración (451 btu/h) y 5% a través del techo (343 btu/h).

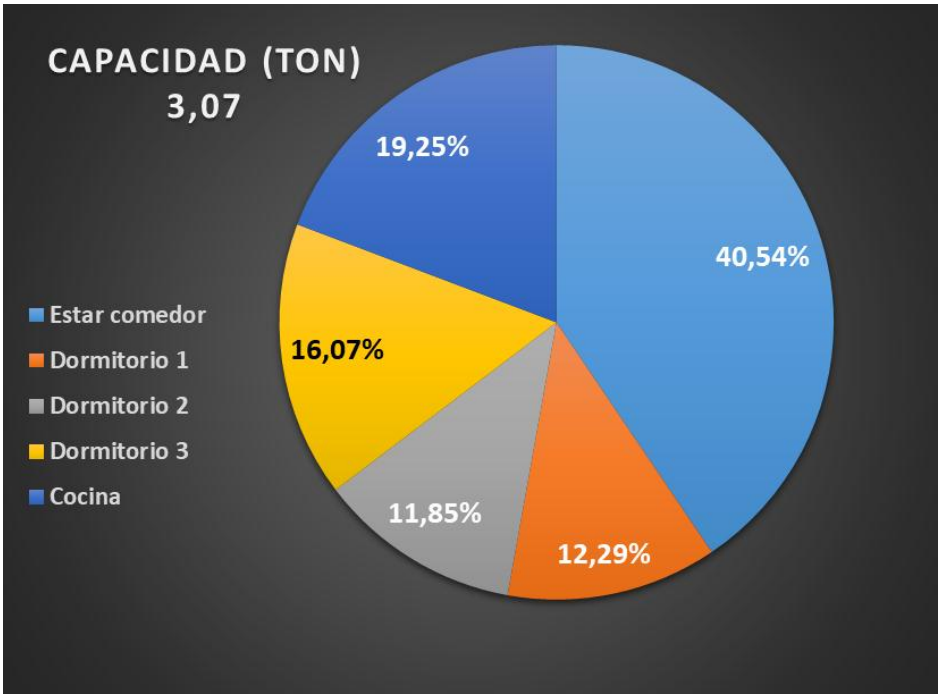
Llegando a este punto, después de examinar la vivienda en tres áreas por área, se muestra a continuación la distribución total de las cargas térmicas en esa edificación.

Tabla 21 *Resumen de las cargas térmicas totales en la vivienda*

ESPECIFICACION	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Estar comedor	14.934,00	40,54%
Dormitorio 1	4.525,13	12,29%
Dormitorio 2	4.363,60	11,85%
Dormitorio 3	5.920,43	16,07%
Cocina	7.090,93	19,25%
TOTAL	**36.834,09**	100,00%
CAPACIDAD (TON)	**3,07**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 12 *Resumen de las cargas térmicas en la vivienda*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

De acuerdo con el gráfico anterior, esta vivienda cuenta con un total de 36724 btu/h de cargas térmicas, lo que implica que requiere 3.06 toneladas de refrigeración para conseguir un ambiente térmico confortable. La distribución de esta es la siguiente: el 41% (14934 btu/h) produce la mayor cantidad en el Estar Comedor. El dormitorio 1 presenta una tendencia del 12% (4525 btu/h), al igual que el dormitorio 2 (4363 btu/h). Adicionalmente, el dormitorio 3 genera el 16% (5920 btu/h) de todas las cargas en el hogar y, finalmente, la cocina genera el 19% (6981 btu/h).

Se comprobó que materiales como aislantes térmicos de baja conductividad (k), mayor espesor y colores reflectivos incrementan significativamente el **valor del factor "R"**, contribuyendo así a la disipación del calor y al confort térmico interior.

4.2. Establecer una metodología para la medición del factor "R" en viviendas

La metodología propuesta tuvo como eje central el **cálculo del factor "R"** para cada uno de los espacios de la vivienda, mediante la estimación de las **cargas térmicas** (sensibles y latentes) y la evaluación del comportamiento térmico de los materiales.

Además, para alcanzar este objetivo propuesto, se requirió el apoyo documental y experto en el campo para elaborar estas directrices y determinar cuánto abarcan, ya que son numerosos los procedimientos actuales, como los materiales de cualquier componente de construcción, dispositivos eléctricos y mecánicos, entre otros.

De igual manera, para iniciar un diseño de ingeniería arquitectónica próximo a edificarse, apropiado para nuestro clima, siempre que las condiciones geofísicas lo permitan, se deben aplicar principalmente las estrategias siguientes:

- Disminuir las cargas térmicas: fomentando una dirección norte y sur de las fachadas principales, así como el uso de parasoles, el uso de grandes cantidades de vegetación y juegos de volúmenes para generar sombras.

- Modificar las cargas térmicas: mediante la correcta utilización de la inercia térmica de los elementos de construcción, vidrios reflectantes o aislantes de radiación solar, techos resguardados con aislante y pinturas reflectantes.
- Evacuar las cargas térmicas: en el acondicionamiento pasivo, es necesario fomentar la ventilación natral cruzada, emplear bloques de ventilación, patios, fachadas dobles ventiladas, entre otros.

Para el acondicionamiento activo, es necesario prevenir las infiltraciones o exfiltraciones y emplear la ventilación nocturna cuando sea viable para eliminar la acumulación de calor en el edificio.

Así pues, como es evidente, el auténtico ahorro energético ocurre cuando se lleva a cabo un diseño integrado entre la cubierta, los sistemas de iluminación, el sistema de aire acondicionado y sus correspondientes sistemas de control.

Así, tras el análisis de las cargas térmicas de las viviendas actuales, y las propuestas presentadas al comienzo de esta etapa, se optó por trabajar exclusivamente con los componentes de Techos, Ventanas y Paredes, definiendo los siguientes materiales de construcción para las futuras construcciones.

- Para Ventana: Doble Vidrio Claro
- Para Techo: Concreto armado 10 cm frisado interiormente con aislamiento (5 cm de poliestireno + 2.5 cm de concreto ligero) y Pintura Blanca.
- Para Pared: Pared 65: Block de 15 cm, aislado interiormente 2.54 cm y frisado.

Esta metodología representa una herramienta técnica aplicable que permite **cuantificar el factor "R"** en viviendas de bajo costo y proponer mejoras específicas en su diseño constructivo.

4.3. Evaluar la aplicabilidad y precisión de la metodología propuesta para medir el factor "R".

Para validar la metodología propuesta para medir el factor "R", se aplicó en distintas áreas de la vivienda con el fin de observar variaciones en la resistencia térmica antes y después de la implementación de mejoras constructivas.

Para poder simular las futuras viviendas con estos materiales y cumplir con este último objetivo propuesto "Evaluación de los resultados tras la aplicación de la metodología sugerida para el cálculo del factor R", se procederá primero, para confirmar si realmente hubo un ahorro energético, es necesario conocer la misma información obtenida en la primera etapa, pero utilizando los recursos propuestos previamente, para después de confirmar esto, calcular el ahorro energético porcentual.

Igualmente, se empleó un formato de recopilación de datos para el análisis de carga térmica y se procesaron mediante una hoja de cálculo elaborada en Excel. Tras introducir los datos recolectados en este formato, la hoja ofrece un conjunto de datos relevantes para el estudio, como la carga sensible y latente en BTU/h por área, además de la capacidad en toneladas.

Para el estudio, se utilizó la misma vivienda estudiada en el objetivo 1 ofrecida durante la entrevista con los profesionales en el área. A continuación, se presentan las cargas térmicas de la Vivienda, separadas por áreas, simulando por igual las características que tendría de construirse la misma con los materiales establecidos en los lineamientos.

La comparación de las cargas térmicas antes y después evidenció un **aumento en el valor del factor "R"** en todas las áreas intervenidas, lo que se traduce en una mejora medible en la disipación de calor y en el confort térmico, confirmando así la precisión y aplicabilidad de la metodología desarrollada.

Tabla 22 *Cargas Térmicas Producidas en el área Estar Comedor luego de aplicada la metodología*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
ESTAR COMEDOR				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	5.675,79 Btu/h
Temperatura Interior	22	Humedad Interior	0,0091	Carga latente	5.386,23 Btu/h
Temperatura Exterior	35	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	571,39 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	19,36			CAPACIDAD	0,92 TON

TECHO 1				PERSONAS 1	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Hora de ingreso*	9:00 a. m.
Techo	Tipo 64			*Hrs Espacio*	10 hrs
Tipo (TETD)	14,96			*Cantidad*	4
U	0,8306	*Tipo*	Entrepiso 1	*GCS*	Parados o caminando lentamente
Area (m²)	19,36	*Tipo (U)*	4,52	*GCL*	Parados o caminando lentamente
Color	Pintura Blanca	*Area (m²)*		*CLF*	0,8
SENSIBLE	246,29	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	818,88
				LATENTE	955,36

PARED 1				ILUMINACION 2	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 65				
Orientación	S			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	7,67			*Hora Enc.*	9:00 a. m.
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*Cantidad*	2
Area (m²)	4,75	*Tipo (U)*	2,01	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,78
SENSIBLE	73,92	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	212,91

PARED 2				APARATOS Y EQUIPOS 1	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Televisor*	
Pared	Tipo 65			*Tiempo Enc.*	6 hrs
Orientación	E			*Hora Enc.*	2:00 p. m.
Tipo (TETD)	11,147			*Cantidad*	1
U	0,885	*Pared*	Tipo 14	*GCS*	341
Area (m²)	12,5	*Tipo (U)*	2,01	*GCL*	0
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,57
SENSIBLE	257,85	SENSIBLE	0	SENSIBLE	194,37

PARED 3				INFILTRACIÓN	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Volumen*	48,40
Pared	Tipo 65			*CA*	local c/ventanas y/o puertas ext
Orientación	N			SENSIBLE	715,61
Tipo (TETD)	8,182			LATENTE	1781,18
U	0,855	*Pared*	Tipo 14	VENTILACIÓN	
Area (m²)	9,5	*Tipo (U)*	2,01	*Tasa/persona*	5
Color	Crema	*Area (m²)*		SENSIBLE	1064,54
SENSIBLE	154,9	SENSIBLE	0	LATENTE	2649,69

VENTANAS Y/O VIDRIOS 1 Y 2				SUELO	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO			
Vidrio	Tipo 9			Sobretierra	
Orientación	S			*Area (m²)*	19,36
Tipo (U)	2,8			SENSIBLE	658,24
CS	0,82	*Vidrio*	Tipo 9	NO ACONDICIONADO	
FGCSclf	184,05	*Tipo (U)*	2,8	*Tipo*	Entrepiso 1
Area (m²)	1	*Area (m²)*		*Tipo (U)*	4,52
SENSIBLE	639,14	SENSIBLE	0	SENSIBLE	0

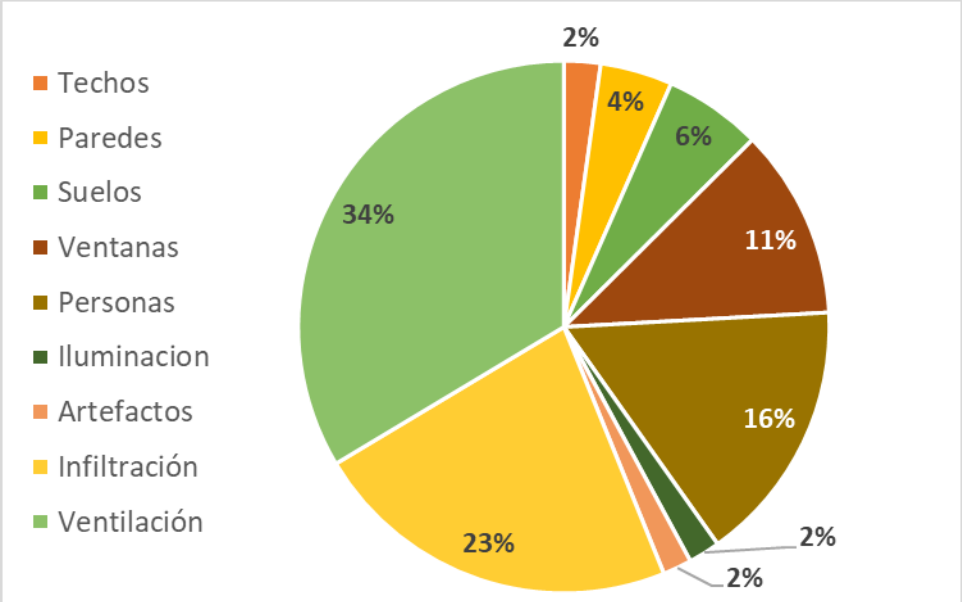
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 23 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en el Estar Comedor luego de aplicada la metodología*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	246,29	246,29	2,23%
Paredes	0,00	486,67	486,67	4,40%
Suelos	0,00	658,24	658,24	5,95%
Ventanas	0,00	1278,28	1278,28	11,56%
Personas	955,36	818,88	1774,24	16,04%
Iluminacion	0,00	212,91	212,91	1,92%
Artefactos	0,00	194,37	194,37	1,76%
Infiltración	1781,18	715,61	2496,79	22,57%
Ventilación	2649,69	1064,54	3714,23	33,58%
TOTAL	**5.386,23**	**5.675,79**	**11.062,02**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	**0,45**	**0,47**	**0,92**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 13 *Resumen de las cargas térmicas en Estar Comedor luego de aplicada la metodología*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Iniciamos el análisis de la primera zona de la vivienda. De acuerdo con el gráfico previo, los dos elementos que generan más carga térmica son la infiltración y la ventilación, con un 34% y 23% respectivamente, representando en total más de la mitad de las cargas térmicas totales. La otra mitad se segmenta en 16% realizados por individuos y 11% producido mediante ventanas. Además,

el 6% se halla a través del suelo. El resto se presenta en porcentajes reducidos, el 4% proviene de las paredes y únicamente el 2% corresponde al techo, iluminación y dispositivos.

Tabla 24 *Cargas Térmicas Producidas Dormitorio 1 luego de aplicada la metodología*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
DORMITORIO 1				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	2.277,74 Btu/h
Temperatura Interior	22	Humedad Interior	0,0091	Carga latente	1,079,07 Btu/h
Temperatura Exterior	34,87	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	434,82 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	7,72			CAPACIDAD	0,28 TON

TECHO 1				PERSONAS 1	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Hora de ingreso*	2:00 p. m.
Techo	Tipo 64			*Hrs Espacio*	8 hrs
Tipo (TETD)	14,96			*Cantidad*	1
U	0,8306	*Tipo*	Entrepiso 1	*GCS*	sentados en reposo
Area (m²)	7,72	*Tipo (U)*	4,52	*GCL*	sentados en reposo
Color	Pintura Blanca	*Area (m²)*		*CLF*	0,51
SENSIBLE	98,21	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	121,81
				LATENTE	102,36

PARED 1				ILUMINACION 2	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 65				
Orientación	S			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	7,67			*Hora Enc.*	7:00 a. m.
U	0,855	*Pared*	Tipo 14	*Cantidad*	1
Area (m²)	6,625	*Tipo U*	2,01	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,78
SENSIBLE	103,10	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	109,18

APARATOS Y EQUIPOS 1				APARATOS Y EQUIPOS 2	
Computador personal c/monitor de 17"		SUELO		*Televisor*	
Tiempo Enc.	8 hrs			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Hora Enc.	2:00 p. m.			*Hora Enc.*	8:00 a. m.
Cantidad	1			*Cantidad*	1
GCS	454			*GCS*	341
GCL	0	Sobretierra		*GCL*	0
CLF	0,58	*Area (m²)*	7,72	*CLF*	0,86
SENSIBLE	263,32	SENSIBLE	262,48	SENSIBLE	293,26

VENTANAS Y/O VIDRIOS 1				INFILTRACIÓN	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Volumen*	19,34
Vidrio	Tipo 9			*CA*	local c/ventanas y/o puertas
Orientación	S			SENSIBLE	283,09
Tipo (U)	2,8			LATENTE	711,74
CS	0,82	*Vidrio*	Tipo 1	VENTILACIÓN	
FGCSclf	184,05	*Tipo U*	5,91	*Tasa/persona*	2
Area (m²)	1	*Area (m²)*		SENSIBLE	105,39
SENSIBLE	637,9	SENSIBLE	0	LATENTE	264,97

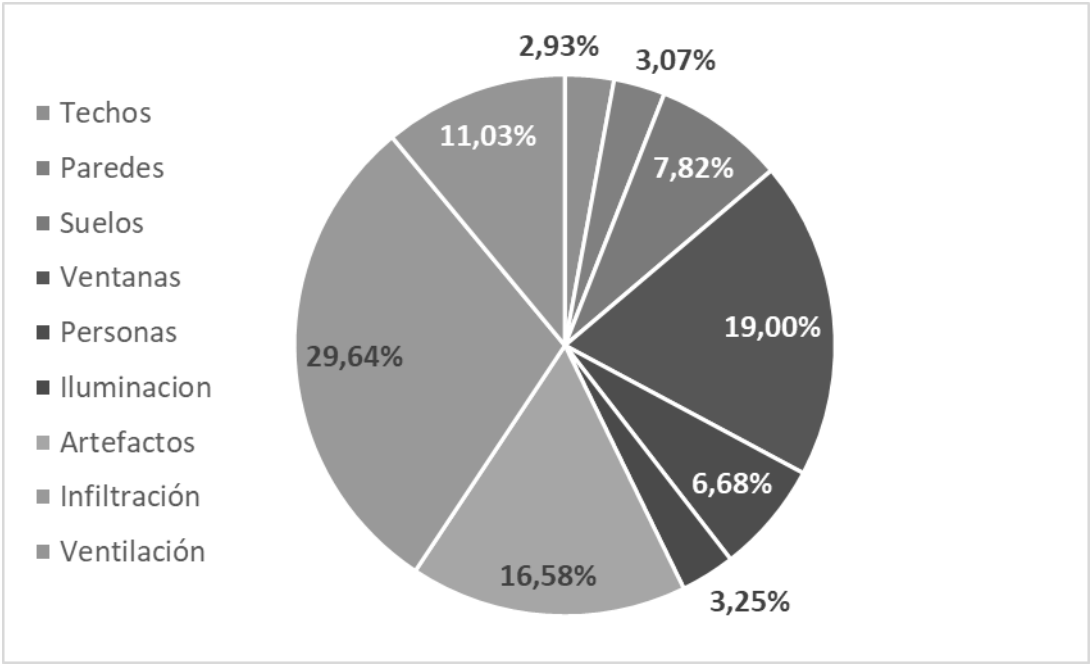
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 25 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas Dormitorio 1 luego de aplicada la metodología*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	98,21	98,21	2,93%
Paredes	0,00	103,10	103,10	3,07%
Suelos	0,00	262,48	262,48	7,82%
Ventanas	0,00	637,90	637,90	19,00%
Personas	102,36	121,81	224,17	6,68%
Iluminacion	0,00	109,18	109,18	3,25%
Artefactos	0,00	556,58	556,58	16,58%
Infiltración	711,74	283,09	994,83	29,64%
Ventilación	264,97	105,39	370,36	11,03%
TOTAL	**1.079,07**	**2.277,74**	**3.356,81**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	**0,09**	**0,19**	**0,28**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 14 *Resumen de las cargas térmicas en Dormitorio 1 luego de aplicada la metodología*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

De acuerdo con el gráfico previo, la mayor demanda de carga térmica en el dormitorio 1 de la vivienda 3 se debe a la infiltración, con un 30% y 19% respectivamente en las ventanas. Los aparatos eléctricos adicionales que se incluyen en esta habitación generan un 16% en dispositivos. Se produce una tenencia del 11% debido a la ventilación presente en ella y del 8% en el suelo.

Además, 7% debido al calor generado por cada individuo, y finalmente, 3% por cada individuo se genera en techo, paredes e iluminación.

Tabla 26 *Cargas Térmicas Producidas en Dormitorio 2 luego de aplicada la metodología*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
DORMITORIO 2				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	2.109,04 Btu/h
Temperatura Interior	22	Humedad Interior	0,0091	Carga latente	1,022,83 Btu/h
Temperatura Exterior	34,87	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	439,87 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	7,12			CAPACIDAD	0,26 TON
TECHO 1				**PERSONAS 1**	
EXTERIOR				*Hora de ingreso*	7:00 a. m.
Techo	Tipo 65	NO ACONDICIONADO		*Hrs Espacio*	12 hrs
Tipo (TETD)	14,95			*Cantidad*	1
U	1,0504	*Tipo*	Entrepiso 15	*GCS*	sentados en reposo
Area (m²)	7,12	*Tipo (U)*	2,07	*GCL*	sentados en reposo
Color	Pintura Blanca	*Area (m²)*		*CLF*	0,86
SENSIBLE	114,51	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	205,40
				LATENTE	102,36
PARED 1				**ILUMINACION 2**	
EXTERIOR				Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 15	NO ACONDICIONADA			
Orientación	O			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	15,47			*Hora Enc.*	7:00 a. m.
U	1,884	*Pared*	Tipo 14	*Cantidad*	1
Area (m²)	7,3	*Tipo U*	2,01	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,8
SENSIBLE	132,03	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	109,18
PARED 2				**APARATOS Y EQUIPOS 1**	
EXTERIOR				*Televisor*	
Pared	Tipo 65	NO ACONDICIONADA		*Tiempo Enc.*	6 hrs
Orientación	N			*Hora Enc.*	2:00 p. m.
Tipo (TETD)	8,1821			*Cantidad*	1
U	0,855	*Pared*	Tipo 14	*GCS*	341
Area (m²)	6,1	*Tipo U*	2,01	*GCL*	0
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,57
SENSIBLE	99,46	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	194,37
VENTANAS Y/O VIDRIOS 1				**INFILTRACIÓN**	
EXTERIOR				*Volumen*	17,81
Vidrio	Tipo 9	NO ACONDICIONADO		*CA*	local c/ventanas y/o puertas ext
Orientación	N			SENSIBLE	260,72
Tipo (U)	2,8			LATENTE	655,5
CS	0,82	*Vidrio*	Tipo 9	**VENTILACIÓN**	
FGCSclf	186,91	*Tipo U*	2,8	*Tasa/persona*	2
Area (m²)	1	*Area (m²)*		SENSIBLE	105,39
SENSIBLE	645,9	SENSIBLE	0	LATENTE	264,97
SUELO					
SOBRE TIERRA				*Tipo*	Entrepiso 1
Area (m²)	7,12	NO ACONDICIONADO		*Tipo (U)*	4,52
SENSIBLE	242,08			SENSIBLE	0,00

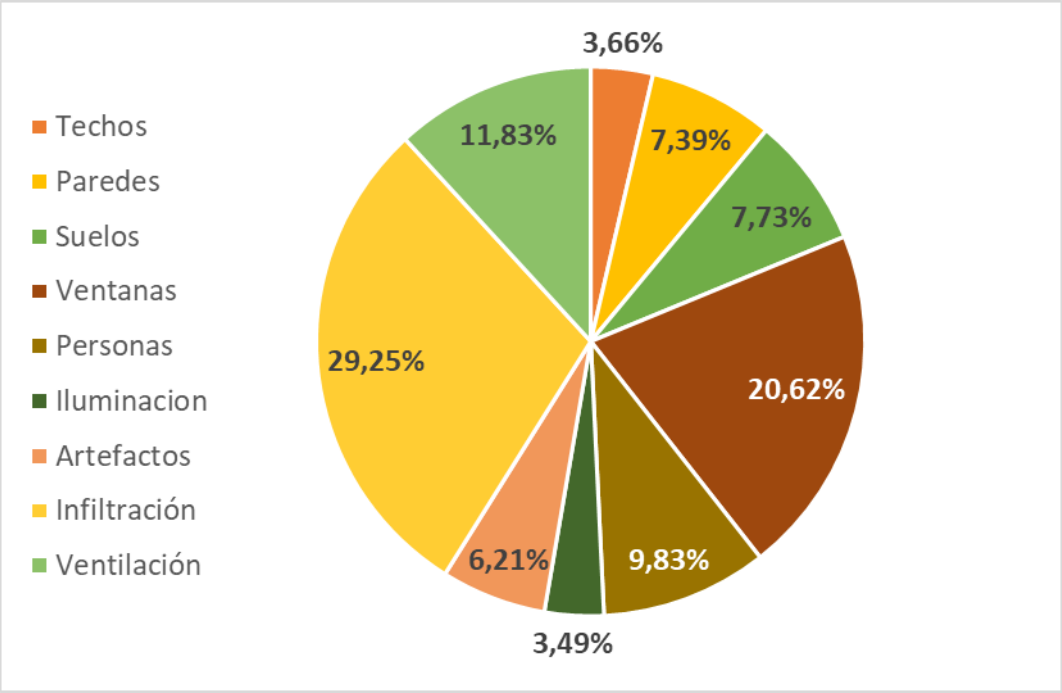
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 27 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en Dormitorio 2 luego de aplicada la metodología*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	114,51	114,51	3,66%
Paredes	0,00	231,49	231,49	7,39%
Suelos	0,00	242,08	242,08	7,73%
Ventanas	0,00	645,90	645,90	20,62%
Personas	102,36	205,40	307,76	9,83%
Iluminacion	0,00	109,18	109,18	3,49%
Artefactos	0,00	194,37	194,37	6,21%
Infiltración	655,50	260,72	916,22	29,25%
Ventilación	264,97	105,39	370,36	11,83%
TOTAL	**1.022,83**	**2.109,04**	**3.131,87**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	**0,09**	**0,18**	**0,26**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 15 *Resumen de las cargas térmicas en Dormitorio 2 luego de aplicada la metodología*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

El dormitorio 2 de la vivienda 3 presenta una mayor carga térmica debido a la infiltración, con un 29%, seguida por las ventanas que generan un 21%. Se nota que la ventilación genera el 12% de las cargas totales, siendo el 10% originado por los individuos. Además, el 8% se genera a

través del suelo y el 7% a través de las paredes. Con una tendencia del 6% hacia los objetos hallados en esta estancia, únicamente el 4% hacia el techo y el 3% hacia la iluminación.

Tabla 28 *Cargas Térmicas Producidas en Dormitorio 3 luego de aplicada la metodología*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
DORMITORIO 3				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	2.501,09 Btu/h
Temperatura Interior	22	Humedad Interior	0,0091	Carga latente	1.661,13 Btu/h
Temperatura Exterior	34,87	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	413,33 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	10,07			CAPACIDAD	0,35 TON
TECHO 1				**PERSONAS 1**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Hora de ingreso*	2:00 p. m.
Techo	Tipo 64			*Hrs Espacio*	8 hrs
Tipo (TETD)	14,96			*Cantidad*	2
U	0,8306	*Tipo*	Entrepiso 15	*GCS*	sentados en reposo
Area (m²)	10,07	*Tipo (U)*	2,07	*GCL*	sentados en reposo
Color	Pintura Blanca	*Area (m²)*		*CLF*	0,51
SENSIBLE	128,11	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	243,62
				LATENTE	204,72
PARED 1				**ILUMINACION 2**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 65				
Orientación	S			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	7,67			*Hora Enc.*	7:00 a. m.
U	0,855	*Pared*	Tipo 65	*Cantidad*	1
Area (m²)	8,625	*Tipo U*	0,855	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,76
SENSIBLE	134,23	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	103,72
PARED 2				**APARATOS Y EQUIPOS 1**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		*Televisor*	
Pared	Tipo 65			*Tiempo Enc.*	6 hrs
Orientación	O			*Hora Enc.*	2:00 p. m.
Tipo (TETD)	9,4038			*Cantidad*	1
U	0,855	*Pared*	Tipo 65	*GCS*	341
Area (m²)	7,3	*Tipo U*	0,855	*GCL*	0
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,57
SENSIBLE	132,03	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	194,37
VENTANAS Y/O VIDRIOS 1				**INFILTRACIÓN**	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Volumen*	25,18
Vidrio	Tipo 9			*CA*	local c/ventanas y/o puertas ext
Orientación	S			SENSIBLE	368,5
Tipo (U)	2,8			LATENTE	926,47
CS	0,82	*Vidrio*	Tipo 9	**VENTILACIÓN**	
FGCSclf	184,05	*Tipo U*	2,8	*Tasa/persona*	2
Area (m²)	1	*Area (m²)*		SENSIBLE	210,78
SENSIBLE	637,9	SENSIBLE	0	LATENTE	529,94
SUELO					
SOBRE TIERRA		NO ACONDICIONADO		*Tipo*	Entrepiso 1
Area (m²)	10,07			*Tipo (U)*	4,52
SENSIBLE	342,38			SENSIBLE	0,00

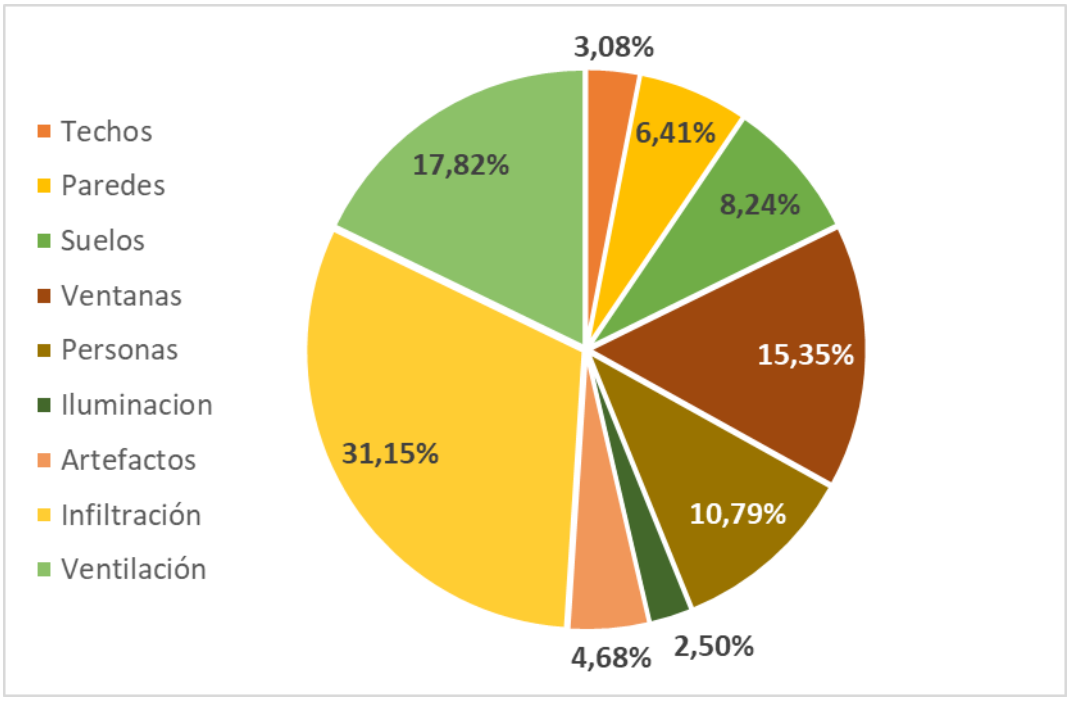
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 29 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en Dormitorio 3 luego de aplicada la metodología*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	128,11	128,11	3,08%
Paredes	0,00	266,26	266,26	6,41%
Suelos	0,00	342,38	342,38	8,24%
Ventanas	0,00	637,90	637,90	15,35%
Personas	204,72	243,62	448,34	10,79%
Iluminacion	0,00	103,72	103,72	2,50%
Artefactos	0,00	194,37	194,37	4,68%
Infiltración	926,47	368,50	1294,97	31,15%
Ventilación	529,94	210,78	740,72	17,82%
TOTAL	**1.661,13**	**2.495,64**	**4.156,77**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	**0,14**	**0,21**	**0,35**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 16 *Resumen de las cargas térmicas en Dormitorio luego de aplicada la metodología*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

De acuerdo con el gráfico previamente mostrado, en el dormitorio 3, al igual que en otras viviendas y zonas, la mayor carga térmica se presenta debido a la infiltración. Con un 18% destinado a la ventilación y un 15% generado en ventanas. Debido al calor que cada individuo proporciona,

con un 11% originado por personas y un 8% en tierra. Con una tendencia del 6% ocurre en las paredes y únicamente el 3% en el techo. Finalmente, los artefactos provocan un 5% y 3% de la iluminación en la habitación.

Tabla 30 *Cargas Térmicas Producidas en la Cocina luego de aplicada la metodología*

LUGAR AUDITADO				FECHA DE AUDITORIA	
COCINA				28/11/2024	
CONDICIONES DE DISEÑO				RESULTADOS	
Hora de Diseño	15			Carga sensible	3.077,96 Btu/h
Temperatura Interior	24	Humedad Interior	0,0102	Carga latente	3.224,26 Btu/h
Temperatura Exterior	34,87	Humedad Exterior	0,022	Carga termica total	1.611,82 Btu/(h.m²)
Area del espacio (m²)	3,91			CAPACIDAD	0,53 TON

TECHO 1				PERSONAS 1	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Hora de ingreso*	7:00 a. m.
Techo	Tipo 64			*Hrs Espacio*	6 hrs
Tipo (TETD)	14,96			*Cantidad*	4
U	0,8306	*Tipo*	Entrepiso 15	*GCS*	Parados o caminando lentamente
Area (m²)	3,91	*Tipo (U)*	2,07	*GCL*	Parados o caminando lentamente
Color	Pintura Blanca	*Area (m²)*		*CLF*	0,26
SENSIBLE	44,20	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	266,14
				LATENTE	955,36

PARED 1				ILUMINACION 2	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADA		Mobiliario ordinario sin alfombra	
Pared	Tipo 65				
Orientación	N			*Tiempo Enc.*	12 hrs
Tipo (TETD)	8,18			*Hora Enc.*	7:00 a. m.
U	0,885	*Pared*	Tipo 65	*Cantidad*	1
Area (m²)	5	*Tipo U*	0,885	*Watts*	40
Color	Crema	*Area (m²)*		*CLF*	0,8
SENSIBLE	66,94	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	109,18

APARATOS Y EQUIPOS 1				APARATOS Y EQUIPOS 2	
Horno Microondas		SUELO		*Refrigerador*	
Tiempo Enc.	2 hrs	Sobretierra		*Tiempo Enc.*	18 hrs
Hora Enc.	12:00 p. m.	*Area (m²)*	3,91	*Hora Enc.*	7:00 a. m.
Cantidad	2	SENSIBLE	96,01	*Cantidad*	1
GCS	1360	NO ACONDICIONADO		*GCS*	682
GCL	0	Tipo	Entrepiso 1	*GCL*	0
CLF	0,15	*Tipo (U)*	4,52	*CLF*	0,92
SENSIBLE	408,00	SENSIBLE	0,00	SENSIBLE	627,44

VENTANAS Y/O VIDRIOS 1				INFILTRACIÓN	
EXTERIOR		NO ACONDICIONADO		*Volumen*	9,80
Vidrio	Tipo 9			*CA*	local c/ventanas y/o puertas ext
Orientación	N			SENSIBLE	121,16
Tipo (U)	2,8			LATENTE	329,90
CS	0,82	*Vidrio*	Tipo 9	VENTILACIÓN	
FGCSclf	186,91	*Tipo U*	2,8	*Tasa/persona*	4
Area (m²)	1	*Area (m²)*		SENSIBLE	712,10
SENSIBLE	626,79	SENSIBLE	0	LATENTE	1939,00

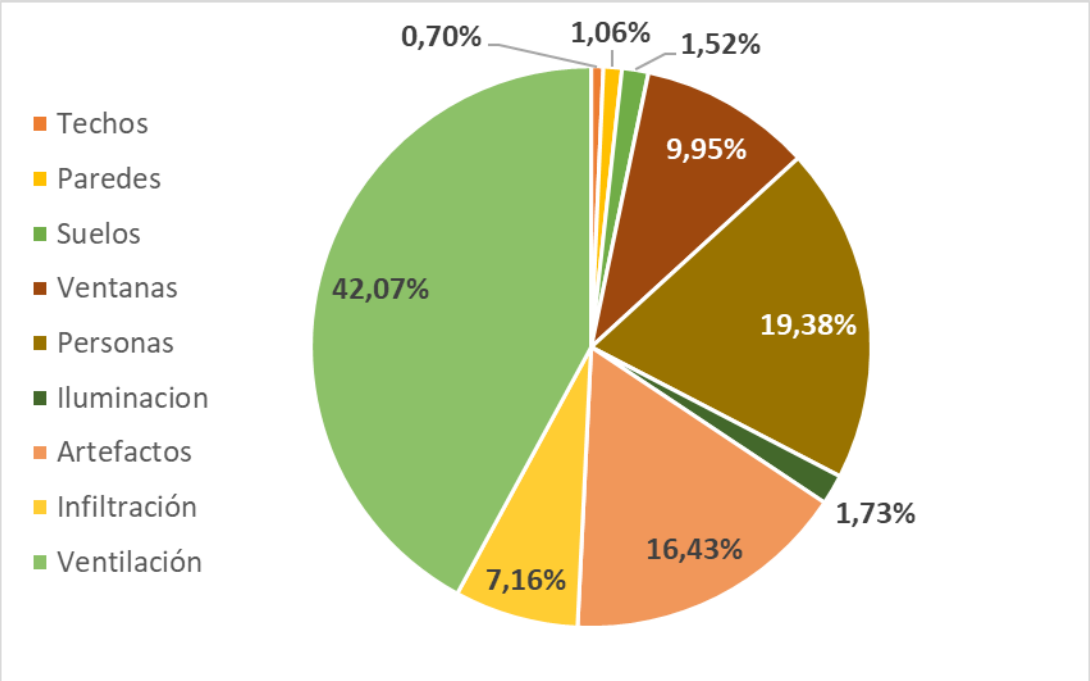
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Tabla 31 *Resumen del comportamiento de las cargas térmicas en Cocina luego de aplicada la metodología*

ESPECIFICACION	CARGA LETENTE (Btu/h)	CARGA SENSIBLE (Btu/h)	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Techos	0,00	44,20	44,20	0,70%
Paredes	0,00	66,94	66,94	1,06%
Suelos	0,00	96,01	96,01	1,52%
Ventanas	0,00	626,79	626,79	9,95%
Personas	955,36	266,14	1221,50	19,38%
Iluminacion	0,00	109,18	109,18	1,73%
Artefactos	0,00	1035,44	1035,44	16,43%
Infiltración	329,90	121,16	451,06	7,16%
Ventilación	1939,00	712,10	2651,10	42,07%
TOTAL	**3.224,26**	**3.077,96**	**6.302,22**	**100%**
CAPACIDAD (TON)	**0,27**	**0,26**	**0,53**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 17 *Resumen de las cargas térmicas en la Cocina luego de aplicada la metodología*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

El último sector estudiado siguiendo las directrices establecidas es la cocina. De acuerdo con el gráfico previo, se observa que con un 42% se presenta la mayor necesidad de cargas térmicas en ventilación, seguida por un 19% generado por los individuos. Después, debido a los dispositivos hallados en la cocina, se genera el 16% de las cargas totales en aparatos y únicamente

el 2% en iluminación. Con una tendencia del 10% se generan por medio de las ventanas y apenas el 1% a través del techo y las paredes. Finalmente, debido a la infiltración existente en la habitación, este genera el 7% y se concentra en el suelo el 2% restante.

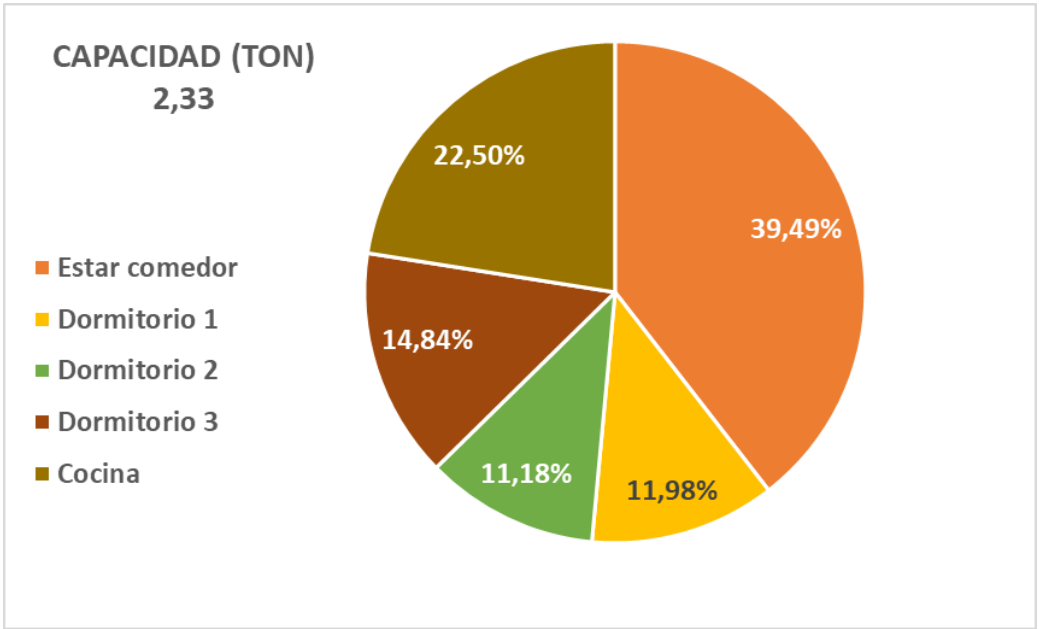
Para concluir el estudio exhaustivo de la vivienda 3, se presenta el siguiente gráfico que ilustra la distribución total de las cargas térmicas correspondientes a ella.

Tabla 32 *Resumen de las cargas térmicas totales de la vivienda luego de aplicada la metodología*

ESPECIFICACION	CARGA TOTAL(Btu/h)	CARGA TOTAL(%)
Estar comedor	11.062,02	39,49%
Dormitorio 1	3.356,81	11,98%
Dormitorio 2	3.131,87	11,18%
Dormitorio 3	4.156,77	14,84%
Cocina	6.302,22	22,50%
TOTAL	**28.009,69**	100,00%
CAPACIDAD (TON)	**2,33**	**100%**

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Figura 18 *Resumen de las cargas térmicas totales de la vivienda luego de aplicada la metodología*



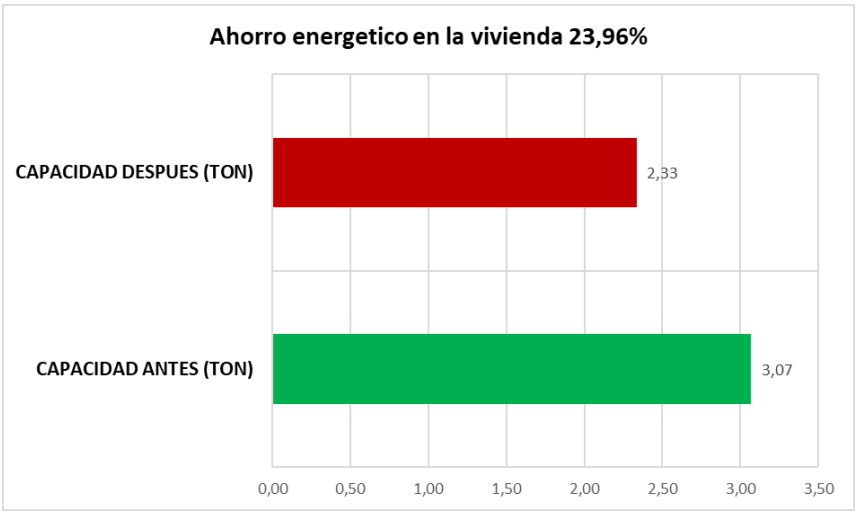
Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Así pues, la vivienda 3, de acuerdo con el gráfico mostrado, si se construye siguiendo las directrices dictadas en la fase 3 por los investigadores, tiene una carga térmica total de 2.8099,69 btu/h, lo que equivale a 2,33 toneladas de refrigeración para un adecuado confort térmico.

Esta se distribuye de la siguiente forma: el 39,49% (11.062,02 btu/h) de las cargas térmicas se genera en el Estar Comedor. Con un promedio del 22,50% (6.302,22 btu/h) generado en el área de la cocina. Adicionalmente, los dormitorios 1 y 2 generan 11,98% (3.356,81 btu/h) y 11,18% (3.131,87 btu/h) respectivamente, mientras que finalmente, el dormitorio 3 genera 14,84% (4.156,77 btu/h) del total registrado.

Finalmente, tras examinar las cargas térmicas en la vivienda de acuerdo con las directrices vigentes en la fase 1 y comparadas con las directrices fijadas por los autores en la fase 2, se muestra el siguiente gráfico para confirmar si hay un ahorro y calcular cuánto es dicho ahorro.

Figura 19 *Ahorro energético estimado en la vivienda*



Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

Como se ilustra en el gráfico de la fig. 30, para la vivienda, al aplicar las directrices dictadas en el estudio, se obtiene un ahorro del 23,96% en comparación con los valores actuales. En otras palabras, es posible reducir las cargas térmicas en casi un cuarto, lo que implicaría una reducción del consumo eléctrico de la misma forma.

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La metodología desarrollada para medir el **factor "R"** permitió comprobar que su correcta estimación es clave para mejorar el rendimiento térmico de las viviendas. Las pruebas demostraron que los materiales adecuados, combinados con buenas prácticas constructivas, incrementan el **factor "R"** y reducen el consumo energético.

El estudio previamente efectuado ha facilitado la obtención de las siguientes conclusiones:

Que hay materiales de construcción eficientes, así como técnicas y principalmente aislantes, con los que se puede incrementar el confort térmico de los habitantes de las construcciones, notándose la presencia de posibilidades de mejora. Sólo es necesario que se implemente no solo en San Juan, sino en todo el territorio de Costa Rica.

Según los resultados obtenidos en el primer objetivo, las viviendas construidas y diseñadas son construcciones que, en algunos casos, se entregan a sus usuarios sin haber sido completamente terminadas. Además, los materiales de construcción utilizados no contribuyen a mantener un estado de confort térmico que pueda favorecer el mejor desempeño de los usuarios.

Lo relacionado con "Definir la metodología para evaluar el factor R y la calidad térmica para la construcción de edificaciones", hay aislantes térmicos capaces de absorber significativamente las cargas térmicas en el techo. Si no se encuentra aislante, el techo se transforma en el elemento de mayor recepción de calor. Adicionalmente, el color de las superficies exteriores, ya sean muros o techos, muestra un comportamiento diferente de las cargas térmicas en función de su naturaleza. Estas directrices emergieron en respuesta a las fallas detectadas en la deficiente administración que se observa actualmente en estas construcciones.

En relación al último objetivo propuesto "Evaluación de la aplicación de esta metodología estimando el ahorro energético", se puede alcanzar un ahorro cercano al 20% por parte de las

empresas de construcción. Los hallazgos logrados conducen a la ejecución de una futura investigación en la que se presente el estudio a nivel nacional y se calcule cuán ventajoso sería para el sector eléctrico nacional, que actualmente ha sido considerablemente impactado.

5.2. Recomendaciones

Es crucial seguir con la investigación planteada en este estudio, pues asegura la calidad de las futuras viviendas unifamiliares. Es crucial que las entidades e instituciones estatales consideren estos tipos de estudios, dado que proporcionan información relevante para el sector de la construcción.

Implementar aislantes térmicos en las paredes y techos exteriores de los edificios. Estos componentes pueden generar significativas ventajas como, por ejemplo, disminución de la capacidad del sistema de aire acondicionado, aumento de la comodidad a causa de fluctuaciones más bajas de las temperaturas internas, y empleo de las potencialidades de los métodos de ventilación y acumulación de calor nocturno en la gran cantidad de las construcciones.

Disminuir o prevenir las infiltraciones y exfiltraciones de aire a través de las superficies de vidrio mediante la aplicación de un material de sellado apropiado para su uso. Se puede hallar una referencia relevante en la norma ASHRAE 90.1-1999, que aconseja que los sistemas de ventanas no deben admitir flujos de aire superiores a 0.12 metros cúbicos de aire por minuto por metro cuadrado de superficie.

Utilizar papel reflectante de tipo ahumado, preferentemente por fuera en los vidrios exteriores y las fachadas de vidrio. Esto es crucial especialmente en entornos con fachadas este y oeste, y en situaciones donde los vidrios alcanzan una temperatura superior a 34º °C durante determinadas horas y periodos del año, causando un consumo energético superior en los sistemas de aire acondicionado que en entornos parecidos con otra orientación.

Es recomendable pintar las paredes exteriores con tonalidades claras, así como el techo exterior con pintura reflectante, especialmente si es una superficie plana. Mantener las paredes y techos interiores pintados con tonalidades claras, preferentemente blancas, y modificar el acabado final del piso usando material de color blanco.

Se recomienda que en investigaciones posteriores se aplique la metodología desarrollada en este estudio a diferentes tipos de sistemas constructivos, tales como viviendas fabricadas en baldosa, en prefablock y en mampostería convencional. Esto permitiría evaluar de manera comparativa el comportamiento térmico de cada tipología de construcción bajo condiciones climáticas y de uso similares, verificando así la robustez y versatilidad de la metodología propuesta. Al aplicar el mismo procedimiento de cálculo y análisis en distintas técnicas constructivas se podrían identificar patrones de desempeño térmico, validar los resultados obtenidos en este trabajo y generar información más amplia y representativa que contribuya al diseño de soluciones constructivas orientadas al confort térmico y a la eficiencia energética en proyectos de vivienda.

ANEXOS

ANEXO 1: FORMATO DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA ESTUDIO DE CARGAS TÉRMICAS

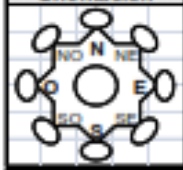
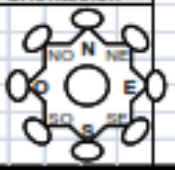
PARTE I - DATOS GENERALES

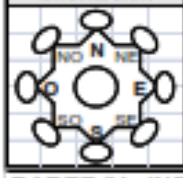
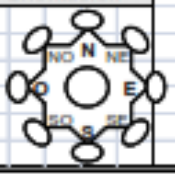
Lugar Auditado:		Auditores:	
Descripción del Espacio:		Temperatura Termostato:	Area del Espacio:
Horario Funcionamiento:	Temperatura Medida:	Humedad Relativa:	Capacidad Instalada:

PARTE II - INFORMACIÓN DEL TECHO

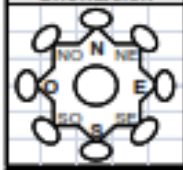
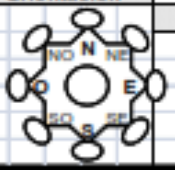
Tipo		Condición	Protección	Tragaluz
☐ Fibrocemento	☐ Losa Nervada	☐ Exterior	☐ elo Raso	☐ n difusor de luz
☐ Galvanizado	☐ Losacero	☐ Entrepiso	☐ oliestireno( )	☐ difusor de luz
☐ Lámina Asfáltica	☐ Concreto Armado	Area	☐ tro:	☐ aro Espesor
☐ Machihembrado	☐ MDOS		Color Exterior	☐ nslúcido ☐ mm
☐ Losa Tabelón	☐ Losa Plafácil	Espesor		Área ☐ mm
☐ Otro:			☐ rillante ☐ aco	☐ mm

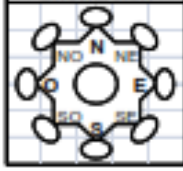
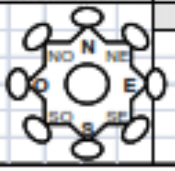
PARTE III - INFORMACIÓN DE LAS PAREDES

PARED N° 1			PARED N° 2		
Área	Tipo	Condición	Área	Tipo	Condición
	☐ Concreto Armado	☐ Exterior		☐ ncreto Armado	☐ erior
Orientación	☐ Bloque Aligerado	☐ No Acond.	Orientación	☐ oque Aligerado	☐ Acond.
	☐ Bloque de Arcilla	☐ Aislado		☐ oque de Arcilla	☐ lado
	☐ Ladrillo de Arcilla	☐ Sin Aislar		☐ drillo de Arcilla	☐ Aislar
	☐ Bloque de cemento	Color Exterior		☐ oque de cemento	Color Exterior
	☐ MDOS			☐ DOS	
	☐ Isotex	Espesor		☐ otex	Espesor
	☐ Otro:			☐ ro:	

PARED N° 3			PARED N° 4		
Área	Tipo	Condición	Área	Tipo	Condición
	☐ Concreto Armado	☐ Exterior		☐ ncreto Armado	☐ erior
Orientación	☐ Bloque Aligerado	☐ No Acond.	Orientación	☐ oque Aligerado	☐ Acond.
	☐ Bloque de Arcilla	☐ Aislado		☐ oque de Arcilla	☐ lado
	☐ Ladrillo de Arcilla	☐ Sin Aislar		☐ drillo de Arcilla	☐ Aislar
	☐ Bloque de cemento	Color Exterior		☐ oque de cemento	Color Exterior
	☐ MDOS			☐ DOS	
	☐ Isotex	Espesor		☐ otex	Espesor
	☐ Otro:			☐ ro:	

PARTE IV - INFORMACIÓN DE LAS VENTANAS

VENTANA N° 1			VENTANA N° 2 (no aplica)		
Área	Tipo de Vidrio	Condición	Área	Tipo de Vidrio	Condición
	☐ Vidrio Simple	☐ Exterior		☐ drio Simple	☐ erior
Orientación	☐ Doble Vidrio	☐ No Acond.	Orientación	☐ ble Vidrio	☐ Acond.
	Protección	☐ Tintado		Protección	☐ tado
	☐ Papel Ahumado	☐ Reflectivo		☐ pel Ahumado	☐ flectivo
	☐ Con Toldo	Color Vidrio		☐ n Toldo	Color Vidrio
	☐ Con Cortina			☐ n Cortina	
	☐ Con Persiana	Color Papel		☐ n Persiana	Color Papel
	☐ Otro: quiebrasol			☐ ro:	

VENTANA N° 3(no aplica)			VENTANA N° 4 (no aplica)		
Área	Tipo de Vidrio	Condición	Área	Tipo de Vidrio	Condición
	☐ Vidrio Simple	☐ Exterior		☐ drio Simple	☐ erior
Orientación	☐ Doble Vidrio	☐ No Acond.	Orientación	☐ ble Vidrio	☐ Acond.
	Protección	☐ Tintado		Protección	☐ tado
	☐ Papel Ahumado	☐ Reflectivo		☐ pel Ahumado	☐ flectivo
	☐ Con Toldo	Color Vidrio		☐ n Toldo	Color Vidrio
	☐ Con Cortina			☐ n Cortina	
	☐ Con Persiana	Color Papel		☐ n Persiana	Color Papel
	☐ Otro:			☐ ro:	

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)

PARTE V - INFORMACIÓN DE LAS PERSONAS

PERSONAS Nº 1		PERSONAS Nº 2	
Actividad	Cantidad	Actividad	Cantidad
☐ Sentados en reposo		☐ entados en reposo	
☐ Sentados, trabajo ligero	Hora de Ingreso	☐ entados, trabajo ligero	Hora de Ingreso
☐ Parados o caminando		☐ arados o caminando	
☐ Trabajo físico ligero	Horas en el Espacio	☐ rabajo físico ligero	Horas en el Espacio
☐ Trabajo físico fuerte		☐ rabajo físico fuerte	

PARTE VI - INFORMACIÓN DE LA ILUMINACIÓN

ILUMINACION Nº 1		ILUMINACION Nº 2	
Tipo de Mobiliario	Cantidad	Tipo de Mobiliario	Cantidad
☐ Pesado, simple, sin alfombra		☐ esado, simple, sin alfombra	
☐ Ordinario, sin alfombra	Hora de Encendido	☐ rdinario, sin alfombra	Hora de Encendido
☐ Ordinario, con o sin alfombra		☐ rdinario, con o sin alfombra	
☐ Cualquier tipo	Duración Encendido	☐ ualquier tipo	Duración Encendido
Potencia (W)		Potencia (W)	

PARTE VII - INFORMACIÓN DE LOS EQUIPOS

EQUIPOS Nº 1				EQUIPOS Nº 2			
Tipo de Mobiliario	Cantidad	Hora Enc.	Duración	Tipo de Mobiliario	Cantidad	Hora Enc.	Duración
☐ Cafetera (3 gal.)				☐ mpresora (punto)			
☐ Cafetera (5 gal.)				☐ mpresora (laser)			
☐ Caja Registradora				☐ laq. de escribir			
☐ Computador (15")				☐ laq. Expendedora			
☐ Computador (17")				☐ efrigerador			
☐ Radio				☐ ltro de Agua			
☐ Fotocopiadora				☐ lotter			
☐ Microondas				☐			
☐ Televisor				☐			

EQUIPOS Nº 3				EQUIPOS Nº 4			
Tipo de Mobiliario	Cantidad	Hora Enc.	Duración	Tipo de Mobiliario	Cantidad	Hora Enc.	Duración
☐ Cafetera (3 gal.)				☐ mpresora (punto)			
☐ Cafetera (5 gal.)				☐ mpresora (laser)			
☐ Caja Registradora				☐ laq. de escribir			
☐ Computador (15")				☐ laq. Expendedora			
☐ Computador (17")				☐ efrigerador			
☐ Radio				☐ ltro de Agua			
☐ Fotocopiadora				☐ lotter			
☐ Microondas				☐			
☐ Televisor				☐			

PARTE VIII - INFORMACIÓN DE LAS INFILTRACIONES Y SUELO

INFILTRACIONES		SUELO	
Tipo de Local	Area Piso	Tipo	Área
☐ Sin ventanas y/o puertas exteriores		☐ osa Nevada	
☐ Con ventanas y/o puertas exteriores en un lado		☐ osacero	
☐ Con ventanas y/o puertas exteriores en dos lados		☐ oncreto Armado	Condición
☐ Con ventanas y/o puertas exteriores en tres lados	Altura Techo	☐ DOS	☐ obre Tierra
☐ Hall de Entrada		☐ osa Plafácil	☐ trepiso
☐ Otro:		☐ tro:	

PARTE IX - OBSERVACIONES

Fuente: Elaboración propia de los investigadores (2024)